

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“EFECTOS DE LA CIRCULACION CICLONICA Y
ANTICICLONICA SOBRE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE
NUTRIENTES DISUELTOS, TEMPERATURA, DENSIDAD,
SALINIDAD Y OXIGENO DISUELTO, DURANTE EL MES DE
OCTUBRE DE 1986, EN EL GOLFO DE MEXICO.”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:**

JOSUE PORTILLA CASILLAS

ENSENADA, B. C., FEBRERO DE 1988.

RESUMEN

El presente trabajo constituye el análisis de los datos hidrográficos obtenidos en el Crucero Oceanográfico Argos 86-1, realizado durante octubre y noviembre de 1986. El banco de datos que se analiza en este trabajo se recabó mediante mediciones hidrográficas efectuadas a bordo del B/O Justo Sierra. El área de estudio incluyó la masa de agua marina comprendida entre Matamoros, Tamaulipas y Barra de Cazones, Veracruz, dentro y fuera de la plataforma continental. Las estaciones hidrográficas se distribuyeron a lo largo de transectos perpendiculares a la costa Oeste del Golfo de México. La extensión de la frontera Este del área de estudio fué, en promedio, de 437 km. Los datos hidrográficos se obtuvieron vía hidrocalas convencionales utilizando una sonda hidrográfica (CTD) de registro continuo de presión, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto. Se recolectaron muestras de agua a diferentes profundidades para la calibración de la sonda y para la determinación cuantitativa de salinidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos (nitrato, silicato y fosfato).

Del análisis de esta información se concluye que el campo de circulación en la región centro-occidental del Golfo de México estuvo dominado por un gran giro anticiclónico dividido por dos giros ciclónicos localizados al Norte y al Sur del mismo. La bisección del anticiclón por los dos ciclones originó dos centros de giro anticiclónico en la región centro-oriental y occidental del Golfo de México, respectivamente. La posición geográfica de los centros de giro ciclónicos al Norte y al Sur del área de estudio y anticiclónicos al Este y al Oeste de la misma, está determinada por la topografía dinámica. Los giros están acoplados entre sí, de tal forma que existe una transferencia de vorticidad de signo opuesto en la periferia de los ciclones a los anticiclones y viceversa. Además los giros ciclónicos dan origen en la superficie a intensos flujos convergentes, mientras que los anticiclones generan flujos divergentes, en concordancia con el principio de conservación de la vorticidad absoluta. Este campo de circulación origina el hundimiento de la masa de agua (~ 6 m/día) en los centros de giro anticiclónico y el afloramiento de ésta (5 a 14 m/día) en los centros de giro ciclónico. Este fenómeno constituye un sistema de bombeo natural que controla el intercambio de las masas de agua dentro del Golfo y posiblemente el tiempo de residencia del agua profunda. Estos transportes de masa ocasionan que las propiedades físicas y químicas de la masa de agua se distribuyan ondulatoriamente. Los valles y crestas de esta distribución ondulatoria coinciden con los centros de giro anticiclónico y ciclónico, respectivamente. La longitud de la "onda" está determinada por la posición relativa de los centros de giro. La interacción acoplada de estos giros de vorticidad opuesta determinó el patrón de circulación desde la superficie hasta el fondo, y la distribución horizontal y vertical de la densidad, el oxígeno y los micro-nutrientes disueltos.

El campo geostrófico de la circulación profunda a 1000 y 2000 m fué similar al superficial. La distribución observada de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua se explica en función de la advección horizontal y vertical, derivada de la vorticidad ciclónica y anticiclónica de los giros que dominaron el campo de circulación del área de estudio.

Las propiedades cinemáticas de los giros se calcularon del campo dinámico de circulación geostrófico superficial. El giro ciclónico norte, con un radio de giro de

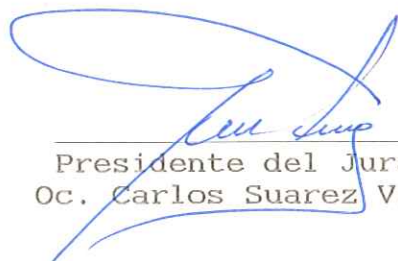
~56 km y una velocidad tangencial de 60 cm/s, presentó un período de revolución de ~7 días, y la vorticidad relativa más intensa de $2.20 \times 10^{-5}/s$. Su advección vertical ascendente (1.6×10^{-2} cm/s) es del mismo orden de magnitud que aquella característica de las surgencias ocurrentes en la costa occidental de Norte América (1×10^{-2} cm/s), y explica el desplazamiento de hasta 150 metros de las isopleas dentro de este giro. Las características cinemáticas del giro ciclónico sur son de menor magnitud que las del ciclón norte. No obstante que su radio de giro de ~57 km fué similar al del ciclón norte, su velocidad tangencial fué de 28 cm/s. Su período de revolución fué de ~15 días, su vorticidad relativa de $9.5 \times 10^{-6}/s$ y su velocidad vertical ascendente 6.0×10^{-3} cm/s. El giro anticiclónico occidental tuvo un radio de giro de ~79 km, velocidad tangencial de 22 cm/s y un período de revolución de ~26 días. Su vorticidad relativa fué de $-7.09 \times 10^{-6}/s$ y su velocidad vertical de -6.7×10^{-3} cm/s. La magnitud de esta advección descendente es lo suficientemente intensa para explicar el hundimiento (~75 m) de las isopleas dentro de este giro.

El análisis de los diagramas T-S, y de dispersión de salinidad, densidad potencial y oxígeno disuelto contra profundidad, nos lleva a concluir que en los giros ciclónicos el Agua Subtropical Subyacente (SUW) está ausente, mientras que en los anticiclones está presente. En los giros ciclónicos, el SUW se ha mezclado y diluido con el Agua Común del Golfo (GCW). En los giros anticiclónicos el SUW fué claramente identificada, al igual que la dilución progresiva de su núcleo debido al mezclado vertical descendente. Este mezclado está caracterizado por un patrón de dilución de la masa de agua subsuperficial (0 - 200 m), en donde, por ejemplo, la salinidad y la temperatura tienden a valores de 36.4 o/oo y $22.5^{\circ}C$, respectivamente, valores similares a los del GCW.

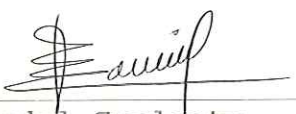
"EFECTOS DE LA CIRCULACION CICLONICA Y
ANTICICLONICA SOBRE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE
NUTRIENTES DISUELTOS, TEMPERATURA, DENSIDAD,
SALINIDAD Y OXIGENO DISUELTO, DURANTE EL MES DE
OCTUBRE DE 1986, EN EL GOLFO DE MEXICO."

T E S I S
QUE PRESENTA:
JOSUE PORTILLA CASILLAS

APROBADA POR:


Presidente del Jurado
Oc. Carlos Suarez Vidal


Sinodal Propietario
Oc. Bernardo Flores Baez


Sinodal Suplente
Quim. Irma E. Soria Mercado


Sinodal Propietario
Oc. Salvador Galindo Bect


Sinodal Suplente
Oc. Victoria Orozco Borbon

AGRADECIMIENTOS

A mi familia: Sandra y Claudio, mis padres, y mis hermanos Saúl, Claudia, Harumi y Námiko, que siempre me han brindado su cariño y apoyo en todo momento.

A los integrantes del Grupo de Estudios Oceanográficos del Instituto de Investigaciones Eléctricas (GEO-IIE): especialmente al Dr. Victor M. Vidal L. y al Dr. Francisco Vidal L., por su invaluable apoyo y cooperación para la realización de este trabajo. De igual forma al Fis. Reynaldo Alanís, Ing. Ramiro Anaya, M.C. Abel Hernandez, Oc. Ruben Morales, M.C. José M. Pérez Molero, Geog. Pedro F. Rodriguez, Oc. Enrique Suarez y al Ing. Lorenzo Zambrano por su colaboración en el procesamiento de los datos hidrográficos.

Contenido

1	INTRODUCCION	1
2	MATERIALES Y METODOS	4
2.1	EQUIPOS UTILIZADOS.	4
2.2	METODOLOGIAS.	5
2.2.1	Procesamiento de los datos.	6
2.2.2	Distribución superficial de temperatura, salinidad, densidad (sigma-theta), oxígeno disuelto y micro-nutrientes disueltos (NO_3^{-2} , PO_4^{-3} , $Si(OH)_4$).	7
2.2.3	Diagramas T-S.	7
2.2.4	Transectos de temperatura, salinidad, densidad (sigma-theta), oxígeno disuelto y micro-nutrientes disueltos.	7
2.2.5	Topografía dinámica.	8
2.2.6	Topografía de la isoterma de $15^{\circ}C$	9
2.3	AREA DE ESTUDIO.	9
3	RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS	10
3.1	BALANCE GEOSTROFICO.	10
3.1.1	Topografía dinámica.	10
3.1.2	Transectos del campo de velocidad geostrófico. Transectos Este-Oeste.	12
3.1.3	Transectos del campo de velocidad geostrófico. Transectos Norte-Sur.	14
3.2	PROPIEDADES CINEMATICAS DE LOS GIROS.	14
3.3	TOPOGRAFIA DE LA ISOTERMA DE LOS $15^{\circ}C$	16
3.4	TRANSECTOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS (0-300 m).	16
3.5	TRANSECTOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS (0-3600 m).	17
3.6	DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS.	18

3.6.1	Temperatura superficial.	18
3.6.2	Salinidad superficial.	18
3.6.3	Densidad (σ_θ) superficial.	19
3.6.4	Oxígeno disuelto superficial.	20
3.6.5	Nitrato disuelto superficial.	21
3.6.6	Silicato disuelto superficial.	22
3.6.7	Fosfato disuelto superficial.	23
3.7	DIAGRAMAS DE DISPERSION (T-S; Salinidad, Sigma-Theta y Oxígeno disuelto contra Profundidad.)	23
4	CONCLUSIONES	27
5	BIBLIOGRAFIA	31
A	CALCULOS NUMERICOS PARA OBTENER LOS PARAMETROS CINEMATICOS DE LOS GIROS OCURRENTES DURANTE EL CRUCERO ARGOS 86-1	34
B	LISTA DE FIGURAS	40
C	LISTA DE TABLAS	51

Capítulo 1

INTRODUCCION

El Golfo de México es un cuerpo de agua semiencerrado con solo dos aberturas, el Canal de Yucatán y el Estrecho de Florida, cuyas profundidades son de aproximadamente 1900 y 800 metros, respectivamente. Aunque el Golfo de México es un mar semiencerrado, existen varios tipos característicos de circulación que también son encontrados en los Océanos. La circulación en el Golfo de México es dominada en el Este por la corriente de Yucatán, la cual fluye dentro del Golfo através del Canal de Yucatán, y la corriente de Florida, la cual sale del Golfo por el Estrecho de Florida. El flujo de la corriente en el sentido de las manecillas del reloj que se dirige hacia el Norte dentro del Golfo y una estas dos corrientes es llamado la Corriente del Lazo (Hofmann y Worley, 1986).

Se ha estimado que la Corriente del Lazo transporta más de 25 Sverdrup (1 Sv = un millón de metros cúbicos por segundo), (Nowlin, 1972), los cuales son movidos a una velocidad promedio entre 50 y 200 centímetros por segundo. Sin embargo, este flujo sufre grandes variaciones tanto en su trayectoria como en su volumen. Estas variaciones tienen un efecto significativo sobre los procesos oceanográficos del Golfo de México (Leipper, 1970).

Debido a las características de dirección del flujo de la Corriente del Lazo, determinadas estas por la topografía costera y submarina del Golfo de México, la Corriente del Lazo da origen a remolinos anticiclónicos (Cochrane, 1972; Leipper et al., 1972; Behringer et al., 1977; Elliot, 1979; Elliot, 1982), que giran en el sentido de las manecillas del reloj, los cuales se desprenden de esta corriente y se desplazan hacia el suroeste (Ichiye, 1962). Estos remolinos anticiclónicos provocan la formación de remolinos ciclónicos en su periferia, ya sea por fricción con las masas de agua adyacentes al giro anticiclónico o por la colisión de éstos contra el talud continental occidental del Golfo de México. Los remolinos ciclónicos giran en el sentido contrario de las manecillas del reloj (Elliot, 1979; Vukovich y Maul, 1985).

Merrell y Morrison (1981) en sus investigaciones hechas en el Golfo de México mostraron que la circulación en esta región puede estar dominada por pares de giros ciclónicos-anticiclónicos, que pueden llegar a tener un desplazamiento que oscila entre los 3.7 a 5.6 kilómetros por día (Cochrane, 1972). Los giros que se desprenden de la Corriente del Lazo en la región Oriental del Golfo de México, generalmente tienen diámetros del orden de 300 a 400 km y su área disminuye conforme se desplazan hacia el suroeste del Golfo (Vukovich, et al, 1979). Nowlin y McLellan (1967), trataron de diferenciar las masas de aguas de la Corriente del Lazo y la de los giros anticiclónicos, mediante mediciones repetitivas de micro-nutrientes disueltos, oxígeno disuelto y secciones de densidad, pero ellos no reportaron valores para nitratos y nitritos ya que tuvieron problemas en el análisis de sus muestras. Merrell y Morrison (1981) describieron el patrón de circulación en la parte Oeste del Golfo con los datos de parámetros hidrográficos (salinidad, temperatura, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos) obtenidos en Abril de 1978.

No obstante, la información que se tiene hasta la fecha, es insuficiente para dilucidar los efectos que provocan estos giros sobre la distribución espacial de parámetros hidrográficos físicos y químicos dentro del Golfo de México, así como también, por ejemplo, se desconocen sus características tales como sus morfologías tridimensionales, sus volúmenes de transporte, la profundidad hasta la que tienen efecto en la columna de agua, su reducción de área durante su trayectoria, entre otras.

Este trabajo tiene como objetivo presentar el análisis e interpretación de los datos recabados durante la Campaña Oceanográfica Argos 86-1, así como la distribución espacial y temporal de los principales parámetros oceanográficos físicos y químicos (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos (NO_3^{-2} , PO_4^{-3} , $Si(OH)_4$)). de las masas de agua del Golfo de México.

Más específicamente, el objetivo de este trabajo surgió de la necesidad que tiene CFE por realizar estudios oceanográficos regionales requeridos por las guías reguladoras adoptadas por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), mismas que rigen los criterios sobre la selección de sitios y el emplazamiento de centrales nucleares en México. Del interés de la industria petrolera en recabar información hidrográfica con el propósito de definir el campo de circulación regional en el Golfo de México para apoyar su Plan de Contingencias de Derrames de Hidrocarburos. Para el CONACYT, esta información es útil a la comunidad científica abocada a estudios marinos, y al sector productivo que tiene actividades relacionadas con el Golfo de México. Por otra parte, para la SEP y el Instituto Nacional de la Pesca las mediciones hidrográficas realizadas son útiles para apoyar, entre otros, sus estudios de evaluación del potencial pesquero del

Golfo de México.

En síntesis, este estudio oceanográfico regional está encausado a dilucidar:

- La distribución espacial y temporal de los principales parámetros oceanográficos físicos y químicos de las masas de agua del Golfo de México.
- El sistema predominante de circulación.
- El transporte y dispersión de descargas normales y accidentales de contaminantes provenientes de centrales de potencia contaneras y de la industria petrolera en el Golfo de México.
- Los mecanismos de intercambio de masas de agua de la plataforma continental y aguas oceánicas del Golfo de México.

Capítulo 2

MATERIALES Y METODOS

2.1 EQUIPOS UTILIZADOS.

A continuación se describen los equipos e instrumentos utilizados.

SONDA HIDROGRAFICA (CTD) (Unidad Submarina)

Marca: Neil Brown Instrument Systems, Inc.

Modelo: Mark III.

