

25
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

EL SISTEMA DEL DIOXIDO DE CARBONO EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C O

P R E S E N T A :

JOSE GPE. DE LA ROSA CANALES



MEXICO, D. F.

1998.

258257

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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.

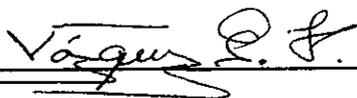
JURADO ASIGNADO.

Presidente	Prof. Gutiérrez Murillo Alicia.
Vocal	Prof. Valdés Hernández Bertha,
Secretario	Prof. Vázquez Gutiérrez Felipe.
1er. Suplente	Prof. Vera Avila Luz Elena.
2do. Suplente	Prof. Baeza Reyes José Alejandro.

Sitio donde se desarrolla el tema:

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA.

Asesor del tema.



Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez.

Sustentante.



José Gpe. De La Rosa Canales.

A mis padres:

Antonio y María Elena.

Por el apoyo que me han dado durante toda mi vida y en todos los proyectos que he emprendido; porque han estado conmigo cuando más los he necesitado.

A mis Hermanos:

Juan Manuel, Luis Daniel, Monica , María A..

Por compartir conmigo tanto triunfos como derrotas; espero que este trabajo sirva de motivación para que consigan sus objetivos.

A mis Primos:

Alejandro, Cuauhtémoc, Achi, Diana, Bruno, etc.

AGRADECIMIENTOS.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, lugar en el cual tuve la oportunidad de realizar esta tesis, en el proyecto UNAM-132. Laboratorio de Físicoquímica Marina.

Al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez, por su paciencia y dedicación al introducirme al estudio de una área de la química totalmente nueva para mí.

A las Profesoras Alicia Gutiérrez Murillo y Bertha Valdés Hernández, por su amabilidad y el tiempo que dedicaron a la revisión de este trabajo.

A mi tía Catalina, por su colaboración en la revisión y corrección ortográfica del texto.

A mis compañeros de laboratorio de Físicoquímica: Guadalupe, Carmen, Toño, Héctor, etc.

INDICE.

	Página.
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Generalidades.....	4
Fundamento Teórico.....	16
Descripción del área de estudio.....	23
Parte experimental.....	30
Resultados.....	34
Análisis de resultados.....	82
Conclusiones.....	88
Anexos.....	90
Bibliografía.....	99

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años se han incrementado los estudios de los océanos, debido a que son fuente de alimentos y energéticos, así como de otros recursos naturales. Desafortunadamente, también han sido considerados como depósito de desechos, contaminantes que se vierten al mar, causando desequilibrios en los ambientes marinos, los cuales serán irreversibles y seguramente afectarán la vida del ser humano.

El dióxido de carbono no se ha considerado como un contaminante, sino como un componente natural de la atmósfera y el océano, pero el incremento significativo de la concentración del gas a nivel atmosférico por las actividades antropogénicas, hace suponer que su disolución en el mar también está aumentando. El incremento de la concentración de dicho compuesto es preocupante, debido a que este gas, es causante en gran medida del llamado "efecto invernadero", el cual está asociado con los cambios climáticos globales, el aumento en la temperatura ambiental promedio, así como el aumento del nivel medio del mar.

El dióxido de carbono es emanado a la atmósfera por actividad volcánica, procesos de respiración de animales, descomposición de la materia orgánica y en los últimos años, por la quema de combustibles fósiles como son el petróleo y algunos derivados.

El dióxido de carbono de la atmósfera es absorbido por plantas y por el fitoplancton, los cuales convierten a este compuesto en biomasa, además, algunos animales y plantas marinas convierten el dióxido de carbono en carbonato de calcio y cuando mueren, la porción mineral de sus cuerpos pasan a formar arrecifes, sedimentos y piedra caliza.

La interacción del gas dióxido de carbono con el agua de mar, convierte a este compuesto en ácido carbónico, el cual por reacciones ácido-base, pasa a formar bicarbonatos y carbonatos a fin de fijarlo.

El sistema del dióxido de carbono, es un complejo sistema químico que involucra la concentración de carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono total y dióxido de carbono disuelto; y además, la formación de calcita y aragonita (formas cristalinas de carbonato de calcio). Dicho sistema es el encargado de fijar el pH, la capacidad buffer del agua de mar y en gran medida la alcalinidad total de ésta.

El presente trabajo del sistema del dióxido de carbono en la boca del Golfo de California, es un estudio en el cual se aplicara la oceanografía química, como una herramienta para explicar la distribución de las concentraciones de las especies químicas que componen a dicho sistema ; los resultados podrán ser comparados con futuros estudios que se contemplan en esta área de estudio.

La boca del Golfo de California se considera una zona idónea para llevar acabo dichos estudios, ya que sus aguas se ven influenciadas principalmente por las provenientes del Golfo de California (sitio donde se desarrolla el fenómeno de alta evaporación, que favorece el equilibrio de intercambio de dióxido de carbono atmósfera-mar), así como las provenientes del Océano Pacífico.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Cuantificar los parámetros del sistema del dióxido de carbono en la columna de agua de la boca del Golfo de California, durante una época de verano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.- Establecer los cambios de alcalinidad total en espacio en el área de la boca del Golfo de California.

2.- Determinar los valores de salinidad, pH y temperatura a diferentes profundidades, como variables básicas para determinar las concentraciones de las especies químicas que componen al sistema del dióxido de carbono.

3.- Obtener a partir de valores de parámetros complementarios al sistema del dióxido de carbono, las concentraciones de los iones bicarbonatos y carbonatos, así como la concentración de dióxido de carbono total y disuelto.

4.- Calcular los valores de por ciento de saturación de calcita y aragonita.

5.- Analizar la variación espacial de parámetros complementarios al sistema del dióxido de carbono en la área de estudio, así como la relación que existe entre ellos.

6.- Analizar la variación espacial de las concentraciones de las especies químicas que componen al sistema del dióxido de carbono en la boca del Golfo de California, por medio de gráficas de cortes verticales y horizontales de la columna de agua de dicha zona de estudio.

GENERALIDADES.

a) Descripción de parámetros complementarios al sistema del dióxido de carbono.

Como el sistema del dióxido de carbono depende de parámetros físicos y químicos complementarios, como son el pH, la alcalinidad total, la temperatura, y la salinidad, es necesario, señalar el comportamiento de dichos parámetros en el mar, los métodos analíticos para cuantificarlos, así como de su importancia en los océanos.

pH.

El intercambio de protones en ambientes acuosos, es importante para determinar las características del medio, el pH se define como el logaritmo del recíproco de la actividad de los iones hidrónio (Brumblay, 1969). Se expresa de la siguiente manera.

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} \quad \dots(1)$$

La actividad de los iones hidrónio (a_{H^+}) se puede relacionar con la concentración de dicho ion, si se conoce el coeficiente de actividad del ion hidrónio (γ_{H^+}) según la siguiente ecuación. En donde $[\text{H}^+]$ representa la concentración del ion hidrónio.

$$a_{\text{H}^+} = \gamma_{\text{H}^+} [\text{H}^+] \quad \dots(2)$$

El pH en el agua de mar se puede determinar por métodos colorimétricos o potenciométricos, en cuanto a los primeros, se puede decir que tienen muchas interferencias como son el color, la turbiedad, el alto contenido de sales, sustancias coloidales, cloro libre, agentes oxidantes, agentes reductores, deterioro de los indicadores, reacción entre la muestra y

el indicador, por lo que actualmente estos métodos han sido sustituidos casi totalmente por los segundos que son más precisos y rápidos

Para la determinación potenciométrica del pH, actualmente se utilizan electrodos combinados, los cuales constan de un electrodo de vidrio y otro de referencia. El electrodo de referencia asume un potencial constante, en tanto que el de vidrio (medición) genera un potencial que depende del pH de la muestra.

El electrodo de vidrio es un tubo delgado de vidrio conductor que contiene un buffer, en el cual, un electrodo de plata es sumergido en cloruro de plata. El electrodo de referencia es aquél que se utiliza para complementar el circuito, uniéndose por medio de una solución de cloruro de potasio, este electrodo, también nos provee un potencial de referencia estable y reproducible con un elemento interno, el más común, lo constituye una pasta de calomel (Hg/HgCl_2) o una sal metal de plata- cloruro de plata (Ag/AgCl).

Un electrodo combinado debe ser calibrado para que dé una respuesta correspondiente al electrodo de hidrógeno y con ello tener resultados reproducibles, para ello se utilizan soluciones buffer de pH conocido (cuando menos dos amortiguadores).

La temperatura y la presión afectan al pH, éste disminuye con el incremento de presión así como con el decremento de temperatura debido a que se modifican las constantes aparentes de disociación de los bicarbonatos y carbonatos (anexo 1, y 2), esto debido a que el pH en el mar lo imponen los bicarbonatos que se comportan como un anfótero, manteniendo de esta forma su capacidad buffer.

Una modificación del pH en un hábitat marino puede ocasionar daños como la muerte de microorganismos y peces haciendo aguas de mala calidad.

SALINIDAD.

La salinidad, que tiene como unidades prácticas de medida de este parámetro UPS, es una importante propiedad de las aguas, se concibió inicialmente como la determinación de la masa de sales disueltas en una masa dada de solución (APHA, 1997; UNESCO, 1984).

Muchos métodos analíticos han sido utilizados para determinar la salinidad, los cuales involucran propiedades físicas o químicas del agua de mar, entre las cuales se encuentran la densidad, clorinidad, la conductividad eléctrica y la velocidad del sonido, entre otras, debido a su sensibilidad elevada y a su fácil medición, el método de la conductividad eléctrica es el más utilizado para determinar la salinidad del agua de mar.

La conductividad eléctrica, es la capacidad de una solución para transportar cargas eléctrica y ésta depende de los iones presentes en solución, de su concentración total, de su movilidad, de su carga, y de la temperatura a la cual se lleva a cabo la determinación. La salinidad se relaciona con la conductividad eléctrica, según la siguiente ecuación que se obtiene de datos experimentales, que puede ser utilizada desde salinidades comprendidas entre 0 y 40 (APHA, 1997; UNESCO, 1984).

$$S = S_a - (a_0/(1+1.5X + X^2)) - ((b_0F(t))/(1+Y^{1/2}+ Y^{3/2})) \quad \dots(3)$$

En donde S=salinidad dada en UPS, $a_0 = 0.008$, $b_0 = 0.0005$, $X= 400R$, $Y= 100R$, $R=$ conductividad eléctrica del agua dada en $\mu\text{mhos/cm}$, $F(t) = (t - 15) (1 + 0.0162 (t - 15))$, $t=$ temperatura a la cual se lleva a cabo la determinación dada en $^{\circ}\text{C}$, $S_a = a_0 + a_1R^{1/2} + a_2R + a_3R^{3/2} + a_4R^2 + a_5R^{5/2} + DS$, $DS = [(t - 15)/(1 + 0.0162 (t - 15))](b_0 + b_1R^{1/2} + b_2R + b_3R^{3/2} + b_4R^2 + b_5R^{5/2})$, de donde $a_0 = 0.0080$, $a_1 = -0.1692$, $a_2 = 25.3851$, $a_3 = 14.0941$, $a_4 = -7.0261$, $a_5 = 2.7081$, $b_0 = 0.0005$, $b_1 = -0.0056$, $b_2 = -0.0066$, $b_3 = -0.0375$, $b_4 = 0.0636$, $b_5 = -0.0144$.

La salinidad algunas veces se incrementa al aumentar la profundidad, de hecho, los procesos que influyen en un cambio de salinidad, son los causados por deposición o adición de agua dulce.

La salinidad, es un parámetro de interés considerable en el estudio del sistema del dióxido de carbono, ya que las constantes aparentes para la ionización del ácido carbonico en el agua de mar, están en relación directa con los cálculos de pH, intensidad buffer, solubilidad de dióxido de carbono y solubilidad del carbonato de calcio.

TEMPERATURA.

La temperatura en el agua de mar, se distribuye de acuerdo a la profundidad, en la superficie se encuentra agua bien mezclada que tiene una temperatura similar a la de la superficie, a esta zona se le conoce como el epilimnio (la temperatura decrece gradualmente). La siguiente zona, es la conocida como la termoclina, que es una zona en la cual hay decrementos bruscos de temperatura. La tercera zona, es la que se encuentra abajo de la termoclina y se caracteriza por tener aguas donde los cambios de temperatura son graduales, a esta zona de agua fría se le conoce como hipolimnio

Para la determinación de la temperatura a grandes profundidades, se utilizan aparatos especiales, entre los más importantes está el termómetro de reversión, el cual se caracteriza por ser un termómetro doble que consta de uno de bulbo de mercurio y otro auxiliar.

Las lecturas de temperatura se utilizan en el estudio de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de salinidad y conductividad eléctrica.

ALCALINIDAD TOTAL.

La alcalinidad total del agua de mar, está definida como la cantidad de equivalentes de ácido fuerte requeridos para titular los bicarbonatos en un kilogramo de agua de mar (Edmond, 1970).

En el agua de mar ordinaria, sólo los aniones de los ácidos débiles que presentan una concentración significativa para el cálculo de la alcalinidad total, son los bicarbonatos, carbonatos y boratos y es a la presencia de estos que el agua de mar debe su alcalinidad (Harvey, 1966, Millero, 1996). Se expresa de la siguiente manera.

$$AT = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{B(OH)}_4^-] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+] \quad \dots(4)$$

Donde $[\text{HCO}_3^-]$ representan las concentraciones de bicarbonatos, $[\text{CO}_3^{2-}]$ representa la concentración de carbonatos, $[\text{B(OH)}_4^-]$ representa la concentración de boratos, $[\text{H}^+]$ representa la concentración de iones hidrónico, $[\text{OH}^-]$ representa la concentración de iones hidróxilo. En ecuación (4), la alcalinidad asociada al sistema del dióxido de carbono que tiene que ver en gran medida con la alcalinidad total, se denomina alcalinidad por carbonatos (AC) y se representa de la siguiente manera.

$$AC = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] \quad \dots(5)$$

La ecuación (4) puede ser más simplificada si se considera que a pH mayores a 8 el ácido bórico apenas empieza a disociarse y entonces la concentración de iones borato empieza a ser considerable.

Con lo que la ecuación (4) queda expresada de la siguiente manera.

$$AT = AC + ([\text{OH}^-] - [\text{H}^+]) + [\text{B(OH)}_4^-] \quad \dots(7)$$

La alcalinidad total en el agua de mar, se puede determinar por métodos colorimétricos o potenciométricos, los potenciométricos son más exactos y precisos. La alcalinidad total se puede determinar por una titulación potenciométrica directa de la muestra con un ácido fuerte de concentración conocida.

La alcalinidad total generalmente aumenta al aumentar la profundidad, debido a que la concentración de bicarbonatos aumenta considerablemente, así como la concentración de dióxido de carbono total.

La concentración de boratos $[B(OH)_4^-]$ puede ser calculada por una relación lineal que se cumple en el agua de mar, entre la concentración total de boro y la clorinidad del agua de mar, así como del pK'_b del sistema borato-ácido bórico, que depende de la salinidad y la temperatura.

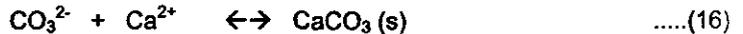
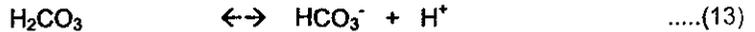
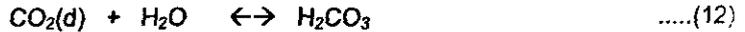
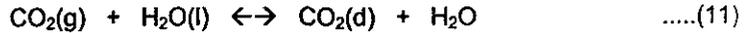
$$Ct B = 2.1 \cdot 10^{-5} Cl \quad \dots(8)$$

$$Ct B = [H_3BO_3] + [B(OH)_4^-] \quad \dots(9)$$

$$[B(OH)_4^-] = ((K'_b \cdot Ct B) / (K'_b + a_{H^+})) \quad \dots(10)$$

b) Determinación de las concentraciones de las especies químicas que componen al sistema del dióxido de carbono.

Cuando el dióxido de carbono proveniente de la atmósfera interactúa con el agua de mar, se producen los siguientes equilibrios (Riley, 1989).



En la ecuación (11), se puede observar que al interactuar el gas dióxido de carbono con el agua, se produce el dióxido de carbono disuelto, el cual sufre una reacción de hidratación como lo muestra la ecuación (12), para formar ácido carbonico, cabe mencionar que esta reacción es poco cuantitativa pero se ve favorecida por la rápida disociación de dicho ácido a bicarbonatos y carbonatos como lo muestran las ecuaciones (14) y (15).

Los anteriores equilibrios (ecuaciones (11) a (16)), vienen expresadas en términos de las actividades termodinámicas, así como sus respectivas constantes de equilibrio características para cada ecuación; dichas ecuaciones dependen de la temperatura, salinidad y profundidad a la cual se hace la determinación.

Para el cálculo de las concentraciones de las especies químicas que componen al sistema del dióxido de carbono, se utiliza el tratamiento clásico de Buch (Riley 1989, Millero 1996), en el que el pH, y la alcalinidad de carbonatos son empleados para este propósito.

La Concentración del ion bicarbonato y del ion carbonato se pueden calcular con las siguientes dos ecuaciones.

$$AC = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \quad \text{y} \quad K_{a2} = [\text{CO}_3^{2-}] a_{\text{H}^+} / [\text{HCO}_3^-]$$

Con lo que la concentración de bicarbonatos queda como:

$$[\text{HCO}_3^-] = (AC / (1 + 2 K_{a2}' / a_{\text{H}^+})) \quad \text{mol/L} \quad \dots(17)$$

Y la concentración del ion carbonato:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = (AC K_{a2}' / (a_{\text{H}^+} + 2 K_{a2}')) \quad \text{mol/L} \quad \dots(18)$$

La concentración del dióxido de carbono disueltos, se puede calcular apartir de la segunda constantes de acidez, de la alcalinidad de carbonatos y de la constante de Lyman.

$$K_{li} = a_{\text{H}^+} [\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2 (d)]$$

$$[\text{CO}_2 (\text{disuelto})] = (AC a_{\text{H}^+} / (K_{li} (1 + 2 K_{a2}' / a_{\text{H}^+}))) \quad \text{mol/L} \quad \dots(19)$$

Es necesario señalar que la K_{li} es una constante y se obtiene combinando los equilibrios (12) y (13), en el anexo 1, se expresa la primera constante de disociación aparente del ácido carbonico en el agua de mar expresada como pk_{li} , la cual depende de la temperatura y la salinidad.

La presión parcial de dióxido de carbono en el agua de mar, viene definida por la ley de Henry, la cual depende de la relación de la concentración de dióxido de carbono disuelto y la solubilidad del gas en el agua de mar (α), que depende de la salinidad, la temperatura y la profundidad a la cual se lleva a cabo la determinación (Hunray y Lyman, 1971), como lo muestran las siguientes relaciones.

$$p\text{CO}_2 = [\text{CO}_2(d)] / \alpha$$

$$p\text{CO}_2 = (\text{AC } a\text{H}^+) / (K_{\text{H}} \alpha (1 + 2 K_{\text{a}'} / a\text{H}^+)) \quad \text{atm.} \quad \dots(20)$$

La concentración de dióxido de carbono total, la podemos obtener combinando las ecuaciones (17), (18), y (19) con lo que queda definida de la siguiente manera.

$$\text{CT}(\text{CO}_2) = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{CO}_2(d)]$$

$$\text{CT}(\text{CO}_2) = (\text{AC} [(1 + K_{\text{a}'} / a\text{H}^+ + a\text{H}^+ / K_{\text{H}}) / (1 + 2 K_{\text{a}'} / a\text{H}^+)]) \quad \text{mol/L} \quad \dots(21)$$

Como se puede observar, las ecuaciones (17) a (21), están en función de la actividad de los iones hidrónico ($a\text{H}^+$), y de la alcalinidad de carbonatos, ya que $K_{\text{a}'}$, y K_{H} son constantes aparentes de disociación de carbonatos y bicarbonatos a sus respectivas temperatura y salinidad conocidas (véase fig. 1., en la cual se puede observar la relación entre la titulación y la especiación en el sistema carbonatos, además es posible deducir los diferentes tipos de acidez y alcalinidad).

Uno de los minerales más importantes en los organismos, capaz de formar tejidos duros, huesos y conchas, es el carbonato de calcio, el cual es un importante compuesto estructural en los animales, desde los protozoarios hasta los moluscos y equinodermos.

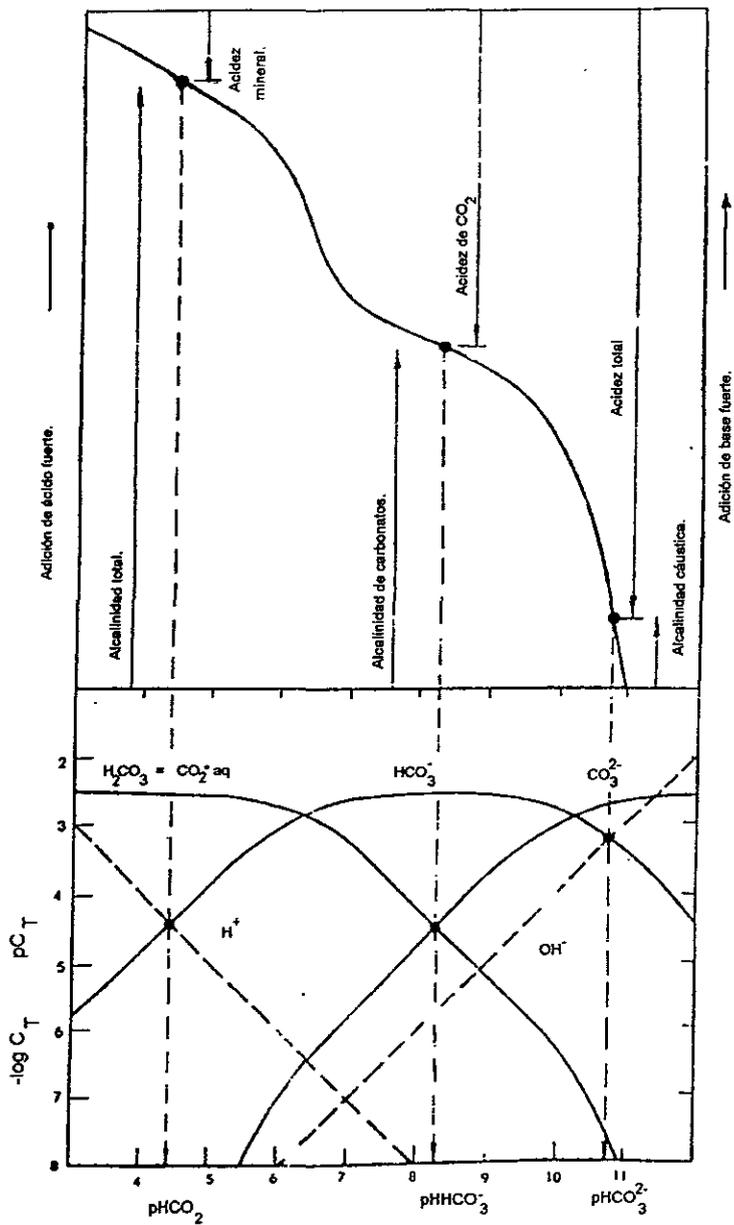


Fig. 1. Relación entre titulación y especies del sistema carbonatos.

Los animales marinos que requieren carbonato de calcio, se encuentran en mayor abundancia en aguas dulces, que contienen grandes cantidades de calcio y magnesio y en los mares cálidos y poco profundos, en los que la presión de dióxido de carbono es baja (Huheey, 1978).

Es importante mencionar, que la formación de carbonato de calcio, se ve favorecida en gran medida por altas concentraciones de calcio y bajas concentraciones de dióxido de carbono disuelto, así como altos valores de pH.

La precipitación del carbonato de calcio en el mar, depende del siguiente equilibrio (Huheey, 1978).



En el medio marino, el carbonato de calcio se presenta en dos formas cristalinas, la calcita y aragonita (la calcita es más abundante en el mar, debido a que su constante de formación es más grande que la de aragonita), las cuales se caracterizan por tener diferentes productos de solubilidad aparentes, las que dependen de la temperatura y la salinidad y viene definida por:

$$k_s' = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] \quad \text{Calcita} \quad \dots(23)$$

$$K_s' = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] \quad \text{aragonita} \quad \dots(24)$$

El grado de saturación de carbonato de calcio en forma de calcita o aragonita, decrece con el incremento de profundidad, esto debido al aumento de la presión de dióxido de carbono, incremento de la concentración de dióxido de carbono total y disuelto y al decaimiento de la temperatura, el pH y la concentración de carbonatos, es por este motivo que las conchas

de los organismos calcáreos que caen de las capas superficiales, se disuelven tan pronto alcanzan las partes insaturadas de la columna de agua en el mar.

El estado de saturación de la calcita o aragonita (W), involucra a la concentración total de calcio, y al producto de solubilidad de la calcita o aragonita a temperatura, presión y salinidad, conforme a la siguiente ecuación.

$$W_{\text{cal}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] / K_s' \quad \text{cal} \quad \dots(25)$$

$$W_{\text{arg}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] / K_s' \quad \text{arg} \quad \dots(26)$$

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Si para la determinación de la alcalinidad total, valoramos una muestra de agua con un ácido fuerte y seguimos el curso de dicha valoración por medio de una curva de potencial o pH, en función del volumen agregado de ácido, es común obtener dos puntos de equivalencia, el primero debido principalmente a la conversión de carbonatos a bicarbonatos y el segundo debido principalmente a la conversión de bicarbonatos a ácido carbonico. La fig. 2, muestra el seguimiento de dicha valoración, en la cual es posible observar la tendencia descrita.

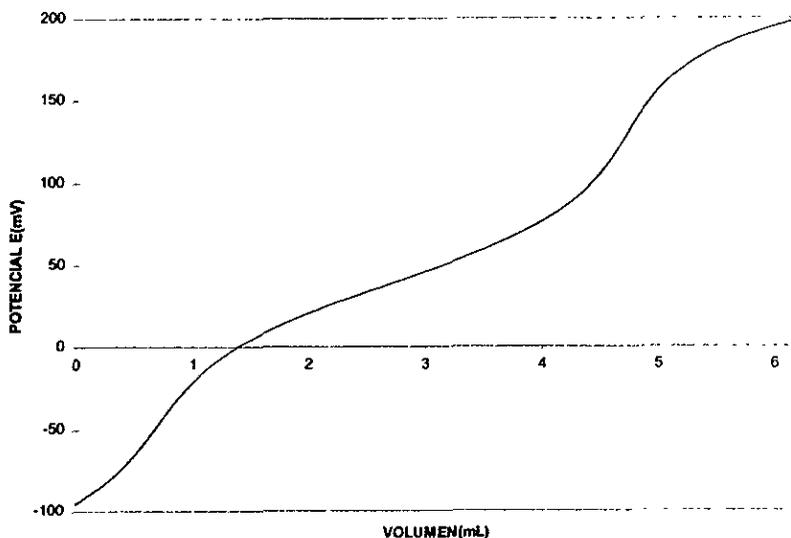


Fig. 2. Curva de titulación potenciométrica para una muestra de 50mL de agua de mar con ácido clorhídrico 0.025N. Datos experimentales siguiendo el procedimiento propuesto por (Butler, 1982, Millero, 1996).

El método de Gran es recomendado para el cálculo de los puntos de equivalencia (Butler, 1982, Millero, 1996). Para ello se sigue el siguiente procedimiento.

Dado que V_1 y V_2 , son los valores necesarios de ácido para titular los carbonatos y bicarbonatos respectivamente, las siguientes relaciones son validas.

$$V_0 \text{ [AT] } = V_2 N: \quad \text{.....(27)}$$

$$V_0 \text{ [AC] } = V_1 N \quad \text{.....(28)}$$

$$V_0 \text{ [CO}_2\text{T] } = (V_2 - V_1) N \quad \text{.....(29)}$$

En donde V_0 es el volumen inicial de muestra a titular, V_1 y V_2 son los respectivos puntos de equivalencia de la titulación, N es la normalidad o molaridad del ácido que se utiliza para titular, [AT] es la alcalinidad total, [AC] es la alcalinidad de carbonatos y $\text{[CO}_2\text{T]}$ es la concentración de dióxido de carbono total, además para cualquier punto de la titulación las siguientes relaciones son válidas

$$(V_0 + V) \text{ [Aci-H}^+\text{] } = (V - V_2) N \quad \text{.....(30)}$$

$$(V_0 + V) \text{ [Aci-CO}_2\text{] } = (V - V_1) N \quad \text{.....(31)}$$

$$(V_0 + V) \text{ [AT] } = (V_2 - V) N. \quad \text{.....(32)}$$

Donde $\text{[Aci-H}^+\text{]}$ representa la acidez de H^+ , y $\text{[Aci-CO}_2\text{]}$ representa la acidez de dióxido de carbono.

Del seguimiento de la titulación se puede observar que cuando $V > V_2$, se cumple la siguiente condición, $\text{[H}^+\text{]} \gg \text{[HCO}_3^-\text{]} + 2\text{[CO}_3^{2-}\text{]} + \text{[OH}^-\text{]}$. Por lo que la ecuación (30), se puede simplificar a:

$$(V_0 + V) \text{ [H}^+\text{] } = (V - V_2) N \quad \text{.....(33)}$$

Puesto que estamos utilizando un método potenciométrico, en realidad conocemos a_{H^+} y no la $[H^+]$, por lo que la ecuación anterior queda expresada como.

$$(V_0 + V) a_{H^+} = (V - V_2) N \quad \dots(34)$$

De hecho el segundo punto de equivalencia se puede obtener trazando $(V_0+V)a_{H^+}$, que llamamos F_1 (función de Gran), contra V (véase la fig.3), en la cual V_2 se puede obtener cuando se cumple la condición de $F_1 = 0$, con lo que $V = V_2$. Este procedimiento es propuesto por (Edmond, 1970, Butler, 1982) Por lo que el V_2 se determina en el intervalo de potencial comprendido entre 50 a 230 mV.

$$F_1 = (V_0 + V) a_{H^+} \quad \dots(39)$$

El valor de V_2 , se obtiene según el método interactivo trazando F_1 contra V , si los valores de F_1 se ajustan a una línea recta por el método de mínimos cuadrados entonces.

$$F_1 = a + bV. \quad \dots(40)$$

$$V = -a/b \quad \dots(41)$$

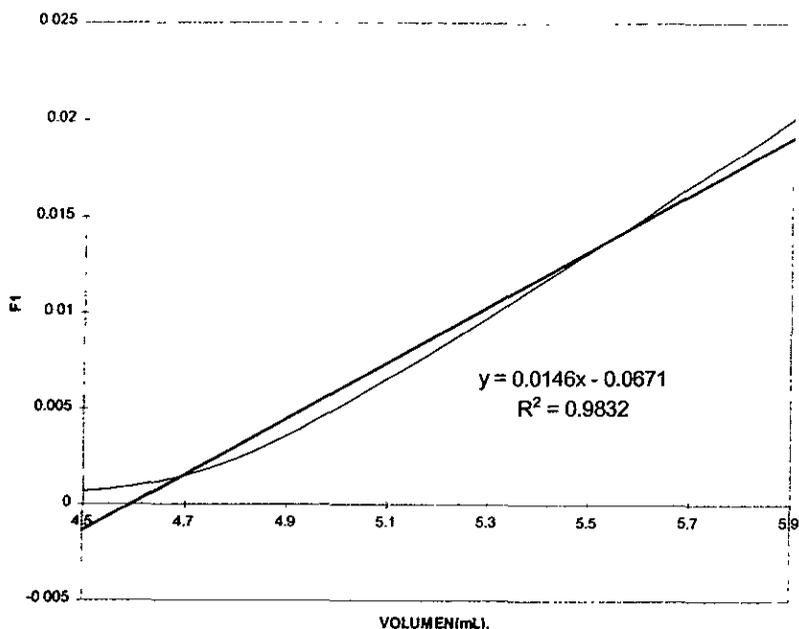


Fig 3. Cálculo de volumen (V_2) a la equivalencia utilizando el método de Gran, valores calculados apartir de datos experimentales (Fig 2), siguiendo el metodo descrito en (Butler, 1982, Millero, 1996).