Parámetros medidos:

- conductividad
- temperatura
- presión hidrostática
- oxígeno disuelto

(unidad del GEO-IIE instalada abordo)

SISTEMA ROSSETTE

Marca: General Oceanics Inc.

Modelo: 1015-12-X

- 12 botellas de muestreo tipo NISKIN
- Disparador automático electrónico

(equipo del GEO-IIE instalado abordo)

WINCH HIDROGRAFICO

Adaptado para trabajar con cable electromecánico hasta 4000 m. de profundidad y rango de velocidad de descenso de 0.1 a 3.0 m/s.

SALINOMETRO

Marca: Guildline Instruments

Modelo: 8400-A Autosal

COMPUTADORA

Marca: Digital

Modelo: Vax 11/730

Con 2 discos duros de 300 Mb, (unidad del GEO-IIE instalada abordo en la central de registros).

ECOSONDA

Marca: Simrad

Registra el perfil batimétrico pudiendo ser referido éste a ocho diferentes escalas, que van desde 0-50 m hasta 2400-3400 m. Este equipo está adaptado con desplegado digital y graficador.

ESPECTROFOTOMETRO

Marca: Varian

Utilizado para la determinación cuantitativa de micro-nutrientes disueltos NO_3^- , PO_4^- y $Si(OH)_4$. (Unidad del GEO-IIE instalada en el laboratorio de Química).

GRAFICADOR ANALOGICO

Marca: Soltec

(unidad del GEO-IIE instalada en la central de observaciones)

2.2 METODOLOGIAS.

Los lances hidrográficos fueron efectuados desde el B/O Justo Sierra utilizando una sonda hidrográfica (CTD) acoplada a un sistema automático de muestreo "in-situ" denominado Rossette. En éste se colocaron 12 botellas muestreadoras tipo Niskin de 5.0 litros. Las botellas se cierran accionando un disparador electrónico durante el ascenso de la sonda. Los niveles de muestreo se determinan al inicio del lance hidrográfico y pueden modificarse de acuerdo a lo que se observe en la gráfica del perfil de descenso obtenida del graficador analógico.

En las 54 estaciones hidrográficas se recolectaron muestras de agua a diferentes profundidades con las 12 botellas muestreadoras. Estas muestras se analizaron abordo, inmediatamente después de haberse colectado, para la determinación

cuantitativa de las concentraciones de oxígeno disuelto y micro-nutrientes disueltos, utilizando las técnicas reportadas por Strickland y Parsons (1972), y la concentración de salinidad de las muestras de agua se determinó con un salinómetro marca Guidline, modelo Autosal 8400-A. Los resultados de los análisis de salinidad y oxígeno disuelto se utilizaron para calibrar el CTD. Los valores y muestras más profundas se midieron y recolectaron ~3500 metros de profundidad, respectivamente.

Los parámetros registrados por el CTD fueron: presión (decibarios), temperatura (grados celsius), temperatura y potencial eléctrico de la membrana polarográfica del sensor de oxígeno disuelto y conductividad (*mmhos/cm*). Esta información fué grabada en cinta magnética de 9 pistas.

2.2.1 Procesamiento de los datos.

Los datos de las estaciones hidrográficas del crucero Argos 86-1 fueron procesados a bordo del B/O Justo Sierra utilizando el sistema de computación VAX 11/730 del GEO-IIIE. El manejo, calibración, cálculo y graficado de los datos hidrográficos se desarrolló a bordo utilizando la infraestructura analítica, bases de datos, algoritmos y programas de cómputo desarrollados por el GEO-IIIE (Pérez-Molero, 1986).

El procesamiento inicial de los datos obtenidos del CTD consistió en calibrar los sensores de conductividad y oxígeno disuelto mediante procedimientos de regresión múltiple (Millard, 1982) para determinar los coeficientes que ajustan los datos obtenidos del CTD con los valores de salinidad y oxígeno disuelto de las muestras tomadas. Posteriormente se formaron los archivos de datos calibrados del CTD para cada estación, conteniendo éstos valores de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto cada 2 decibarios. Con esta información se procedió a representar en forma gráfica la distribución contra profundidad de: temperatura (grados centígrados), salinidad (partes por mil), oxígeno disuelto (ml/l) y densidad (sigma-theta) correspondientes a cada estación hidrográfica (Vidal, V.M.V., et al, 1986d).

Los datos obtenidos de los análisis químicos de micro-nutrientes disueltos se representaron en forma gráfica de la misma manera que los del CTD; se graficó la distribución contra profundidad de: nitrato, silicato, fosfato y oxígeno disuelto.

2.2.2 Distribución superficial de temperatura, salinidad, densidad (sigma-theta), oxígeno disuelto y micro-nutrientes disueltos (NO_3^{-2} , PO_4^{-3} , $Si(OH)_4$).

Los mapas de la distribución espacial superficial de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos se generaron utilizando los valores cuantificados en las muestras de agua recolectadas en las 54 estaciones hidrográficas (figuras 2 a la 8).

2.2.3 Diagramas T-S.

Las diferentes masas de agua del Golfo de México se pueden caracterizar en función de la temperatura y salinidad, y por ende de su densidad. Su identificación, origen y mezcla se facilita construyendo diagramas T-S ó Termohalogramas.

Un diagrama T-S es un gráfico de temperatura contra salinidad, en donde además se grafica como fondo la ecuación de estado del agua de mar (EEAM). Esta aparece en el diagrama T-S como isolíneas de densidad, denominadas "isopicnas".

Los valores de densidad en el diagrama T-S se reportan como función de la temperatura, salinidad y presión referida a una atmósfera, es decir que $\rho = f(T, S, P_{cero})$.

En este estudio se construyeron diagramas T-S para identificar el origen y mezcla de las diferentes masas de agua de la zona de estudio. Los diagramas T-S se presentan por transecto en las figuras 9 a la 15 y corresponden a las 54 estaciones hidrográficas realizadas. En los diagramas T-S, cada una de las isopicnas está identificada por su valor correspondiente de σ_t . En donde,

$$\sigma_t = [\rho_{(T,S,0)} - 1] \times 1000$$

2.2.4 Transectos de temperatura, salinidad, densidad (sigma-theta), oxígeno disuelto y micro-nutrientes disueltos.

En los transectos de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos se resume la información de las 54 estaciones hidrográficas. Este tipo de representación constituye un corte transversal contra profundidad através de un transecto de latitud constante y nos proporciona un panorama sinóptico bidimensional de la distribución de cada uno de estos parámetros dentro del área de estudio.

En la parte superior de cada transecto se marca la ocurrencia de cada estación

y en la parte inferior su localización geográfica. Asimismo, se grafica el perfil batimétrico de cada transecto. Cada isolínea está identificada de acuerdo a su valor, y en la parte inferior de la gráfica se describe el número del transecto y la propiedad a que corresponde.

En este trabajo la representación gráfica de los transectos se ha dividido en dos partes. Primeramente, se presentan los cortes transversales de cada uno de los parámetros medidos, desde la superficie hasta el fondo (figuras 16 a 64). Seguidamente, y con el fin de resaltar la distribución espacial de los parámetros medidos dentro de la capa superficial, la zona de mezcla y la termoclina estacional y permanente, presentamos los cortes transversales de cada transecto utilizando una escala expandida de 0 a 320 m (figuras 65 a 113).

2.2.5 Topografía dinámica.

El método dinámico o balance geostrófico, es utilizado en oceanografía para la determinación indirecta de flujos oceánicos no acelerados. Este método se basa en la distribución del campo de densidad. Las corrientes geostróficas son generadas por la fuerza de Coriolis y por gradientes horizontales y verticales de presión producidos por las inclinaciones internas de las superficies isobáricas y por la inclinación de la superficie del mar que obedece a esta distribución. De aquí que se requiera definir la distribución del campo de densidad en función de la distribución del campo de salinidad y temperatura, y así determinar la altura ó profundidad dinámica referida a un nivel subsuperficial de referencia. La diferencia en la altura dinámica entre estaciones adyacentes es proporcional a la inclinación de la superficie en cuestión y consecuentemente, a la fuerza horizontal que se origina del gradiente isobárico. El balance de este gradiente con la fuerza de Coriolis origina un campo neto de velocidad geostrófico del cual se deriva un transporte de masa cuyas líneas de flujo son paralelas a los contornos isobáricos. Para el cálculo dinámico de la zona de estudio se utilizaron los datos de conductividad, temperatura y presión registrados por el CTD a cada dos decibarios, y se tomaron como niveles de referencia o de cero movimiento las profundidades de 500, 1000, 2000 y 3000 m.

Del cálculo dinámico se construyeron los mapas de la topografía dinámica de la superficie del mar, relativa a 500, 1000, 2000 y 3000 m. Este consiste en graficar contornos de igual valor de anomalía dinámica (a cada 0.01 metros dinámicos), como se muestra en las figuras 114, 115, 116 y 116a. Puesto que el gradiente de presión actúa de mayor a menor altura dinámica en dirección normal a los contornos isobáricos, y la fuerza de Coriolis actúa en dirección diametralmente opuesta al gradiente de presión, el flujo de la corriente resultante es paralelo a los contornos de constante topografía dinámica. En el hemisferio norte la fuerza de

Coriolis actúa normal y a la derecha de la corriente, y en el hemisferio sur a la izquierda. En el mapa de la topografía dinámica que se presenta en las figuras 114, 115, 116 y 116a la escala de velocidad está referida a 23 grados de latitud norte.

2.2.6 Topografía de la isoterma de 15°C.

La topografía de cualquier superficie isotérmica entre 10°C y 22°C, puede ser usada para hacer una estimación del régimen geostrófico en el Golfo de México (Merrel y Morrison, 1981). Por ésto, se ha determinado la topografía de la isoterma de 15°C, misma que presentamos en la figura 117.

2.3 AREA DE ESTUDIO.

La Campaña Oceanográfica Argos 86-1 se desarrolló abordo del B/O Justo Sierra del 22 de octubre al 16 de noviembre de 1986 en la región occidental del Golfo de México. El área de estudio incluyó la masa de agua marina comprendida dentro y fuera de la plataforma continental mexicana, entre Matamoros, Tamaulipas (al Norte) y Barra de Cazonos, Veracruz (al Sur). La extensión de la frontera Este del área de estudio es, en promedio, de 236 millas náuticas (437 km) en dirección perpendicular a la costa (ver figura 1). La extensión N-S del área de estudio es de 586 km. Su extensión Este-Oeste garantiza la ocurrencia de suficientes estaciones hidrográficas profundas, en cada transecto, para poder deducir el flujo geostrófico dentro del área de estudio, definiendo un "nivel de cero movimiento" a profundidades de 500, 1000, 2000 y 3000 m.

El área de estudio se subdividió en 7 transectos Este-Oeste perpendiculares a la costa. Su localización se detalla en la figura 1 y tabla I. El número original de estaciones hidrográficas programadas fué de 107, pero el total de estaciones realizadas fué de 54. De las 54 estaciones, 38 corresponden a estaciones hidrográficas profundas. El alcance del crucero se vió reducido debido a fallas técnicas del buque e instrumental científico y a condiciones climatológicas adversas.

La logística de navegación del crucero se detalla en la tabla II. La totalidad de millas náuticas navegadas fué ~2408 (4459 km) de un total de 3487 millas náuticas (6458 km) programadas.

Capítulo 3

RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

3.1 BALANCE GEOSTROFICO.

3.1.1 Topografía dinámica.

En las figuras 114 y 115 se presentan los mapas de la topografía dinámica del área de estudio referida a 500 y 1000 db. La similitud entre ambas distribuciones topográficas es evidente. El aspecto más sobresaliente de esta distribución es la ocurrencia de un gran giro anticiclónico que está siendo bisectado por dos giros ciclónicos localizados al Norte y al Sur del anticiclón. El centro de giro del anticiclón está ubicado en 23.5° latitud norte y 96.2° longitud oeste. La bisección del anticiclón por los ciclones origina otro centro de giro anticiclónico, en la región oriental de la zona de estudio, cuya localización es 23.5° latitud norte y $\sim 93.5^\circ$ longitud oeste. La altura dinámica (relativa a los 1000 db) en los dos centros de giro anticiclónico es de ~ 1.48 metros dinámicos y la distancia entre éstos es de ~ 324 km.

Debido a la bisección del anticiclón por los dos ciclones, el diámetro original de éste ha sufrido una elongación, por lo que su diámetro Este-Oeste (~ 600 km) es tres veces más grande que su diámetro Norte-Sur (~ 200 km). Esto está claramente ejemplificado en las figuras 114 y 115.

Los centros de giro de los dos ciclones se localizan al Noreste y al Sur del área de estudio y sus posiciones son 26.0° latitud norte, 94.5° longitud oeste y 21.3° latitud norte, 95.5° longitud oeste, respectivamente. La altura dinámica en la depresión del ciclón norte es mayor que aquella en la depresión sur (1.00 contra 1.18 metros dinámicos respectivamente) por lo que la intensidad de giro del ciclón norte es

mayor que aquella del ciclón sur toda vez que los radios de éstas dos depresiones son aproximadamente similares (~ 57 Km) como se muestra en las figuras 114 y 115 y en la tabla 3.

La topografía dinámica indica que la interacción entre los dos giros ciclónicos y el anticiclón origina un complejo patrón de circulación caracterizado por zonas alternantes de dominio ciclónico y anticiclónico. En la región norte de la zona de estudio (26° a 25° de latitud norte) el dominio del ciclón es sobresaliente, mientras que en la región central (24° a 23° de latitud norte) domina el anticiclón. En la región sur (22° a 20° grados de latitud norte) la circulación vuelve a tornarse ciclónica (figuras 114 y 115). El efecto resultante de esta interacción es el hundimiento de la masa de agua en los centros de giro anticiclónico y un surgimiento de ésta en los centros de los ciclones. La coexistencia de este hundimiento y surgimiento de la masa de agua origina el que sus propiedades físicas y químicas se distribuyan de acuerdo a las características morfológicas de una "onda". La ocurrencia y magnitud de los valles y crestas de la "onda" coinciden con la posición e intensidad de los centros de giro anticiclónico y ciclónico, respectivamente, y la longitud de la "onda" depende de la posición relativa de los centros de giro, dictada ésta por la translación acoplada de estos centros en el espacio acuático de la zona de estudio.

Las distribuciones de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos, en el transecto 8, que atravieza los centros de giro del anticiclón y de los dos ciclones, ejemplifica claramente este fenómeno (figuras 118 a 124). La longitud de la "onda" es de ~ 540 km y su "amplitud" es de ~ 150 metros.

El campo de circulación geostrófico acusa la ocurrencia de patrones de circulación superficial alternantes y opuestos. En los transectos 1 y 2, donde la circulación es en contra de las manecillas del reloj, existe un transporte neto secuencial de la masa de agua de la zona noroccidental, próxima a Matamoros, hacia el Sur, Este, Noreste y Norte, obedeciendo a la rotación ciclónica dominante. En la región central superior, donde domina el anticiclón, la circulación gira en favor de las manecillas del reloj. El efecto resultante de esta circulación es transportar la masa de agua oceánica de la región centro-oriental del Golfo de México hacia la región noroccidental, siguiendo una trayectoria paralela a la plataforma continental hasta Laguna Madre. En esta zona, el anticiclón y el ciclón norte conjugan su transporte hacia el Este y el Sureste (figuras 114 y 115). En la región central inferior, el ciclón sur y el anticiclón conjugan su transporte hacia la región occidental del Golfo hasta chocar con el talud continental al Noreste de Tamaulipas. En esta zona se origina una divergencia horizontal del campo de circulación y los transportes anticiclónico y ciclónico se reorientan hacia el Norte y Sur del

Golfo respectivamente, fluyendo paralelos a la plataforma continental (figuras 114 y 115).