Es necesario hacer notar que apartir de valores de potencial es posible conocer la a_{H^+} , según lo muestra la siguiente ecuación propuesta por Nickolsky, en donde E_o es el potencial interno del electrodo utilizado y es igual a 0.4Volts a 25°C.

$$E = E_o + k \log a_{H^+} \quad \dots(42)$$

El valor de la K es una constante que viene dada por la ecuación de Nernst que depende de la temperatura a la cual se lleve acabo la determinación ($RT/F=K$), cabe señalar que el valor de dicha constante a 25°C es de 0.06Volts, con lo que la anterior ecuación queda definida de la siguiente manera.

$$E = 0.4 - 0.06pH \quad \dots(43).$$

Para obtener el valor de V_1 (primer punto de equivalencia), es necesario tomar el intervalo de la titulación entre V_1 y V_2 en las cuales las siguientes condiciones son validas, $[H_2CO_3] \gg [H^+]$, $[CO_3^{2-}]$, $[OH^-]$ y $[HCO_3^-] \gg [H^+]$, $[CO_3^{2-}]$, $[OH^-]$ Por lo que las ecuaciones (31) y (32), se pueden simplificar de la siguiente manera.

$$(V_0 + V) [H_2CO_3] = (V - V_1) N. \quad \dots(44)$$

$$(V_0 + V) [HCO_3^-] = (V_2 - V) N. \quad \dots(45)$$

Las anteriores ecuaciones pueden quedar expresadas utilizando las constantes de equilibrios, de los bicarbonatos y despejando de la ecuación anterior el valor de los bicarbonatos. Además de la ecuación de K_{a1} podemos obtener la concentración de bicarbonatos y de ácido carbonico.

$$K_{a1} = a_{H^+} [HCO_3^-] / [H_2CO_3] \quad \dots(46)$$

$$[H_2CO_3] = a_{H^+} [HCO_3^-] / K_{a1}. \quad \dots(47)$$

Sustituyendo de la ecuación (47) en la ecuación (44), queda la siguiente relación.

$$(V_0 + V) (a_{H^+} [HCO_3^-] / K_{a1}) = (V - V_1) N \quad \dots(48)$$

De la ecuación (45), podemos despejar la concentración de bicarbonatos quedando de la siguiente manera

$$[HCO_3^-] = (V_2 - V) N / (V_0 + V) \quad \dots(49)$$

Sustituyendo la ecuación (49) en la ecuación (48), se obtiene lo siguiente.

$$(V - V_1) = (V_2 - V) a_{H^+} / K_{a1} \quad \dots(50)$$

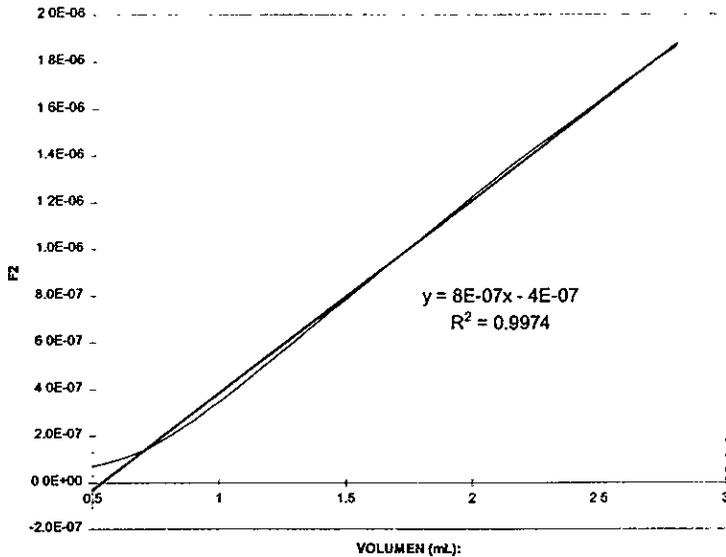


Fig 4. Cálculo de volumen (V_1) a la equivalencia utilizando el método de Gran, valores calculados apartir de datos experimentales (Fig 2), siguiendo el metodo descrito en (Butler, 1982, Millero, 1996).

Si definimos la segunda función de Gran como F_2 .

$$F_2 = (V_2 - V) a_{H^+} = (V - V_1) K_{a1} \quad \dots(51)$$

De esta ecuación se puede observar que al trazar una gráfica de F_2 en función de V , es posible obtener el valor de V_1 . cuando F_2 es igual a 0, si esta determinación se realiza entre -100 y 45 mV, (Edmond, 1970). Dicha recta se puede ajustar por el método de mínimos cuadrados como lo muestra la fig.4.

$$F_2 = a + bV \quad V_1 = -a/b$$

El valor del pK_{a1} es posible obtenerlo también en este intervalo ya que :

$$(V_2 - V) a_{H^+} = (V - V_1) k_{a1}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{a1} + \log \left(\frac{V_2 - V}{V - V_1} \right) \quad \dots(52)$$

De la ecuación (52), es fácil deducir que el pH es igual al pK_{a1} cuando el volumen es igual a la semisuma de V_1 y V_2 , $V = (V_1 + V_2) / 2$, siempre y cuando $V_1 < V < V_2$.

De lo anterior, es fácil deducir que las ecuaciones básicas para el cálculo de alcalinidad total, dióxido de carbono total y alcalinidad de carbonatos pueden ser calculadas si se conoce lo siguiente.

a) La cantidad de ácido necesaria para titular los bicarbonatos, dada por el valor del segundo punto de equivalencia (V_2), dada en mL.

b) La cantidad de ácido requerida para titular los carbonatos correspondientes a el primer punto de equivalencia (V_1), dada en mL.

c) La cantidad de muestra de agua de mar a valorar V_0 , que puede darse en volumen (mL) o en masa (g).

d) La concentración de ácido clorhídrico expresada en molaridad o en normalidad (N).

Con lo que las ecuaciones de alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos, y dióxido de carbono total queda definido de la siguiente manera.

$$\text{AT} = V_2 N / V_0.$$

$$\text{AC} = V_1 N / V_0$$

$$\text{CO}_2\text{T} = (V_2 - V_1) N / V_0.$$

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio, es la comprendida entre los 20 a 24° de latitud norte y los 105 a 109° de longitud oeste, desde las costas de Sinaloa a Bahía Banderas (Jalisco), véase la fig. 5 y tabla 1.

La boca del Golfo de California se considera una zona de mezcla de agua, ya que hay corrientes provenientes de California, Golfo de California, noroecuatoriales, y costaneras de Costa Rica como lo muestra la fig. 6.

La Batimetría y Topografía presentada en la fig. 7, nos muestra características particulares, la plataforma continental es reducida en ancho (en comparación con la del Golfo de México), la región Pelágica presenta un declive muy pronunciado, la región Abisal con gran extensión y una profundidad de más de 3000m.

El Pacífico central Mexicano tiene rasgos Topográficos sobresalientes. La zona de Fracturas, que son en general paralelas con la tendencia a la expansión, las fracturas de Clarión y Clipperton, además de pequeñas fallas como la Rivera y Orozco. La trinchera Mesoamericana, es una fosa paralela al continente la cual recibe distintos nombres a la altura a la cual se ubica (De la Lanza, 1991).

La Topografía de la parte sur del Golfo de California está caracterizada por ser muy irregular, nuevos elementos estructurales como los montes y cañones submarinos hacen la Topografía del piso oceánico más compleja. En el paralelo 24, el Golfo de California incrementa notablemente su amplitud hasta unos 40km, en las cuencas o depresiones del eje central se hacen más profundas; en el margen peninsular existen gran cantidad de islas de origen volcánico y es una área sumamente extensa de unos 870km, hasta la latitud de Cabo Corrientes.

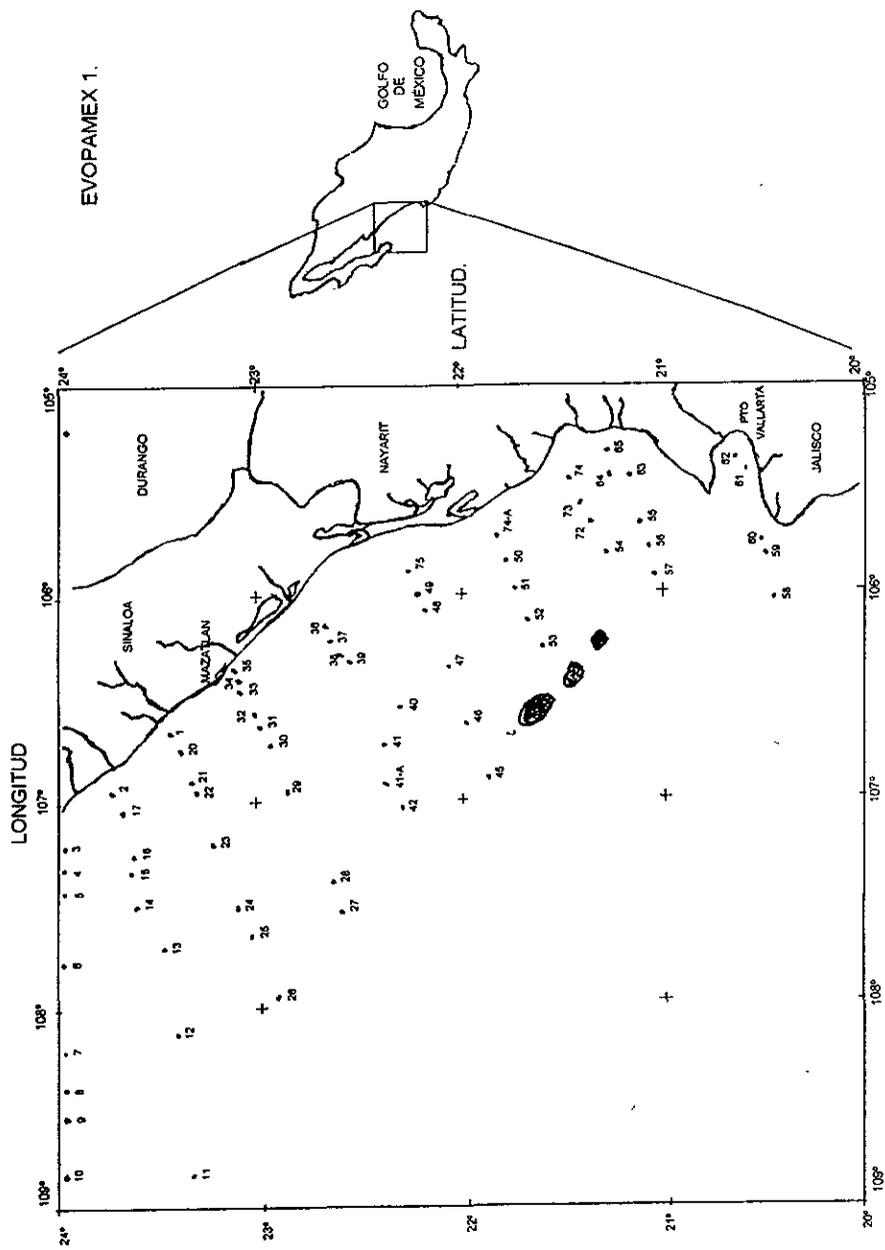


Fig. 5. Derrotero del área de estudio.

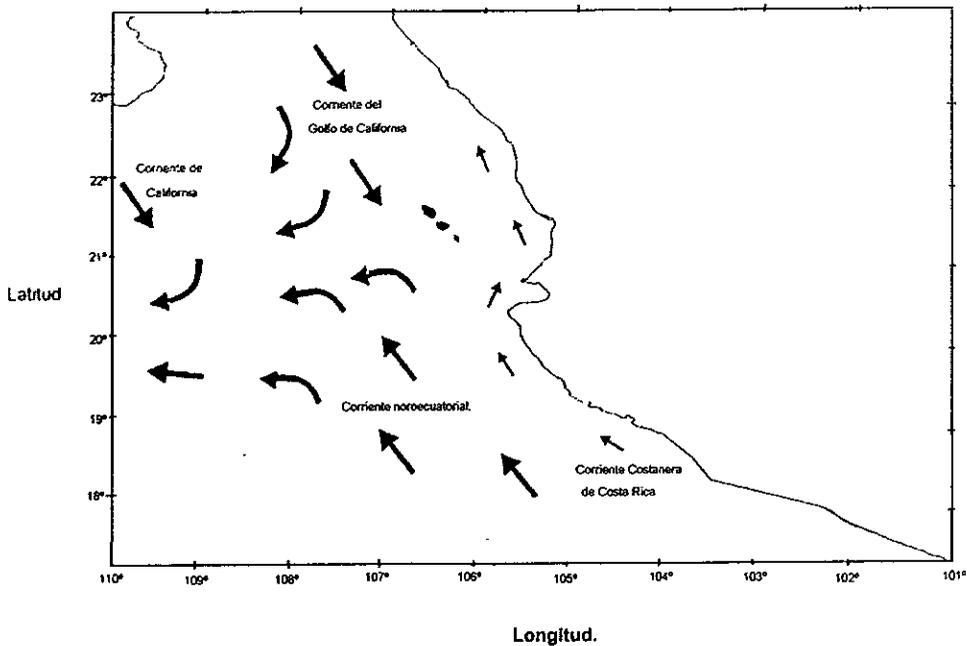


Fig. 6. Corrientes oceánicas.

En el margen continental del Golfo, la plataforma ésta sumamente recortada a la altura de Topolobambo (Sinaloa), haciéndose más amplio a lo largo de la costa de Sinaloa y Nayarit (85km), desapareciéndose nuevamente frente a Puerto Vallarta (Jalisco). La depresión de Mazatlán está limitada por la isobata de 2800m y con una profundidad máxima de 3060m, la cual posee una forma de herradura y está situada en al bisección de la falla central del Golfo y el sistema Tamayo-Rivera del Pacífico del este. Hacia el suroeste se abre la cuenca del Pacífico, con una Topografía muy plana, interrumpida por algunos montes y mesetas de dimensiones reducidas, mientras que por el lado oriental se ubican las series de escarpes del Talud continental. Aproximadamente a 220km al sur de la última depresión se ubican las islas Marias. Al sur de Mazatlán la plataforma continental alcanza su máxima amplitud frente a las islas Marias (82km) y el Talud por el lado occidental de éstas desciende abruptamente desde

180 hasta 2550m de profundidad, en la depresión de las tres Marias, la cual presenta una planicie ovalada situada a 4142m de profundidad.

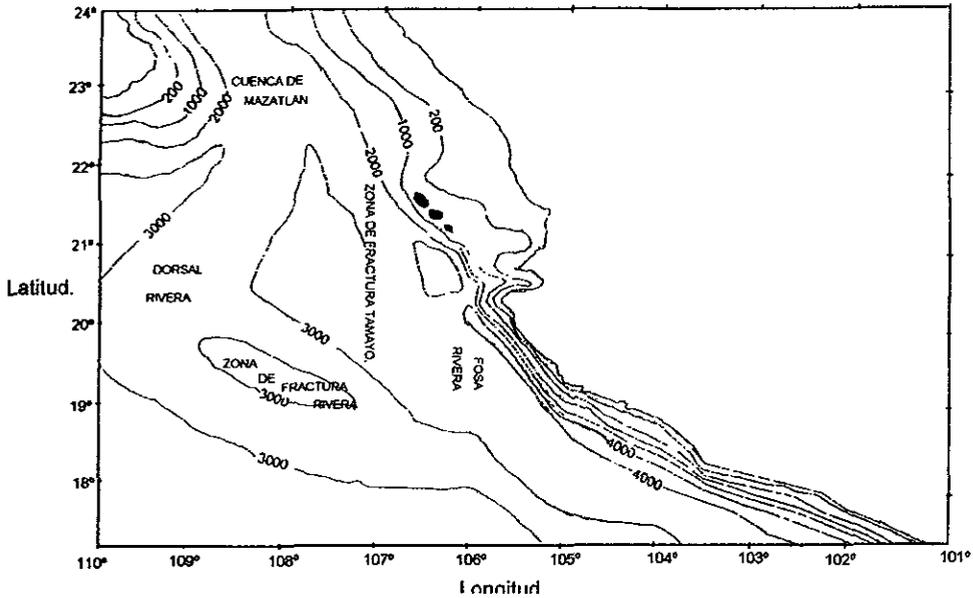


Fig. 7. Batimetría y Topografía del área de estudio.

La dorsal oceánica del Pacífico oriental se extiende hacia el norte del Ecuador y desaparece, como un rasgo Batimétrico distintivo cerca de la boca del Golfo de California. Transversal a la dorsal oceánica se encuentra la zona de Fractura Tamayo, cuyo trazo se expresa como un lineamiento batimétrico característico en el fondo oceánico del Golfo. La dorsal oceánica del Pacífico oriental y la zona de Fractura Rivera-Tamayo, definen los límites de las placas Norteamericanas y del Pacífico cerca de la boca del Golfo de California.

El clima predominante en la región de estudio es el cálido subhúmedo, la temperatura a lo largo del año varía muy poco debido, principalmente a las corrientes marinas

que según la influencia cálida o fría de la estación predominante ocasiona temperaturas bajas o altas.

La precipitación, la temporada de lluvias y de secas esta bien definida, la de lluvias se extiende desde Mayo hasta Noviembre y el resto es de sequias. La precipitación es de 600 a 2000mm.

La boca del Golfo de California se caracteriza por ser una área donde se presenta el fenómeno de Surgencia, en el cual las masas de agua superficial se caracterizan principalmente por una baja en la temperatura y oxígeno y un alto contenido de nutrientes y por lo tanto un aumento en la productividad. Los sedimentos de estas aguas son diferentes de las otras áreas adyacentes no afectadas por surgencia.

El estudio oceanográfico llamado estudio oceanográfico del Pacífico Mexicano (EVOPAMEX1), consto de 10 transectos (línea de muestreo en el mar que consta de por lo menos dos estaciones), que contenían un total de 75 estaciones de muestreo.(una estación de muestreo es un punto en el mar caracterizado por su longitud, y latitud).

TABLA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

NÚMERO DE ESTACIÓN	LATITUD NORTE (Grados)	LONGITUD OESTE (Grados)	PROFUNDIDAD (metros)
1	23°26.4	106°39.4	35
2	23°42.22	106°57.14	28
3	24°00.13	107°13.22	21
4	24°00.160	107°19.056	34
5	24°00.214	107°26.160	50
6	24.°01.245	107°49.177	150
7	23°59.992	108°12.526	610
8	23°59.984	108°23.406	500
9	23°59.556	108°23.579	1600
10	24°00.79	108°50.50	4500
11	23°20.351	108°49.080	2700
12	23°20.055	108°05.968	2200
13	23°33.359	107°41.647	1200
14	23°36.178	107°31.674	1000
15	23°37.556	107°21.547	458
16	23°38.133	107°16.101	166
17	23°40.332	107°02.904	55
20	23°22.642	106°45.300	75
21	23°19.429	106°54.442	180
22	23°17.709	106°58.162	560
23	23°13.25	107°11.85	960
24	23°06.159	107°31.83	1000
25	23°01.00	107°40.443	2000
26	22°54.939	107°57.448	2510
27	22°34.558	107°34.845	2982
28	22°37.000	107°24.524	2050
29	22°51.065	106°59.516	1250
30	22°56.051	106°45.105	1050
31	22°59.203	106°39.841	522
32	23°01.074	106°35.763	170
33	23°05.016	106°28.889	65
34	23°05.941	106°24.941	42
36	22°40.865	106°07.995	50
37	22°38.927	106°12.904	75
38	22°36.821	106°18.160	135
39	22°34.686	106°20.046	180
41	22°29.461	106°43.630	720
41-A	22°21.331	106°51.861	1510
42	22°18.900	107°01.100	2220
45	21°53.841	106°54.767	2000

CONTINUACIÓN DE TABLA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.

NUMERO DE ESTACIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	PROFUNDIDAD
46	21°59.079	106°37.540	1887
47	22°04.201	106°21.432	450
48	22°11.79	106°4.621	55
49	22°13.793	105°59.493	52
50	21°48.437	105°50.014	38
51	21°44.887	105°59.113	55
53	21°35.318	106°15.081	310
54	21°16.526	105°49.560	437
55	21°08.465	105°41.050	473
56	21°05.868	105°47.975	480
57	21°03.320	105°55.067	250
59	20°20.65	105°51.140	1750
61	20°34.982	105°26.061	796
62	20°35.567	105°21.866	550
63	21°11.448	105°37.084	240
64	21°14.037	105°27.004	67
65	21°15.985	105°20.985	46
72	21°21.99	105°40.12	244
73	21°24.961	105°34.09	60
74	21°28.095	105°27.916	48
74-A	21°50.01	105°30.10	15
75	22°16.946	105°54.019	40

PARTE EXPERIMENTAL.

TOMA DE MUESTRA.

Las muestras de agua de mar, fueron recolectadas del nueve al diecisiete de julio de 1993, en el área de estudio, siguiendo el recorrido descrito en el derrotero (fig 5.), a través del buque B/O "El Puma" perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, la campaña oceanográfica se llamo "EVOPAMEX1". En esta expedición se tomaron muestras de agua de mar a diferentes profundidades, según lo permitiera la estación de muestreo, las profundidades van desde los 5 a los 2500m de profundidad, cada muestra de agua se etiquetó con un número para poderla diferenciar de las demás y se registró en una libreta en la cuál se anota la ubicación de la estación por medio de dos coordenadas geográficas (latitud, longitud), y la profundidad a la cual se recolectó. Es importante mencionar que el personal asignado a esta expedición realizó el muestreo, por lo que no participe en la colecta de muestras sino sólo en el análisis de dichas muestras.

Las muestras fueron recolectadas por doce botellas Niskin conectadas a un muestreador llamado Rosette, que a su vez se conecta a un censor llamado CTD, que por medio de señales eléctricas pueden bajar a la profundidad deseada, y al subir o bajar cierra las botellas..

El censor del CTD nos da medidas in situ de temperatura y salinidad, así como la posición puntual de la estación y la profundidad a la cual se toma la muestra.

TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.

A cada muestra le midieron la temperatura y salinidad in situ, por medio del CTD, y posteriormente filtraron a vacío por medio de papel filtro y prefiltro millipore tipo HA - 47 de 0.45mm de diámetro de poro. Tomaron aproximadamente 100 mL de muestra en un vaso de

precipitado y le introdujeron un electrodo combinado conectado a un potenciómetro marca Corning, por medio del cual le determinaron el pH in situ a la muestra. El resto de la muestra se almacenó en botellas de polietileno para su posterior análisis.

ANÁLISIS DE LA MUESTRA.

El análisis de la muestra se llevó a cabo en el laboratorio de Físicoquímica marina del Instituto de Ciencias del mar y limnología perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México. En dicho laboratorio se le midió nuevamente la salinidad y la alcalinidad total..

ALCALINIDAD TOTAL.

La alcalinidad total se midió por medio de un método analítico que consiste en una titulación potenciométrica, cien gramos aproximados de muestra se colocaron en una celda de vidrio provista de una camisa de circulación conectada a un baño de agua que nos permitió mantener la temperatura constante ($25 \pm 0.01^\circ\text{C}$), la celda está provista de un sistema de agitación magnética y comunicada a una microbureta automática, y además con una tapa totalmente hermética para impedir el intercambio de gases con la atmósfera. La muestra fue valorada con ácido clorhídrico que se introdujo a la celda a través de la microbureta.

La microbureta de 5 mL, que se encontraba unida a la celda por medio de una manguera capilar, adiciona alícuotas de 0.05 mL hasta completar cuarenta adiciones. La microbureta se conectó a una computadora para tomar los valores de volumen de las alícuotas y de potencial, y procesar los datos dando automáticamente los valores de alcalinidad total, y los puntos de equivalencia de dicha valoración, expresados en mL de ácido agregado, véase la fig. 8.

Los valores de potencial fueron tomados por la computadora gracias a que eran registrados por un potenciómetro marca Metrohm modelo 686 que se enlazó a dicha computadora, el potenciómetro consta de un electrodo combinado de vidrio.

Cada muestra fue valorada por triplicado con ácido clorhídrico 0.5N previamente valorado, por lo que los valores expresados de alcalinidad total son promedio del resultado de tres valoraciones, con lo que se obtuvieron resultados confiables de cada valoración hecha.

Valoración del ácido clorhídrico.

El ácido clorhídrico fue valorado con una solución de carbonato de sodio de concentración conocida, el carbonato de sodio fue secado por veinticuatro horas a 120°C antes de utilizarse y posteriormente se enfrió en un desecador por una hora, la normalidad del ácido clorhídrico es de aproximadamente 0.5N.

La valoración del ácido clorhídrico se hizo por triplicado y se determinaron los puntos de equivalencia por medio del método de Gran, con esto aseguramos tener resultados confiables y consistentes.

SALINIDAD.

La salinidad fue medida relacionando la conductividad eléctrica con la salinidad, por medio de un conductímetro de inducción Guildlain modelo 9040 y calibrado con agua de mar de salinidad conocida, (agua de mar estándar de Copenhague de salinidad 35 UPS) podemos relacionar salinidad con conductividad eléctrica como lo muestra la ecuación 3; fue necesario que las lecturas de conductividad se tomaran por triplicado para que el valor de la salinidad fuera la media de los valores de conductividad eléctrica.

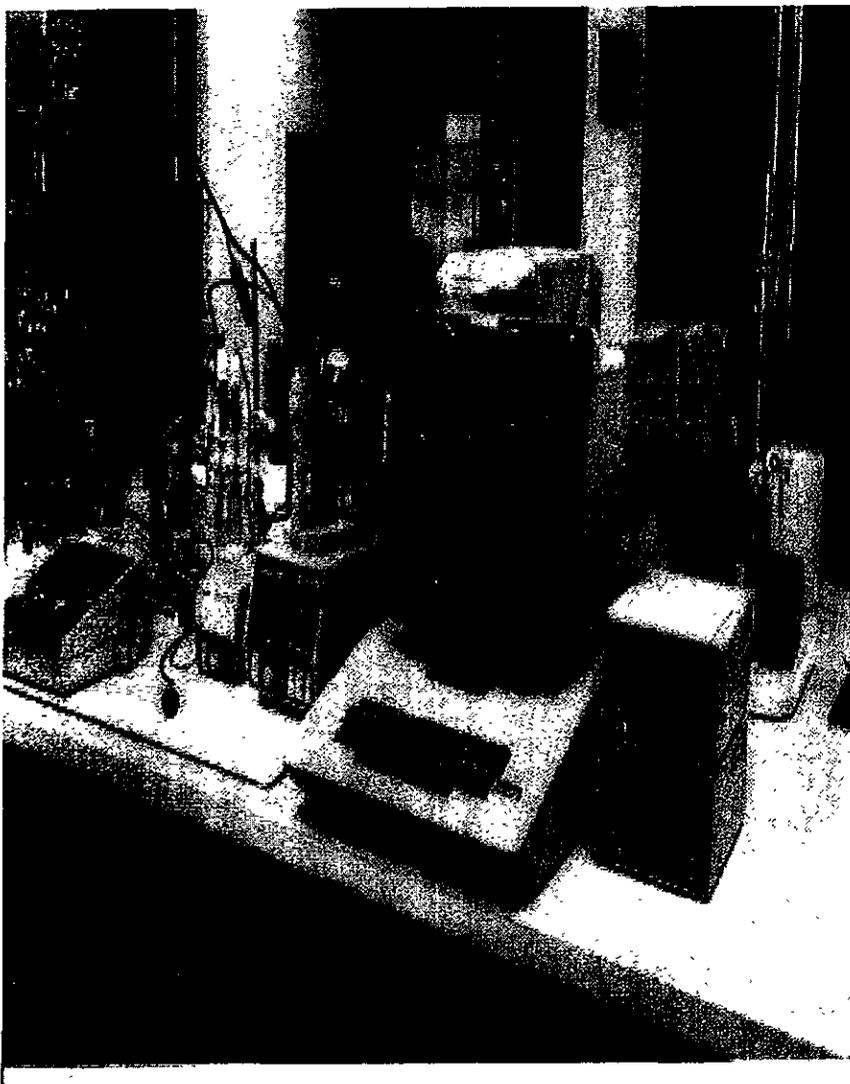


Fig. 8. Equipo de medición de alcalinidad total del laboratorio de Físicoquímica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

RESULTADOS.

Los resultados se expresan por medio de tablas, en las cuales se identifican diez transectos con sus respectivas estaciones de muestreo. Cada estación consta de una serie de muestras que están ordenadas en forma creciente de profundidad. En estas tablas se observan los parámetros relacionados al sistema del dióxido de carbono como son: pH, salinidad, alcalinidad total, temperatura, así como la concentración de carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono total, dióxido de carbono disuelto y el porcentaje de saturación de calcita y aragonita.

Transecto por transecto se presentan tablas de resultados y datos estadísticos, así como gráficas de cortes verticales de los diferentes parámetros del sistema del dióxido de carbono..

En el anexo 3, se incluirán las tablas de datos estadísticos y las gráficas de cortes horizontales de diferentes parámetros del sistema del dióxido de carbono a 5 metros de profundidad.

Cabe señalar que para obtener las gráficas de cortes verticales y horizontales se utilizó un modelo matemático que consiste en una malla, con la cual podemos simular el comportamiento de los componentes del dióxido de carbono, utilizando de blanco en unos casos el descenso de la costa a la profundidad y en otros las costas.

En el anexo 4, se incluirán gráficas de diagramas de caja, en los cuales se puede observar los datos estadísticos como son la media, máximo y mínimo de los parámetros complementarios al sistema del dióxido de carbono.

TABLA 2. RESULTADOS DEL TRANSECTO UNO.