La topografía dinámica de las superficies de 1000 y 2000 db, referidas a los niveles de cero movimiento de 2000 y 3000 db respectivamente, se presentan en las figuras 116 y 116a. El campo de circulación geostrófico, que se deduce de la distribución de las alturas dinámicas en estas dos superficies oceánicas profundas, es muy similar al campo geostrófico superficial (figuras 114 y 115). La circulación geostrófica profunda presenta las mismas depresiones ciclónicas y anticiclónicas que se manifiestan en la superficie, con la diferencia de que la intensidad del campo de circulación profundo es un orden de magnitud menor que la del superficial. La máxima velocidad geostrófica en la superficie de 1000 db es de 4.5 cm/s, mientras que en la superficie de 2000 db ésta se reduce a 2.0 cm/s (figuras 116 y 116a). Estos valores contrastan marcadamente con las máximas velocidades superficiales de 60 cm/s (figura 115), más su intensidad es congruente tanto con las intensidades promedio del campo de circulación profundo oceánico como con la distribución del gradiente profundo de presión que origina el campo de circulación. Dada la similitud entre los campos de circulación superficial y profundo, se puede concluir que la influencia que ejercen los giros ciclónicos y anticiclónicos dentro de la región centro-occidental y la Fosa de Sigsbee del Golfo de México se manifiesta desde la superficie hasta el fondo. Si se acepta esta premisa, con base en la evidencia geostrófica, se deduce entonces que la cinemática de estos giros controla la distribución de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua dentro del Golfo de México. En las secciones posteriores se presentará el análisis de las propiedades cinemáticas de estos giros y el de la distribución de las propiedades físicas y químicas que corrobora esta conclusión.

3.1.2 Transectos del campo de velocidad geostrófico. Transectos Este-Oeste.

El campo de circulación descrito por un giro es análogo al de un cilindro en revolución. Si el giro es ciclónico, la rotación del cilindro es en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Si el giro es anticiclónico, la rotación del cilindro es a favor de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. En las figuras 125 a 131 se presentan los cortes transversales (Este-Oeste) del campo de velocidad geostrófico, referido a 500 db, de la zona de estudio. Como se puede observar, el campo de circulación presenta una secuencia alternante de velocidades relativas de signo opuesto - velocidades hacia el Norte (contornos sólidos) y velocidades hacia el Sur (contornos punteados). En la figura 125, correspondiente al campo de velocidad relativa del transecto 1, la corriente dominante en la región occidental incide hacia el Sur con una intensidad máxima de 60 cm/s, mientras que en la región oriental la corriente fluye hacia el Norte con una intensidad máxima de 50 cm/s. Este fenómeno alternante en la distribución de las velocidades relativas es

consistente con el patrón de circulación ciclónico en esta zona.

En los transectos 2, 3 y 4 (figuras 126, 127 y 128), la interacción entre el ciclón norte y el anticiclón está claramente ejemplificada. En éstos se pueden apreciar los núcleos alternantes de velocidad relativa, Norte-Sur-Norte, característicos de una circulación conjugada (anticiclónica-ciclónica-anticiclónica). En la región occidental de estos transectos, donde domina el anticiclón, la corriente fluye hacia el Norte. En el transecto 3 el gradiente en la topografía dinámica es máximo y el anticiclón adquiere su mayor intensidad, por lo que la velocidad relativa de la corriente norte es máxima (~ 26 cm/s) y su núcleo se localiza a los 100 metros de profundidad (figura 127). La intensidad de esta corriente decrece a 10 cm/s en el transecto 2 (figura 126). En esta zona, frente a Laguna Madre, la corriente norte del anticiclón confluye con la corriente sur del ciclón superior (figura 125), desviándose ambas hacia el Este en concordancia con la distribución de la topografía dinámica (figuras 114 y 115). La intensidad de la corriente norte en la región occidental del transecto 4 es de 20 cm/s (figura 128), 23% menor que aquella del transecto 3, en concordancia con la disminución del gradiente de presión horizontal en este transecto (figuras 114 y 115). En la región central de estos transectos, la corriente fluye hacia el Sur, siendo máxima en el transecto 2 (48 cm/s) y decreciendo a 16 y 10 cm/s en los transectos 3 y 4, respectivamente. Esta distribución en el campo de velocidad relativa refleja la confluencia del ciclón norte con el anticiclón en el transecto 2 y su divergencia en los transectos 3 y 4. En la región oriental la corriente fluye hacia el Norte con una intensidad máxima de 44 cm/s en el transecto 2 donde domina el ciclón, y decrece a 12 y 10 cm/s en los transectos 3 y 4 debido a la divergencia del anticiclón y a la disminución del gradiente de presión horizontal en esta zona (figura 114 y 115).

Los cortes transversales Este-Oeste del campo de velocidad relativa, correspondientes a la región sur de la zona de estudio y los transectos 5, 6 y 7, se presentan en las figuras 129 a 131. En esta región el campo de circulación es enteramente ciclónico por lo que en la región occidental de estos transectos la corriente fluye hacia el Sur. La intensidad de esta corriente se incrementa de 26 cm/s en el transecto 5 a 54 cm/s en el transecto 7 debido al incremento paulatino del gradiente horizontal de presión, el cual se torna máximo en la zona occidental del transecto 7 (figuras 114 y 115). En la región oriental de estos transectos la corriente incide hacia el Norte, mas como el gradiente de presión horizontal es menor que en la región occidental, la intensidad de la corriente norte se incrementa en sentido inverso, de Sur a Norte, llegando a un máximo de 24 cm/s en la región oriental del transecto 5.

3.1.3 Transectos del campo de velocidad geostrófico. Transectos Norte-Sur.

En las figuras 132 a 135 se presentan los cortes transversales Norte-Sur del campo de velocidad geostrófico, referido a 500 db, de la zona de estudio. La orientación de estos transectos coincide con los meridianos 96° , 95° , 94° y 93° de longitud oeste. Dada la secuencia alternante del patrón de circulación (ciclónico-anticiclónico-ciclónico) descrita por la ocurrencia de los giros de Norte a Sur dentro de la zona de estudio, los cortes transversales (Norte-Sur) de estos giros, describen igualmente una secuencia alternante de velocidades relativas de signo opuesto - velocidades hacia el Oeste (contornos sólidos) y velocidades hacia el Este (contornos punteados).

En la figura 132, la distribución de las velocidades relativas refleja el dominio del anticiclón en la región central del transecto 96. En esta zona la corriente incide hacia el Oeste con una intensidad de 30 cm/s, mientras que al Norte y al Sur del transecto la corriente incide al Este. Entre las estaciones 13 y 21 el gradiente de presión horizontal es similar en intensidad pero opuesto en dirección a aquel entre las estaciones 21, 28 y 37. Esto hace que la corriente, entre las estaciones 13 y 21 fluya hacia el Este con una intensidad de 28 cm/s. La componente Este de la corriente en la estación 44 es mínima (6 cm/s).

En el transecto 95 el gradiente de presión horizontal es máximo entre las estaciones 22 y 11 y la corriente geostrófica fluye hacia el Este con una intensidad de 42 cm/s (figura 133). Al Sur de la estación 22, y entre las estaciones 27 y 38, el gradiente horizontal de la presión incide hacia el Sur por lo que la corriente fluye hacia el Oeste con una intensidad de 36 cm/s. Entre las estaciones 38, 43 y 53 el gradiente horizontal de la presión se invierte hacia el Norte y la corriente igualmente se invierte hacia el Este teniendo una intensidad de 26 cm/s.

En la región central del transecto 94 (figura 134) ocurre un máximo relativo en la altura dinámica (1.0 metros dinámicos) por lo que el gradiente de presión horizontal diverge hacia el Norte y Sur dando lugar a dos corrientes, una de flujo este (46 cm/s) y otra de flujo oeste (22 cm/s). La situación en el transecto 93 es similar a la del 94, sólo que el gradiente de presión horizontal es menor en este transecto. Las corrientes este y oeste son menos intensas, 16 cm/s (figura 135).

3.2 PROPIEDADES CINEMATICAS DE LOS GIROS.

Las propiedades cinemáticas de los giros ciclónicos norte y sur y anticiclónico occidental fueron derivadas del campo dinámico de circulación geostrófico. Los

cálculos realizados para la obtención de estas propiedades, por ejemplo: velocidad angular, período de revolución, divergencia, vorticidad y velocidad vertical, entre otras, se detallan en el Apéndice A y la síntesis de estos cálculos se presentan en la Tabla 3.

Si aproximamos la geometría superficial de los giros ciclónicos y la del anticiclón a un círculo, encontramos que sus radios de giro superficiales son de 56 y 57.4 km para el ciclón norte y sur respectivamente, y de 79 km para el anticiclón occidental (figuras 114, 115, 117 y Tabla 3). Las velocidades tangenciales superficiales de estos giros son de 60 y 28 cm/s para los giros ciclónicos norte y sur respectivamente, y 22 cm/s para el anticiclón occidental (Tabla 3). Estos valores representan un promedio de las velocidades superficiales de estos giros obtenidos de las figuras 125, 129 y 131, por lo que sus velocidades angulares superficiales correspondientes son 1.07×10^{-5} radianes/s para el ciclón norte, 4.88×10^{-6} radianes/s para el ciclón sur y 2.78×10^{-6} radianes/s para el anticiclón occidental (Tabla 3 y Apéndice A). Con base en estas velocidades angulares, encontramos que el período de revolución de cada uno de estos giros es de 6.8, 14.9 y 26.3 días para los ciclones norte y sur y el anticiclón occidental, respectivamente (Tabla 3). Utilizando los valores superficiales de velocidad relativa, de cada uno de estos giros, obtenidos de los transectos 1, 6 y 96 (Figuras 125, 129 y 131), se calculó su vorticidad relativa

$$\zeta = \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

correspondiente a cada uno de ellos (Apéndice A). Con base en estos cálculos obtenemos que la vorticidad relativa del giro ciclónico norte ($2.20 \times 10^{-5}/s$) es 2.3 veces más intensa que la del ciclón sur ($9.52 \times 10^{-6}/s$). La vorticidad relativa del anticiclón occidental es del mismo orden de magnitud que la del ciclón sur pero de signo opuesto, ($-|\zeta| = -7.09 \times 10^{-6}/s$), Tabla 3. A partir del balance de la divergencia horizontal

$$\frac{\partial w}{\partial z} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

del campo de circulación superficial ciclónico y anticiclónico característico de la zona de estudio, se calculó la magnitud de la advección vertical asociada a la vorticidad de cada uno de los giros (Apéndice A). La velocidad vertical ascendente calculada para los ciclones norte y sur fué 1.6×10^{-2} cm/s y 6.0×10^{-3} cm/s respectivamente, y aquella correspondiente al anticiclón occidental fué de -6.66×10^{-3} cm/s. La intensidad y dirección de estos valores de advección vertical son consistentes con la magnitud de la vorticidad relativa de cada uno de los giros y explican la distribución ondulatoria, ascendente y descendente ($\Delta z = 150$ m), de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua dentro del área de estudio. La intensidad de esta advección vertical es del mismo orden de magnitud que la advección vertical que caracteriza al fenómeno de surgencias ocurrente en la costa occidental de Norte América (1×10^{-2} cm/s).

3.3 TOPOGRAFIA DE LA ISOTERMA DE LOS 15°C.

El mapa de la topografía de la isoterma de los 15°C es semejante al de la topografía dinámica (Figura 117). En éste se identifican claramente el giro anticiclónico y los giros ciclónicos norte y sur. La profundidad de la isoterma de los 15°C en el centro de giro del anticiclón occidental es de 300 m mientras que en el ciclón norte y sur ésta se localiza a los 160 y 200 m respectivamente. La migración vertical ascendente (100 - 140 m) de la isoterma de 15°C en los centros de giro ciclónicos obedece al transporte advectivo vertical ascendente asociado a la intensa vorticidad ciclónica relativa de estos giros (Tabla 3). El hundimiento de la isoterma de 15°C en el centro de giro del anticiclón obedece al transporte advectivo vertical descendente asociado a la vorticidad anticiclónica que lo caracteriza (Tabla 3 y Apéndice A).

3.4 TRANSECTOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS (0-300 m).

En las figuras 65 a 113 se presentan los cortes transversales (0 a 300 m) perpendiculares a la costa de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua dentro del área de estudio. El aspecto más sobresaliente de esta distribución es su distribución ondulatoria, la cual está determinada por el campo dinámico de circulación. Con la excepción del aporte fluvial continental que afecta la zona costera de una manera muy localizada, la distribución de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua está controlada por la circulación ciclónica-anticiclónica-ciclónica dominante (figuras 114 y 115).

Como se explicó en la sección de la topografía dinámica, la distribución de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos tiene las características morfológicas de una "onda". La circulación ciclónica origina el surgimiento de las isopleas y la circulación anticiclónica su hundimiento. El ejemplo más representativo de esta dependencia se observa en el corte transversal Norte-Sur del transecto 8, que atraviesa los centros de giro de los dos ciclones y el del anticiclón (figuras 118 a 124). En este transecto, al igual que en los transectos 1 y 2, el desplazamiento vertical de las isopieas es de ~150 m en el centro de giro del ciclón norte (figuras 65, 72 y 118). Este desplazamiento vertical de las isopieas disminuye a ~100 m en el centro de giro del ciclón sur, debido a su menor vorticidad y advección vertical (Tabla 3). Para una distribución equidistante entre los centros de giro de los ciclones al centro de giro del anticiclón occidental, la depresión del ciclón norte con respecto al anticiclón es de -0.48 metros dinámicos, mientras que la depresión del ciclón sur con respecto al anticiclón occidental es de -0.30 metros dinámicos (figura 115).

Un desplazamiento vertical de 150 metros de la masa de agua en una distancia horizontal de ~290 km (distancia entre los centros de giro ciclónico y anticiclónico), en una profundidad que no excede 320 metros de profundidad y donde la velocidad vertical ascendente es de 13.8 y 5.2 m/día (ciclones norte y sur respectivamente) y la velocidad descendente es de 5.8 m/día (anticiclón occidental), debe de inducir un intenso transporte convectivo y es determinante en el mezclamiento vertical y horizontal de las masas de agua en el Golfo de México. Las propiedades cinemáticas de los giros ciclónicos y anticiclónicos descritas en la sección 3.2. y la intensidad del campo horizontal de velocidad relativa analizado en la sección 3.1.2. corrobora esta aseveración. Aunado a lo anterior, debe tenerse en mente que la posición de los dos centros de giro ciclónico y la de los anticiclones (Oriental y Occidental) no es estacionaria. Su posición obedece al movimiento de translación acoplado de los centros de baja y alta presión hidrodinámica que originan el campo de circulación geostrófico. Si se acepta esta premisa, entonces la distribución ondulatoria de los parámetros físicos y químicos de la masa de agua está determinada por las propiedades cinemáticas de los giros ciclónicos y anticiclónicos dentro del Golfo de México.

3.5 TRANSECTOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS (0-3600 m).

En las figuras 16 a 64 se presentan los cortes transversales (0-3600 m), perpendiculares a la costa, de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua dentro del área de estudio. La distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos está determinada por el campo de circulación geostrófico. El campo de velocidad derivado de esta circulación afecta la distribución de las propiedades desde la superficie hasta el fondo. La pendiente de las isopícnas por debajo de los 1000 metros de profundidad indica la presencia de un campo dinámico cuyo patrón de circulación, en todos los transectos, es similar al campo geostrófico de circulación superficial.

Un buen ejemplo cuantitativo que explica la distribución vertical y horizontal de las propiedades físicas y químicas dentro del área de estudio, a profundidades mayores de 300 metros (figuras 16 a 64), se obtiene de los campos de circulación geostróficos derivados de la topografía dinámica de las superficies de 1000 y 2000 decibarios referidas a los niveles de cero movimiento de 2000 y 3000 decibarios respectivamente (figuras 116 y 116a). La similitud de ambos campos geostróficos de circulación profundos con respecto al campo geostrófico de circulación superficial es sobresaliente. Esta similitud indica que la influencia de los giros ciclónicos y anticiclónicos, sobre el campo de circulación profundo y la distribución de la

temperatura, salinidad, densidad, oxígeno y micro-nutrientes disueltos dentro de la región centro-occidental y la Fosa de Sigsbee del Golfo de México, se manifiesta desde la superficie hasta el fondo. La distribución de las propiedades físicas y químicas que se presentan en las figuras 16 a 64 se explica entonces en función a la advección horizontal y vertical derivadas de la vorticidad ciclónica y anticiclónica de los giros que dominan el campo de circulación del área de estudio.

3.6 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD, OXIGENO Y MICRO-NUTRIENTES DISUELTOS.

3.6.1 Temperatura superficial.

El campo de temperatura superficial dentro del área de estudio se presenta en la figura 2. El rango de temperatura fué de $3.4^{\circ}C$, siendo $24.1^{\circ}C$ el mínimo y $27.5^{\circ}C$ el máximo medidos. Los valores mínimos de temperatura se localizaron próximos a la costa, al noroeste del área de estudio, frente a Matamoros y la Laguna Madre. El gradiente horizontal de temperatura fué máximo dentro de la plataforma continental del transecto 1 ($24.1^{\circ}C$ a $26.5^{\circ}C$), mientras que en la región oceánica éste fué solo de $1.0^{\circ}C$ ($26.5^{\circ}C$ a $27.5^{\circ}C$). En la región sur del área de estudio, en el transecto 6, el gradiente entre la temperatura costera ($26.5^{\circ}C$) y la oceánica ($27.5^{\circ}C$) fué de $1.0^{\circ}C$, 2.4 veces menor que el del transecto 1.

El máximo gradiente térmico en la región noroeste de la zona de estudio parece estar asociado al transporte convergente derivado de la interacción entre el giro ciclónico norte y el anticiclón. El efecto resultante de esta interacción es transportar la masa de agua de la zona noroccidental del Golfo hacia el sureste, como lo indica el campo de circulación geostrófico superficial en las figuras 114 y 115. La similitud de la distribución térmica superficial y la de del campo de circulación es sobresaliente de manera que se puede concluir que la coexistencia de giros ciclónicos y anticiclónicos dentro de la zona de estudio determina la distribución superficial de la temperatura (figuras 2, 114 y 115).

3.6.2 Salinidad superficial.

El campo de salinidad superficial se presenta en la figura 3. Su distribución es similar al campo de temperatura superficial. El rango salino es de 4.6 o/oo siendo el mínimo de 31.07 o/oo y el máximo de 36.68 o/oo. Los valores mínimos son observados en la costa noroccidental del área de estudio donde el gradiente de salinidad horizontal es máximo. Esta característica es análoga al campo de temperatura superficial e igualmente está asociada al transporte advectivo horizontal de la masa de agua de la región noroccidental hacia el sureste por el giro ciclónico

norte, que domina el campo de circulación en esta zona (figuras 114 y 115). El gradiente horizontal de salinidad en la región oceánica es mínimo en esta zona pues el rango de la salinidad es de solo 0.7 o/oo.

Los valores máximos de salinidad (36.6 o/oo) ocurren en los centros de giro anticiclónico y el mínimo salino (oceánico) de 36.2 - 36.4 o/oo se presenta donde domina la circulación ciclónica (figuras 3, 114 y 115). Esta distribución de la salinidad superficial oceánica está determinada por el campo de circulación geostrofico dentro de la zona de estudio (figuras 114 y 115). Como se puede observar en la figura 3, la orientación del núcleo de máxima salinidad (36.5 - 36.6 o/oo) concuerda con el patrón de circulación en la región central donde ocurre un transporte neto hacia el Oeste debido a la confluencia entre el ciclón sur y el anticiclón. En la región central superior el transporte neto es hacia el Este debido a la confluencia entre el ciclón norte y el anticiclón. La lengüeta de máxima salinidad sigue claramente la orientación del transporte advectivo horizontal en esta zona.

En la región occidental de la zona de estudio, entre el paralelo 22 y 25, el patrón de circulación está dominado por el anticiclón y el transporte es paralelo al talud continental hacia el Norte. Al Sur del paralelo 22 la circulación es ciclónica y el transporte incide hacia el Sur, paralelo al talud continental. La distribución de las isohalinas en la región occidental del área de estudio sigue claramente una orientación norte-sur paralela al talud, en concordancia con el campo de circulación anticiclónico-ciclónico.

En la región noroccidental, el anticiclón y el ciclón norte conjugan su transporte norte y sur dando como resultado un transporte neto hacia el Sureste (figuras 114 y 115). La distribución de las isohalinas en esta zona sigue igualmente esta orientación (figura 3).

3.6.3 Densidad (σ_θ) superficial.

Para describir la distribución del campo de densidad de la masa de agua, a cualquier profundidad, dentro del área de estudio utilizamos la densidad potencial ($\rho_{S,\theta,0}$) haciendo una conversión de ésta por el término σ_θ donde: $\sigma_\theta = (\rho_{S,\theta,0} - 1) \times 10^3$ y $\rho_{S,\theta,0}$ es la densidad de una parcela de agua con una salinidad "in-situ" S, una temperatura potencial θ y una presión cero. La temperatura potencial es aquella que tendría esta parcela de agua al ser transportada adiabáticamente de su profundidad "in-situ" a la superficie oceánica donde la presión hidrostática es cero.

La distribución del campo superficial de densidad se presenta en la figura 4.

El rango de densidad es de 1.9 . El valor mínimo es de 21 medido en la costa frente a Matamoros y Laguna Madre. El máximo valor es de 23.9 registrado en la región norte del área de estudio donde prevalece la circulación ciclónica. La distribución del campo de densidad superficial está determinado por el patrón de circulación ciclónico-anticiclónico-ciclónico. Un claro ejemplo de esto es la ocurrencia del núcleo superficial de máxima densidad potencial ($\sigma_\theta = 23.9$) en el centro de giro del ciclón norte donde la vorticidad relativa es máxima ($2.20 \times 10^{-5}/s$) y el transporte vertical advectivo es más intenso (~ 14 m/día). En esta región los valores superficiales de densidad (23.9) son similares a los que se localizan a 50 metros de profundidad al Este y al Oeste del centro del giro (figuras 64 y 72).

Las bajas densidades registradas a lo largo de la costa son una consecuencia del aporte continental fluvial y del transporte advectivo horizontal que fluye hacia el Norte y Sur. Este transporte orienta la isopícnas paralelas al talud continental en concordancia con las componentes norte y sur del transporte anticiclónico y ciclónico prevaleciente en la región occidental del Golfo de México durante el período de mediciones.

3.6.4 Oxígeno disuelto superficial.

El campo superficial de la concentración de oxígeno disuelto se presenta en la figura 5. El rango de concentración de oxígeno disuelto en la superficie del área de estudio es de 2.0 ml/l. El mínimo de 3.7 ml/l se midió en la estación 10, dentro del giro ciclónico norte en la región noroccidental del área de estudio. El valor máximo de 5.01 ml/l se midió en la región noroccidental cercana a la costa frente a Matamoros.

La distribución superficial de oxígeno disuelto se explica en función del campo de circulación superficial geostrofico (figuras 114 y 115). La distribución de las isopletras concuerda con el patrón dinámico de circulación superficial. Un claro ejemplo de esta concordancia es la ocurrencia del mínimo de concentración de oxígeno disuelto superficial medido en la estación 10. El mínimo se presenta donde la vorticidad ciclónica ($2.20 \times 10^{-5}/s$) dentro del área de estudio es más intensa (Tabla 3). En esta zona la advección vertical (~ 14 m/día) es máxima como lo demuestra el surgimiento de las isopletras de oxígeno disuelto del transecto 2 (figura 75). Analizando esta distribución encontramos que en la estación 10 el desplazamiento vertical de las isopletras es de ~ 150 metros. Esto ocasiona que las concentraciones superficiales de oxígeno disuelto acusen un mínimo debido al surgimiento de la masa de agua subsuperficial, de 150 metros de profundidad, cuya concentración de oxígeno disuelto es de 3.2 a 3.4 ml/l. Este valor es relativamente bajo si se compara con la concentración superficial promedio en este transecto de 4.7 ml/l. Al oriente y occidente de la estación 10, en el transecto 2, en la región donde

los giros ciclónico y anticiclónico confluyen sus transportes, las concentraciones de oxígeno disuelto se incrementan rápidamente hasta alcanzar valores superiores a 4.0 ml/l. En esta región de confluencia, la vorticidad ciclónica tiende a un mínimo al igual que el transporte advectivo vertical ascendente por lo que las concentraciones superficiales de oxígeno disuelto reflejan un gradiente horizontal de mezcla, en donde el mínimo de concentración superficial se centró en la estación 10 (figura 5). La distribución vertical de las isopletras en el transecto 2 muestra claramente este patrón de dilución (figura 75).

En la región occidental del Golfo de México la distribución de las isopletras sigue una orientación análoga a la del patrón de circulación norte-sur descrito con anterioridad. Las concentraciones superficiales reflejan un equilibrio entre la masa de agua superficial y la atmósfera. En la masa de agua costera, con una temperatura promedio de 26.0°C y una salinidad superficial de 33 o/oo, se cuantificó una concentración promedio de oxígeno disuelto de 4.7 ml/l. La solubilidad del oxígeno en esta masa de agua en equilibrio con la atmósfera (21% oxígeno, 100% humedad relativa y una presión atmosférica total de 760 mm de Hg) es de 4.7 ml/l (Riley y Skirrow, 1975). Al Sur del paralelo 24 las concentraciones superficiales costeras fluctúan entre 4.5 a 4.7 ml/l (figura 5). En esta zona la temperatura y la salinidad promedio fueron de 26.0°C y 35 o/oo. La solubilidad del oxígeno en una masa de agua con estas características físicas y químicas y una atmósfera de presión es de 4.65 ml/l (Riley y Skirrow, 1975), similar a las concentraciones medidas en la región suroccidental del área de estudio.

3.6.5 Nitrate disuelto superficial.

El campo disuelto de la concentración de nitrato disuelto superficial se presenta en la figura 6. El rango de concentración de nitrato disuelto en la superficie del área de estudio es de 0.65 $\mu\text{g-at/l}$. Los valores mínimos se registraron en las regiones norte y sur del área de estudio donde los valores medidos fueron menores a 0.05 $\mu\text{g-at/l}$. La máxima concentración superficial ocurrió en la estación 20 del transecto 3 dentro del giro anticiclónico occidental. Las concentraciones de nitrato disuelto medidas en las estaciones costeras son la mayoría de las veces similares a aquellas de las estaciones oceánicas. La excepción es el máximo de 1.75 $\mu\text{g-at/l}$ medido en la estación 20. La ocurrencia de este máximo obedece a un intenso surgimiento (~ 100 m) de la masa de agua subsuperficial en esta estación. Este fenómeno está claramente ejemplificado por la distribución ascendente de las isopletras en la estación 20 del transecto 3 (figura 83). La intensa advección vertical que ocurre en esta estación es una respuesta de la ley de conservación de masa al máximo transporte advectivo horizontal localizado a los 100 metros de profundidad, y que fluye hacia el Norte con una intensidad de 26 cm/s (figura 126). A partir del núcleo de máxima concentración la distribución horizontal de las isopletras de nitrato disuelto presenta una dilución radial. Esta peculiar

distribución se explica satisfactoriamente en función de la circulación anticiclónica que domina en la región noroccidental del Golfo entre los paralelos 23° y 25° de latitud norte (figuras 6 y 114). La vorticidad anticiclónica de este giro y su velocidad tangencial (tabla 3) son lo suficientemente intensas ($-7.09 \times 10^{-6}/s$ y 22 cm/s respectivamente) para garantizar que el giro complete una revolución en ~ 26.4 días, por lo que la distribución del patrón de dilución radial descrito por las isopletras de nitrato disuelto queda explicado.

3.6.6 Silicato disuelto superficial.

La distribución de las concentraciones de silicato disuelto superficial se presenta en la figura 7. El aspecto más sobresaliente de esta distribución es su similitud con el campo geostrófico de circulación superficial (figuras 114 y 115). La máxima concentración oceánica ocurre en las estaciones 6 y 10 de los transectos 1 y 2 respectivamente, precisamente donde domina el giro ciclónico norte y la advección vertical es máxima (~ 14 m/día). La distribución de las isopletras de silicato disuelto en estos dos transectos ejemplifica claramente este fenómeno (figuras 70 y 77). En estos dos transectos la migración vertical de la isopletra de $2.0 \mu\text{g-at}/l$ excede los 150 metros e irrumpe claramente hasta la superficie oceánica. La vorticidad ciclónica de este giro y su velocidad tangencial (Tabla 3) son las más intensas de toda el área de estudio ($2.20 \times 10^{-5}/s$ y 60 cm/s respectivamente), por lo que el surgimiento de las isopletras adquiere características sobresalientes (figuras 70 y 77). Dada su vorticidad relativa, este giro completa una revolución en solo 6.8 días o sea 2.2 y 3.9 veces más rápidamente que el giro ciclónico sur y el anticiclón occidental respectivamente (Tabla 3 y figuras 114 y 115). Esto explica el patrón de dilución radial descrito por las isopletras de silicato disuelto en la región dominada por el ciclón norte (figura 7).

Las máximas concentraciones localizadas en la plataforma continental y próximas a la costa se explican en función al campo de circulación predominante, descrito en las secciones anteriores, que transporta la masa de agua paralela al talud y la plataforma continental hacia el Norte o Sur dependiendo si el dominio es anticiclónico ó ciclónico respectivamente.

El patrón de circulación norte conlleva una intensa componente vertical advectiva ascendente que introduce agua subsuperficial (~ 100 m de profundidad) con concentraciones de $2.0 \mu\text{g-at}/l$ de silicato disuelto a la masa de agua superficial. Este fenómeno está claramente explicado en las figuras 77, 84, 91 y 98 de los transectos 2, 3, 4 y 5 que describen la distribución vertical de silicato disuelto dentro de los primeros 320 metros. La orientación ascendente de las isopletras, dentro de la plataforma y el talud continental en estos transectos corrobora ésto, al igual que los cortes transversales del campo de velocidad relativa de flujo norte que se

presentan en las figuras 125, 126 y 127.

El patrón de circulación sur conlleva una componente vertical advectiva descendente por lo que la orientación de las isopletras de silicato disuelto en la región del talud describen igualmente esta orientación descendente como lo indican las figuras 70, 105 y 112. ¿Cómo explicar entonces las elevadas concentraciones costeras mayores o iguales a $2.0 \mu\text{g-at/l}$? La respuesta más convincente es atribuir el máximo costero a la descarga fluvial continental de los ríos Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Tuxpan, Cazonos y Tecolutla entre otros, cuyo aporte a la región occidental costera del Golfo de México es máximo al final del verano y principios de otoño. La circulación horizontal norte-sur orienta las isopletras superficiales de silicato disuelto paralelas a la plataforma continental como se muestra en la figura 7.

3.6.7 Fosfato disuelto superficial.

El campo superficial de la concentración de fosfato disuelto se presenta en la figura 8. El aspecto más sobresaliente de esta distribución es la ausencia de concentración de fosfato disuelto en la capa superficial oceánica del área de estudio. Las concentraciones medidas en gran parte de la región oceánica superficial fueron inferiores al límite de detección del método analítico ($< 0.03 \mu\text{g-at/l}$, Strickland y Parsons, 1972). Las máximas concentraciones medidas ($0.2 \mu\text{g-at/l} < \text{fosfato} < 0.33 \mu\text{g-at/l}$) ocurrieron en las estaciones costeras localizadas al Norte del paralelo 22 donde la corriente predominante derivada de la circulación anticiclónica es hacia el Norte. La ocurrencia de este máximo de concentración se explica en función al surgimiento del agua subsuperficial ($\sim 100 \text{ m}$) descrito en la sección anterior (3.6.6). La distribución ascendente de las isopletras de fosfato disuelto en las figuras 71, 78, 85, 92 y 99 de los transectos 1, 2, 3, 4, y 5 corrobora esta interpretación.