EST	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
3	5	7.905	2188	30.51	35.104	2.87	1.91	1887	121	25	1.009	2034
3	10	7.889	2217	30.49	35.222	2.82	1.88	1921	119	26	1.063	2067
4	5	7.88	2110	30.68	34.844	2.63	1.75	1834	111	26	1.045	1970
4	10	7.77	2072	30.57	35.136	2.08	1.39	1852	88	33	1.344	1973
4	20	7.86	2143	30.51	35.17	2.57	1.71	1872	109	28	1.107	2008
5	5	7.94	2137	28.86	34.556	2.92	1.95	1827	124	22	0.854	1973
5	10	7.92	2202	28.19	34.993	2.89	1.93	1893	124	24	0.903	2041
5	20	7.93	2218	25.98	35.013	2.9	1.93	1903	126	23	0.819	2052
5	30	7.92	2205	25	35.024	3.08	2.05	1867	135	20	0.707	2022
6	5	7.98	2200	30.12	34.783	3.31	2.21	1854	140	21	0.826	2014
6	10	7.98	2148	29.91	34.847	3.22	2.15	1808	136	20	0.8	1965
6	20	7.98	2209	29.68	34.869	3.18	2.12	1874	135	22	0.86	2031
6	30	7.97	2160	27.35	34.909	3.08	2.05	1827	133	30	0.754	1980
6	50	7.95	2284	25.26	34.943	3.04	2.03	1932	134	22	0.773	2087
6	75	7.96	2232	20.17	35.001	2.91	1.94	1907	132	20	0.613	2052
6	100	7.74	2223	16.9	35.149	1.79	1.19	2015	82	34	0.959	2130
7	5	7.98	2142	30.08	34.475	3.2	2.14	1806	135	20	0.806	1961
7	10	7.916	2144	30.05	34.887	2.85	1.9	1844	121	24	0.947	1988
7	20	7.91	2210	29.78	34.858	2.89	1.93	1905	123	25	0.983	2053
7	30	7.903	2224	27.35	34.959	2.79	1.86	1924	121	25	0.928	2069
7	50	7.914	2235	25.15	35	2.79	1.86	1929	123	24	0.835	2075
7	75	7.862	2244	20.25	35.014	2.4	1.6	1971	109	26	0.801	2105
7	100	7.542	2280	16.91	35.021	1.18	0.79	2143	54	58	1.639	2255
7	150	7.507	2347	14.45	35.069	1.09	0.73	2219	50	64	1.684	2334
7	500	7.369	2369	11.25	35.134	0.72	0.48	2278	35	90	2.146	2404
8	5	7.966	2238	30.69	34.807	3.3	2.2	1896	139	22	0.89	2056
8	10	7.951	2148	30.67	34.841	3.07	2.05	1826	129	22	0.886	1978
8	20	7.947	2231	30.65	34.88	3.17	2.11	1901	134	23	0.93	2058
8	30	7.953	2273	27.26	34.966	3.14	2.09	1936	136	22	0.828	2094
8	50	7.765	2272	23.26	34.968	2.05	1.37	2044	91	35	1.166	2170
8	75	7.477	2242	20.31	35.022	1.05	0.7	2123	47	69	2.141	2239
8	100	7.455	2178	15.92	35.103	0.92	0.61	2070	42	69	1.887	2181
8	150	7.402	2158	14.41	35.31	0.79	0.53	2064	36	77	2.017	2177
8	500	7.248	2278	6.28	35.36	0.5	0.33	2214	24	116	2.325	2354
9	5	7.993	2122	30.58	34.703	3.28	2.19	1778	138	19	0.782	1936
9	10	7.974	2173	30.25	34.819	3.23	2.16	1834	137	21	0.832	1991
9	20	7.874	2176	30	34.859	2.65	1.77	1896	113	27	1.07	2036
9	30	7.858	2183	26.34	34.953	2.47	1.65	1914	108	27	0.984	2048
9	50	7.765	2180	22.89	35.014	1.96	1.31	1980	87	33	1.103	2080

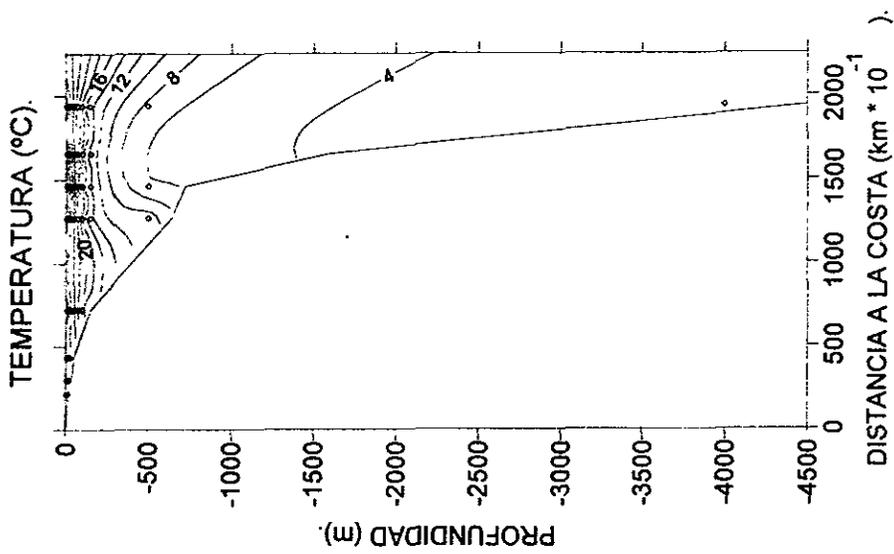
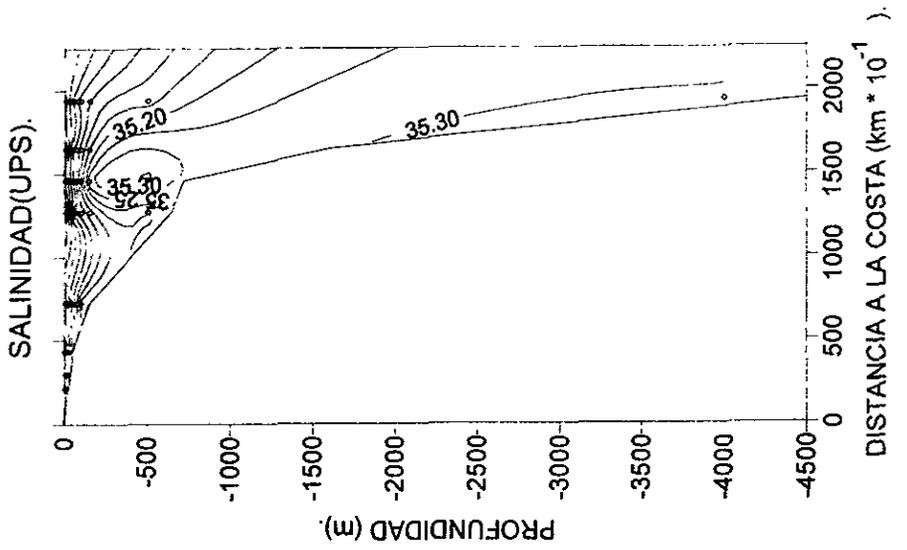
CONTINUACIÓN DE LA TABLA 2. RESULTADOS DEL TRANSECTO UNO.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
9	75	7.442	2188	20.31	35.048	0.95	0.63	2079	43	73	2.261	2195
9	100	7.258	2219	14.5	35.053	0.58	0.39	2151	27	114	3.009	2292
9	150	7.23	2219	13.36	35.154	0.53	0.35	2156	25	122	3.104	2302
10	5	8.073	2176	30.41	34.83	3.91	2.61	1767	165	16	0.644	1948
10	10	8.07	2187	29.4	34.853	3.87	2.58	1779	164	16	0.629	1959
10	20	8.063	2215	28.4	34.872	3.82	2.55	1808	164	16	0.627	1989
10	30	8.049	2204	26.95	34.895	3.64	2.43	1810	158	17	0.615	1985
10	50	7.754	2197	23.56	34.977	1.95	1.3	1980	86	35	1.171	2101
10	75	7.627	2215	20.32	34.979	1.44	0.96	2051	65	47	1.452	2162
10	100	7.536	2224	16.58	35.033	1.13	0.76	2092	52	57	1.604	2201
10	150	7.476	2230	14.55	35.048	0.96	0.64	2116	45	66	1.738	2226
10	500	7.388	2215	7.62	35.127	0.88	0.46	2127	33	79	1.656	2239
10	4000	7.271	2331	3.07	35.304	0.24	0.16	2269	22	109	1.948	2400

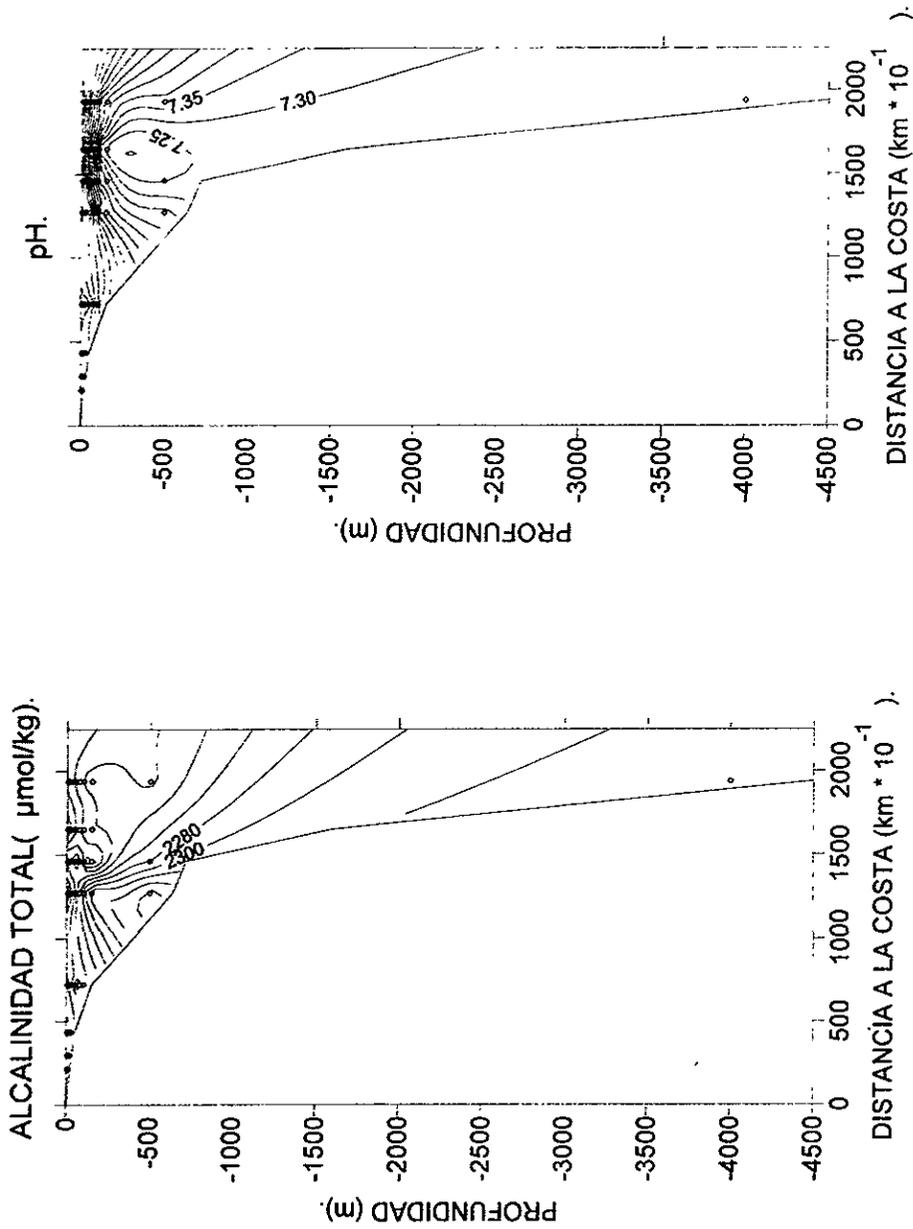
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO UNO.

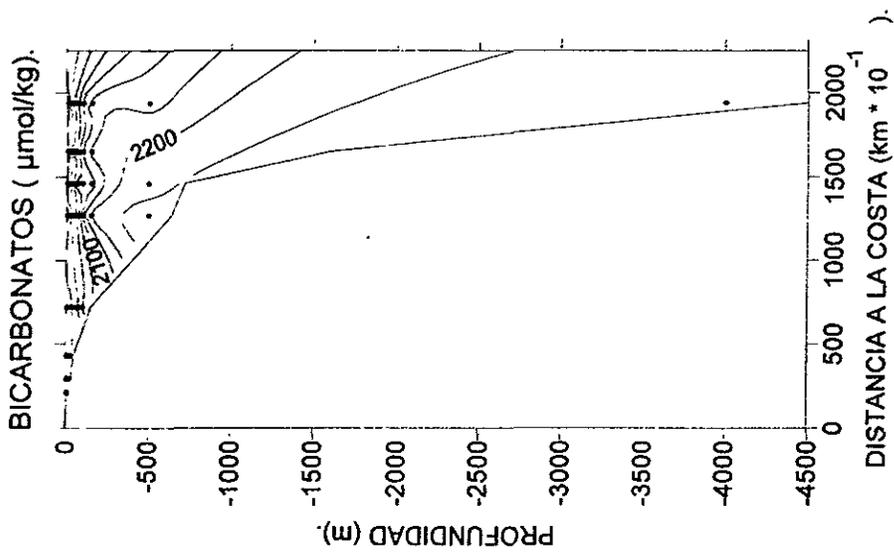
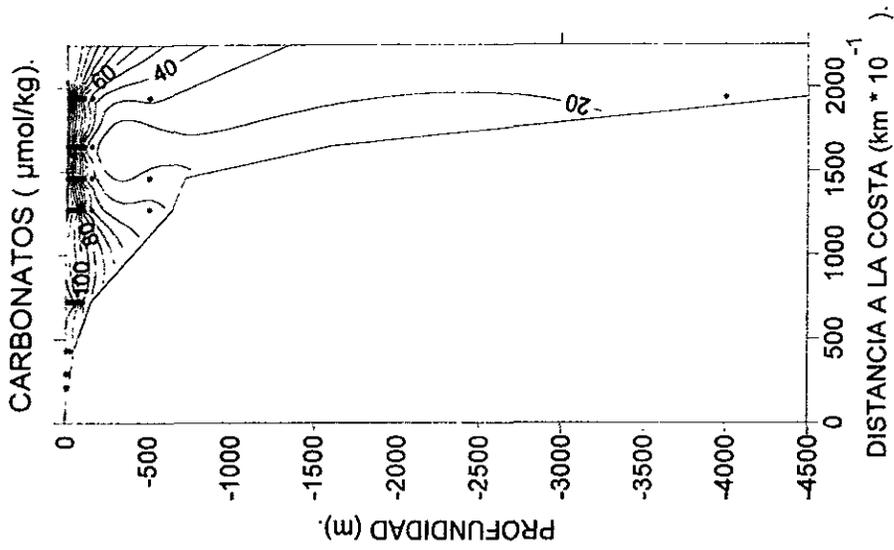
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	PCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.78	2208	23.73	34.76	2.31	1.54	1958	100	40	1.22	2098
MAXIMO	8.07	2369	30.69	35.09	3.92	2.62	2280	166	123	3.12	2406
MÍNIMO	7.23	2072	3.07	34.40	0.23	0.16	1765	22	16	0.58	1930



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 1.

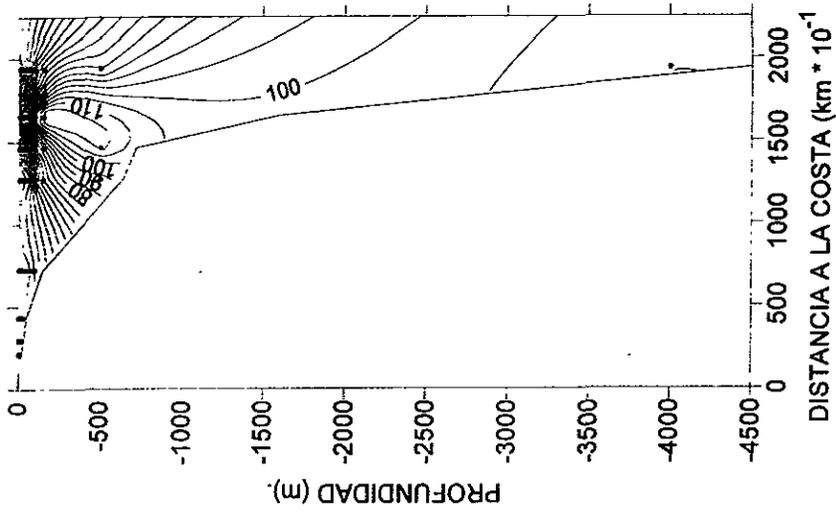


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 1.

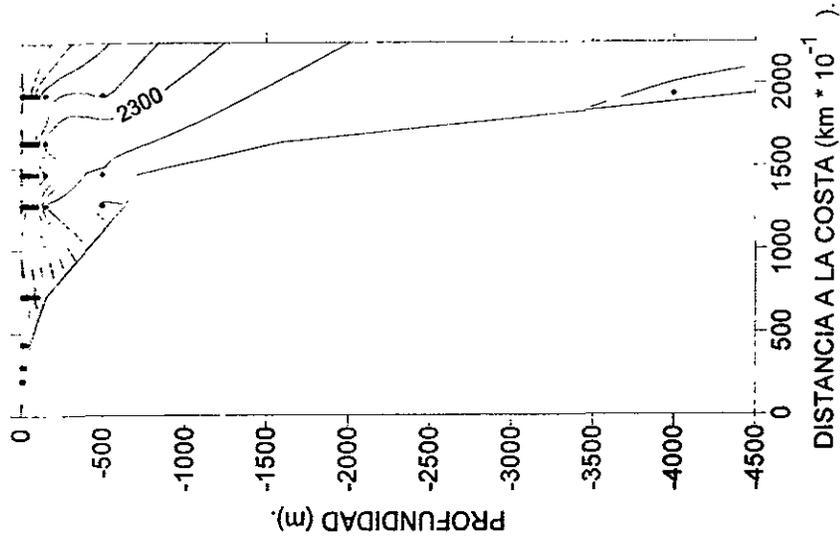


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 1

DIÓXIDO DE CARBONO DISUELTO ($\mu\text{mol/kg}$).

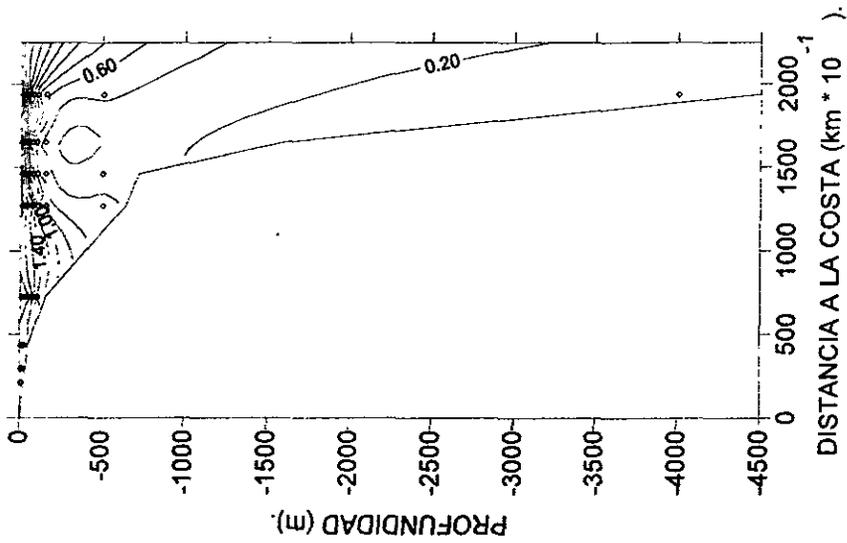


DIÓXIDO DE CARBONO TOTAL ($\mu\text{mol/kg}$).

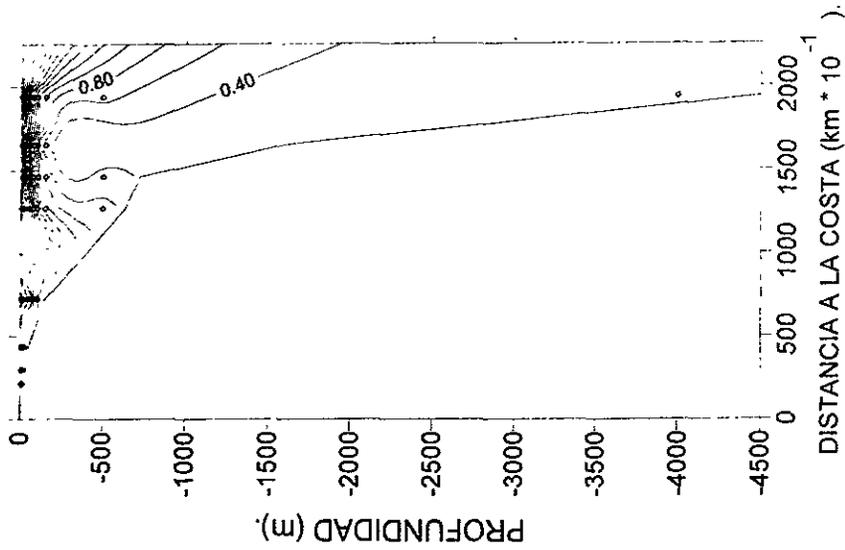


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 1.

% DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.



% DE SATURACIÓN DE CALCITA.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 1.

TABLA 3. RESULTADOS DEL TRANSECTO DOS.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
2	5	8.004	2078	30.32	34.946	3.28	2.19	1731	139	18	0.735	1888
2	10	7.992	2203	29.99	35.132	3.4	2.27	1845	144	20	0.795	2010
2	20	7.962	2248	29.9	35.219	3.27	2.18	1904	139	22	0.875	2065
17	50	8.03	2087	24.13	34.788	3.22	2.15	1727	142	16	0.552	1885
16	150	7.94	2110	7.78	34.824	3.45	1.63	1816	111	17	0.367	1945
15	450	7.822	2042	7.68	34.843	2.13	1.43	1767	103	18	0.37	1888
14	1000	7.79	2052	7.6	34.866	1.44	0.97	1845	77	25	0.527	1947
13	1200	7.31	2135	7.69	34.877	0.46	0.31	2066	26	93	1.963	2185
12	1700	7.298	2331	7.56	34.911	0.44	0.3	2260	27	105	2.2	2392
11	2500	7.46	2202	7.51	35.301	0.53	0.36	2101	37	64	1.342	2202

ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porcentaje de calcita), %AR(porcentaje de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

TABLA 4. RESULTADOS DEL TRANSECTO TRES.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
1	5	7.88	2119	28.55	34.934	2.58	1.72	1843	110	25	0.975	1948
1	10	7.87	2109	27.43	34.936	2.48	1.65	1840	107	26	0.958	1973
1	20	7.85	2108	26.43	34.938	2.35	1.57	1850	102	27	0.973	1979
1	30	7.85	2233	24.15	35.045	2.44	1.62	1964	108	28	0.95	2099
20	5	8.029	2088	30.65	34.761	3.46	2.31	1724	146	17	0.7	1887
20	10	8.03	2147	30.45	34.879	3.56	2.38	1773	150	18	0.713	1941
20	20	8.051	2175	30.12	34.951	3.74	2.49	1781	159	17	0.675	1957
20	30	8.028	2180	24.78	34.986	3.39	2.26	1806	149	17	0.593	1972
20	50	8	2247	23.74	35.098	3.28	2.19	1883	146	19	0.634	2047
21	5	8.074	2083	30.65	34.852	3.75	2.5	1689	158	15	0.62	1862
21	10	8.077	2067	30.35	34.862	3.72	2.48	1673	157	15	0.603	1845
21	20	8.076	2093	30	34.789	3.75	2.5	1695	159	15	0.605	1869
21	30	8.092	2130	26.47	34.798	3.79	2.53	1716	165	14	0.519	1896
21	50	8.013	2117	23.75	34.86	3.15	2.1	1764	140	17	0.577	1920
21	75	7.803	2124	21.35	34.952	2.03	1.35	1892	91	29	0.921	2012
21	100	7.623	2186	16.67	34.979	1.35	0.9	2028	62	45	1.266	2135
21	150	7.465	2247	14.26	34.979	0.94	0.63	2135	44	68	1.783	2247
22	5	8.081	2064	30.46	34.511	3.75	2.5	1669	158	15	0.599	1842
22	10	8.106	2081	30.28	34.799	3.95	2.64	1662	167	14	0.559	1844
22	30	8.107	2149	30.11	34.799	4.08	2.72	1718	173	14	0.573	1906
22	50	8.088	2117	25.78	34.8	3.7	2.47	1709	162	14	0.508	1885
22	75	7.924	2118	21.67	34.8	2.59	1.73	1824	116	21	0.678	1961
22	100	7.613	2102	20.21	34.813	1.31	0.88	1950	60	46	1.422	2056
22	150	7.482	2123	13.83	34.846	0.92	0.62	2012	43	62	1.594	2117
22	500	7.298	2139	7.6	34.872	0.53	0.35	2071	26	96	2.026	2193
23	5	8.05	2125	30.44	34.742	3.66	2.44	1741	154	17	0.67	1912
23	10	8.06	2135	30.25	34.797	3.78	2.52	1738	160	16	0.64	1913
23	20	8.062	2109	30.04	34.842	3.69	2.46	1718	156	16	0.633	1890
23	50	7.968	2082	22.18	34.859	2.81	1.87	1768	125	18	0.605	1912
23	75	7.617	2097	20.11	34.995	1.33	0.89	1943	60	45	1.398	2048
23	100	7.494	2119	15.8	35.058	0.97	0.65	2004	45	60	1.651	2109
23	150	7.41	2159	13.77	35.072	0.79	0.53	2064	37	75	1.935	2176
23	500	7.278	2161	7.96	35.073	0.51	0.34	2095	25	103	2.184	2223
23	800	7.243	2161	5.22	35.103	0.42	0.28	2102	22	111	2.143	2235
24	5	8.039	2065	30.44	34.574	3.47	2.31	1699	146	17	0.671	1862
24	10	8.052	2119	30.23	34.608	3.64	2.43	1736	154	17	0.66	1906
24	20	8.043	2123	30.01	34.825	3.58	2.39	1774	152	17	0.671	1913
24	30	7.58	2123	22.16	34.83	1.28	0.85	1979	57	51	1.672	2087
24	75	7.58	2091	20.98	34.847	1.23	0.82	1949	55	50	1.58	2055
24	100	7.456	2100	15.8	34.859	0.88	0.59	1996	40	66	1.805	2102
24	150	7.421	2110	10.98	35.043	0.78	0.52	2016	36	70	1.655	2122

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 4. RESULTADOS DEL TRANSECTO TRES.

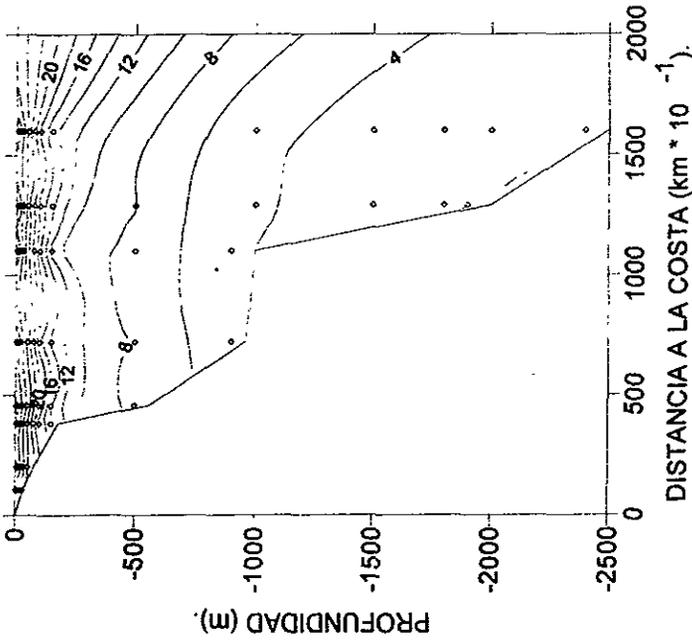
ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
24	500	7.301	2136	7.96	35.14	0.54	0.36	2067	26	95	2.031	2189
24	900	7.302	2135	4.25	35.198	0.48	0.32	2068	25	93	1.739	2185
25	5	8.138	2133	30.79	34.523	4.32	2.88	1683	181	13	0.537	1877
25	10	8.069	2113	30.52	34.59	3.76	2.51	1719	158	16	0.635	1893
25	20	7.932	2195	30.13	34.724	3	2	1880	127	24	0.935	2031
25	30	7.93	2085	25.78	34.819	2.7	1.8	1787	118	21	0.764	1926
25	50	7.71	2092	21.82	34.929	1.66	1.1	1903	74	36	1.171	2014
25	75	7.648	2079	19.03	34.941	1.39	0.93	1917	63	41	1.232	2021
25	100	7.524	2101	16.59	34.969	1.04	0.69	1978	48	56	1.562	2082
25	150	7.524	2169	14.41	34.97	1.04	0.7	2045	48	57	1.487	2150
25	500	7.389	2178	8.1	34.975	0.67	0.45	2091	33	78	1.657	2202
25	1000	7.314	2196	4.46	35.211	0.5	0.33	2125	26	93	1.749	2244
25	1500	7.392	2161	3.18	35.3	0.52	0.35	2077	31	73	1.319	2181
25	1800	7.424	2246	2.2	35.343	0.54	0.37	2154	34	69	1.204	2257
25	1900	7.419	2231	2.1	35.375	0.52	0.36	2140	33	70	1.205	2243
26	5	8.02	2082	30.43	34.403	3.37	2.24	1728	142	18	0.718	1888
26	10	8.01	2088	30.29	34.583	3.31	2.21	1739	140	18	0.729	1897
26	20	8.01	2108	30.14	34.583	3.34	2.22	1756	141	18	0.732	1915
26	30	8.01	2110	24.76	34.614	3.15	2.1	1761	139	17	0.644	1917
26	50	7.69	2128	22.84	34.784	1.63	1.09	1945	72	39	1.302	2056
26	75	7.68	2156	20.17	34.807	1.56	1.04	1977	71	40	1.23	2088
26	100	7.64	2159	17.22	34.841	1.39	0.92	1996	64	43	1.223	2103
26	150	7.45	2188	14.56	34.877	0.89	0.59	2083	41	69	1.825	2193
26	1000	7.32	2192	4.56	34.885	0.5	0.34	2121	27	92	1.729	2239
26	1500	7.39	2273	3.23	34.82	0.54	0.37	2187	32	78	1.404	2297
26	1800	7.43	2295	2.56	34.948	0.56	0.38	2201	35	70	1.235	2306
26	2000	7.46	2463	2.31	34.957	0.62	0.42	2356	40	70	1.209	2466
26	2400	7.52	2607	2.19	35.034	0.69	0.48	2479	48	62	1.081	2590

ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porcentaje de calcita), %AR(porcentaje de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

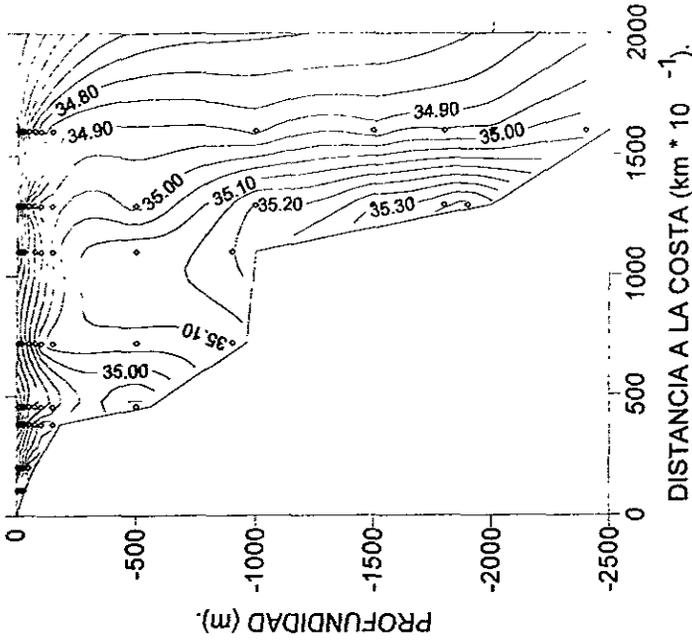
TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO TRES.