3.7 DIAGRAMAS DE DISPERSION (T-S; Salinidad, Sigma-Theta y Oxígeno disuelto contra Profundidad.)

Los diagramas T-S de las estaciones hidrográficas se resumen mediante diagramas de dispersión para cada transecto en las figuras 9 a la 15. En éstos encontramos que existe una mayor dispersión de los datos de salinidad en la superficie marina debido a la contribución de valores de baja salinidad medidos en la región occidental del área de estudio. Estos valores son debidos al aporte fluvial continental.

Una de las características primordiales de la masa de agua subsuperficial (0 a 250 metros) oceánica es la presencia del Agua Común del Golfo (GCW) identificada por su salinidad de 36.3 a 36.4 o/oo y temperatura de 22.5°C (Nowlin,

1972; Elliot, 1982). Otra característica importante de la masa de agua subsuperficial oceánica (125 a 200 metros) en el Golfo de México es la ocurrencia del Agua Subtropical Subyacente (SUW), proveniente del Mar Caribe, caracterizada por una salinidad de 36.6 o/oo y una temperatura de $22.5^{\circ}C$ (Wüst, 1964; Nowlin y McLellan, 1967). Vidal et al (1986a y c) han demostrado que uno de los mecanismos que originan la formación del GCW es la colisión de giros anticiclónicos sobre el talud y la plataforma continental occidental del Golfo de México. Vidal et al (1986a) reportaron que la colisión de uno de estos dos giros durante enero de 1984 originó un área de divergencia superficial al este de la Laguna de Tamiahua de $50 \times 10^3 \text{ km}^2$. En esta zona, dentro de la masa de agua subsuperficial (0 - 200 m), se identificó exclusivamente el GCW, mientras que al Norte y al Sur de la zona de divergencia el predominio fué del SUW.

La presencia del SUW dentro del Golfo de México se debe al desplazamiento de giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo (Loop Current) en la región nororiental del Golfo de México (Elliot, 1982). Estos giros al desprenderse de la Corriente del Lazo incorporan agua del Mar Caribe al Golfo de México. La vorticidad anticiclónica de estos giros provoca que su translación incida hacia la región occidental del Golfo de México donde colisionan con el talud continental. Las consecuencias hidrodinámicas de estas colisiones han sido reportadas (Vidal et al, 1986a y c) por lo que existe evidencia de que los giros al chocar con el talud originan enormes zonas ($50 \times 10^3 \text{ km}^2$) de divergencia horizontal y convergencia vertical como una respuesta a la distribución de la energía cinética que se desprende de su colisión.

Como se explicó en las secciones anteriores, la interacción entre la circulación ciclónica y anticiclónica dentro del área de estudio, origina intensas convergencias en los giros anticiclónicos occidental y oriental (figuras 114 y 115) en concordancia con el Principio de Conservación de la Vorticidad Absoluta $C = f(udx + vdy + wdz)$, que deben cumplir cada uno de estos giros. Uno de los efectos resultantes de estas convergencias ciclónicas y divergencias anticiclónicas es incrementar la advección vertical dentro del Golfo de México y por ende el mezclamiento vertical de sus masas de agua (Vidal et al, 1986a y b; Vidal, F.V., et al, 1986). El análisis de los diagramas T-S de los datos hidrográficos del Crucero Argos 86-1 ejemplifica este fenómeno (figuras 9 a 15).

La dispersión de los datos en los diagramas T-S de los transectos 1 y 2 (figuras 10 y 11) describe la ocurrencia de pronunciados gradientes térmicos y salinos que indican la presencia de parcelas de agua de igual densidad, pero con distintas combinaciones de temperatura y salinidad. Este fenómeno solo se puede explicar en función a una intensa advección vertical que origina procesos de mezcla los

cuales, al juzgar por la dispersión de los datos de salinidad a lo largo de las isopletas de densidad en los diagramas T-S, se originan a partir de ~ 1100 metros de profundidad ($\sigma_t = 27.3$). Conforme la profundidad decrece la dispersión de los datos de σ_t se incrementa, lo que sugiere que la advección vertical también se incrementa y que el mezclamiento se intensifique. Esta interpretación concuerda con el campo de circulación ciclónico que domina los transectos 1 y 2 (figuras 114 y 115) y con la dispersión de los datos de salinidad, oxígeno disuelto y densidad potencial contra profundidad en estos transectos (figuras 136, 137, 143, 144, 150 y 151). Como se explicó en las secciones anteriores (3.1, 3.2 y 3.4 entre otras), la circulación ciclónica origina el surgimiento de la masa de agua por lo que la componente advectiva vertical ascendente es máxima en los ciclones. La vorticidad relativa del ciclón norte, $2.20 \times 10^{-5}/s$, es la más intensa dentro del área de estudio de manera que la dispersión de los datos en los diagramas T-S y de salinidad, densidad potencial y oxígeno disuelto contra profundidad se explica en función al mezclamiento vertical de la masa de agua inducido por la intensa componente advectiva vertical del giro ciclónico norte (~ 14 m/día; Tabla 3).

Los diagramas T-S de los transectos 3 y 4 acusan la presencia de un núcleo diluído del SUW (figuras 11 y 12). La ocurrencia de esta masa de agua, aunque diluída, es sobresaliente porque coincide con el dominio del campo de circulación anticiclónico (figuras 114 y 115). Como se explicó al inicio de esta sección, la presencia del SUW en el Golfo de México se debe a la translación de giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo y se desplazan hacia el interior del Golfo de México, primordialmente hacia su frontera occidental. El núcleo diluído del SUW es sobresaliente en los transectos 3 y 4 pero su ocurrencia es efímera en los transectos 5 y 6 (figuras 13 y 14) y desaparece en el transecto 7 (figura 15). Lo anterior se explica en función a la dilución progresiva del núcleo del SUW debido a la confluencia de los giros anticiclónico occidental y ciclónico sur en el transecto 5 y a la advección horizontal y vertical del giro ciclónico sur en los transectos 6 y 7. La dilución del SUW en los transectos 3 y 4 (figuras 11 y 12) es evidente por la dispersión de los datos de salinidad y temperatura con respecto al núcleo de 36.6 o/oo y $22.5^\circ C$. La dispersión de los datos acusa una marcada tendencia a homogenizar la distribución vertical de la salinidad de la masa de agua subsuperficial (0 - 200 metros) hacia un valor de salinidad de 36.4 o/oo, similar al del GCW. El mecanismo que origina este fenómeno, al contrario de lo que ocurre en los transectos 5, 6 y 7, es la intensa advección vertical descendente (-5.75 m/día) asociada a la vorticidad anticiclónica ($-7.09 \times 10^{-6}/s$) que domina la distribución de las propiedades en los transectos 3 y 4 (tabla 3).

La dispersión de los datos de salinidad, densidad potencial y oxígeno disuelto contra profundidad de los transectos 3 y 4, de dominio anticiclónico, y 5, 6 y 7, de dominio ciclónico, presenta características dispersivas análogas a sus diagramas

T-S correspondientes. Por ejemplo, en los diagramas de dispersión de salinidad contra profundidad de los transectos 3 y 4 se identifica dentro de la capa subsuperficial (0 - 200 metros) la dilución del SUW ($S \text{ o/oo} \geq 36.6$) y su gradual transformación a GCW caracterizada por salinidades de 36.4 o/oo (figuras 138 y 139). La dispersión de la salinidad en estas figuras indica que la advección vertical en el transecto 3 es más intensa que en el transecto 4. Esto se explica en función a la posición relativa de estos transectos con respecto a los anticiclones oriental y occidental. El transecto 3 cruza sus centros de giro mientras que el transecto 4 está situado al sur de éstos donde la vorticidad anticiclónica es menor. La dispersión de los datos de salinidad en estos transectos se inicia aproximadamente a los 1200 metros de profundidad y se intensifica marcadamente a los 800 metros, indicando que la influencia de la circulación anticiclónica en la distribución vertical de las propiedades excede los 1000 metros de profundidad (figuras 138 y 139). Esta interpretación concuerda plenamente con la distribución de los datos de densidad potencial y oxígeno disuelto contra profundidad que se presentan en las figuras 145, 146, 152 y 153 respectivamente.

La dispersión de la salinidad, la densidad potencial y el oxígeno disuelto en los transectos 5, 6 y 7 acusa una gran similitud lo cual no es sorprendente si se interpreta, como se explicó anteriormente, bajo el contexto de la circulación ciclónica que domina estos transectos. La influencia del giro ciclónico sur sobre la distribución vertical de las propiedades es claramente discernible en función a la dispersión de los datos contra profundidad. En el transecto 5 la influencia del giro alcanza los 1000 metros de profundidad y se intensifica a partir de los 700 metros (figuras 140, 147 y 154). En el transecto 6 la dispersión de la salinidad, la densidad potencial y el oxígeno disuelto indican que la influencia del giro ciclónico alcanza los 1200 metros de profundidad (figuras 141, 148 y 155). La mayor dispersión de las propiedades en el transecto 7 indica la proximidad de este transecto al centro de giro del ciclón sur donde la advección vertical ascendente es máxima para esta zona ($\sim 5.2 \text{ m/día}$; Tabla 3). En concordancia con esta interpretación encontramos que en este transecto la dispersión de los datos de salinidad, densidad potencial y oxígeno disuelto alcanza los 1300 metros de profundidad, por ende la influencia de la circulación ciclónica alcanza esa profundidad (figuras 142, 149, 156 y 157). Cabe señalar, por último, que el campo de circulación profundo (figuras 116 y 116a) concuerda plenamente con la dispersión de los datos de salinidad, densidad y oxígeno disuelto contra profundidad. Como se explicó con anterioridad, la circulación ciclónica-anticiclónica-ciclónica superficial se manifiesta hasta los 3000 m de profundidad, de manera que la advección vertical ascendente y descendente asociada a estos giros determina la distribución vertical de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua.

Capítulo 4

CONCLUSIONES

El análisis de la información hidrográfica de la campaña Argos 86-1 demuestra que el campo de circulación en la región centro-occidental del Golfo de México, durante el período del 22 de octubre al 16 de noviembre de 1986, estuvo dominado por un gran giro anticiclónico que fué bisectado por dos giros ciclónicos localizados al Norte y al Sur del anticiclón. La bisección del anticiclón por los dos ciclones originó dos centros de giro anticiclónico en la región centro-oriental y occidental del Golfo de México. La posición geográfica de los centros de giro ciclónico (al Norte y al Sur del área de estudio) y la de los centros de giro anticiclónico (al Este y al Oeste del área de estudio) está determinada por la topografía dinámica. Esta indica que la interacción entre los giros ciclónicos y anticiclónicos origina un complejo patrón de circulación caracterizado por regiones alternantes de dominio ciclónico y anticiclónico dentro del área de estudio. El efecto resultante de esta interacción es el hundimiento de la masa de agua en los centros de giro anticiclónico y el surgimiento de ésta en los centros de los ciclones. La coexistencia de este hundimiento y surgimiento de la masa de agua origina el que sus propiedades físicas y químicas se distribuyan de acuerdo a las características de una "onda". Los valles y crestas de esta onda coinciden con los centros de giro anticiclónico y ciclónico respectivamente. La longitud de la "onda" está determinada por la posición relativa de los centros de giro entre sí, dictada ésta por la translación acoplada de éstos centros de giro en el espacio acuático de la zona de estudio. La interacción acoplada de estos giros de vorticidad opuesta determinó el patrón de circulación en la región central y occidental del Golfo de México desde la superficie hasta el fondo así como la distribución horizontal y vertical de la salinidad, la temperatura, la densidad, el oxígeno y los micro-nutrientes disueltos en esta región. El campo geostrófico de circulación profundo (1000 y 2000 decibarios) fué similar al superficial. La distribución de las propiedades físicas y químicas de la masa de agua se explica en función a la advección horizontal y vertical derivada de la vorticidad ciclónica y anticiclónica de los giros que dominaron el campo de circulación.

Las propiedades cinemáticas de los giros ciclónicos y anticiclónicos fueron derivadas del campo dinámico de circulación geostrófico. El giro ciclónico norte, con un radio de giro de ~ 56 km y una velocidad tangencial de 60 cm/s presentó un período de revolución de 6.8 días y la vorticidad relativa más intensa dentro del área de estudio ($2.20 \times 10^{-5}/s$). La advección vertical ascendente calculada para este giro fué de ~ 14 m/día. La intensidad de esta velocidad vertical es del mismo orden de magnitud que la advección vertical que caracteriza a las surgencias que ocurren en la costa occidental de Norte América (10 m/día, Mooers et al, 1976) y explica la migración vertical, de hasta 150 metros, de las isopleas dentro de este giro.

Las características cinemáticas del giro ciclónico sur fueron inferiores en magnitud a las del ciclón norte. No obstante el tener un similar radio de giro de ~ 57 km, la velocidad tangencial de este giro fué de 28 cm/s, equivalente a una velocidad angular de 4.88×10^{-6} radianes/s. El período de revolución de este giro fué de ~ 15 días y su vorticidad relativa fué de $9.52 \times 10^{-6}/s$. La advección vertical ascendente asociada a esta vorticidad ciclónica fué de ~ 5.2 m/día, 2.7 veces menos intensa que la del ciclón norte.

El giro anticiclónico occidental tuvo un radio de giro de ~ 79 km, velocidades tangencial y angular de 22 cm/s y 2.78×10^{-6} radianes/s respectivamente, y un período de revolución de ~ 26 días. Su vorticidad relativa fué de $-7.09 \times 10^{-6}/s$ y la advección vertical fué de -5.75 m/día. La magnitud de la velocidad vertical calculada para este giro es lo suficientemente intensa para explicar el hundimiento (~ 75 m) de las isopleas dentro de este giro.

La intensidad de la corriente superficial geostrófica dentro del área de estudio fué directamente proporcional a la vorticidad ciclónica o anticiclónica predominante. En la región norte, de dominio ciclónico, las componentes norte y sur de la corriente alcanzaron valores máximos de 60 y 50 cm/s respectivamente, mientras que la componente oeste alcanzó una intensidad de 40 cm/s. En la región centro-occidental, de dominio anticiclónico, la componente norte de la corriente alcanzó una intensidad máxima de 26 cm/s y su núcleo se localizó a los 100 metros de profundidad, mientras que la componente sur alcanzó una intensidad máxima de 16 cm/s en la superficie. Las componentes este y oeste de la corriente en esta región fueron 28 y 30 cm/s respectivamente. En la región sur, de dominio ciclónico, la intensidad máxima de la componente norte y sur de la corriente fué de 24 y 54 cm/s respectivamente. Las componentes este y oeste alcanzaron una intensidad máxima de 26 y 36 cm/s respectivamente.

La topografía de la isoterma de los $15^{\circ}C$ es semejante a la topografía dinámica dentro del área de estudio. La semejanza entre ambas distribuciones topográficas permite inferir cualitativamente el campo de circulación con base en la distribución de la temperatura contra profundidad.

Los valores mínimos de temperatura y salinidad se localizaron próximos a la costa, al noroeste del área de estudio frente a Matamoros y la Laguna Madre. El máximo gradiente térmico y salino ocurrente en esta región parece estar asociado al transporte convergente derivado de la interacción entre el giro ciclónico norte y el anticiclón occidental. El efecto resultante de esta interacción es transportar la masa de agua de la zona noroccidental dentro de la plataforma continental del Golfo hacia la región oceánica (sureste). La distribución superficial de los micro-nutrientes disueltos, en esta zona, sigue este mismo patrón dispersivo.

Los valores máximos de salinidades (36.7 o/oo), en la región oceánica, coincidieron con los centros de giro anticiclónico, y los mínimos (36.2 - 36.4 o/oo) oceánicos con los centros de giro ciclónico. Esta distribución concuerda con la advección vertical ascendente y descendente asociada a la vorticidad ciclónica ó anticiclónica del campo de circulación superficial respectivamente.

La distribución del campo de densidad superficial está determinado por el campo de circulación geostrofico. Las bajas densidades ($21.0 \leq \sigma_{\theta} \leq 22.5$) registradas a lo largo de la costa son una consecuencia del aporte continental fluvial y del transporte advectivo horizontal. Este transporte orienta las isopícnas paralelas a la plataforma y al talud continental en concordancia con las componentes norte y sur del transporte anticiclónico-ciclónico prevaleciente en la región occidental del Golfo de México durante el período de mediciones.

La interacción entre la circulación ciclónica y anticiclónica dentro del área de estudio origina intensas convergencias en los giros ciclónicos norte y sur e intensas divergencias en los giros anticiclónicos occidental y oriental en concordancia con el principio de conservación de la vorticidad absoluta. Uno de los efectos resultantes de estas convergencias ciclónicas y divergencias anticiclónicas es incrementar la advección vertical ascendente (surgencia) y descendente (hundimiento) de la masa de agua en el Golfo de México. Este fenómeno constituye un sistema de bombeo natural que controla el intercambio de las masas de agua dentro del Golfo y posiblemente el tiempo de residencia del agua profunda. El análisis de las propiedades cinemáticas de los giros y en particular la intensidad de la advección vertical derivada de estas propiedades indica que la surgencia y el hundimiento de la masa de agua en los giros ciclónicos y anticiclónicos respectivamente, es del mismo orden

de magnitud que la advección vertical (10 m/día) que caracteriza a las surgencias de la costa occidental de Norte América. La velocidad vertical ascendente de 14 m/día calculada para el giro ciclónico norte corrobora esta comparación.

El análisis de los diagramas T-S y la dispersión de los datos de salinidad, densidad potencial y oxígeno disuelto contra profundidad indica la desaparición del Agua Subtropical Subyacente (SUW) en los giros ciclónicos norte y sur por mezclamiento vertical y la predominancia del Agua Común del Golfo como producto de este mezclamiento. En los giros anticiclónicos el SUW fué claramente identificada al igual que la dilución progresiva de su núcleo debido al mezclamiento vertical descendente. Este mezclamiento está caracterizado por una marcada tendencia a homogenizar la distribución vertical de la salinidad de la masa de agua subsuperficial (0 - 200 m) hacia un valor de salinidad de 36.4 o/oo y una temperatura próxima a 22.5°C similares al GCW.

Capítulo 5

BIBLIOGRAFIA

- Behringer, D.W., R.L. Molinari and J.F. Hewitt, 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.*, 82, 5469-5476.
- Cochrane, J.D., 1972. Separation of an anticyclone and subsequent developments in the Loop Current (1969), in *CONTRIBUTIONS ON THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE GULF OF MEXICO*, edited by L.R.A. Capurro and J.L. Reid, pp. 91-106, Gulf Publishing, Houston, Tex.
- Elliot, B.A., 1979. Anticyclonic rings and the energetics of the circulation of the Gulf of Mexico, Ph.D. dissertation, Texas A&M Univ., College Station.
- Elliot, B.A., 1982. Anticyclonic Rings in the Gulf of Mexico. *J. Phys. Oceanogr.*, 12, 1292-1309.
- Ichiye, T., 1962. Circulation and water mass distribution in the Gulf of Mexico. *Geofísica Internacional*, 2: 47-76.
- Leipper, D.F., J.D. Cochrane, and J.F. Hewitt, 1972. A detached eddy and subsequent changes (1965), in *CONTRIBUTIONS ON THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE GULF OF MEXICO*, edited by L.R.A. Capurro and J.L. Reid, pp. 107-117, Gulf Publishing, Houston, Tex.
- Merrel, W. J., and J. M. Morrison, 1981. On the Circulation of the Western Gulf of Mexico with Observations from April 1978. *J. Geophys. Res.*, 86, 4181-4185.

- Mooers, C.N.K., C.A. Collins, and R.L. Smith, 1976. The dynamic structure of the frontal zone in the coastal upwelling region off Oregon, *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 3.
- Nowlin, W. D., Jr., 1972. Winter circulation patterns and property distributions, in *CONTRIBUTIONS ON THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE GULF OF MEXICO*, Texas A&M Univ. Oceanogr. Stud., Gulf Publ. Co., Vol. 2, 3-53.
- Nowlin, W. D., Jr. and H. J. McLellan, 1967. A characterization of the Gulf of Mexico Waters in Winter. *J. Mar. Res.*, 25, 29-59.
- Pérez-Molero, 1986. Algoritmos Numéricos y Diseño de una Base de Datos para el Procesamiento de Datos Oceanográficos en tiempo real. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Monterrey.
- Riley, J. P. and G. Skirrow, 1975. *CHEMICAL OCEANOGRAPHY*, Vol. 1. Academic Press Inc. (London).
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. *A PRACTICAL HANDBOOK OF SEAWATER ANALYSIS*. Fisheries Research Board of Canada., Ottawa.
- Vidal, F.V., V.M.V. Vidal, J.M. Pérez-Molero, R.A. Morales, R. Alanís, L. Zambrano, 1986. Hydrographic Evidence of Cyclonic-Anticyclonic Ring Interactions in the Gulf of Mexico During March 1985. *EOS Transactions American Geophysical Union*, Vol. 67, No. 44, p. 1049-1050.
- Vidal, V.M.V.; F.V. Vidal; R. Morales-Pérez; J.M. Pérez-Molero; L. Zambrano-Salgado, 1986a. *ANÁLISIS DE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA ARGOS 84-1*. Informe IIE/13/1926/I02/P. Instituto de Investigaciones Eléctricas, APDO. Postal 475, Cuernavaca, Morelos, México.
- Vidal, V.M.V.; F.V. Vidal; R. Morales-Pérez; J.M. Pérez-Molero; A. Rivera; L. Zambrano-Salgado; R. Alanís-Cantú; A. Hernández-Ochoa, 1986b. *ANÁLISIS DE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA ARGOS 85-1*. INFORME IIE/13/1926/I 03/P. Instituto de Invesigaciones Eléctricas, APDO. Postal 475, Cuernavaca, Morelos, México.

- Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, R. Morales, J.M. Pérez-Molero, 1986c. Hydrographic Evidence for the Collision of a Loop Current Ring in the Western Gulf of Mexico. EOS Transactions American Geophysical Union, Vol. 67, No. 44, p. 1049.
- Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, J.M. Pérez-Molero, R. Morales Pérez, E. Suárez, R. Maceiras, 1986d. Informe de los datos de la campaña Argos 86-1. Informe IIE/13/1926/I 04/P. Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Vukovich, F.M., B.W. Crissman, M. Bushnell, and W.J. King, 1979. Some aspects of the oceanography of the Gulf of Mexico using satellite and "in-situ" data. Jour. Geophys. Res., 84(C12): 7749-7769.
- Vukovich, F.M., and G.A. Maul, 1985. Cyclonic eddies in the Eastern Gulf of Mexico. Journal of Physical Oceanography, 15, 105-117.
- Wüst, G., 1964. STRATIFICATION AND CIRCULATION IN THE ANTI-LEAN-CARIBBEAN BASINS, Part. 1. Columbia University Press., 201 pp.

Apéndice A

CALCULOS NUMERICOS PARA OBTENER LOS PARAMETROS CINEMATICOS DE LOS GIROS OCURRENTES DURANTE EL CRUCERO ARGOS 86-1

GIRO CICLONICO NORTE

La velocidad tangencial del giro ciclónico norte y su radio de giro son obtenidos de la gráfica de velocidad relativa para el transecto 1, figura 125:

$$v_t = 60 \text{ cm/s}; \quad R = 56 \text{ km}$$

Con los datos anteriores la velocidad angular del giro es calculada mediante la relación:

$$\omega = \frac{v_t}{R} = \frac{60 \text{ cm/s}}{56 \times 10^5 \text{ cm}} = 1.07 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

El período de revolución del giro es calculado a continuación:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 6.8 \text{ días}$$

De la figura 125 también se obtiene el gradiente de velocidad ($\partial v/\partial x$):

$$\frac{\partial v}{\partial x} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{68 \text{ cm/s}}{55.405 \text{ km}} = 1.23 \times 10^{-5}/s$$

El gradiente ($\partial u/\partial y$) se obtiene de valores interpolados de las gráficas de velocidad relativa de los transectos 94 y 95, figuras 132 y 133:

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta u}{\Delta y} = \frac{1}{2} \left(\frac{-36 \text{ cm/s}}{39.112 \text{ km}} + \frac{-32 \text{ cm/s}}{21.408 \text{ km}} \right) = -0.97 \times 10^{-5}/s$$

Con los gradientes anteriores podemos calcular la vorticidad relativa del giro:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} - \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

$$\zeta = 1.23 \times 10^{-5}/s - (-0.97 \times 10^{-5}/s) = 2.20 \times 10^{-5}/s$$

La vorticidad planetaria del giro está dada por:

$$f = 2\Omega \text{sen}\phi = 2(7.29 \times 10^{-5} \text{ rad/s}) \text{sen}(26^\circ) = 6.39 \times 10^{-5}/s$$

La vorticidad absoluta es finalmente calculada:

$$\zeta + f = 2.20 \times 10^{-5}/s + 6.39 \times 10^{-5}/s = 8.59 \times 10^{-5}/s$$

La divergencia horizontal superficial $(\partial u/\partial x + \partial v/\partial y)$ para este giro, se calculó mediante la relación:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial v_r}{\partial r} + \left(\frac{1}{r} \right) \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} = 1.07 \times 10^{-6}/s$$

Los valores v_θ y v_r fueron calculados mediante la ecuación geostrofica:

$$v = \frac{(10)(\Delta D_A - \Delta D_B)}{L(2\omega \text{sen}\phi)}$$

usando valores obtenidos de la gráfica de la topografía dinámica superficial relativa a 500 db, figura 114. La ecuación de continuidad nos permite obtener el gradiente vertical advectivo:

$$\frac{\partial w}{\partial z} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -1.07 \times 10^{-6}/s$$

Para una capa superficial homogénea de 150 m de espesor, la velocidad vertical advectiva a 150 m de profundidad es :

$$W_{150} = - \int_{-150}^0 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right) dz = - \int_{-150}^0 (-1.07 \times 10^{-6}/s) dz$$

$$W_{150} = (1.07 \times 10^{-6}/s)(150 \text{ m}) = 1.605 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

GIRO CICLONICO SUR

La velocidad tangencial del giro ciclónico sur y su radio de giro son obtenidos de la gráfica de velocidad relativa del transecto 6, figura 129:

$$v_t = 28 \text{ cm/s}; \quad R = 57.4 \text{ km}$$

Con los datos anteriores, la velocidad angular del giro ciclónico sur es calculada mediante la relación:

$$\omega = \frac{v_t}{R} = \frac{28 \text{ cm/s}}{57.4 \times 10^5 \text{ cm}} = 4.88 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$$

El período de revolución del giro es calculado a continuación:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 14.9 \text{ días}$$

De la figura 129 también se obtiene el gradiente de velocidad ($\partial v/\partial x$):

$$\frac{\partial v}{\partial x} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{26 \text{ cm/s}}{50.164 \text{ km}} = 5.18 \times 10^{-6}/s$$

El gradiente ($\partial u/\partial y$) se obtiene de valores interpolados de las gráficas de velocidad relativa de los transectos 95 y 96, figuras 133 y 132:

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta u}{\Delta y} = 1/2 \left(\frac{-34 \text{ cm/s}}{56.668 \text{ km}} + \frac{-24 \text{ cm/s}}{89.138 \text{ km}} \right) = -4.34 \times 10^{-6}/s$$

Con los gradientes anteriores podemos calcular la vorticidad relativa del giro:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} - \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

$$\zeta = 5.18 \times 10^{-6}/s - (-4.34 \times 10^{-6}/s) = 9.52 \times 10^{-6}/s$$

La vorticidad planetaria del giro está dada por:

$$f = 2\Omega \text{sen}\phi = 2(7.29 \times 10^{-5} \text{ rad/s}) \text{sen}(21^\circ 20')$$

$$f = 5.30 \times 10^{-5}/s$$

La vorticidad absoluta es finalmente calculada:

$$\zeta + f = 9.52 \times 10^{-6}/s + 5.30 \times 10^{-5}/s$$

$$\zeta + f = 6.52 \times 10^{-5}/s$$

El cálculo para la divergencia horizontal superficial $(\partial u/\partial x + \partial v/\partial y)$ para este giro, arroja un valor de:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 4.014 \times 10^{-7}/s$$

Las componentes horizontales de velocidad (u,v) utilizadas en al cálculo de la divergencia, fueron calculados mediante la ecuación geostrófica:

$$v = \frac{(10)(\Delta D_A - \Delta D_B)}{L(2\omega \text{sen}\phi)}$$

usando valores obtenidos de la gráfica de la topografía dinámica superficial relativa a 500 db, figura 114. La ecuación de continuidad nos permite obtener el gradiente vertical advectivo:

$$\frac{\partial w}{\partial z} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -4.014 \times 10^{-7}/s$$

Para una capa homogénea de 150 m de espesor, la velocidad vertical advectiva a 150 m de profundidad es :

$$W_{150} = - \int_{-150}^0 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right) dz = - \int_{-150}^0 (-4.014 \times 10^{-7}/s) dz$$

$$W_{150} = (4.014 \times 10^{-7}/s)(150 \text{ m}) = 6.00 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

GIRO ANTICICLONICO

La velocidad tangencial del giro anticiclónico y su radio de giro son obtenidos de la gráfica de velocidad relativa del transecto 96, figura 132:

$$v_t = 22 \text{ cm/s}; \quad R = 79.0 \text{ km}$$

Con los datos anteriores, la velocidad angular del giro anticiclónico es calculada mediante la relación:

$$\omega = \frac{v_t}{R} = \frac{22 \text{ cm/s}}{79 \times 10^5 \text{ cm}} = 2.78 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$$

El período de revolución del giro es calculado a continuación:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 26.3 \text{ días}$$

De la figura 126 también se obtiene el gradiente de velocidad ($\partial v/\partial x$):

$$\frac{\partial v}{\partial x} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{-24 \text{ cm/s}}{66.720 \text{ km}} = -3.60 \times 10^{-6}/s$$

El gradiente ($\partial u/\partial y$) se obtiene de valores interpolados de la gráfica de velocidad relativa del transecto 96, figura 132:

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta u}{\Delta y} = \frac{20 \text{ cm/s}}{57.303 \text{ km}} = 3.49 \times 10^{-6}/s$$

Con los gradientes anteriores podemos calcular la vorticidad relativa del giro anticiclónico:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{\Delta v}{\Delta x} - \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

$$\zeta = -3.60 \times 10^{-6}/s - (3.49 \times 10^{-6}/s) = -7.09 \times 10^{-6}/s$$

La vorticidad planetaria del giro está dada por:

$$f = 2\Omega \text{sen}\phi = 2(7.29 \times 10^{-5} \text{ rad/s}) \text{sen}(24^\circ)$$

$$f = 5.93 \times 10^{-5}/s$$

La vorticidad absoluta es finalmente calculada:

$$\zeta + f = -7.09 \times 10^{-6}/s + 5.30 \times 10^{-5}/s = 5.221 \times 10^{-5}/s$$

El cálculo para la divergencia horizontal superficial ($\partial u/\partial x + \partial v/\partial y$) para este giro, arroja un valor de:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = -4.45 \times 10^{-7}/s$$

Las componentes horizontales de velocidad (u,v) utilizadas en el cálculo de la divergencia, fueron calculados mediante la ecuación geostrófica:

$$v = \frac{(10)(\Delta D_A - \Delta D_B)}{L(2\omega \text{sen}\phi)}$$

usando valores obtenidos de la gráfica de la topografía dinámica superficial relativa a 500 db, figura 114. La ecuación de continuidad nos permite obtener el gradiente vertical advectivo:

$$\frac{\partial w}{\partial z} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) = 4.45 \times 10^{-7}/s$$

Para una capa homogénea superficial de 150 m de espesor, la velocidad vertical advectiva a 150 m de profundidad es :

$$W_{150} = - \int_{-150}^0 \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right) dz = - \int_{-150}^0 (4.45 \times 10^{-7}/s) dz$$

$$W_{150} = - (4.45 \times 10^{-7}/s) (150 m) = -6.66 \times 10^{-3} cm/s$$

Apéndice B

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1** Localización Geográfica de las Estaciones Hidrográficas del Crucero Argos 86-1.
- Fig. 2** Contornos de Temperatura Superficial ($^{\circ}C$) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 3** Contornos de Salinidad Superficial (o/oo) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 4** Contornos de Densidad Superficial (kg/m^3) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 5** Contornos de Oxígeno Disuelto Superficial (ml/l) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 6** Contornos Superficiales de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 7** Contornos Superficiales de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 8** Contornos Superficiales de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$) en el Golfo de México, octubre-noviembre de 1986. Crucero Argos 86-1.
- Fig. 9** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 1.
- Fig. 10** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 2.
- Fig. 11** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 3.
- Fig. 12** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 4.