	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.74	2149	20.04	34.597	2.13	1.42	1918	93	42	1.126	2052
MAXIMO	8.14	2607	30.80	35.148	4.29	2.86	2479	178	111	2.189	2590
MINIMO	7.24	2064	2.1	34.002	0.42	0.28	1666	22	13	0.509	1844

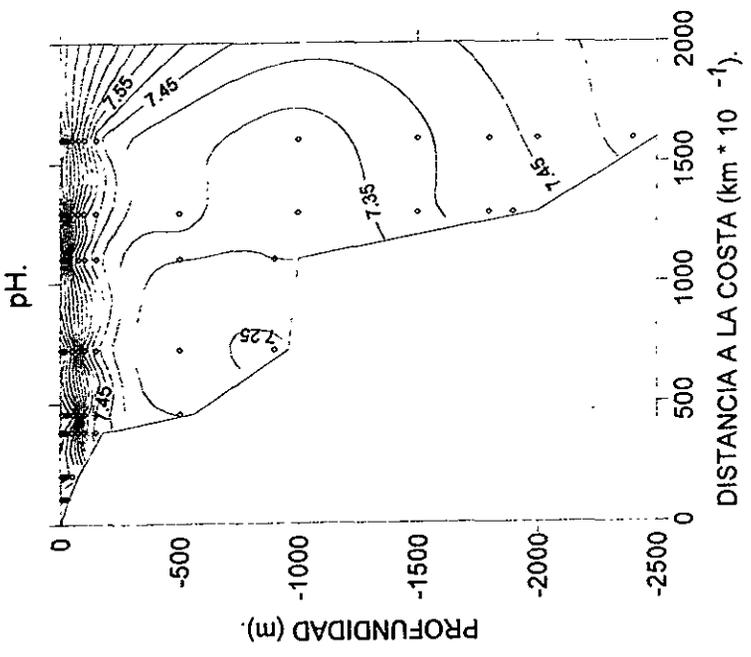
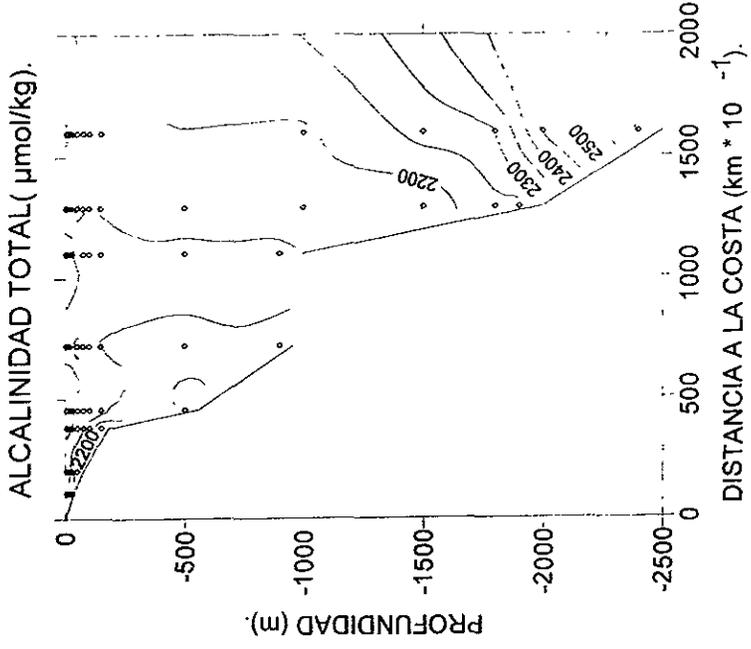
TEMPERATURA (°C).



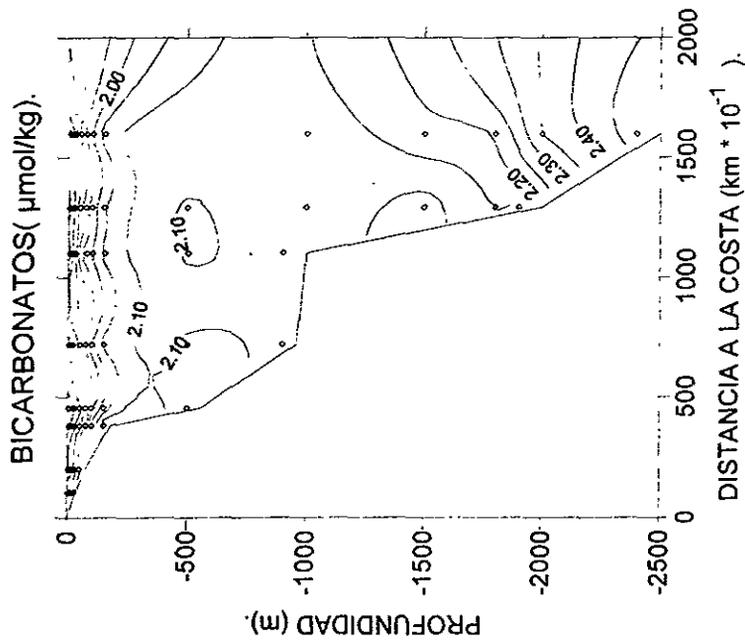
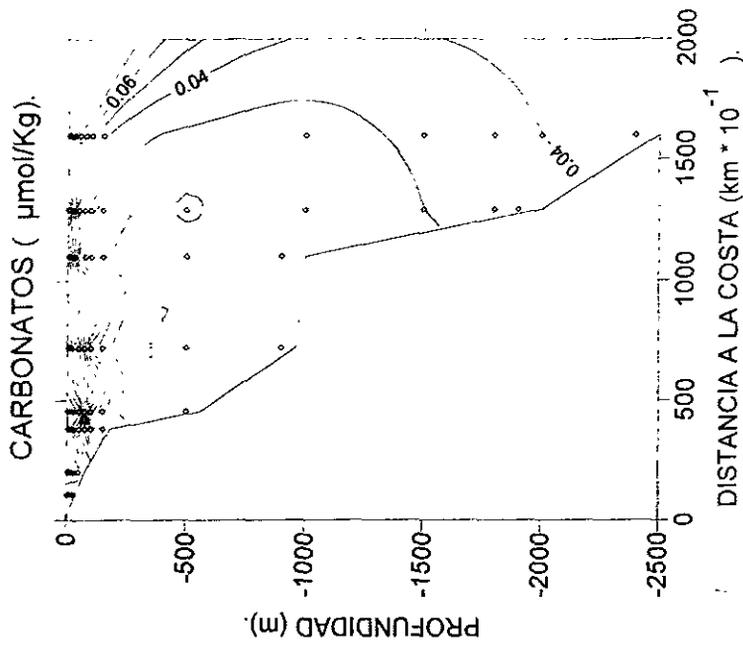
SALINIDAD (UPS).



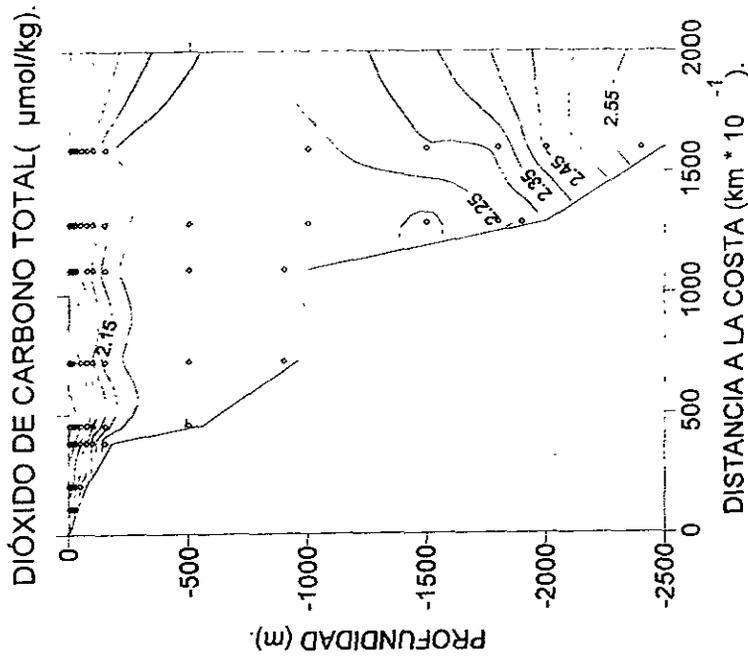
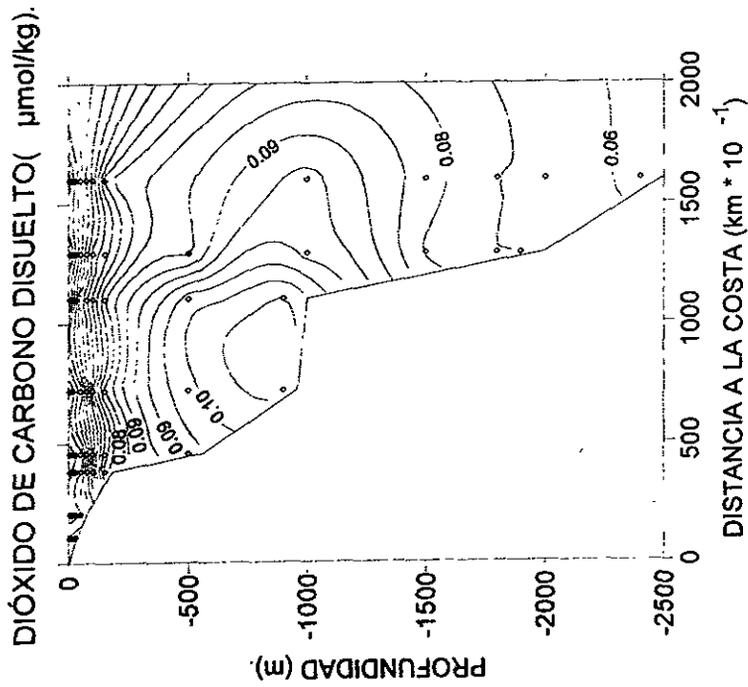
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 3.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 3.

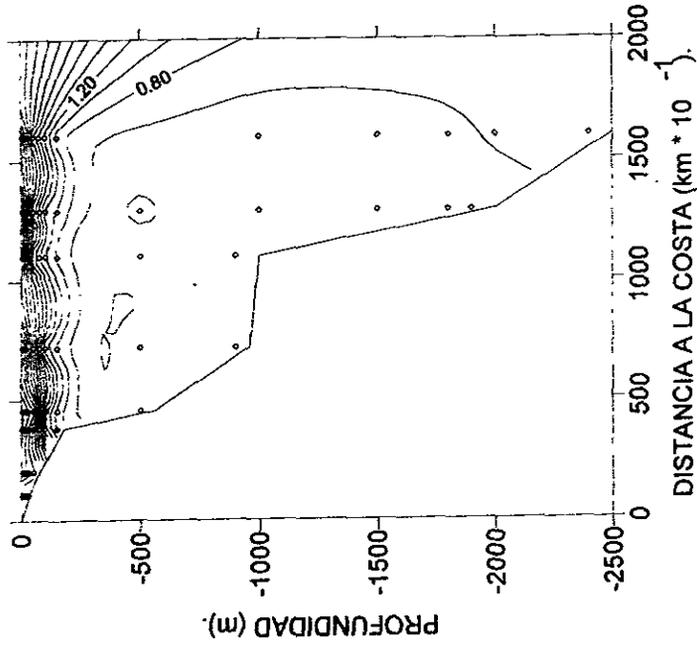


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 3.

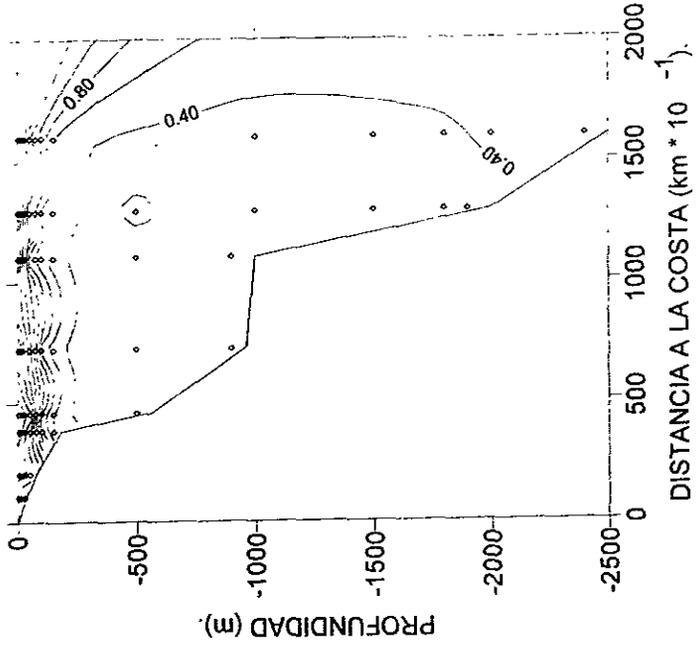


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 3.

% DE SATURACIÓN DE CALCITA.



% DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 3.

TABLA 5. RESULTADOS DEL TRANSECTO CUATRO.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
34	30	8.01	2009	24.01	34.66	2.97	1.98	1674	131	16	0.558	1821
33	30	8.01	2006	24.19	34.969	2.99	1.99	1669	132	16	0.559	1817
32	100	7.63	1989	16.6	34.692	1.24	0.83	1841	57	40	1.129	1938
31	400	7.231	2102	10.13	35.095	0.46	0.31	2043	22	114	2.608	2179
30	950	7.35	2082	5.39	34.952	0.52	0.35	2008	27	81	1.569	2116
28	1800	7.327	2281	4.6	35	0.44	0.3	2207	27	93	1.763	2328
27	2800	7.407	2304	2.15	35.212	0.42	0.29	2216	32	74	1.285	2322

ES (número de estación), PRO (profundidad en metros), pH (escala NBS), AT (alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t (temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S (Salinidad dada en UPS), %CA (porcentaje de calcita), %AR (porcentaje de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃⁻² (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂ (concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

TABLA 6. RESULTADOS DEL TRANSCTO CINCO.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
36	5	8.015	2107	30.18	34.476	3.37	2.25	1753	142	18	0.724	1913
36	10	8.057	2126	29.79	34.524	3.66	2.44	1739	155	16	0.644	1911
36	20	8.071	2130	29.28	34.595	3.75	2.50	1732	159	16	0.610	1907
36	30	8.078	2225	24.01	34.682	3.77	2.51	1811	166	15	0.516	1992
36	40	8.071	2235	23.02	34.837	3.71	2.47	1823	165	15	0.508	2003
37	10	8.102	2145	30.03	34.321	4.02	2.68	1724	170	15	0.582	1908
37	20	8.11	2165	29.98	34.787	4.14	2.76	1729	175	14	0.57	1919
37	30	8.107	2206	24.19	34.807	3.96	2.64	1770	175	14	0.475	1958
37	50	8.058	2163	23.52	34.839	3.51	2.34	1771	156	15	0.518	1942
37	75	7.912	2211	20.92	34.951	2.63	1.76	1912	119	22	0.710	2053
38	5	8.087	2123	30.21	34.307	3.88	2.59	1717	163	15	0.603	1895
38	10	8.101	2143	30.12	34.514	4.02	2.68	1721	170	15	0.583	1905
38	20	8.1	2153	29.89	34.6	4.02	2.68	1729	171	15	0.582	1914
38	30	8.096	2123	25.87	34.74	3.78	2.52	1708	165	14	0.501	1887
38	50	8.026	2152	22.15	34.754	3.24	2.16	1787	145	16	0.534	1948
38	75	7.947	2162	20.32	34.781	2.72	1.82	1851	123	20	0.624	1994
38	100	7.703	2159	16.6	34.818	1.59	1.06	1973	73	36	1.016	2082
39	5	8.00	2109	30.44	34.521	3.35	2.23	1758	147	19	0.743	1917
39	10	8.027	2144	30.22	34.627	3.52	2.34	1775	148	18	0.714	1941
39	20	8.01	2145	29.98	34.665	3.39	2.26	1787	144	19	0.741	1950
39	30	7.998	2242	25.14	34.869	3.3	2.20	1881	145	19	0.672	2045
39	50	7.962	2242	22.13	34.88	2.98	1.99	1909	133	20	0.662	2062
39	100	7.674	2270	20.41	34.888	2.48	1.65	1988	112	25	0.791	2126
39	150	7.438	2285	16.76	34.897	0.92	0.62	2177	42	76	1.129	2296
41	5	8.02	2080	31.64	34.3	3.41	2.27	1727	142	18	0.743	1887
41	10	8.06	2110	30.67	34.335	3.68	2.46	1725	155	16	0.655	1896
41	20	8.07	2122	29.77	34.445	3.74	2.49	1727	158	16	0.621	1902
41	30	8.048	2212	25.19	34.561	3.57	2.38	1822	157	16	0.582	1995
41	50	7.966	2265	23.9	34.589	3.08	2.05	1926	136	21	0.708	2083
41	75	7.903	2162	20.91	34.64	2.51	1.68	1876	113	23	0.712	2012
41	100	7.642	2262	17.61	34.748	1.47	0.98	2093	67	45	1.295	2205
41	150	7.578	2259	14.88	34.748	1.23	0.82	2114	57	52	1.375	2223
41	500	7.522	2216	7.76	35	0.94	0.63	2095	46	56	1.174	2197
41	600	7.517	2233	4.03	35.171	0.86	0.58	2115	44	55	1.021	2214
41-A	5	8.12	2055	31.46	34.228	4.04	2.69	1635	168	14	0.557	1917
41-A	10	8.1	2141	30.99	34.255	4.04	2.69	1722	169	15	0.604	1906

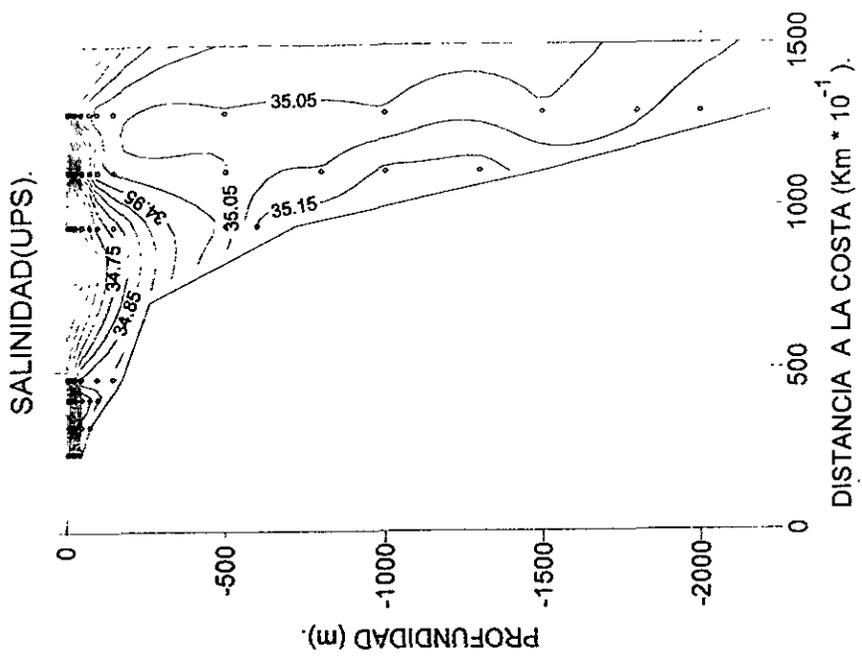
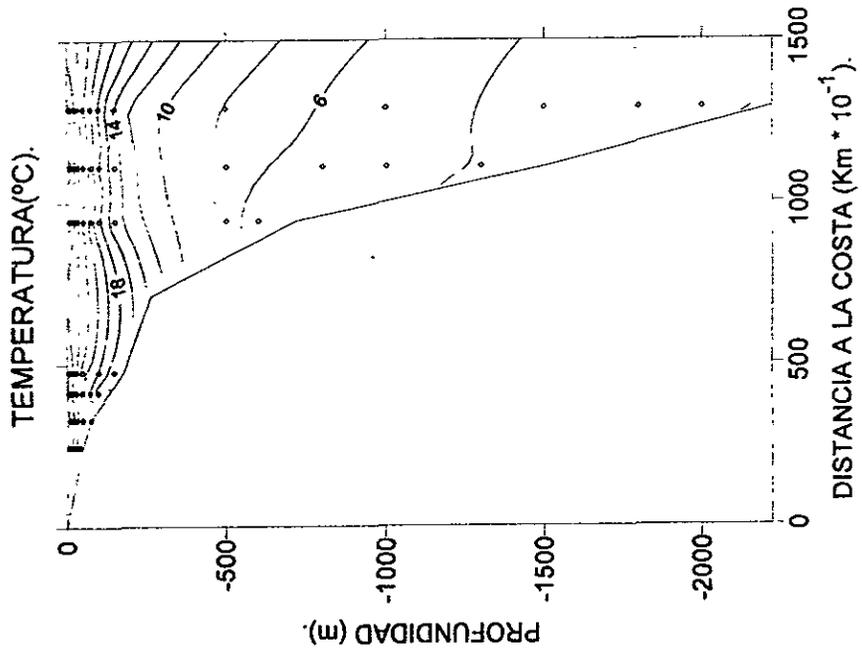
CONTINUACIÓN DE TABLA 6. RESULTADOS DEL TRANSECTO CINCO

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
41-A	20	7.993	2203	30.36	34.646	3.39	2.26	1849	143	20	0.807	2012
41-A	30	8.093	2248	24.69	34.646	3.94	2.63	1817	173	15	0.513	2005
41-A	50	7.921	2237	23.9	34.834	2.79	1.86	1928	124	23	0.785	2075
41-A	75	7.83	2270	20.15	34.938	2.27	1.52	2012	103	28	0.879	2143
41-A	100	7.679	2202	17.61	35	1.56	1.04	2026	71	40	1.146	2137
41-A	150	7.448	2161	14.78	35.001	0.88	0.58	2057	40	69	1.825	2166
41-A	500	7.328	2285	7.87	35.044	0.61	0.41	2207	30	95	2.020	2332
41-A	800	7.291	2265	5.58	35.101	0.51	0.34	2196	26	103	2.010	2324
41-A	1000	7.288	2309	4.62	35.162	0.49	0.33	2240	26	105	1.983	2361
41-A	1300	7.314	2387	3.98	35.172	0.50	0.34	2312	28	101	1.861	2441
42	5	8.004	2191	30.85	34.508	3.47	2.31	1832	145	20	0.795	1997
42	10	8.016	2208	25.38	34.791	3.38	2.25	1839	148	18	0.636	2005
42	20	8.024	2212	25.05	34.872	3.43	2.29	1837	150	17	0.616	2005
42	30	7.924	2218	24.01	34.917	2.80	1.87	1909	124	23	0.775	2055
42	50	7.84	2221	22.28	35	2.32	1.55	1960	104	28	0.906	2092
42	75	7.706	2235	20.25	35.011	1.72	1.15	2039	78	38	1.195	2155
42	100	7.522	2256	17.91	35.02	1.13	0.75	2125	52	61	1.769	2238
42	150	7.414	2263	13.19	35.026	0.84	0.56	2164	39	78	1.966	2280
42	500	7.3	2284	7.87	35.052	0.57	0.38	2211	28	102	2.173	2342
42	1000	7.235	2282	4.62	35.052	0.42	0.28	2222	22	119	2.256	2364
42	1500	7.29	2318	3.24	35.052	0.43	0.29	2250	25	104	1.867	2379
42	1800	7.339	2376	2.22	35.092	0.46	0.32	2299	29	93	1.605	2420
42	2000	7.362	2494	2.12	35.122	0.47	0.32	2294	30	87	1.501	2411

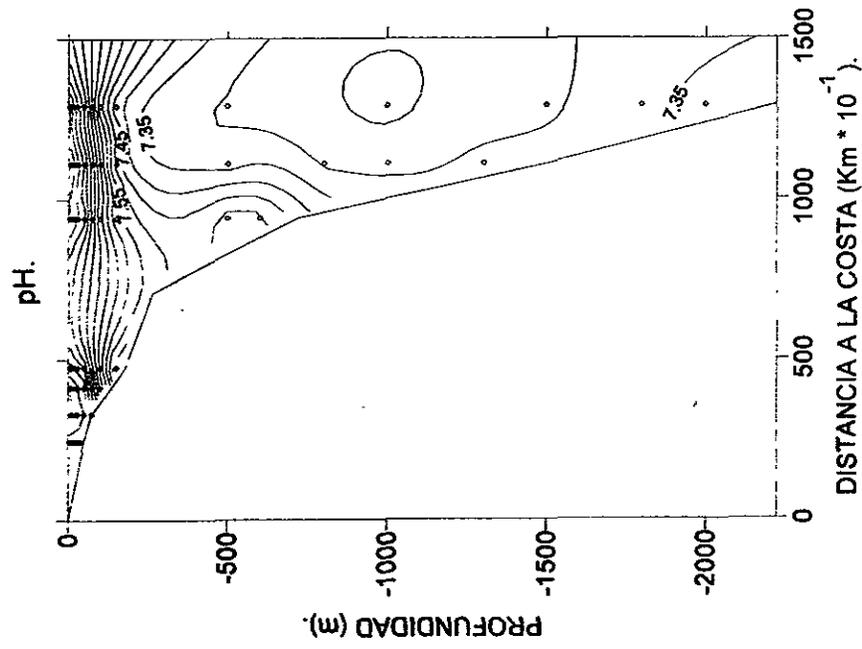
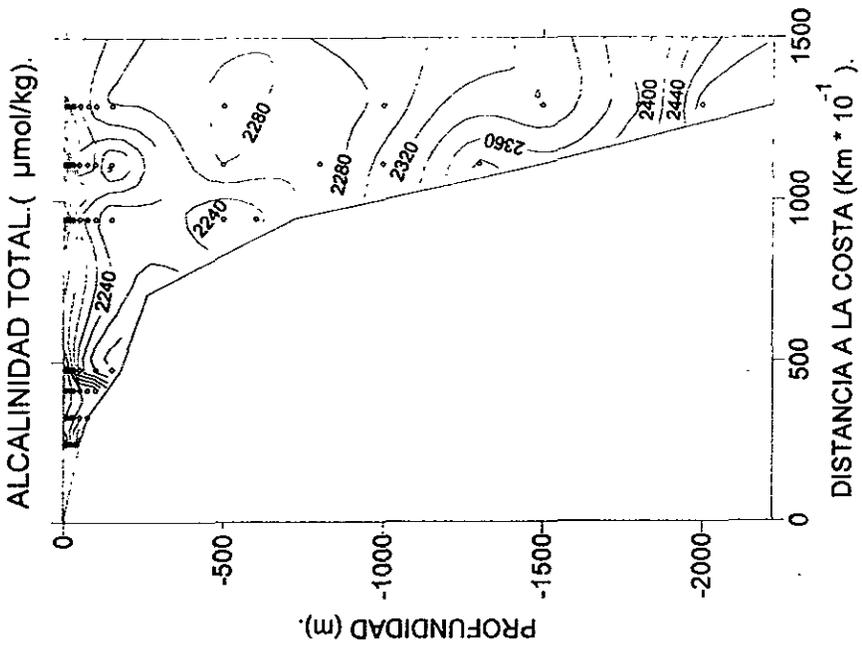
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO CINCO

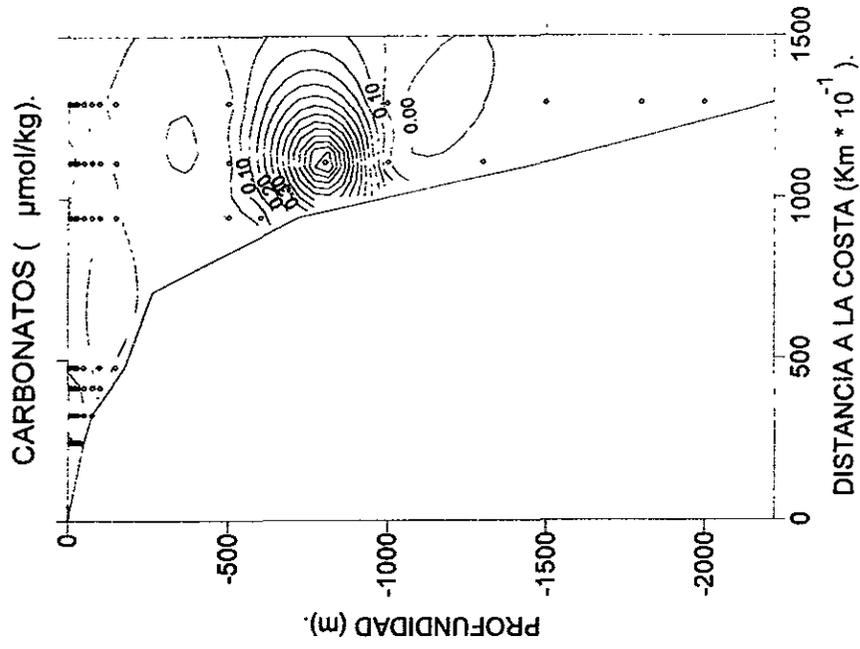
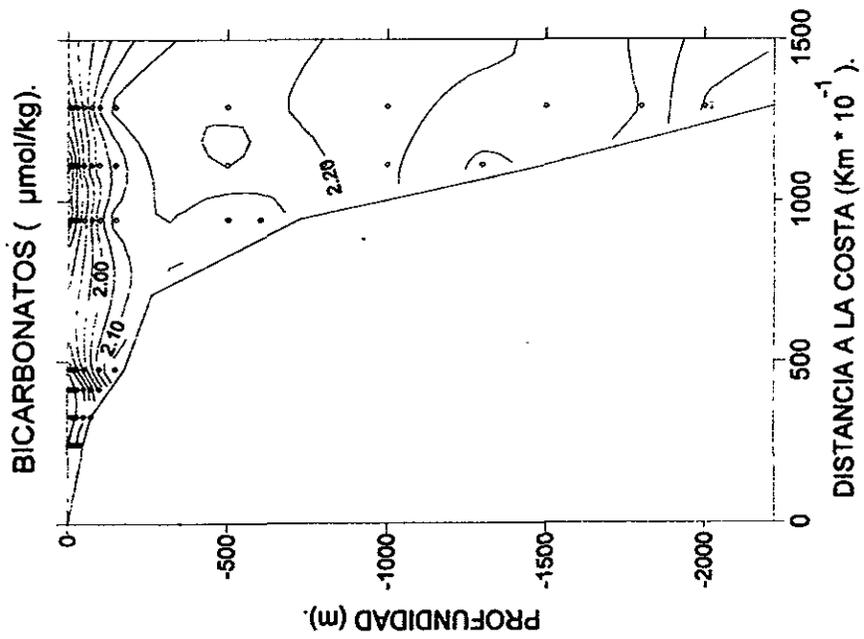
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.82	2210	20.96	34.78	2.54	1.69	1931	111	38	1.00	2078
MAXIMO	8.12	2494	31.64	35.17	4.13	2.75	2410	175	119	2.25	2442
MINIMO	7.24	2055	2.12	34.23	0.42	0.28	1634	22	14	0.48	1816