- Fig. 13** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 5.
- Fig. 14** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 6.
- Fig. 15** Dispersión de la relación temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD recolectados en el Golfo de México. Crucero Argos 86-1. Transecto 7.
- Fig. 16** Transecto 1. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 17** Transecto 1. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 18** Transecto 1. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 19** Transecto 1. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 20** Transecto 1. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 21** Transecto 1. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 22** Transecto 1. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 23** Transecto 2. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 24** Transecto 2. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 25** Transecto 2. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 26** Transecto 2. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 27** Transecto 2. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 28** Transecto 2. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.

- Fig. 29** Transecto 2. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 30** Transecto 3. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 31** Transecto 3. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 32** Transecto 3. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 33** Transecto 3. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 34** Transecto 3. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 35** Transecto 3. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 36** Transecto 3. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 37** Transecto 4. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 38** Transecto 4. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 39** Transecto 4. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 40** Transecto 4. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 41** Transecto 4. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 42** Transecto 4. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 43** Transecto 4. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 44** Transecto 5. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.

- Fig. 45** Transecto 5. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 46** Transecto 5. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 47** Transecto 5. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 48** Transecto 5. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 49** Transecto 5. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 50** Transecto 5. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 51** Transecto 6. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 52** Transecto 6. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 53** Transecto 6. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 54** Transecto 6. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 55** Transecto 6. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 56** Transecto 6. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 57** Transecto 6. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 58** Transecto 7. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 59** Transecto 7. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 60** Transecto 7. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.

- Fig. 61** Transecto 7. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 62** Transecto 7. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 63** Transecto 7. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 64** Transecto 7. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 65** Transecto 1. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 66** Transecto 1. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 67** Transecto 1. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.5 N.
- Fig. 68** Transecto 1. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 69** Transecto 1. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 70** Transecto 1. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 71** Transecto 1. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 72** Transecto 2. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 73** Transecto 2. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 74** Transecto 2. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 75** Transecto 2. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 76** Transecto 2. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.

- Fig. 77 Transecto 2. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 78 Transecto 2. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$) 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 79 Transecto 3. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3) 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 80 Transecto 3. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 81 Transecto 3. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 82 Transecto 3. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 83 Transecto 3. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 84 Transecto 3. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 85 Transecto 3. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 86 Transecto 4. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 87 Transecto 4. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 88 Transecto 4. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 89 Transecto 4. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 90 Transecto 4. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 91 Transecto 4. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 92 Transecto 4. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.

- Fig. 93** Transecto 5. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 94** Transecto 5. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 95** Transecto 5. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 96** Transecto 5. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 97** Transecto 5. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 98** Transecto 5. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 99** Transecto 5. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 100** Transecto 6. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 101** Transecto 6. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 102** Transecto 6. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 103** Transecto 6. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 104** Transecto 6. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 105** Transecto 6. Campo de Silicato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 106** Transecto 6. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu g-at/l$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 107** Transecto 7. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 108** Transecto 7. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}C$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.

- Fig. 109** Transecto 7. Campo de Salinidad (o/oo), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 110** Transecto 7. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 111** Transecto 7. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 112** Transecto 7. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 113** Transecto 7. Campo de Fosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$), 0 a 320 m. Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 114** Topografía Dinámica (metros dinámicos) de la superficie del mar relativa a 500 decibarios. Argos 86-1.
- Fig. 115** Topografía Dinámica (metros dinámicos) de la superficie del mar relativa a 1000 decibarios. Argos 86-1.
- Fig. 116** Topografía Dinámica (metros dinámicos) de la superficie de 1000 decibarios con respecto a un nivel de cero movimiento a 2000 decibarios. Argos 86-1.
- Fig. 116a** Topografía Dinámica (metros dinámicos) de la superficie de 2000 decibarios con respecto a un nivel de cero movimiento a 3000 decibarios. Argos 86-1.
- Fig. 117** Topografía de la Isotherma de los 15°C . Crucero Argos 86-1. Golfo de México.
- Fig. 118** Transecto 8. Campo de Densidad Potencial (kg/m^3). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 119** Transecto 8. Campo de Temperatura Potencial ($^{\circ}\text{C}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 120** Transecto 8. Campo de Salinidad (o/oo). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 121** Transecto 8. Campo de Oxígeno Disuelto (ml/l). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 122** Transecto 8. Campo de Nitrato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 123** Transecto 8. Campo de Silicato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0

- Fig. 124** Transecto 8. Campo de Ortofosfato Disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 125** Transecto 1. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 55.0 N.
- Fig. 126** Transecto 2. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 25 00.0 N.
- Fig. 127** Transecto 3. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 24 00.0 N.
- Fig. 128** Transecto 4. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 23 00.0 N.
- Fig. 129** Transecto 5. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 22 00.0 N.
- Fig. 130** Transecto 6. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 21 20.0 N.
- Fig. 131** Transecto 7. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Latitud 20 40.0 N.
- Fig. 132** Transecto 96. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 93 00.0
- Fig. 133** Transecto 95. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 94 00.0
- Fig. 134** Transecto 94. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 95 00.0
- Fig. 135** Transecto 93. Campo de velocidad relativa (cm/s). Crucero Argos 86-1. Golfo de México. Longitud 96 00.0
- Fig. 136** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 1.
- Fig. 137** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 2.
- Fig. 138** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 3.
- Fig. 139** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 4.

- Fig. 140** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 5.
- Fig. 141** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 6.
- Fig. 142** Diagrama de dispersión de Salinidad vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 7.
- Fig. 143** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 1.
- Fig. 144** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 2.
- Fig. 145** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 3.
- Fig. 146** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 4.
- Fig. 147** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 5.
- Fig. 148** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 6.
- Fig. 149** Diagrama de dispersión de Sigma Theta vs Profundidad de datos del CTD recolectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 7.
- Fig. 150** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 1.
- Fig. 151** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 2.
- Fig. 152** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 3.
- Fig. 153** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 4.
- Fig. 154** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 5.
- Fig. 155** Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 6.

Fig. 156 Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de los datos del CTD del Crucero Argos 86-1. Transecto 7.

Fig. 157 Diagrama de dispersión de Oxígeno vs Sigma Theta de todos los datos del CTD del Crucero Argos 86-1.

Apéndice C

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Localización geográfica de las estaciones hidrográficas realizadas durante el Crucero Argos 86-1.

Tabla 2 Logística de navegación de los transectos realizados durante el Crucero Argos 86-1.

Tabla 3 Parámetros cinemáticos de los giros ciclónicos y anticiclónicos ocurridos en la región centro-occidental del Golfo de México durante el Crucero Argos 86-1 (octubre-noviembre de 1986).

Tabla 4 Itinerario y desarrollo del Crucero Argos 86-1, octubre-noviembre de 1986.

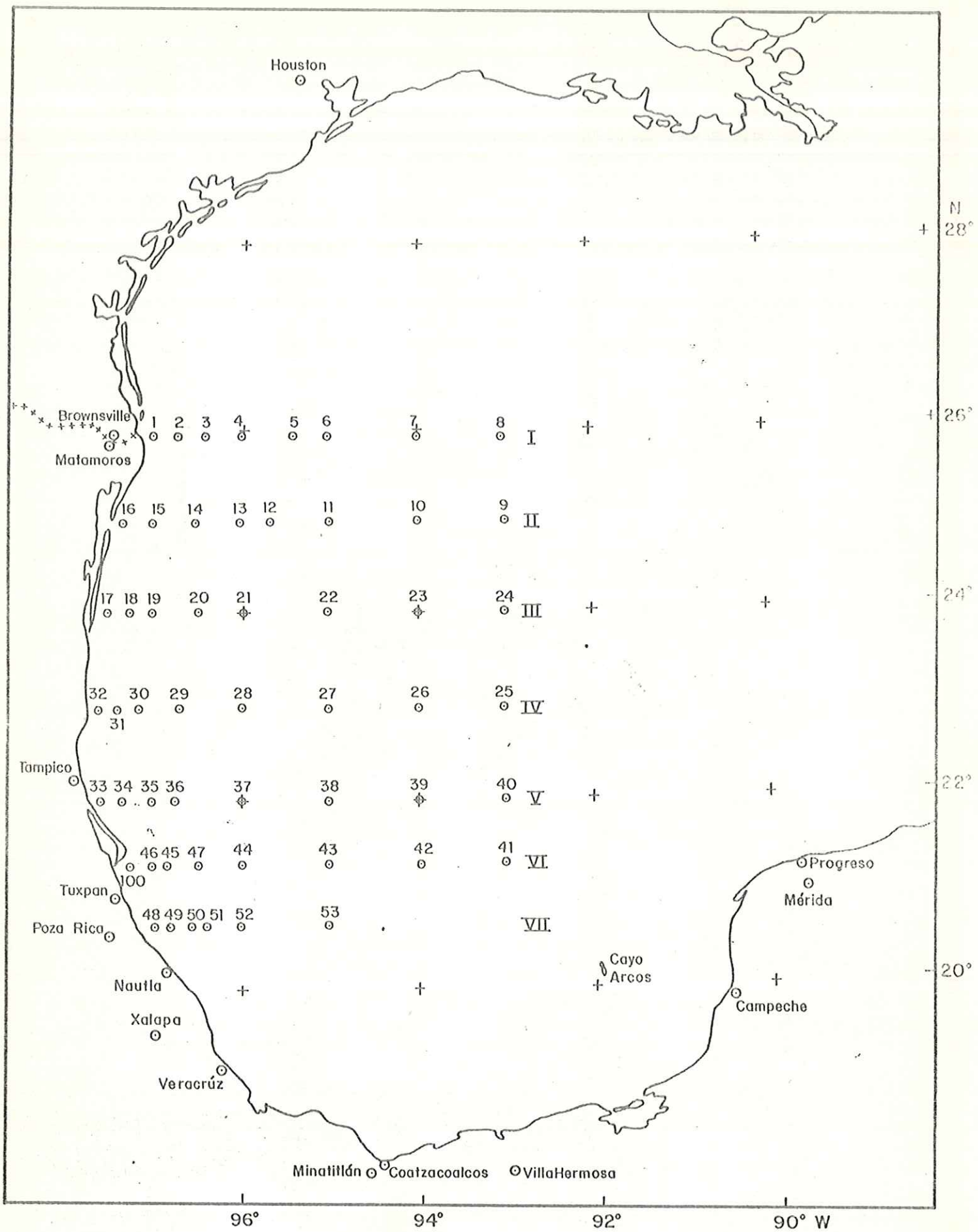


FIG. 1 LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS DEL CRUCERO ARGOS 86-1.

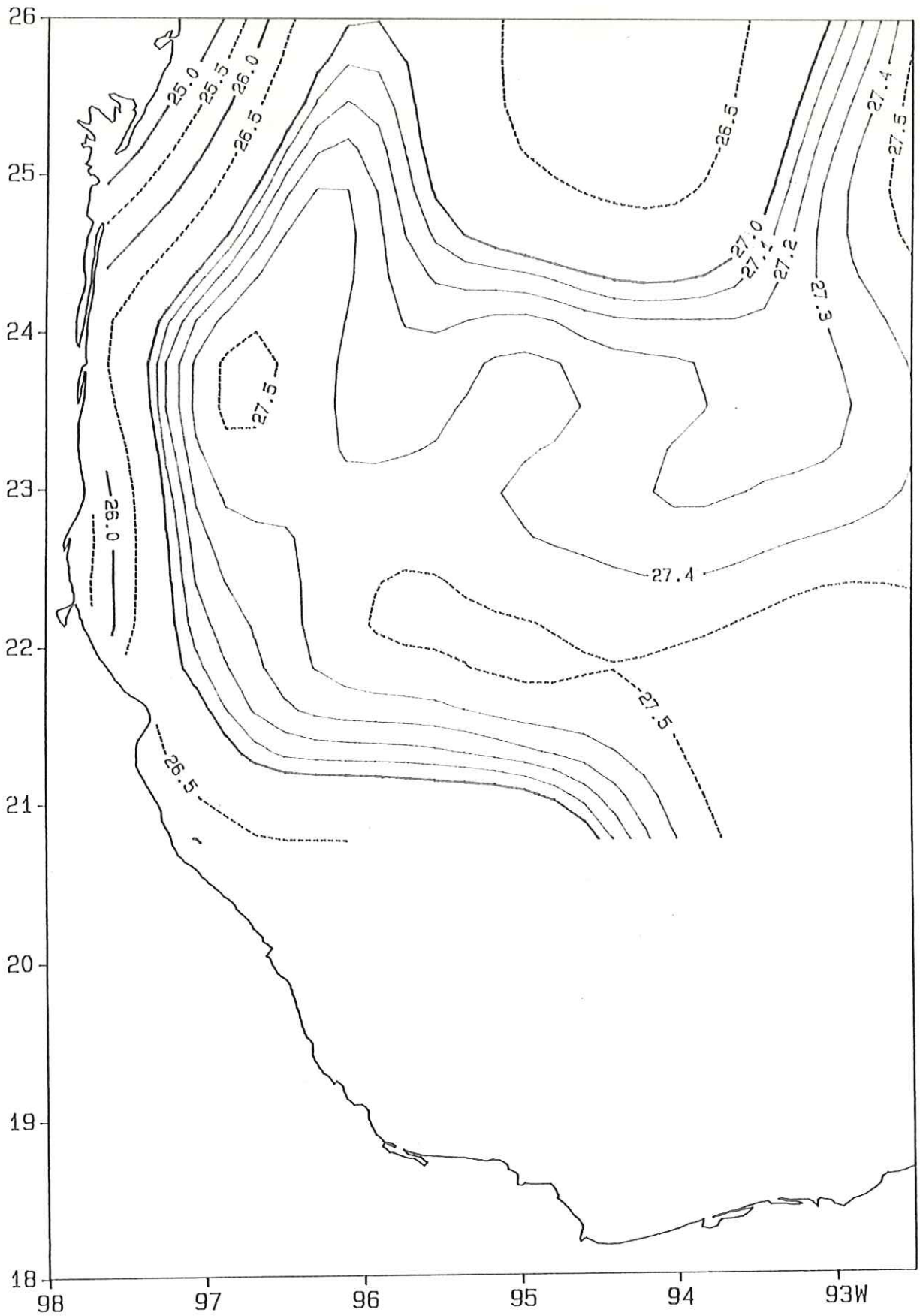


FIG. 2 CONTORNOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C) EN EL GOLFO DE MEXICO DURANTE EL CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV 1986