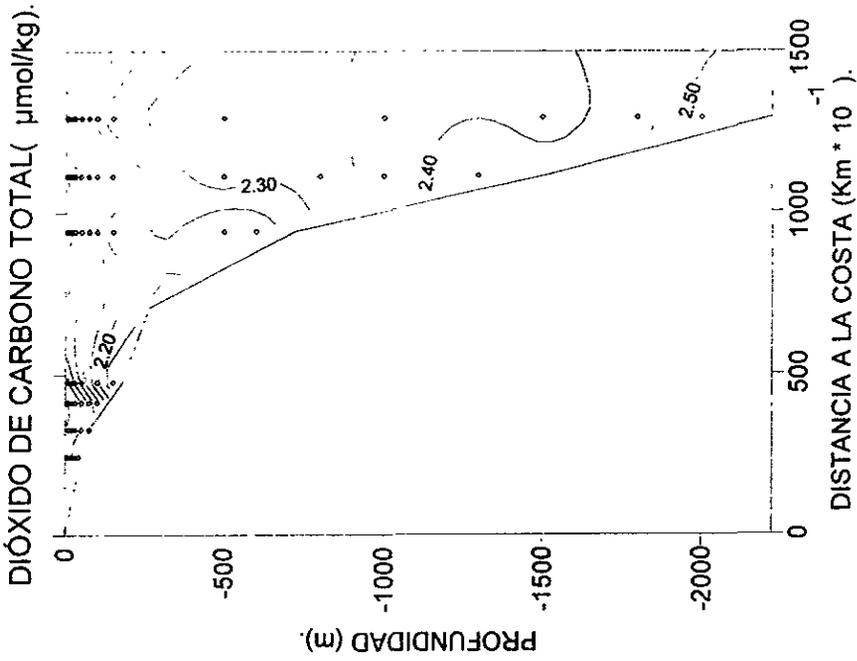
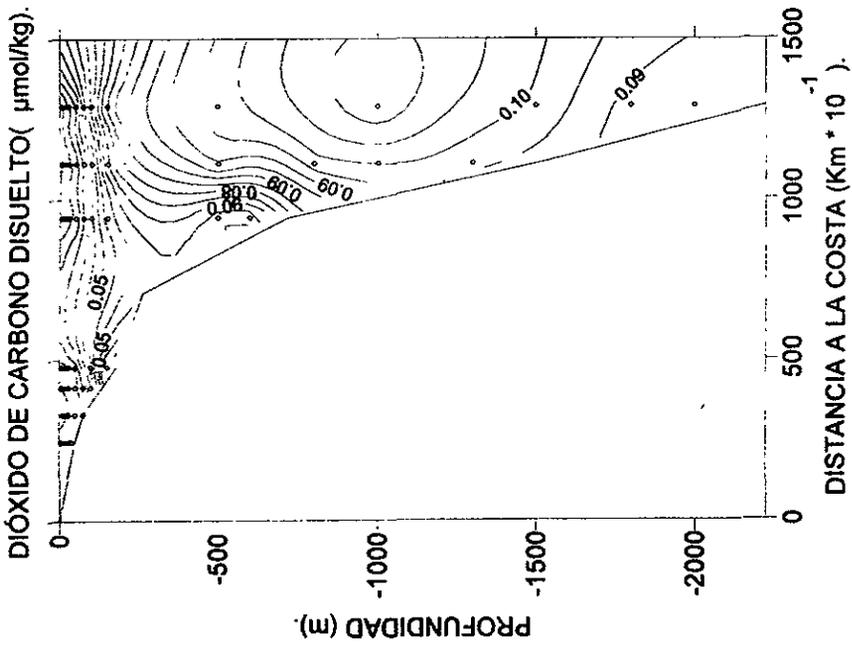
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 5.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 5.

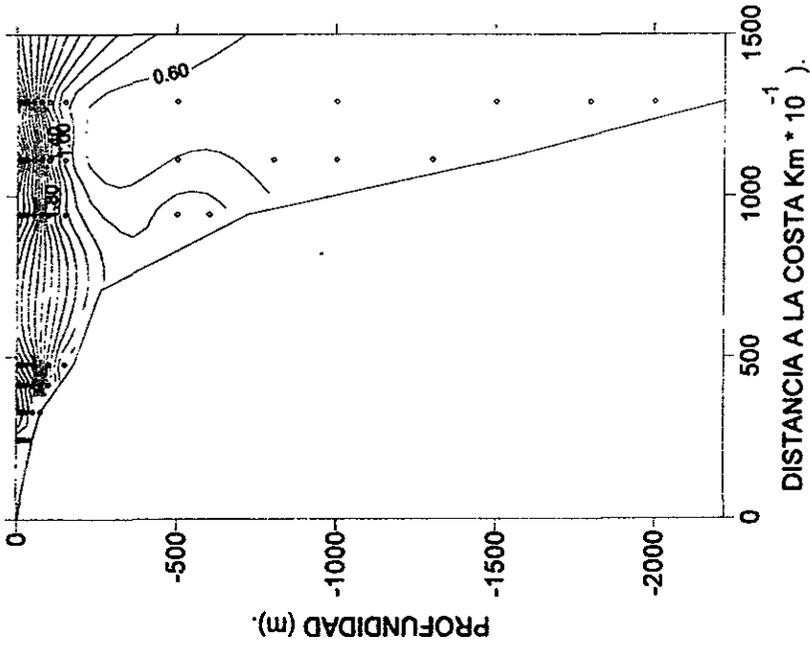


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 5.

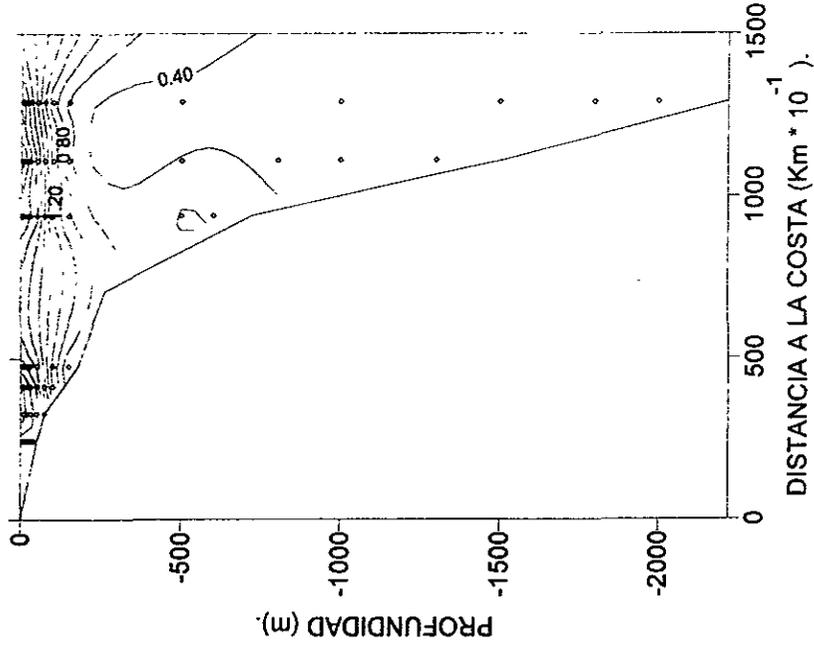


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 5.

% DE SATURACIÓN DE CALCITA.



% DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 5.

TABLA 7. RESULTADOS DEL TRANSECTO SEIS.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
75	5	8.129	2097	30.79	34.892	4.17	2.78	1660	175	13	0.541	1849
75	10	8.126	2032	30.51	34.611	4.02	2.67	1608	169	13	0.522	1790
75	20	8.13	2008	30.21	34.577	3.97	2.65	1585	168	13	0.506	1776
75	30	8.133	2065	25.75	34.5	3.92	2.61	1632	171	12	0.438	1816
49	40	7.951	2051	25.43	34.540	2.76	1.84	1744	121	20	0.701	1885
48	50	7.548	2042	25.34	34.736 ⁶	1.19	0.8	1909	52	54	1.932	2015
47	150	7.36	2110	14.45	34.746 ⁴	0.69	0.46	2027	32	84	2.203	2143
46	1750	7.298	2285	3.98	34.295 ⁷	0.41	0.28	2217	25	101	1.864	2343
45	1800	7.165	2189	2.22	34.542 ³	0.27	0.19	2142	17	136	2.356	2295

ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$). CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

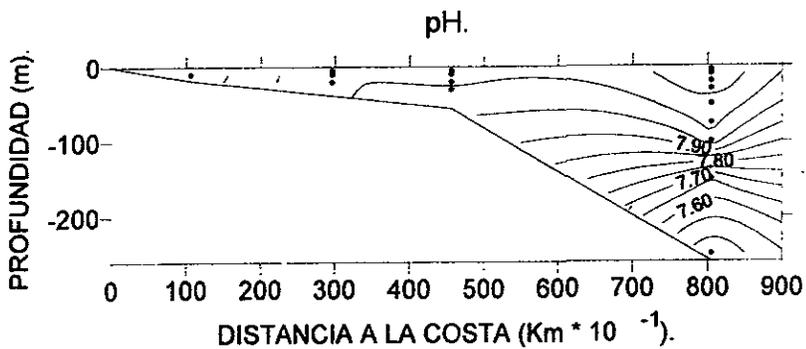
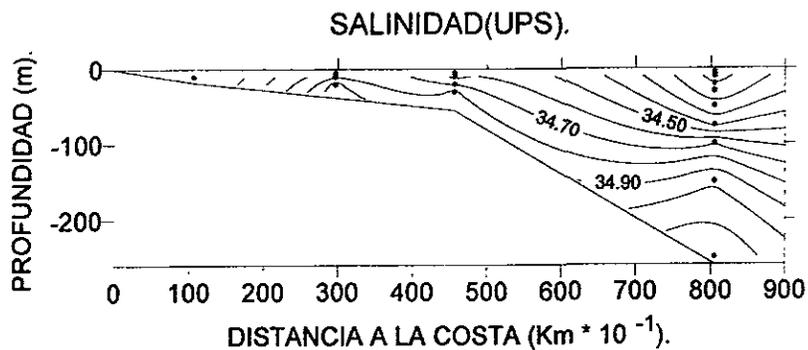
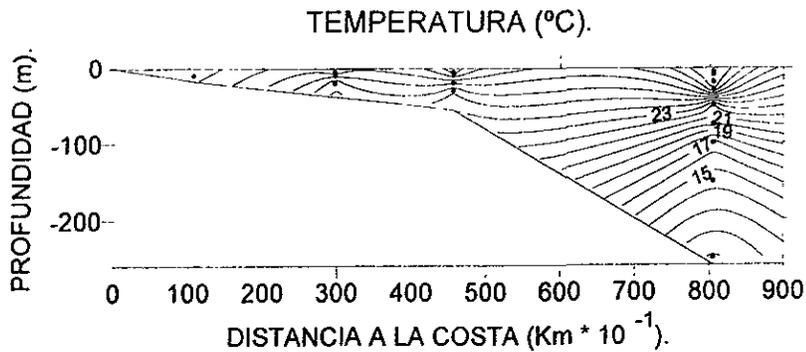
TABLA 8. RESULTADOS DEL TRANSECTO SIETE.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
74-A	10	8.137	2055	30.37	34.334	4.11	2.74	1621	173	13	0.511	1807
50	5	7.983	1982	28.83	34.621	2.94	1.96	1665	125	18	0.705	1808
50	10	8.01	2159	27.26	34.823	3.33	2.22	1800	144	18	0.676	1962
50	20	8.02	2211	25.21	34.955	3.41	2.27	1838	149	18	0.625	2005
51	5	8.03	2118	30.41	34.531	3.5	2.33	1751	147	18	0.705	1916
51	10	8.03	2120	29.34	34.574	3.46	2.31	1753	147	17	0.679	1918
51	20	8.02	2102	27.22	34.688	3.29	2.19	1745	142	17	0.64	1904
51	30	7.98	2143	25.12	34.831	3.04	2.03	1807	134	19	0.672	1960
53	5	8.09	2075	30.8	34.049	3.82	2.55	1676	160	15	0.599	1851
53	10	8.09	2110	30.7	34.079	3.88	2.59	1705	163	15	0.607	1883
53	20	8.09	2185	30.68	34.097	4.02	2.68	1768	169	16	0.628	1953
53	30	8.07	2204	30.06	34.144	3.88	2.59	1799	164	17	0.655	1980
53	50	8.02	2182	21.85	34.232	3.22	2.15	1822	144	17	0.548	1982
53	75	8.01	2182	20.53	34.362	3.12	2.08	1828	140	17	0.534	1986
53	100	7.99	2200	16.59	34.699	2.95	1.97	1858	135	17	0.485	2010
53	150	7.65	2210	14.41	34.983	1.41	0.94	2042	65	42	1.095	2149
53	250	7.46	2220	10.85	35.182	0.88	0.59	2113	41	67	1.564	2221

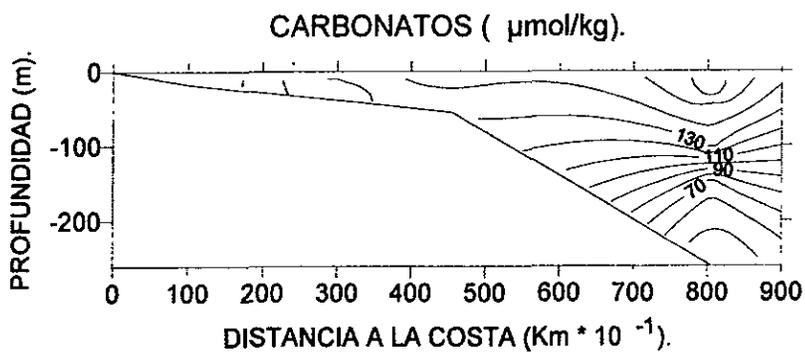
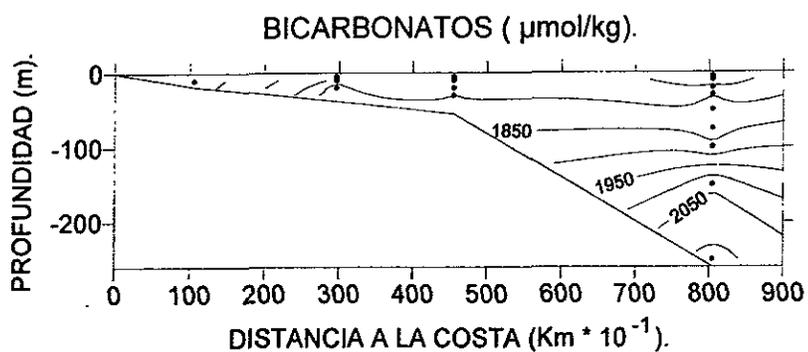
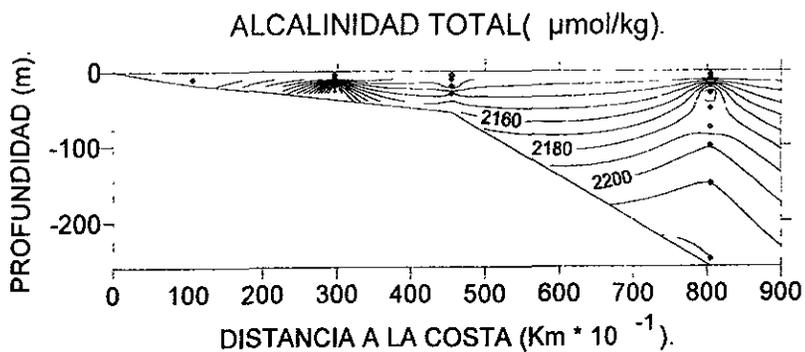
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$). CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$)

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO SIETE.

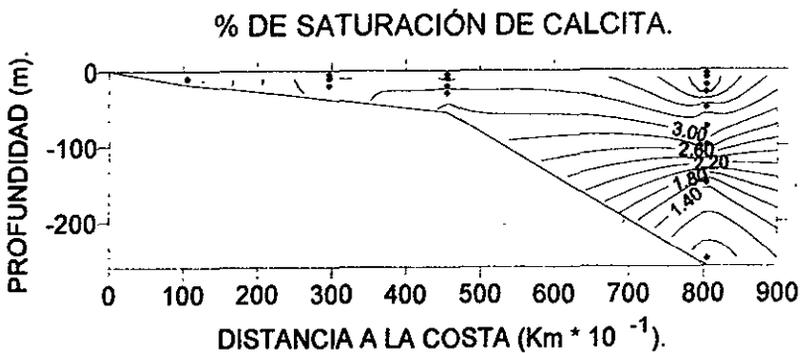
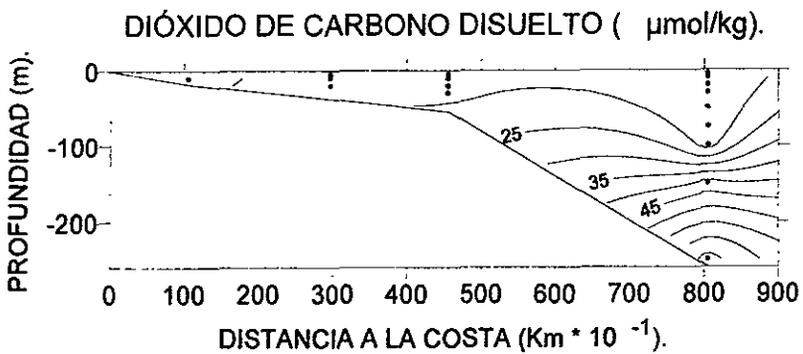
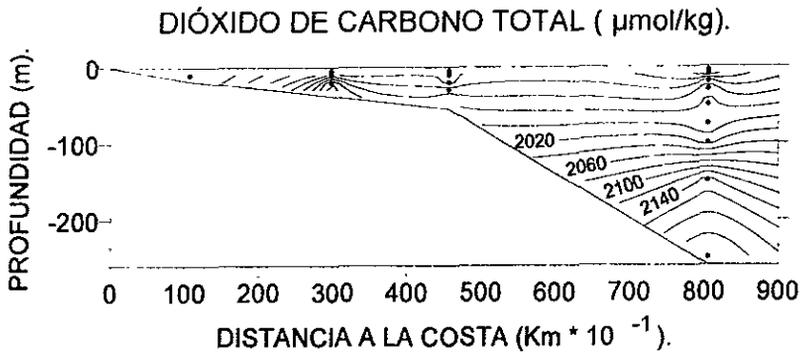
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	PCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.98	2145	25.31	34.54	3.19	2.13	1799	138	21	0.70	1960
MAXIMO	8.14	2220	30.80	35.18	4.11	2.74	2113	173	67	1.56	2221
MINIMO	7.46	1982	10.85	34.05	0.88	0.59	1621	41	13	0.49	1807



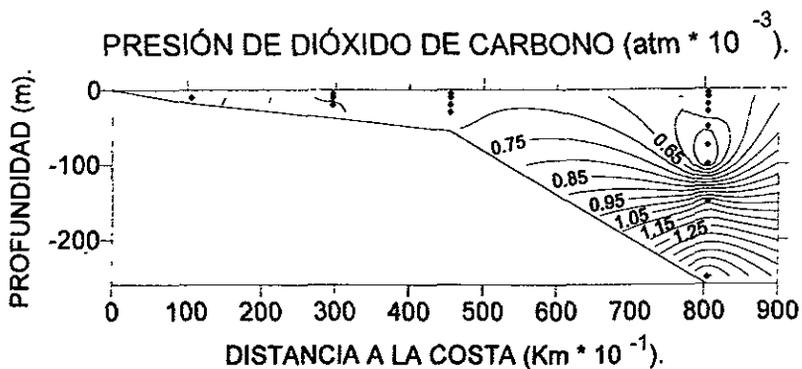
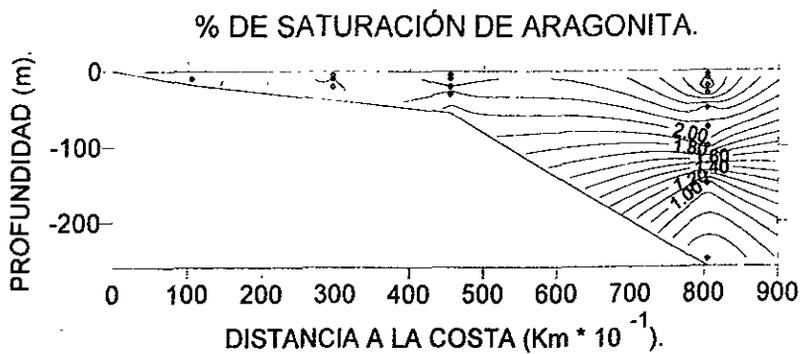
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 7.



GRÁFICAS DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 7.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 7.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 7.

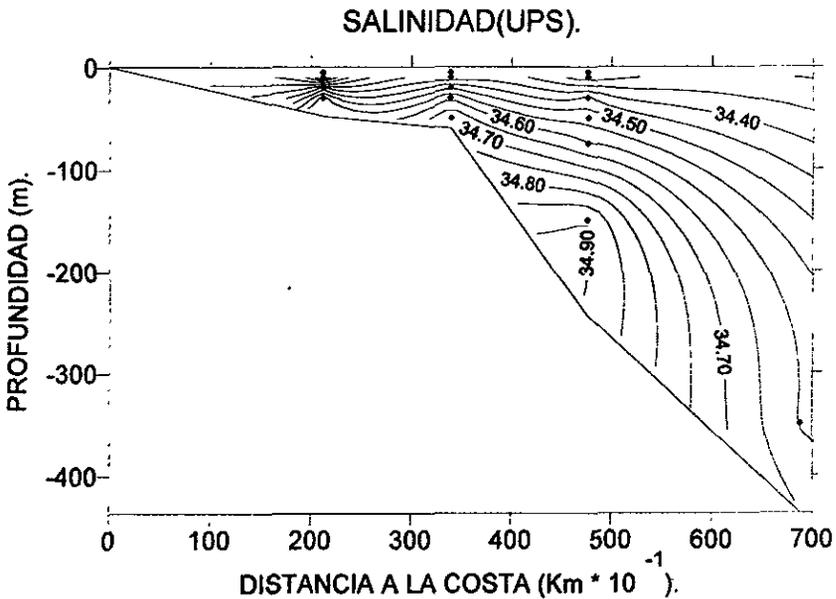
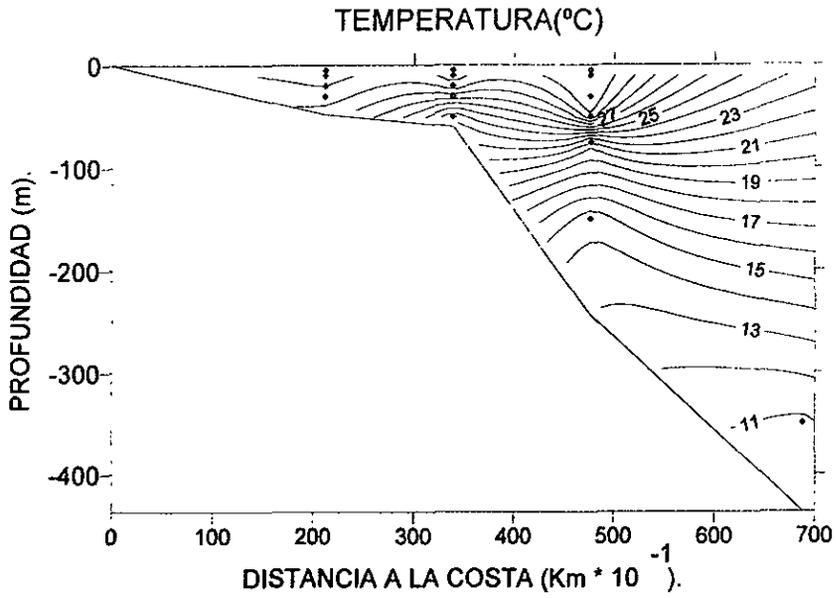
TABLA 9. RESULTADOS DEL TRANSECTO OCHO..

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
74	5	8.04	2154	30.56	34.026	3.61	2.41	1779	151	18	0.706	1948
74	10	8.08	2160	30.35	34.076	3.89	2.59	1755	164	16	0.631	1935
74	20	8.02	2168	30	34.415	3.49	2.32	1802	147	18	0.732	1968
74	30	7.99	2191	29.58	34.575	3.32	2.21	1842	141	20	0.788	2003
73	5	8.046	2135	30.65	34.264	3.63	2.42	1757	152	17	0.689	1926
73	10	8.032	2187	30.41	34.378	3.62	2.41	1810	152	18	0.726	1981
73	20	8.03	2200	30.01	34.486	3.61	2.41	1822	153	18	0.723	1993
73	30	7.912	2128	27.55	34.597	2.7	1.8	1836	117	23	0.874	1976
73	50	7.863	2176	23.1	34.687	2.39	1.59	1909	106	26	0.864	2041
72	5	8.132	2170	30.8	34.18	4.33	2.89	1721	181	14	0.558	1917
72	10	8.09	2173	30.7	34.277	4.01	2.68	1756	168	16	0.624	1940
72	30	8.078	2112	30.68	34.462	3.81	2.54	1712	160	16	0.624	1880
72	50	7.903	2174	23.1	34.529	2.78	1.86	1881	118	25	0.998	2024
72	75	7.959	2195	20.53	34.6	2.85	1.9	1872	128	20	0.615	2020
72	150	7.473	2185	14.41	34.899	0.93	0.62	2074	43	65	1.709	2182
54	350	7.365	2280	10.82	34.596	0.7	0.47	2194	33	88	2.062	2316

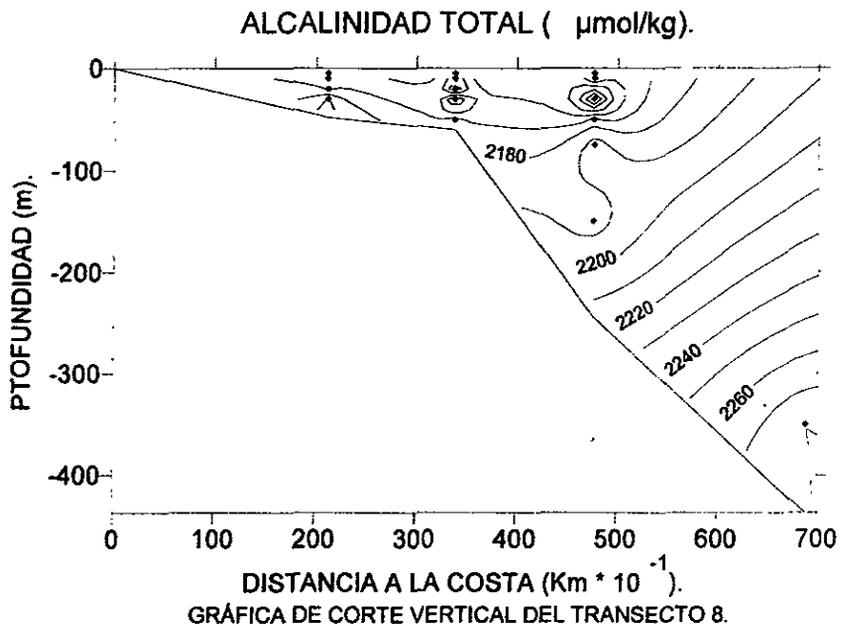
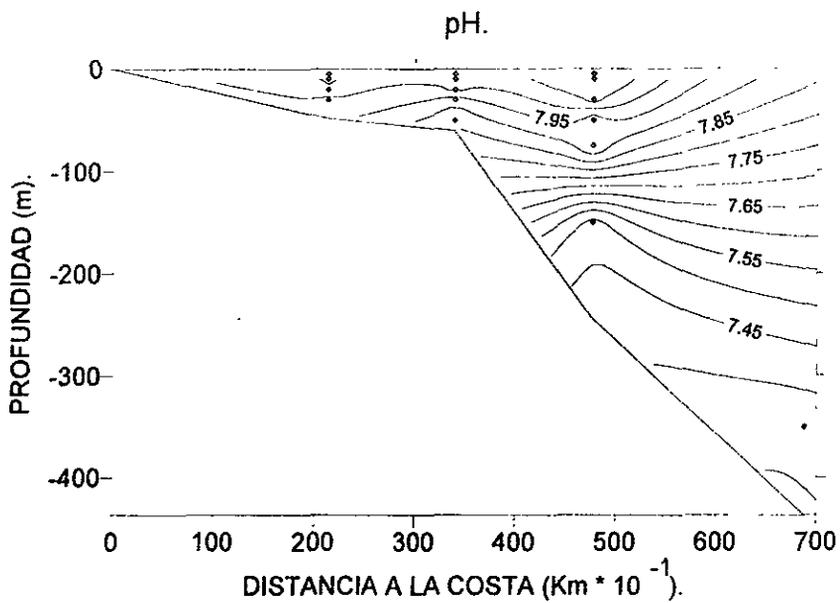
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porcentaje de calcita), %AR(porcentaje de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$)

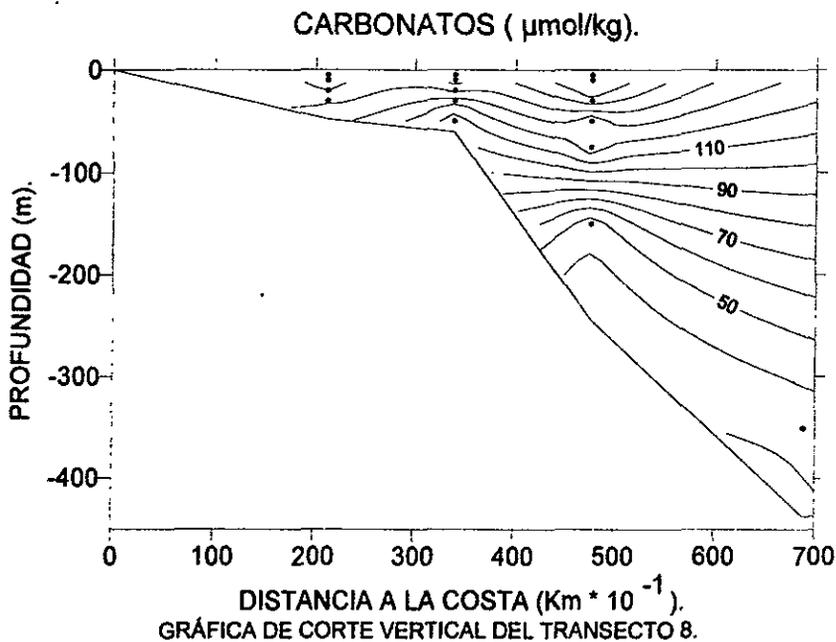
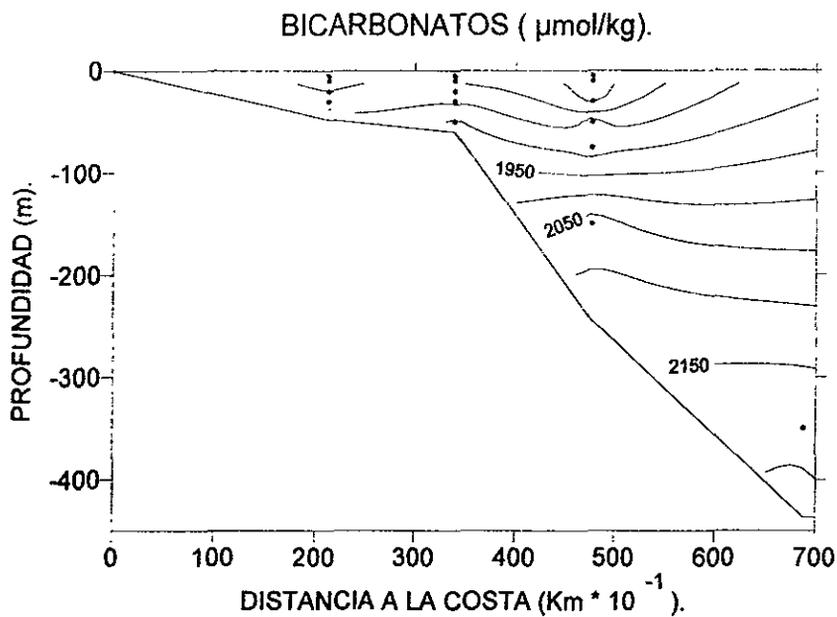
TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO OCHO.

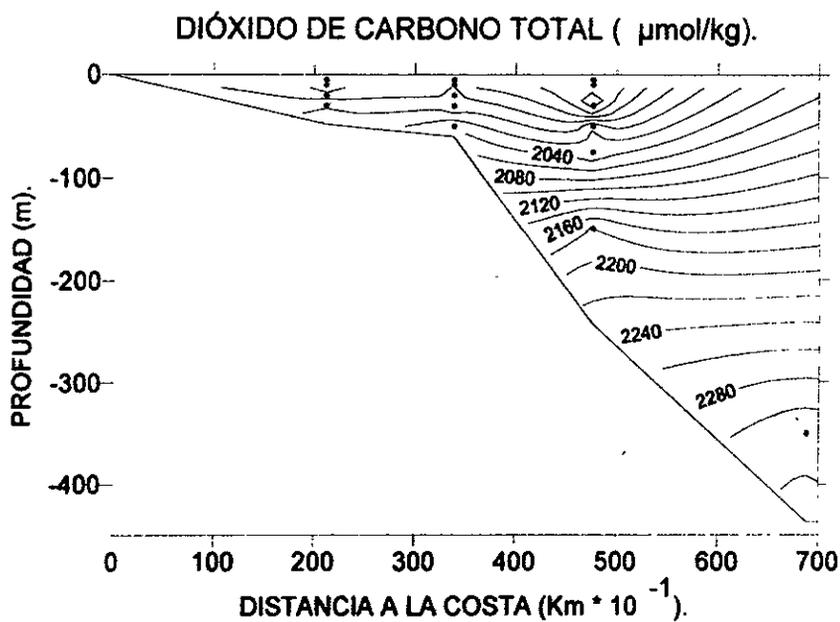
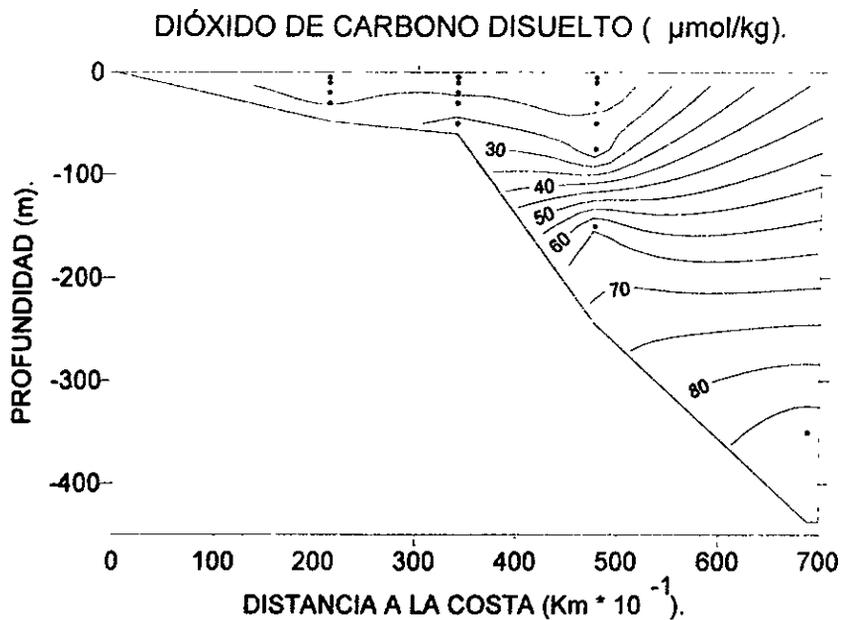
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.95	2.17	26.89	34.44	3.10	2.07	1845	132	26	0.87	2004
MAXIMO	8.13	2.28	30.80	34.90	4.33	2.89	2194	181	88	2.06	2316
MINIMO	7.37	2.11	10.82	34.03	0.70	0.47	1712	33	14	0.56	1888



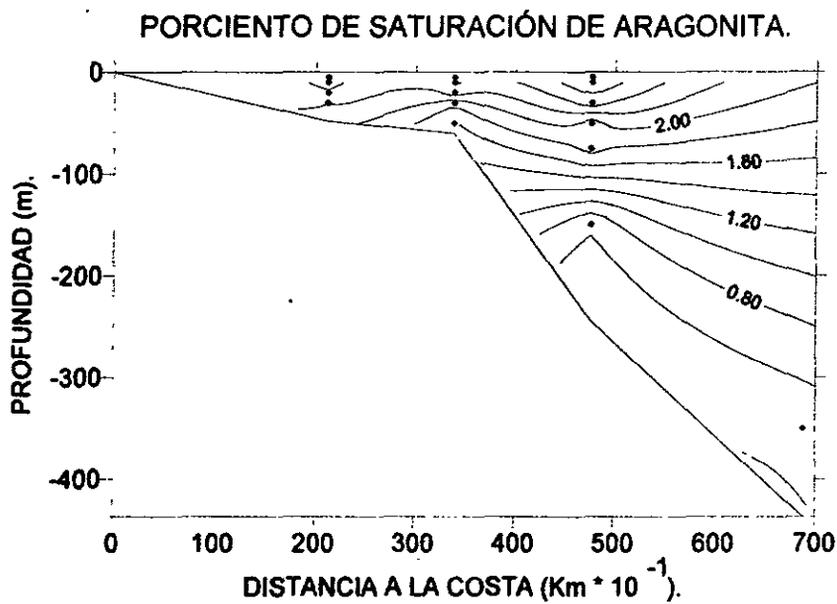
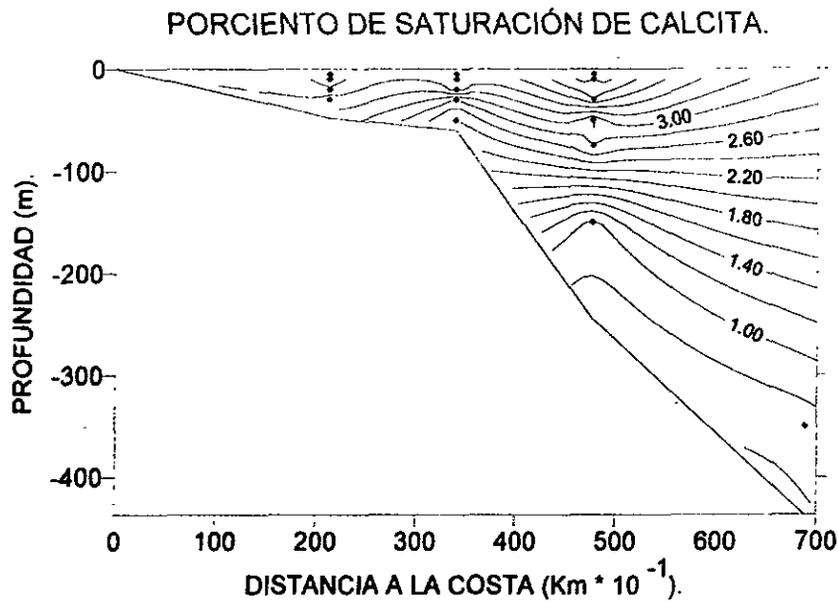
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 8.







GRÁFICA DE CORTE VERTICAL PARA EL TRANSECTO 8.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 8.

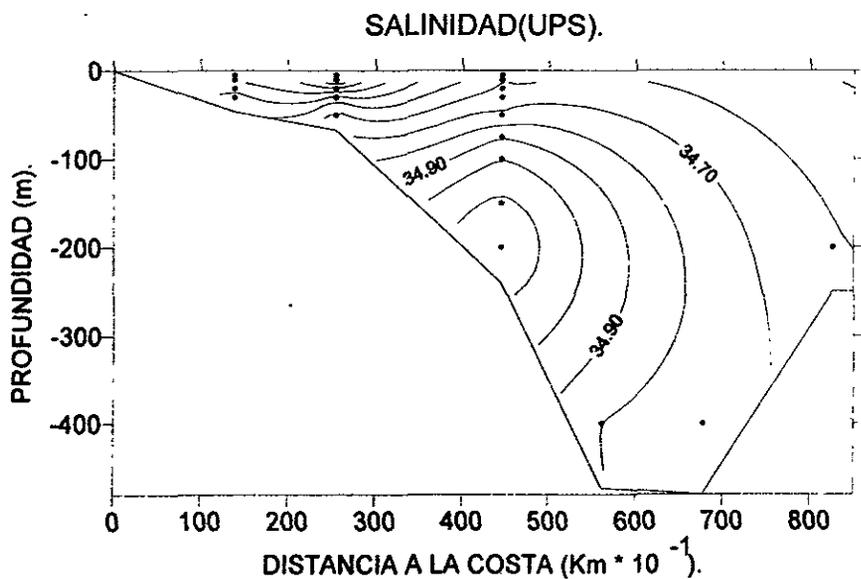
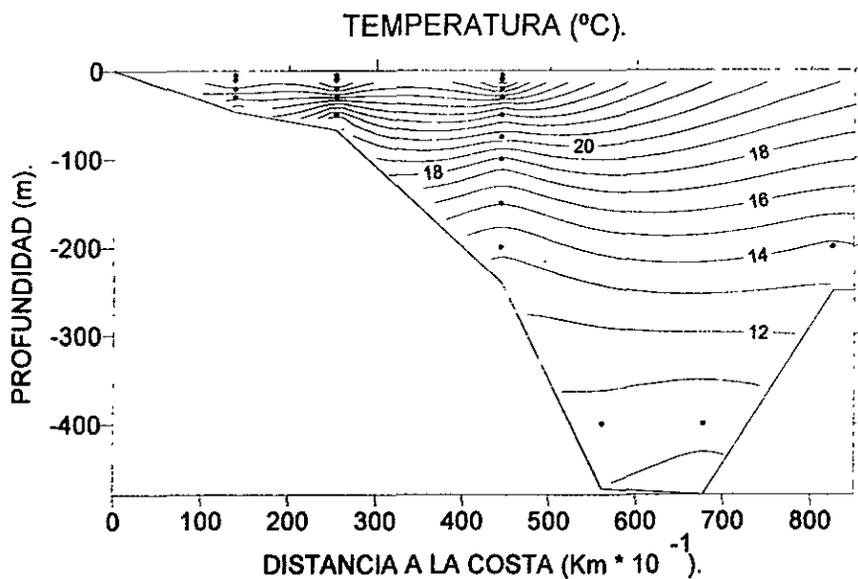
TABLA 10. RESULTADOS DEL TRANSECTO NUEVE.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
65	5	8.048	2129	29.57	34.209	3.59	3.39	1751	152	17	0.658	1920
65	10	8.029	2094	29.01	34.315	3.38	2.26	1735	144	17	0.667	1896
65	20	8.026	2135	28.91	34.349	3.42	2.28	1771	146	18	0.683	1935
65	30	8.016	2146	25.49	34.452	3.26	2.17	1789	143	18	0.623	1949
64	5	8.059	2134	30.83	33.906	3.21	2.47	1750	155	17	0.627	1922
64	10	8.07	2155	30.23	34.026	3.8	2.53	1759	160	16	0.644	1935
64	20	8.066	2116	29.89	34.125	3.69	2.46	1728	156	16	0.631	1900
64	30	8.048	2125	25.59	34.518	3.44	2.29	1748	150	16	0.567	1914
64	50	8.002	2205	20.55	34.62	3.13	2.09	1851	140	18	0.551	2010
63	5	8.049	2017	30.84	34.488	3.46	2.31	1652	145	16	0.647	1813
63	10	8.052	2178	30.56	34.599	3.76	2.51	1786	158	17	0.687	1961
63	20	8.000	2196	30.01	34.629	3.67	2.45	1801	155	18	0.697	1974
63	30	8.027	2166	25.92	34.645	3.37	2.25	1788	147	17	0.616	1952
63	50	7.965	2178	22.64	34.707	2.92	1.95	1850	130	20	0.65	2000
63	75	7.612	2184	20.61	34.896	1.38	0.92	2027	62	48	1.503	2137
63	100	7.433	2184	17.65	35	0.89	0.59	2080	41	74	2.124	2194
63	150	7.391	2262	15.02	35.118	0.81	0.54	2167	37	83	2.227	2287
63	400	7.465	2302	8.2	35.183	0.88	0.59	2192	42	67	1.441	2302
55	400	7.334	2233	10.67	34.797	0.63	0.42	2154	30	93	2.171	2278
56	400	7.779	2200	10.22	34.732	1.73	1.16	1984	83	29	0.656	2096
57	200	7.419	2188	10.63	34.61	0.79	0.53	2093	36	74	1.708	2203

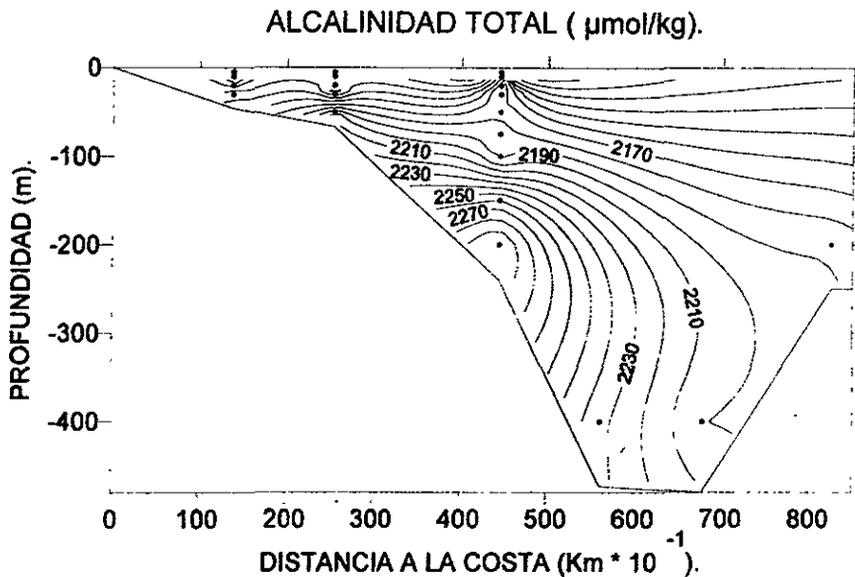
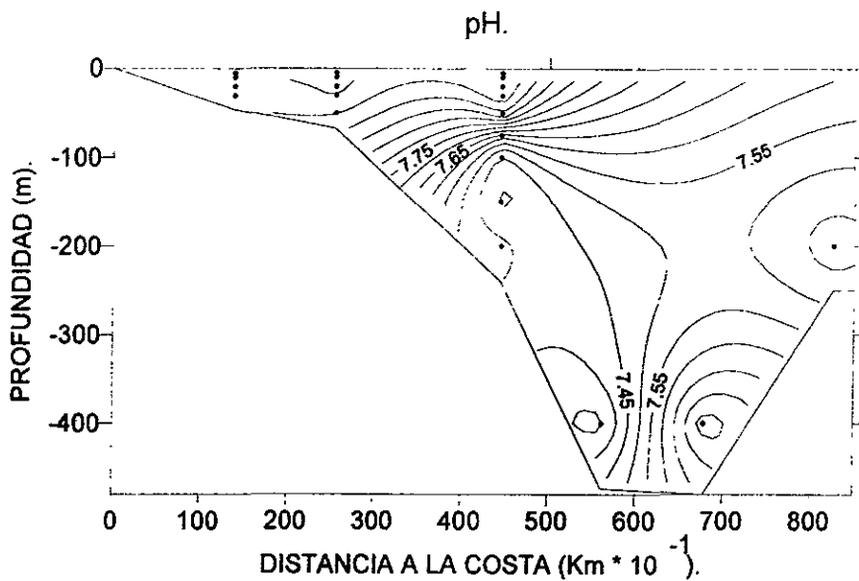
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$)

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO NUEVE.

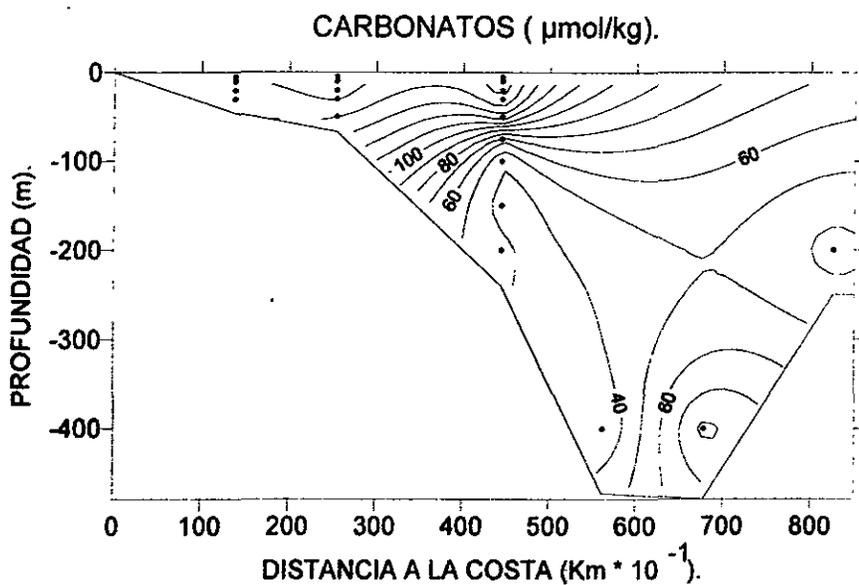
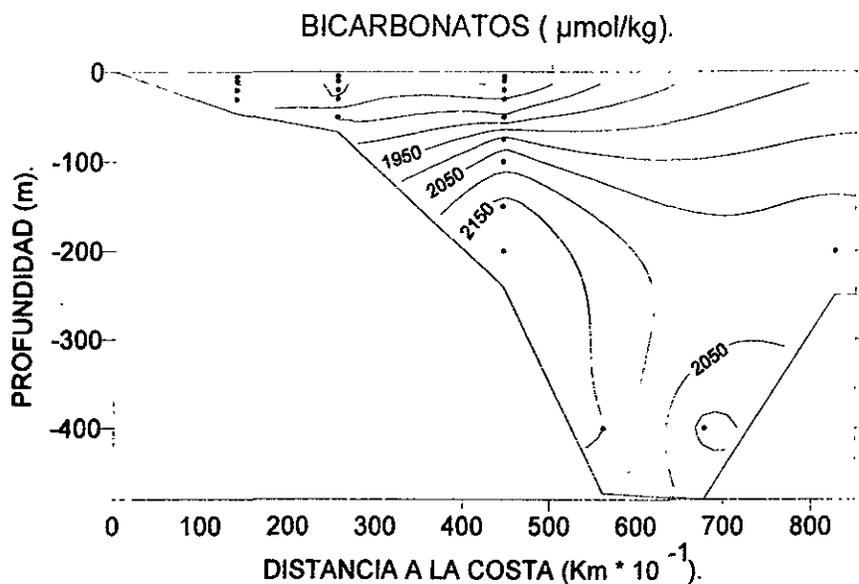
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.85	2168	23	34.568	2.63	1.82	1878	115	34	0.989	2028
MAXIMO	8.07	2302	30.84	35.183	3.80	3.39	2192	150	93	2.227	2302
MINIMO	7.33	2017	8.2	33.906	0.63	0.42	1652	30	16	0.551	1813



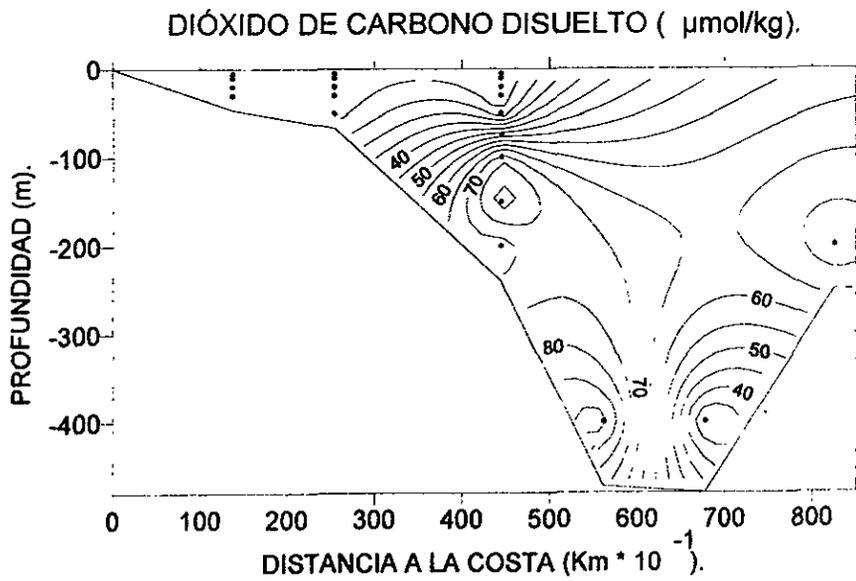
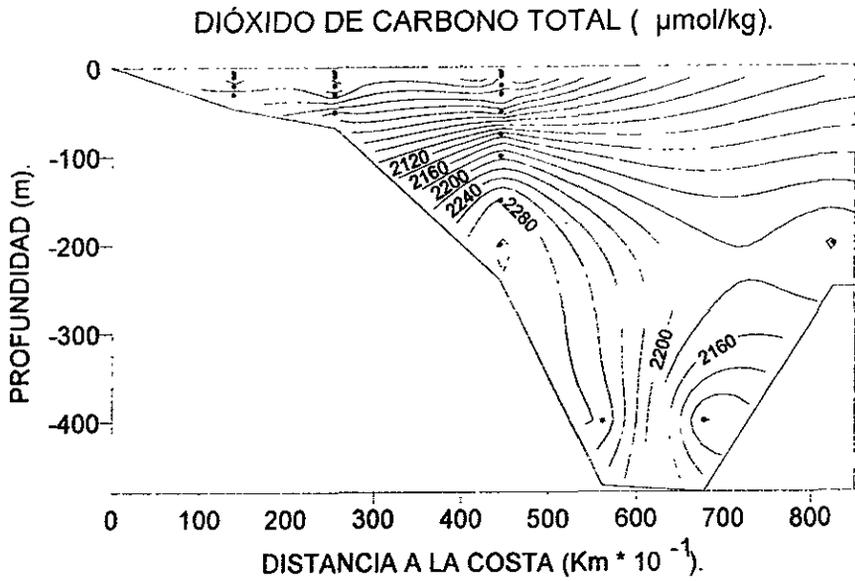
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 9.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 9.

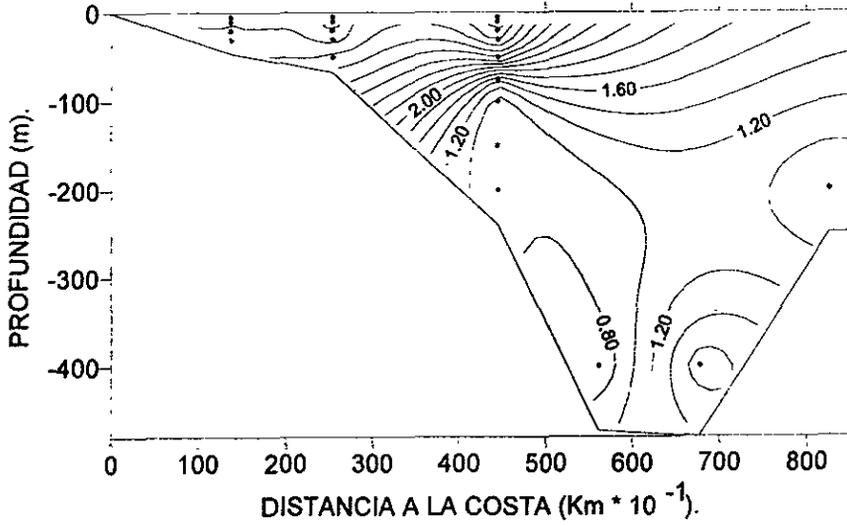


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 9.

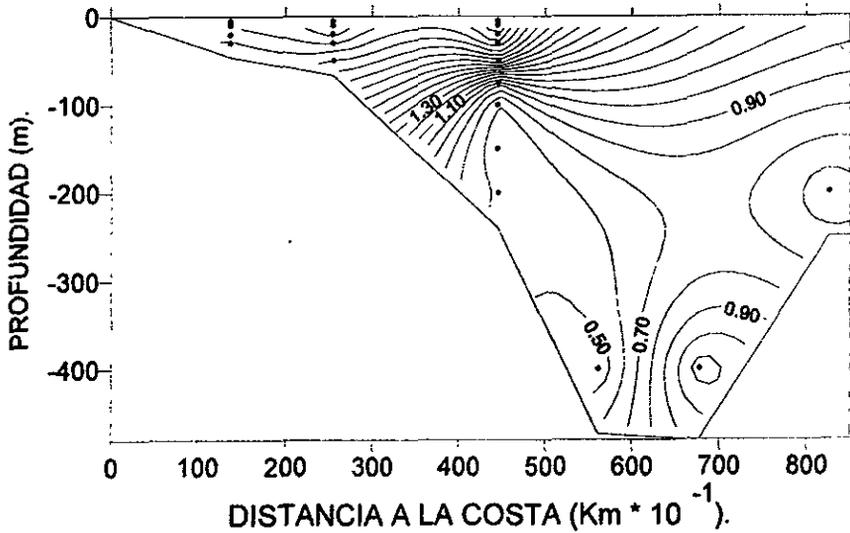


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRABSECTO 9.

PORCIENTO DE SATURACIÓN DE CALCITA.



PORCIENTO DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 9.

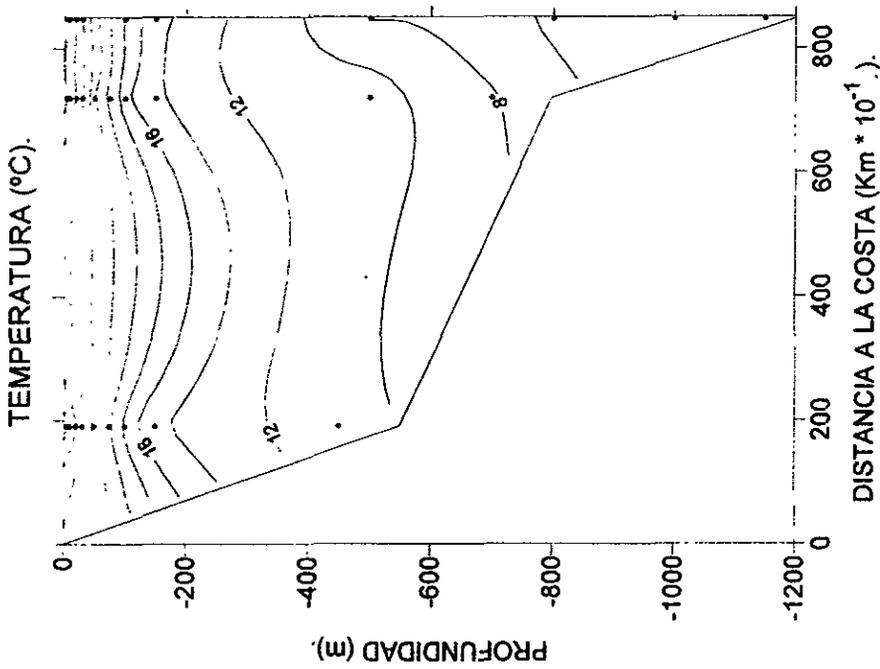
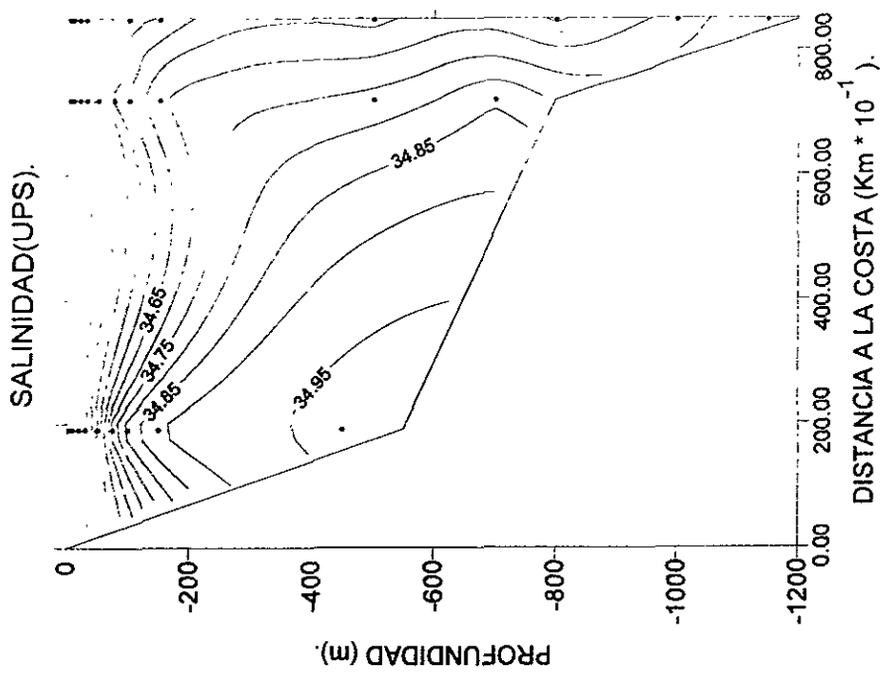
TABLA 11. RESULTADOS DEL TRANSECTO DIEZ.

ES	PRO	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
62	5	8.022	2004	30.99	34.083	3.26	2.17	1662	136	17	0.697	1816
62	10	8.032	2067	30.54	34.248	3.41	2.28	1709	143	17	0.689	1869
62	20	8.034	2096	30.02	34.32	3.45	2.3	1732	146	17	0.682	1895
62	30	8.04	2100	25.45	34.439	3.34	2.22	1733	146	16	0.57	1895
62	50	8.032	2110	22.84	34.453	3.22	2.15	1749	143	16	0.531	1908
62	75	7.98	2140	20.51	34.766	2.9	1.93	1808	131	18	0.565	1957
62	100	7.759	2180	17.22	34.824	1.82	1.22	1968	83	32	0.908	2083
62	150	7.435	2210	14.35	34.9	0.84	0.56	2110	38	71	1.684	2219
62	450	7.41	2232	10.83	34.96	0.75	0.5	2138	36	76	1.734	2250
61	5	8.1	2060	30.8	34.021	3.86	2.57	1656	162	14	0.578	1832
61	10	8.07	2100	30.8	34.022	3.73	2.48	1712	156	16	0.64	1884
61	20	8.07	2130	30.09	34.241	3.75	2.5	1736	159	16	0.632	1910
61	30	8.04	2143	25.43	34.299	3.4	2.27	1771	149	16	0.583	1936
61	50	8.04	2218	21.39	34.375	3.4	2.27	1837	152	16	0.518	2005
61	75	8	2227	20.01	34.581	3.19	2.13	1916	144	18	0.561	2079
61	100	7.7	2227	16.23	34.597	1.62	1.08	2039	74	38	1.044	2151
61	150	7.5	2267	14.46	34.696	1.03	0.69	2146	47	63	1.661	2257
61	500	7.48	2288	11.29	34.766	0.9	0.6	2174	44	66	1.561	2284
61	700	7.42	2290	8.2	34.846	0.73	0.49	2193	37	75	1.614	2306
59	5	8.009	2093	31.46	34.062	3.34	2.23	1747	139	19	0.768	1905
59	10	8.042	2124	30.99	34.095	3.59	2.39	1752	150	17	0.702	1919
59	20	8.038	2175	30.36	34.448	3.64	2.42	1795	153	18	0.709	1966
59	30	8.066	2113	24.69	34.45	3.5	2.34	1726	154	15	0.52	1895
59	100	7.994	2106	17.61	34.533	2.85	1.9	1734	130	17	0.478	1920
59	150	7.435	2131	14.78	34.554	0.83	0.56	2032	38	71	1.866	2141
59	500	7.292	2134	7.87	34.635	0.52	0.35	2067	25	98	2.079	2191
59	800	7.253	2176	5.58	34.642	0.44	0.3	2116	23	110	2.142	2248
59	1000	7.252	2255	4.62	34.714	0.43	0.29	2194	23	113	2.138	2330
59	1150	7.276	2256	3.98	34.816	0.44	0.3	2191	24	106	1.952	2321

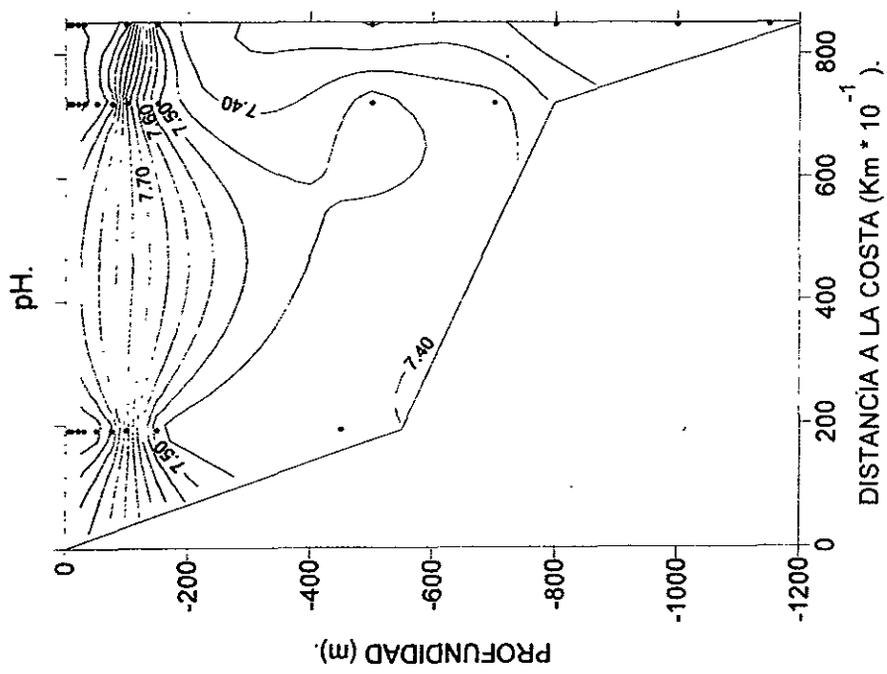
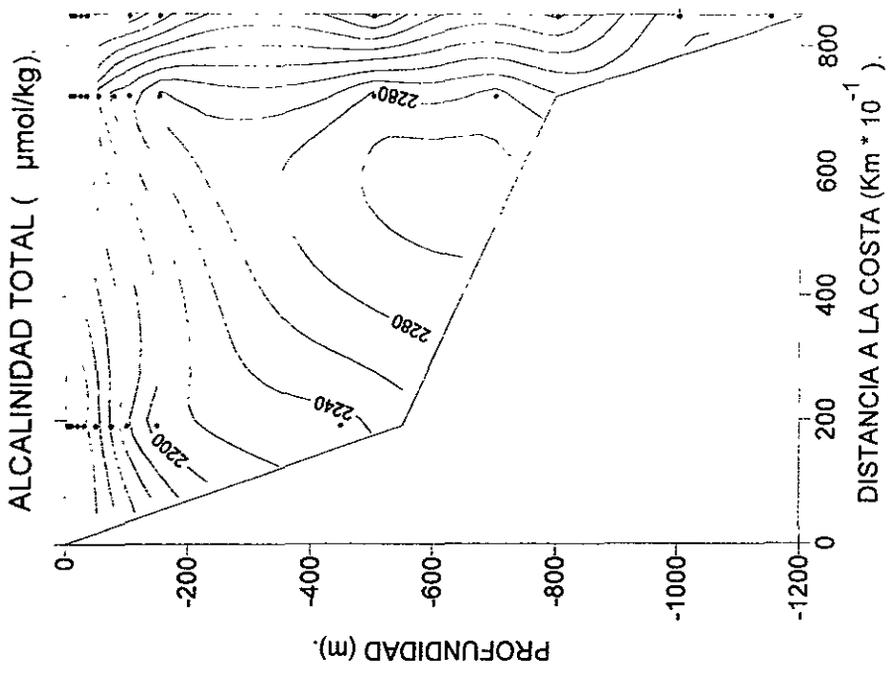
ES (número de estación), PRO(profundidad en metros), pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻ (concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻ (concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$)

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRANSECTO DIEZ.

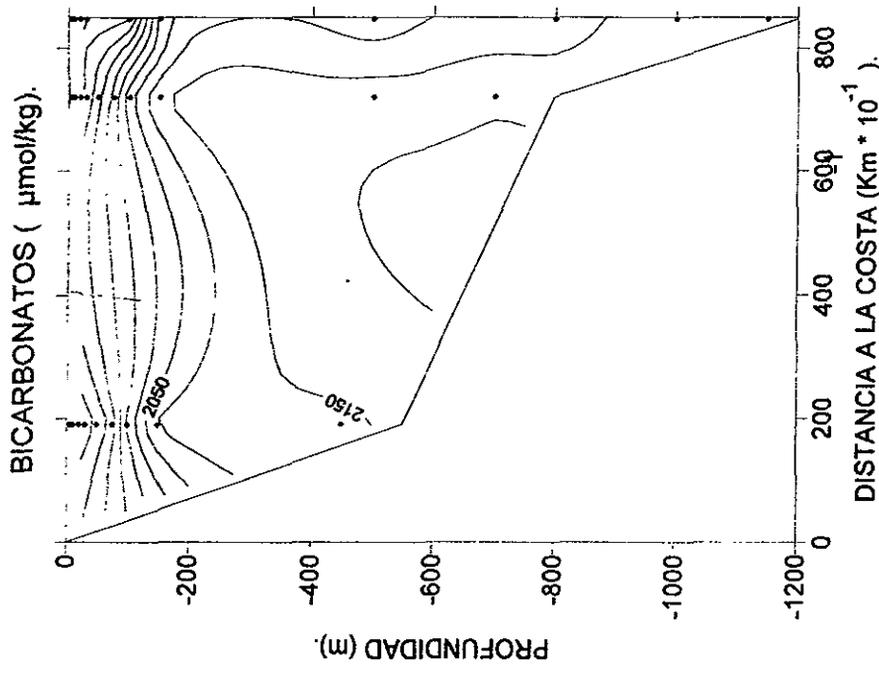
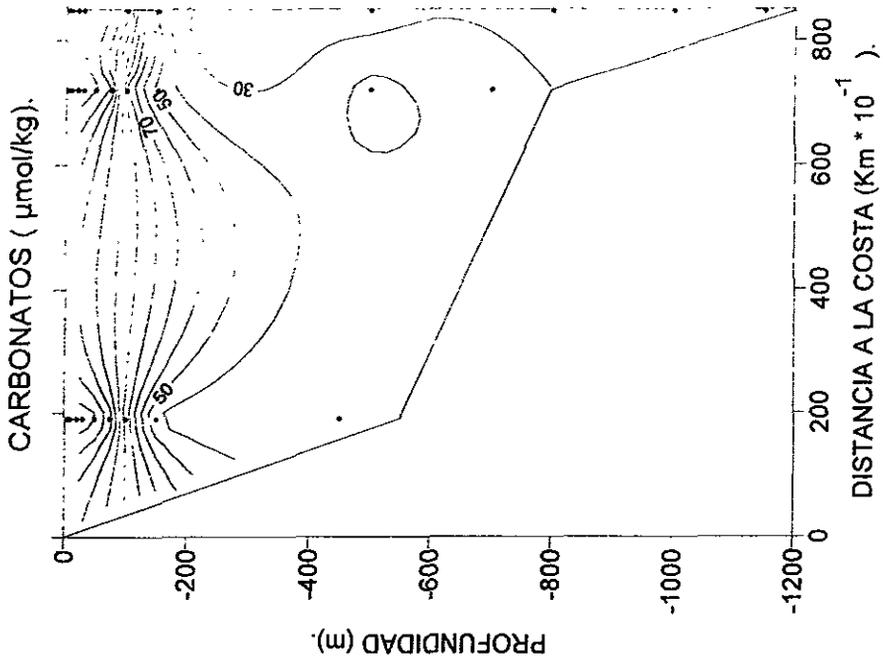
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	7.79	2160	20.12	34.50	2.35	1.57	1901	102	41	1.06	2047
MAXIMO	8.10	2290	31.46	34.96	3.86	2.57	2194	162	113	2.14	2330
MINIMO	7.25	2004	3.98	34.02	0.43	0.29	1656	23	14	0.48	1816



GRÁFICAS DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 10.

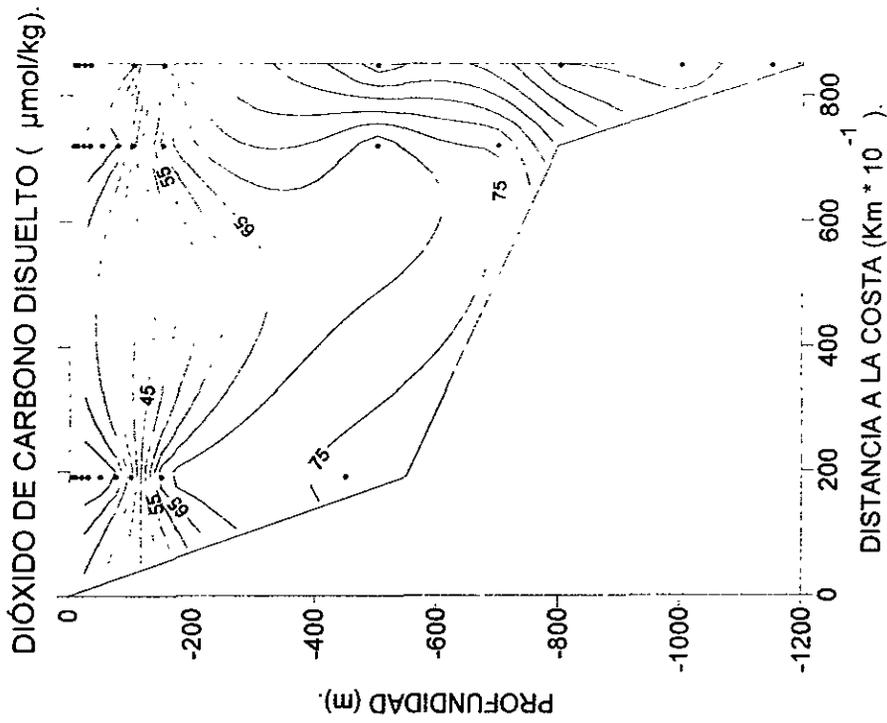
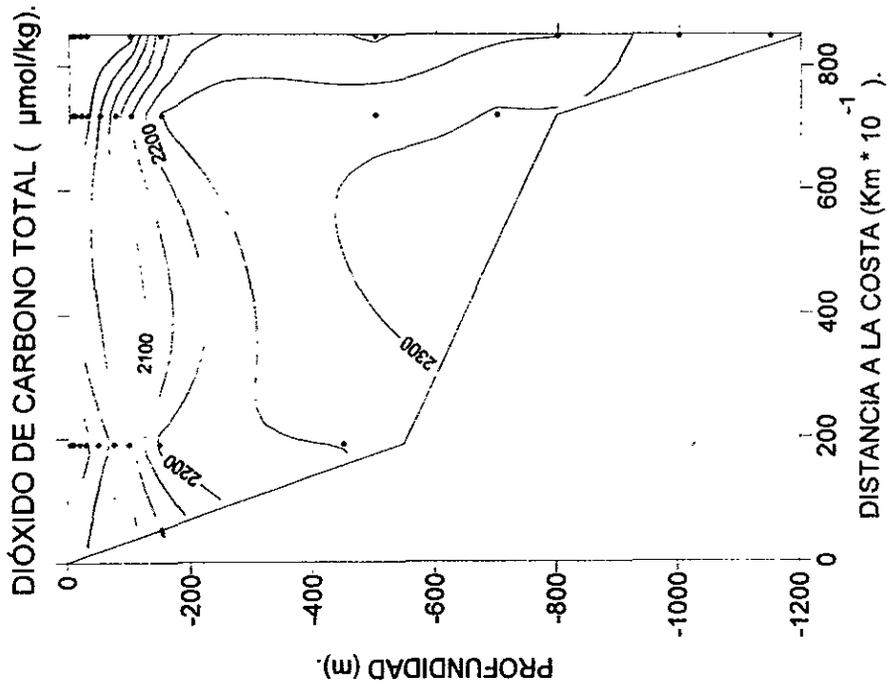


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL PARA EL TRANSECTO 10.



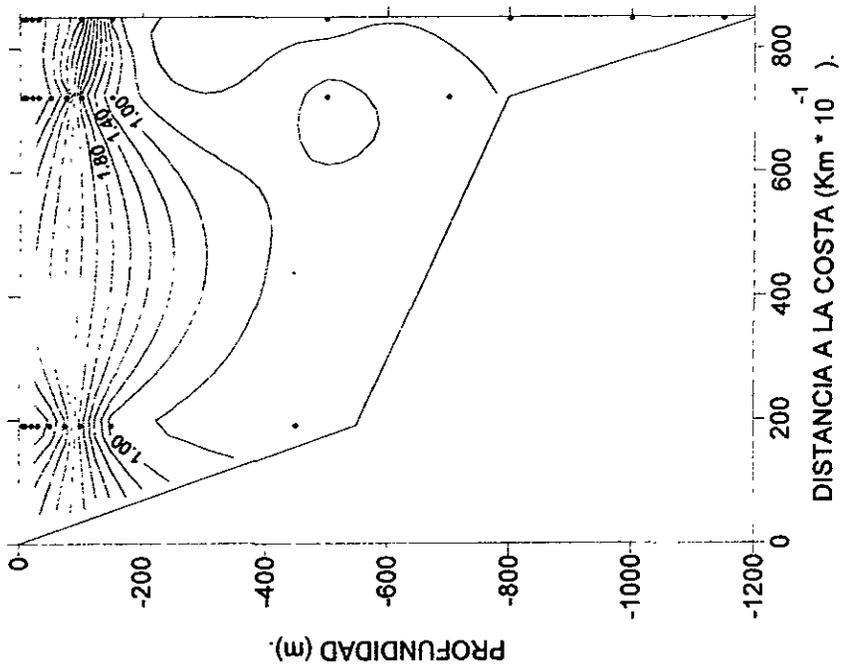
GRÁFICA DE CORTE VERTICAL PARA EL TRANSECTO 10.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

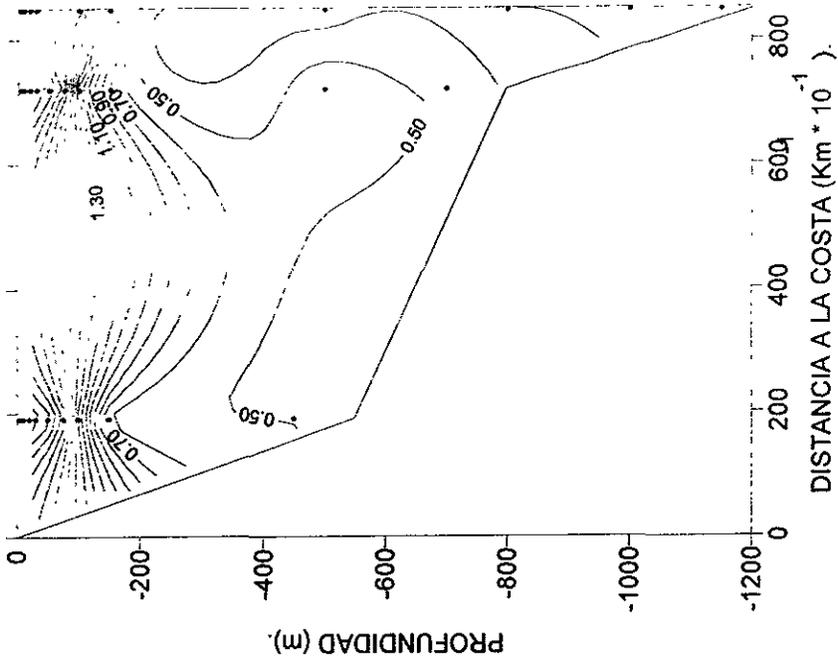


GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 10.

PORCIENTO DE SATURACIÓN DE CALCITA.



PORCIENTO DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.



GRÁFICA DE CORTE VERTICAL DEL TRANSECTO 10.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

SALINIDAD.

La salinidad en todas las estaciones de muestreo tiene la tendencia a incrementarse con respecto a la profundidad, podemos observar que los valores menores de dicho parámetro, se presentan en aguas superficiales, ya que en ellas, se puede llevar acabo aportes de agua dulce en forma de lluvia o desembocadura de rios.

Los valores de salinidad a 5m, nos muestran que las aguas más salinas se presentan en los transectos 1 a 3 (salinidades alrededor de 35 UPS), es decir, en las aguas que se encuentran dentro del Golfo de California, que se ven influenciadas por aguas provenientes de corrientes del Golfo de California que son aún más salinas. En los siguientes transectos se puede observar que las salinidades a 5m decrecen, presentándose los menores valores cerca del transecto 10 (salinidades alrededor de 34UPS), cabe señalar que estas aguas se ven influenciadas por corrientes provenientes de California, noroecuatoriales, y costaneras de Costa Rica, principalmente.

Es importante mencionar, que el efecto de alta evaporación característico del Golfo de California, desaparece notablemente en el área de estudio, de hecho solo se presenta en los transecto 1 a 3 (por este motivo los valores de salinidad son altos en esta zona). Cabe señalar que en la literatura consultada para el área de estudio, los valores de salinidad reportados siguen la anterior tendencia, presentando en la zona norte los valores más altos de salinidad.

Los valores de salinidad a 5m van de 33.99 a 35.10UPS, presentando el menor valor en la estación 64 (transecto 9), y el mayor en la estación 3 (transecto 1).

TEMPERATURA.

La temperatura en todas las estaciones de muestreo, decrece al aumentar la profundidad, además se puede observar la presencia de la termoclina característica de los

mares cálidos Ecuatoriales. Entre los 5 a 30m de profundidad, la temperatura es similar a la de la superficie, debido a que los rayos solares y los vientos, hacen que el agua se caliente. Entre los 50 a 200m se observa la presencia de la termoclina, es decir, en esta zona los valores de temperatura decrecen rápidamente al incrementarse la profundidad. Abajo de los 200m la temperatura decrece gradualmente, al incrementarse la profundidad, en esta zona el agua es fría.

Los valores de temperatura a 5m en dicha área de estudio son muy uniformes a lo largo de todo el recorrido, van de los 28.55 a los 31.64°C, presentando el menor valor en la estación 41 (transecto 5), y el mayor en la estación 1 (transecto 3).

pH.

El pH decrece al aumentar la profundidad en todas las estaciones de muestreo, esto debido a que se modifican las constantes de acidez de los carbonatos y bicarbonatos. Los bicarbonatos son los encargados en gran medida de fijar el pH y la capacidad buffer en el agua de mar, ya que se comportan como un anfótero.

Los valores de pH a 5m, son muy uniformes van de 7.88 a 8.17, presentando el menor valor en la estación 4 (transecto 1), y el mayor en la estación 25 (transecto 3).

Cabe señalar, que los valores reportados en la literatura de pH en la zona de estudio, confirman que los valores menores de este parámetro se encuentran dentro del Golfo de California.

ALCALINIDAD TOTAL.

La alcalinidad total en las estaciones de muestreo, se incrementa generalmente al aumentar la profundidad, esto es debido a que la concentración de bicarbonatos y dióxido de carbono total aumentan.

Los valores de alcalinidad total a 5m van de 1982 a 2238 μ mol/kg, presentando el menor valor en la estación 50 (transecto 7), el mayor se presenta en la estación 8 (transecto 1). Los valores más altos de salinidad se encuentran dentro del Golfo de California y los menores cerca de Bahía Banderas (Jalisco). Los valores reportados en la literatura confirman esta tendencia.

PORCIENTO DE CALCITA Y ARAGONITA.

En todas las estaciones de muestreo, se observa que la forma cristalina de carbonato de calcio más estable en el mar, es la calcita. Los valores de por ciento de saturación de calcita y aragonita disminuye al aumentar la profundidad, esto es debido a la redisolución del carbonato de calcio al alcanzar la parte insaturada de la columna de agua, además, la precipitación de dicho compuesto sólo se lleva a cabo en lugares restringidos, en donde la concentración de calcio es significativa y a presiones bajas de dióxido de carbono.

Los valores de por ciento de saturación de calcita a 5m, van de 2.58 a 4.33, presentando el menor valor en la estación 1 (transecto 3) y el mayor en la estación 72 (transecto 8).

Los valores de por ciento de saturación de aragonita a 5m, van de 1.72 a 3.39, presentando el menor valor en la estación 1 (transecto 3), y el mayor en la estación 65 (transecto 9).

En general, los valores más altos de por ciento de saturación de calcita y aragonita se encuentran dentro del Golfo de California, éste es el motivo por el cual se considera una área de alta productividad pesquera.

BICARBONATOS.

La concentración de bicarbonatos se incrementan al aumentar la profundidad en todas las estaciones de muestreo, debido a la oxidación de la materia orgánica y a la

redisolución del carbonato de calcio. Cabe señalar que los bicarbonatos son responsables en gran medida de la alcalinidad total y la capacidad buffer del agua de mar.

Los valores de la concentración de los bicarbonatos a 5m van de 1635 a 1896 μ mol/kg, el menor en la estación 41-A (transecto 5), y el mayor en la estación 8 (transecto 1). Cabe señalar que los valores más altos de la concentración de este compuesto. se encuentran dentro del Golfo de California.

CARBONATOS.

Los valores de la concentración de los carbonatos, disminuyen al aumentar la profundidad en todas las estaciones de muestreo, debido a que al formarse dicho ion, reacciona inmediatamente con ácidos presentes en el mar, pasando a formar bicarbonatos. Los valores más altos de dichas concentraciones se presentan en la superficie, debido a que la presión parcial de dióxido de carbono es baja.

Los valores de la concentración de carbonatos a 5m van de 110 a 181 μ mol/kg, presentandose el menor valor en la estación 1 (transecto 3), y el mayor en la estación 25 (transecto 3).

DIÓXIDO DE CARBONO DISUELTO.

La concentración de dióxido de carbono disuelto aumenta al aumentar la profundidad en todas las estaciones de muestreo, presentando los valores menores en la superficie, esto es debido a procesos como la fotosíntesis y a la rápida hidratación de éste. A profundidades mayores, la concentración de dicho compuesto aumenta, debido a que aumenta la presión parcial de dióxido de carbono. Cabe señalar que el dióxido de carbono atmosférico es poco reactivo con el agua de mar, pero este equilibrio se ve modificado, debido a que la hidratación del dióxido de carbono disuelto, produce ácido carbonico, el cuál reacciona rápidamente con bases presentes en el medio marino para formar bicarbonatos.

Los valores de la concentración de dióxido de carbono a 5m, van de 13 a 26 $\mu\text{mol/kg}$, el menor valor se presenta en la estación 25 (transecto 3) y el mayor en la estación 4 (transecto 1).

PRESIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.

Las presiones de dióxido de carbono, aumentan al incrementarse la profundidad en todas las estaciones de muestreo, presentando los valores más pequeños en la superficie. Una presión baja de dicho compuesto, hace que el dióxido de carbono atmosférico se disuelva poco en el agua de mar.

Los valores altos de presión de dióxido de carbono en las profundidades del medio marino, hacen que la concentración de dióxido de carbono disuelto aumente y que el porcentaje de saturación de calcita y aragonita disminuyan.

Los valores a 5m de profundidad de presión de dióxido de carbono, van de $0.537 \cdot 10^{-3}$ a $1.045 \cdot 10^{-3} \text{atm}$, presentando el menor valor en la estación 25 (transecto 3) y el mayor en la estación 4 (transecto 1).

DIÓXIDO DE CARBONO TOTAL.

La concentración de dióxido de carbono total, se incrementa al aumentar la profundidad en todas las estaciones de muestreo, esto es porque la alcalinidad total aumenta, así como la concentración de bicarbonatos y dióxido de carbono disuelto. La concentración de dicho compuesto es baja en la superficie, debido a procesos como la fotosíntesis y el intercambio de aire atmósfera-mar. La concentración de dióxido de carbono aumenta en la profundidad, debido principalmente a la oxidación de la materia orgánica por microorganismos sulfato-reductores con lo que se incrementa la concentración de bicarbonatos y la redisolución de carbonato de calcio.

Los valores de la concentración de dióxido de carbono total a 5m, van de 1808 a 2056 $\mu\text{mol/kg}$, presentando el menor valor en la estación 50 (transecto 8) y el mayor valor en la estación 8 (transecto 1). Los valores mayores se encuentran dentro del Golfo de California y los menores a partir del transecto 5.

CONCLUSIONES.

El presente estudio, al establecer los parámetros físicos y químicos del agua de mar permite la detección de las alteraciones que se pueden presentar en el océano, lo que a su vez, abre la posibilidad de tomar medidas orientadas a su control para así, evitar las repercusiones que se pueden derivar.

Además por ser un estudio del sistema del dióxido de carbono en la boca del Golfo de California, los valores obtenidos en éste permitirán, conocer en un futuro próximo, las modificaciones que se presentan en dicho sistema, derivadas de los incrementos de las concentraciones atmosféricas del gas, al compararse con futuros estudios que se contemplan en dicha área geográfica.

La alcalinidad total y la salinidad aumentan al aumentar la profundidad, el pH y la temperatura disminuyen al aumentar ésta.

Los valores de salinidad y alcalinidad total son mayores en la zona norte del área de estudio, mientras que los mayores valores de pH se encuentran fuera del Golfo de California.

Con respecto a las concentraciones químicas que componen el sistema del dióxido de carbono, observamos que los bicarbonatos, dióxido de carbono total y disuelto aumentan con respecto a la profundidad, mientras que los carbonatos disminuyen con respecto a ésta.

Con respecto a las formas cristalinas del carbonato de calcio como son la calcita y la aragonita, el porcentaje de saturación de éstas disminuye al aumentar la profundidad.

Las características de la boca del golfo de California, respecto al estudio del sistema del dióxido de carbono, muestran que los principales procesos que influyen en éste, son la fotosíntesis, la descomposición de la materia orgánica, el intercambio de aire atmósfera-mar, la precipitación y disolución de carbonato de calcio, la evaporación, y la circulación oceánica.

El estudio de la variación del sistema del dióxido de carbono es de un valor intrínseco, ya que nos permite en principio, conocer las concentraciones de las especies químicas que componen a este sistema, pero también puede ser aplicado al tratamiento y calidad de las aguas marinas.

ANEXO 1.**PRIMERA CONSTANTE DE DISOCIACIÓN APARENTE DEL ÁCIDO CARBÓNICO
(EXPRESADA COMO pK_{1f}).**

TEMPERATURA (°C).

S	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
0	6.58	6.52	6.47	6.42	6.38	6.35	6.33	6.31
1	6.47	6.42	6.37	6.33	6.28	6.26	6.24	6.23
4	6.36	6.32	6.28	6.24	6.21	6.18	6.16	6.15
9	6.27	6.23	6.19	6.15	6.13	6.1	6.08	6.07
16	6.18	6.14	6.11	6.07	6.05	6.03	6.01	5.99
17	6.17	6.13	6.1	6.06	6.04	6.02	6	5.98
18	6.16	6.12	6.09	6.06	6.03	6.01	5.99	5.97
19	6.15	6.11	6.08	6.05	6.02	6	5.98	5.97
20	6.14	6.1	6.07	6.04	6.01	5.99	5.97	5.96
21	6.13	6.09	6.06	6.03	6	5.98	5.96	5.95
25	6.09	6.05	6.02	6	5.97	5.95	5.93	5.92
36	6	5.97	5.94	5.92	5.89	5.87	5.86	5.84
49	5.92	5.88	5.86	5.84	5.82	5.8	5.78	5.77
64	5.84	5.8	5.78	5.76	5.74	5.72	5.71	5.7

ANEXO 2.**SEGUNDA CONSTANTE DE DISOCIACIÓN APARENTE DEL ÁCIDO
CARBÓNICO. (EXPRESADA COMO pK_{a2}).**

TEMPERATURA.(°C).

S	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35
0	10.62	10.55	10.49	10.43	10.38	10.33	10.28	10.25
1	10.06	9.99	9.93	9.87	9.81	9.76	9.71	9.66
4	9.78	9.72	9.67	9.61	9.54	9.49	9.43	9.21
7	9.64	9.58	9.52	9.46	9.4	9.34	9.27	9.21
16	9.46	9.4	9.35	9.29	9.23	9.17	9.1	9.02
17	9.44	9.38	9.32	9.27	9.21	9.15	9.08	9
18	9.42	9.36	9.3	9.25	9.19	9.12	9.06	8.98
19	9.4	9.34	9.28	9.23	9.17	9.1	9.02	8.95
20	9.38	9.32	9.26	9.21	9.15	9.08	9.01	8.92
21	9.36	9.3	9.25	9.19	9.13	9.06	8.98	8.89
25	9.29	9.23	9.17	9.11	9.05	8.98	8.91	8.82
36	9.12	9.06	8.99	8.93	8.86	8.79	8.72	8.63
49	8.95	8.89	8.82	8.75	8.68	8.61	8.53	8.43
64	8.77	8.71	8.64	8.57	8.5	8.42	8.34	8.23
49	9.12	9.06	8.99	8.93	8.86	8.79	8.72	8.63

Estos datos fueron tomados en agua de mar, basados en la escala NBS de pH. (valores calculados por Lyman, 1958 (Riley, 1989)).

ANEXO 3.

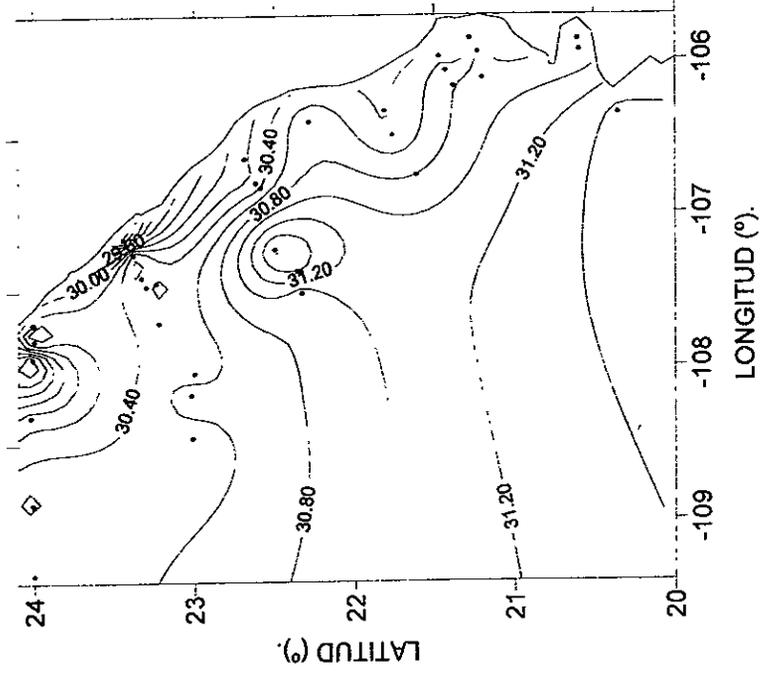
Datos estadísticos y gráficas de cortes horizontales del sistema del dióxido de carbono a 5 metros.

TABLA DE DATOS ESTADÍSTICOS A 5m DE CORTES HORIZONTALES.

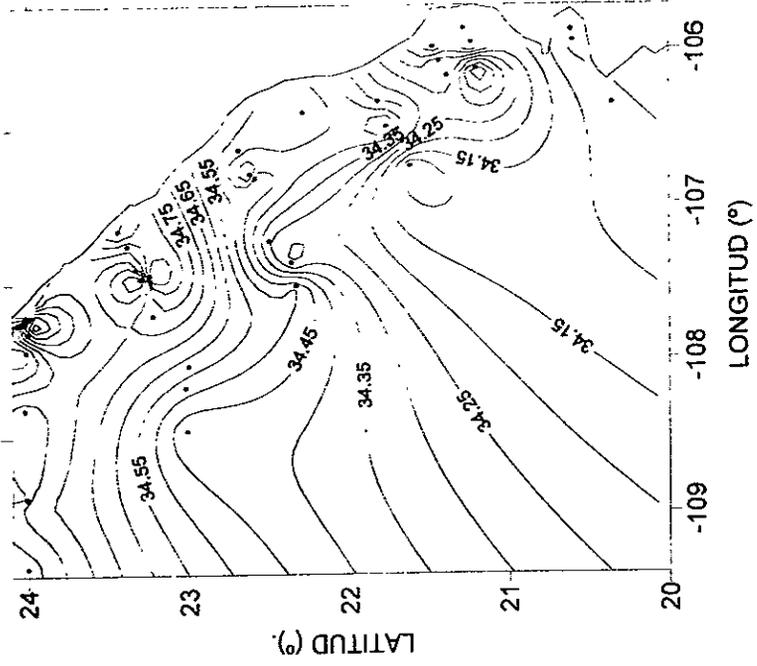
	pH	AT	t	S	%CA	%AR	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₂	pCO ₂	CO ₂ T
PROMEDIO	8.03	2111	30.47	34.50	3.48	2.36	1745	147	18	0.715	1908
MAXIMO	8.14	2238	31.64	35.10	4.33	3.39	1896	181	26	1.045	2056
MINIMO	7.88	1982	28.55	33.91	2.58	1.72	1635	110	13	0.537	1808

pH (escala NBS), AT(alcalinidad total dada en $\mu\text{mol/kg}$), t(temperatura dada en $^{\circ}\text{C}$), S(Salinidad dada en UPS), %CA(porciento de calcita), %AR(porciento de aragonita), HCO₃⁻(concentración de bicarbonatos dados en $\mu\text{mol/kg}$), CO₃²⁻(concentración de carbonatos dado en $\mu\text{mol/kg}$), CO₂(concentración de dióxido de carbono disuelto dado en $\mu\text{mol/kg}$), pCO₂(presión parcial de dióxido de carbono dada en $\text{atm} \cdot 10^{-3}$), CO₂T (concentración de dióxido de carbono total dada en $\mu\text{mol/kg}$).

TEMPERATURA (°C).

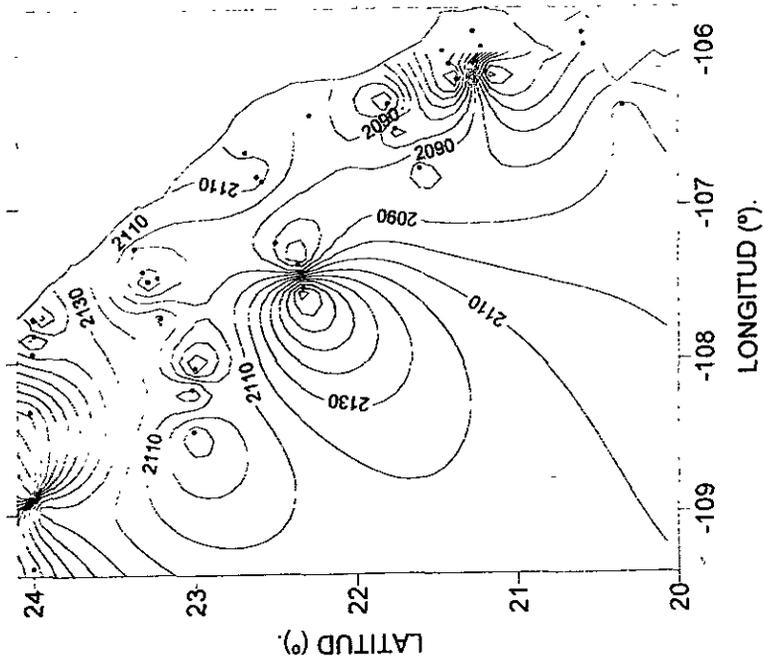


SALINIDAD(UPS).

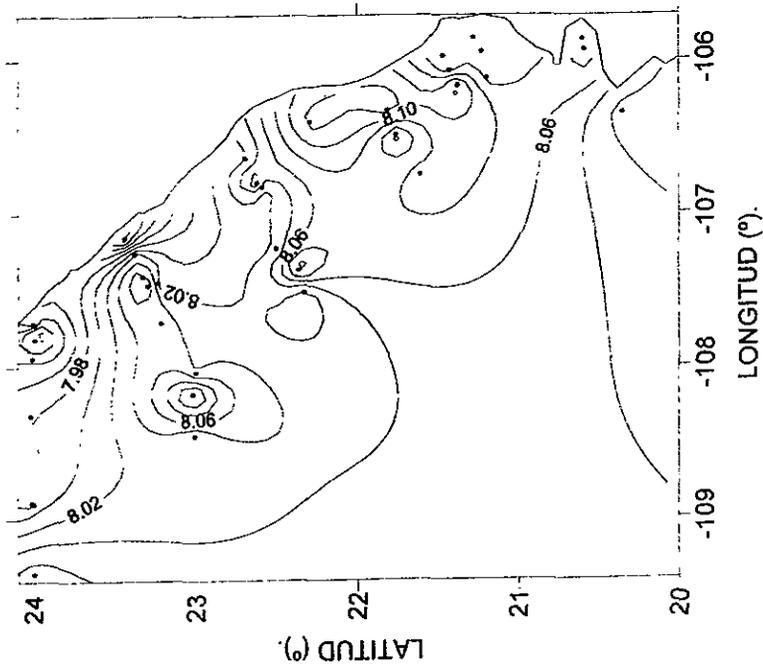


GRÁFICAS DE CORTE HORIZONTAL A 5 METROS.

ALCALINIDAD TOTAL ($\mu\text{mol/kg}$).

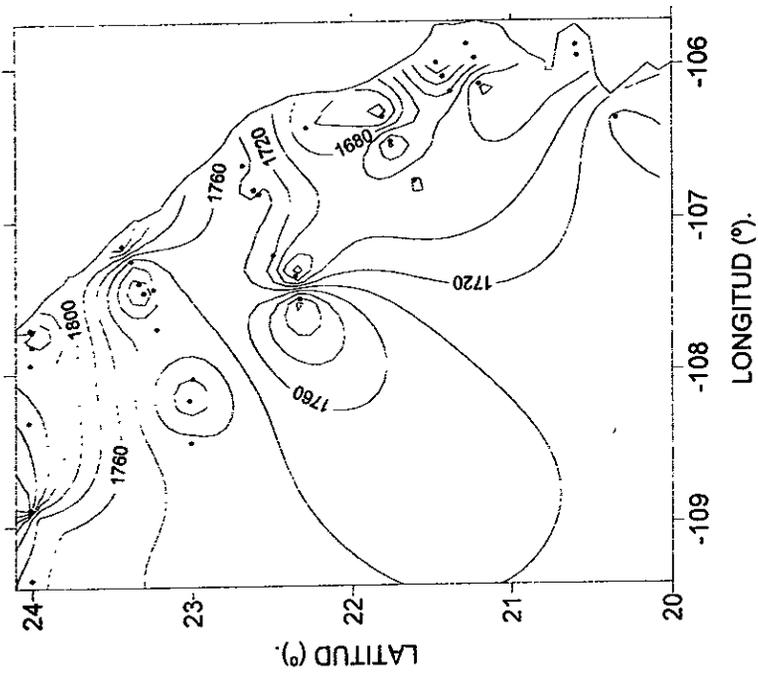


pH.

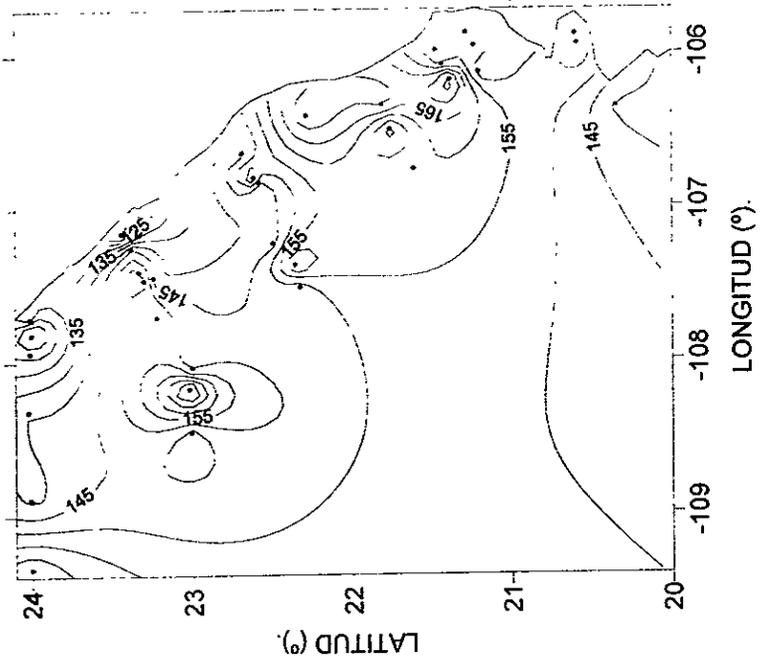


GRÁFICAS DE CORTE HORIZONTAL A 5 METROS.

BICARBONATOS ($\mu\text{mol/kg}$).

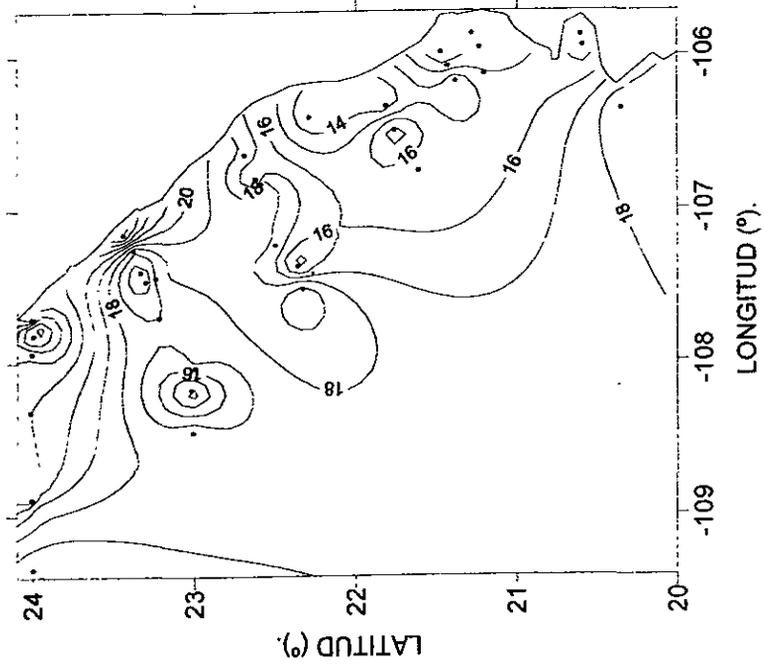


CARBONATOS ($\mu\text{mol/kg}$).

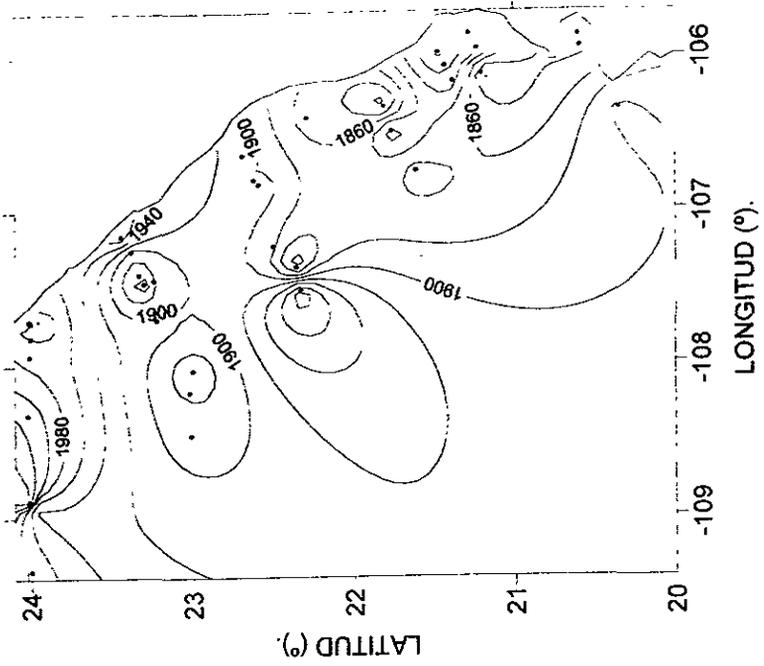


GRÁFICAS DE CORTE HORIZONTAL A 5 METROS.

DIÓXIDO DE CARBONO DISUELTO ($\mu\text{mol/kg}$).

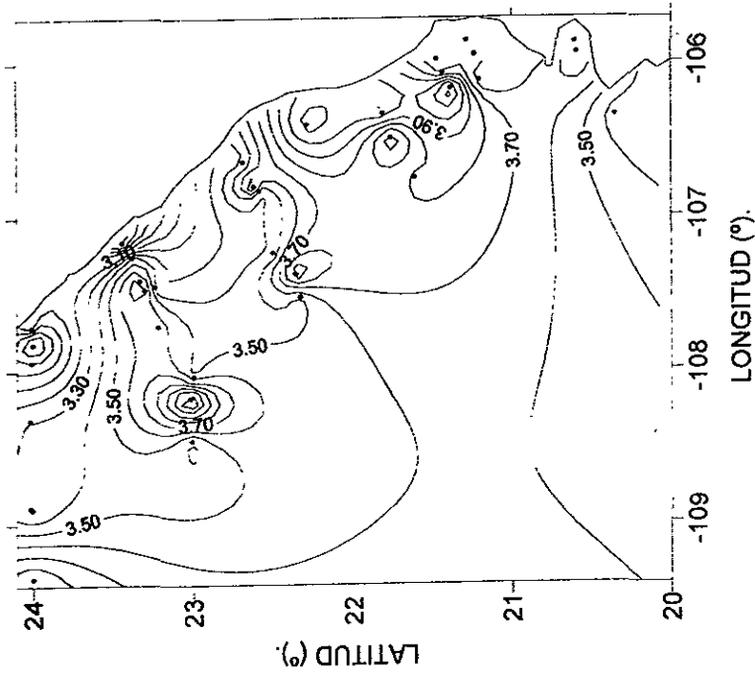


DIÓXIDO DE CARBONO TOTAL ($\mu\text{mol/kg}$).

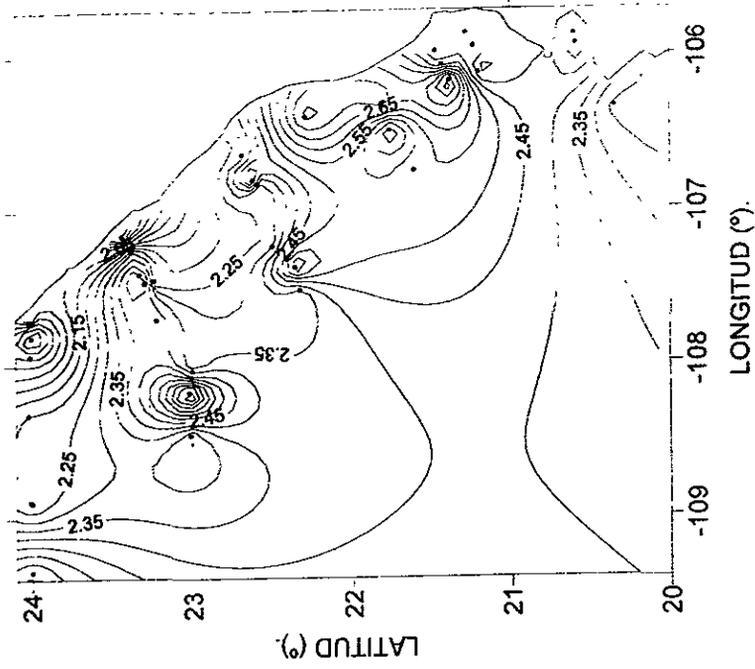


GRÁFICAS DE CORTE HORIZONTAL A 5 METROS.

% DE SATURACIÓN DE CALCITA.



% DE SATURACIÓN DE ARAGONITA.

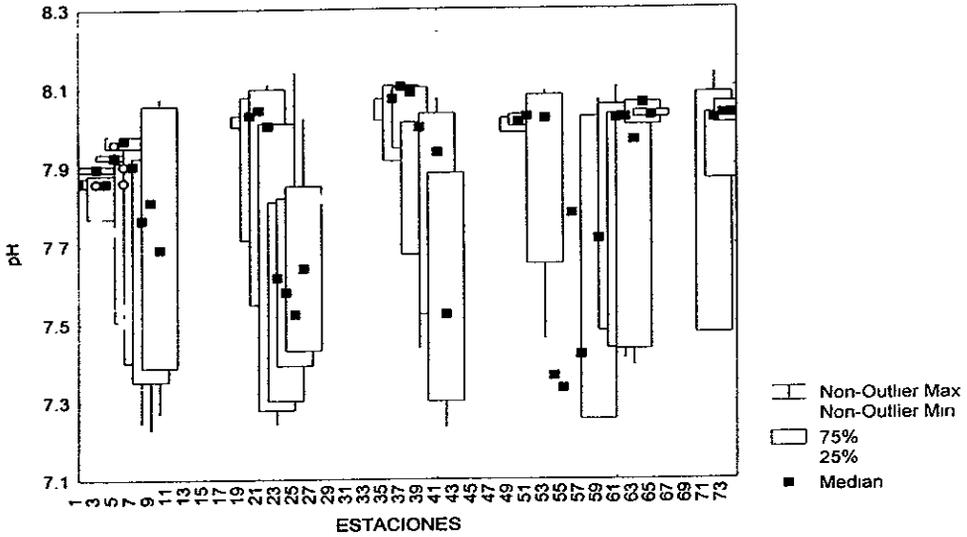


GRÁFICA DE CORTE HORIZONTAL A 5 METROS

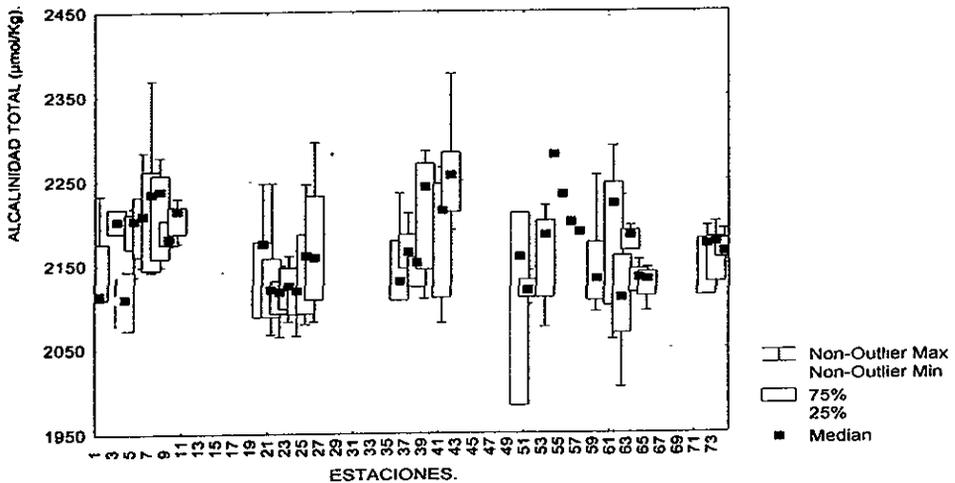
ANEXO 4.

Gráficas de diagramas de caja para parámetros complementarios al sistema del dióxido de carbono.

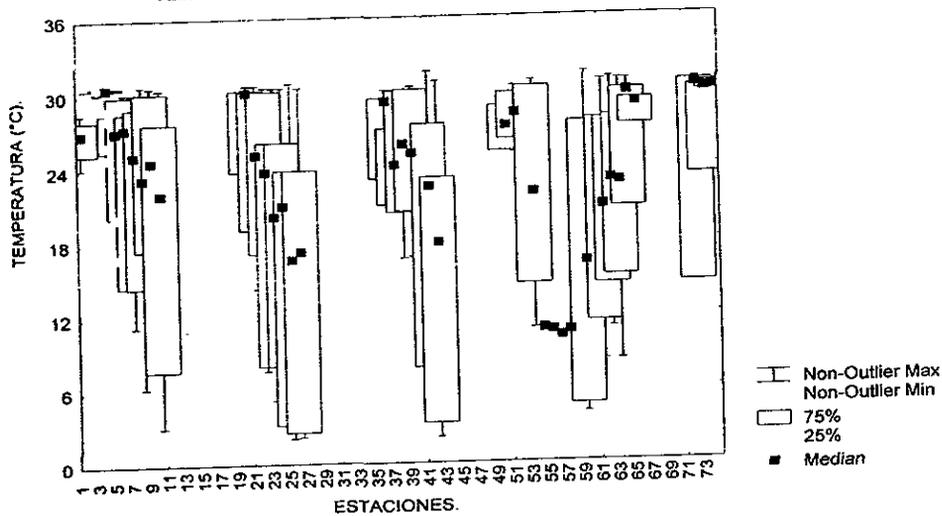
pH, BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.



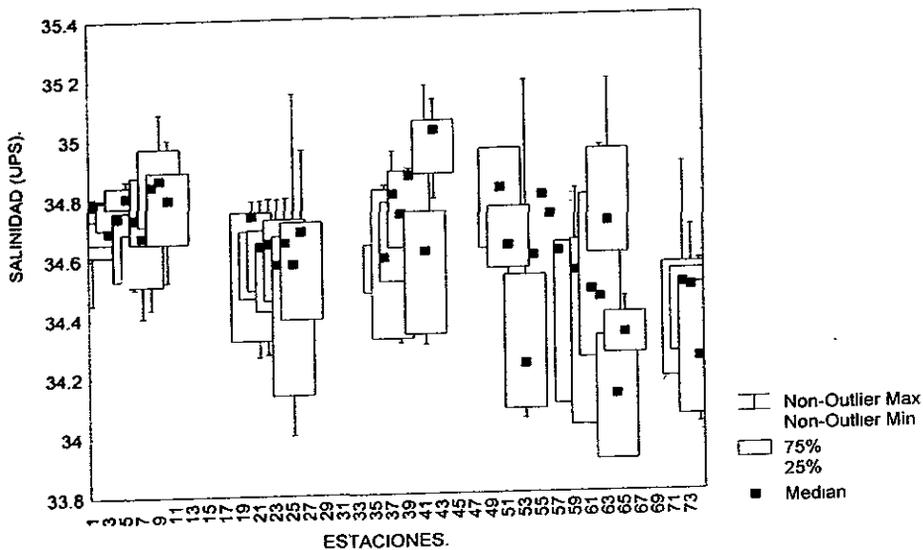
ALCALINIDAD TOTAL, BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.



TEMPERATURA, BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.



SALINIDAD, BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.



BIBLIOGRAFIA.

- APHA, AWWA, WPCF. (1997).** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 18 edición, editorial Diaz de Santos S. A., Madrid España.
- BUTLER, J. N. (1982).** Carbon dioxide Equilibrio and their applications, Addison-Wesley Publishing Co., Moss.
- BRUMBLAY, R. (1969).** Análisis cualitativo, 1a.edición en español, editorial Continental S.A. México. 40pp.
- CHÁVES, S. G. (1981).** Elementos de Oceanografía, Editorial Continental, México, pp 57-106..
- CLOUDE, P. E. (1965).** Carbonate precipitation and Dissolution in the marine Enviromet, in Chemical Oceanography, J. P. Riley and G. Skirrow, Eds, Vol. 2, 2a De., Academic Press London, N.Y.
- DE LA LANZA, G.** Oceanografía de mares mexicanos, AGT. Editor S.A. México.
- DORANTES, V. H. (1988).** Estudio del sistema del Dióxido de Carbono en la Laguna de Terminos, Campeche, durante las diferentes estaciones del año. Tesis Prof., Facultad de Química UNAM, México, pp74.
- EDMOND, J. M. (1970).** High precision determination of titration alkaliniti and Total Carbon dioxide content of seawater by pötentiometric titration. Deep-Sea Res, 17, pp737-750.
- GIESKES, J. (1974).** The Alkalinity Total Carbon Dioxide System in Seawater. "The Sea", Marine Chemistry A wiley-interscience Publication. New-York. Vol. 5, pp123-147.
- GRAN, G. (1952).** Determination of the equivalence point in potenciometric titrations. Part 11, Analyst, 77, pp661-671.
- HARVEY, H. W. (1966).** The Chemistry and fertility of sea water, Cambridge University Press, pp240.

- HUHEEY, J.** Química inorgánica, principios de estructura y reactividad, 2da. Edición en español, Harla S.A. editorial, México. 843pp.
- KELLEY, J. J. and D. W. HOOD. (1971).** Carbon Dioxide in the Pacific Ocean and Bering Sea; Mixing, J. Geophys. Res., pp745-752.
- MILLERO, F. J. and SHON, M. L., (1992).** Chemical Oceanography, CRC Press, Inc. USA.
- MILLERO, J. (1996).** Chemical Oceanography. Second edition, CRC Press.
- MURRAY, C. and RILEY J. (1971).** Deep Sea Res, in the Press.
- PÉREZ, F. F. and FRAGA, F. (1987).** A precise and Analytical procedure for Alkalinity Determination . Mar. Chem. 21:169 – 182.
- PLASS, N. G. (1959).** Dióxido de Carbono y Clima. Scientific, Amer. 13: pp195-203.
- RILEY, J.P. and CHESTER, R. (1989).** Introducción a la química marina, 1a. edición en español, AGT Editor S :A :, México. pp121 - 151.
- RILEY, J. P. and T CHESTER, R. (1989).** Chemical Ocanography, vols. 1 y 2, Academic Press, New-York.
- STUMM, W. and MORGAN, J, J, (1981).** Aquatic Chemistry. Wiley-Interscience. 118-153, pp339-350.
- UNESCO, 1984.** La escala de salinidad prácticada de 1978 y la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980. Documentos técnicos de la UNESCO sobre ciencias del mar, 36; pp13-22.