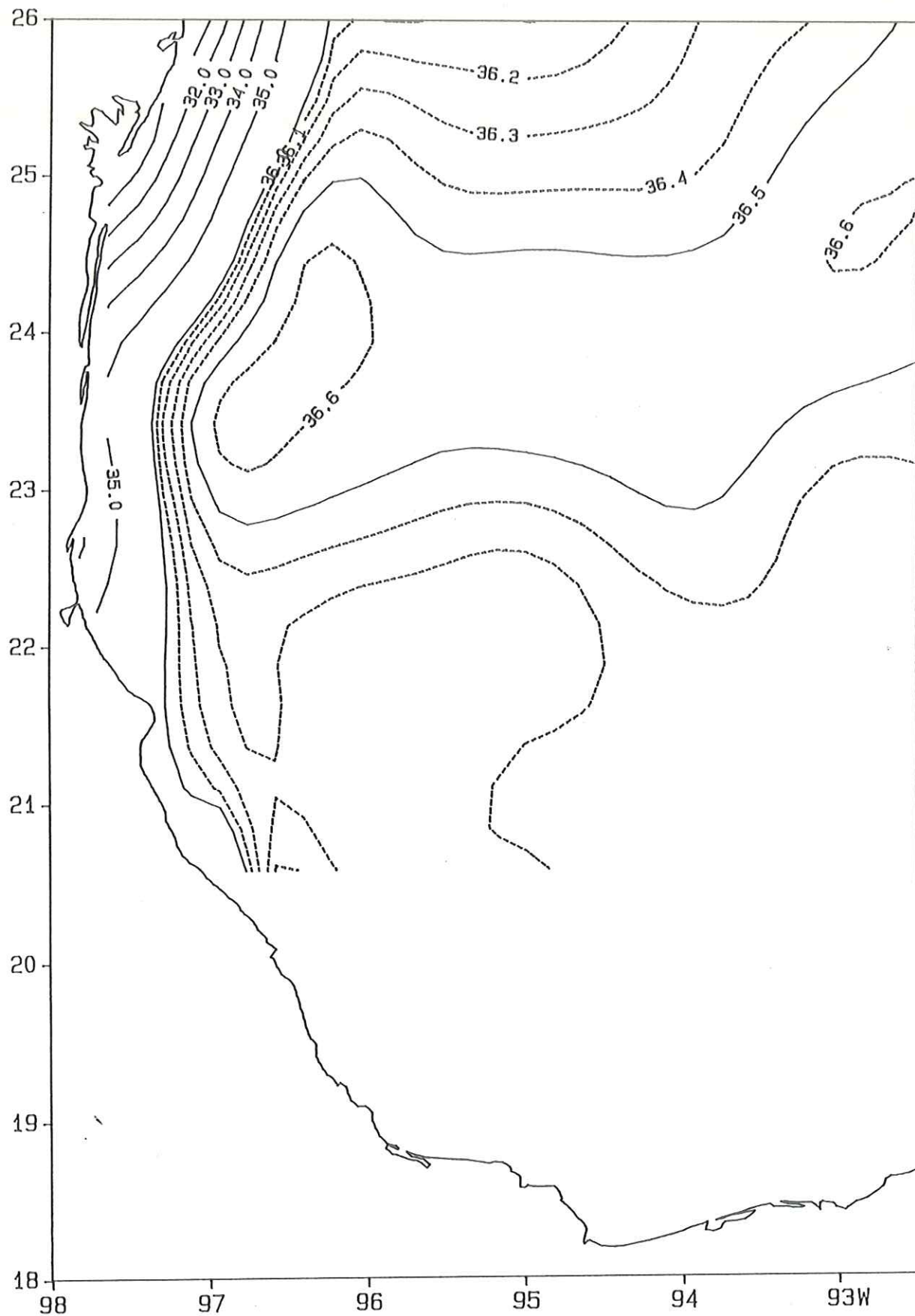


FIG. 3 CONTORNOS DE SALINIDAD SUPERFICIAL (0/00) EN EL GOLFO DE MEXICO DURANTE EL CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV 1986.

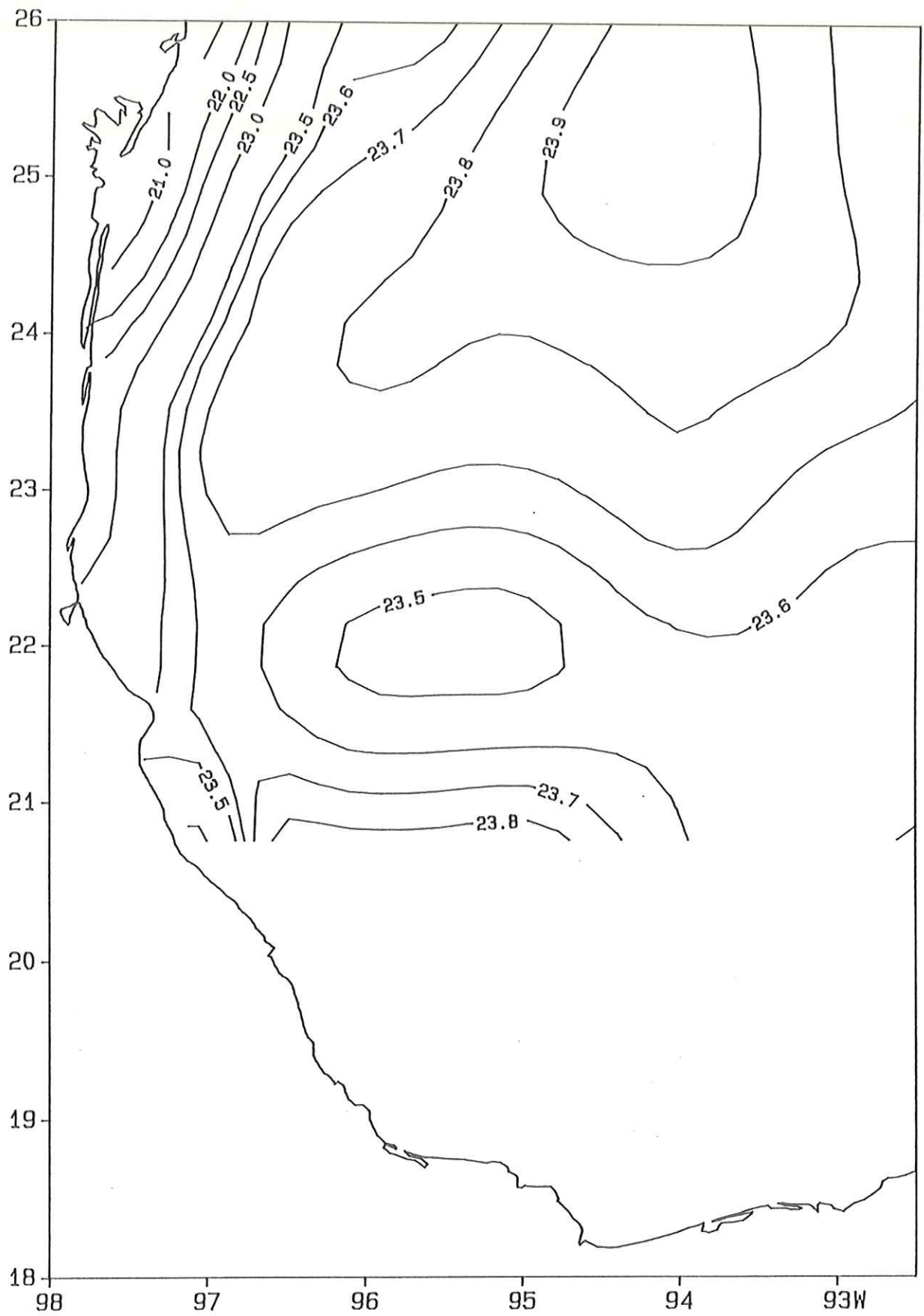


FIG. 4 CONTORNOS SUPERFICIALES DE DENSIDAD (Kg/m**3)
EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV DE 1986.

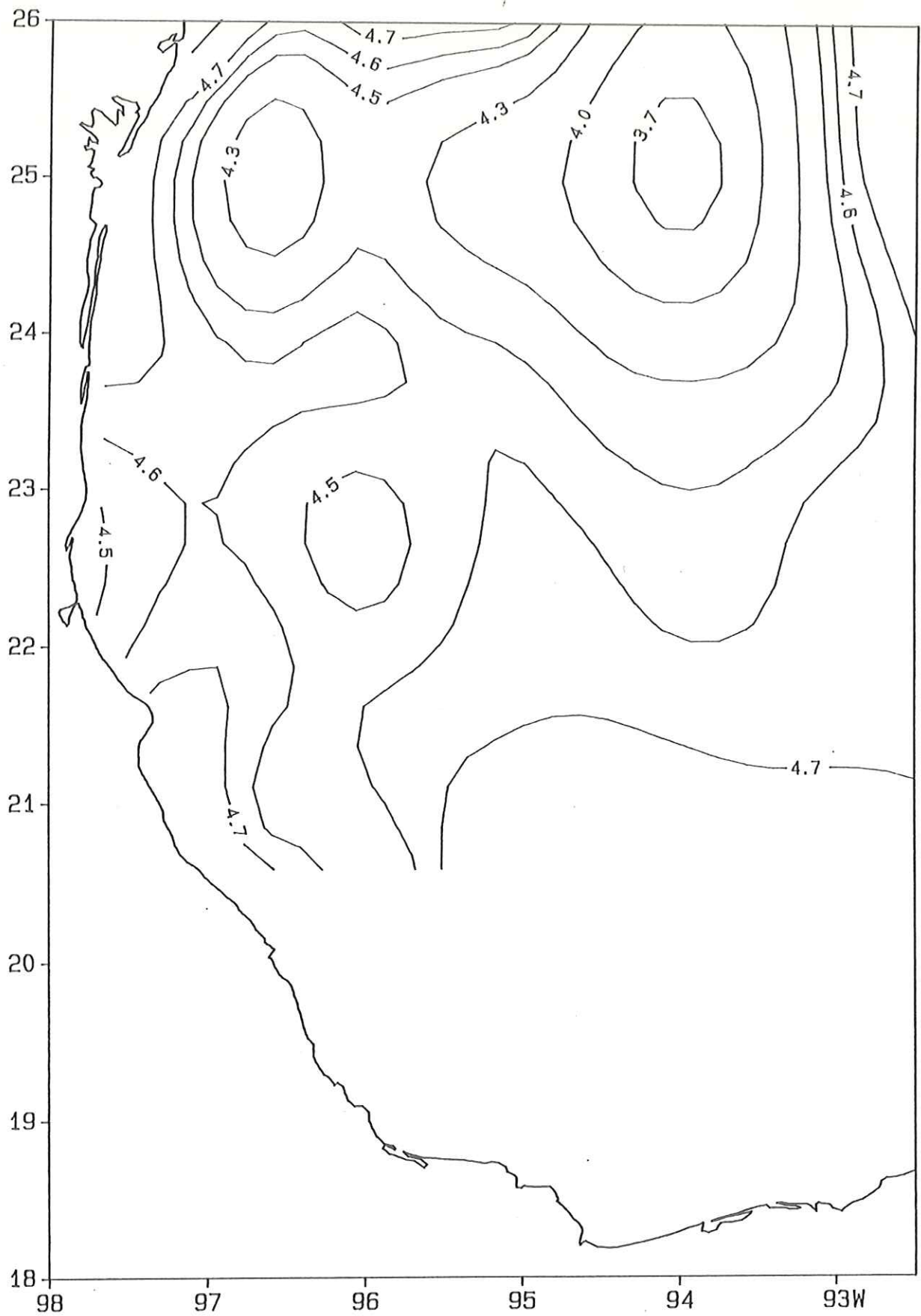


FIG. 5 CONTORNOS SUPERFICIALES DE OXIGENO DISUELTTO (m1/1) EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV DE 1986.

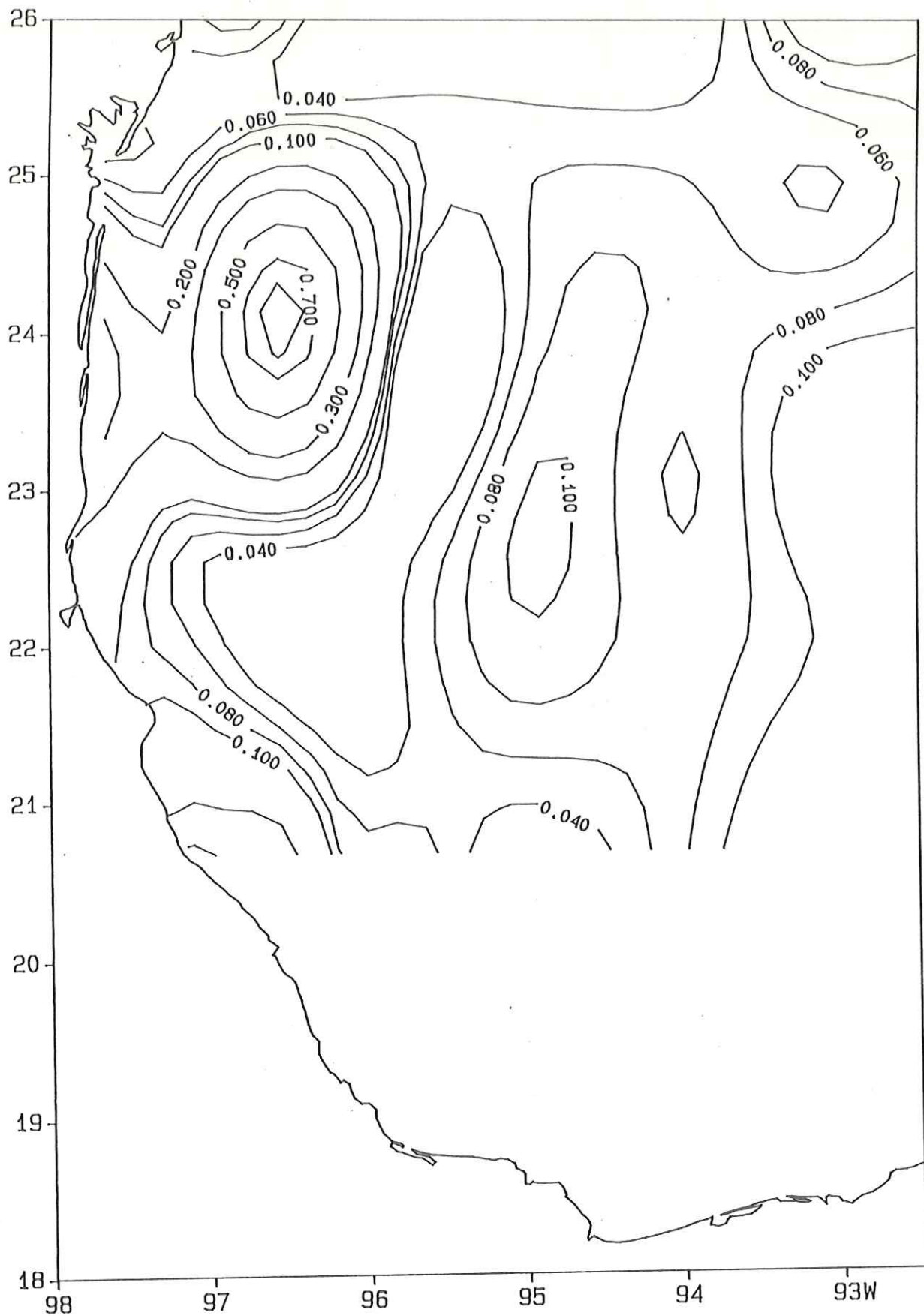


FIG. 6 CONTORNOS SUPERFICIALES DE NITRATO DISUELTO ($\mu\text{g-at/l}$) EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV DE 1986.

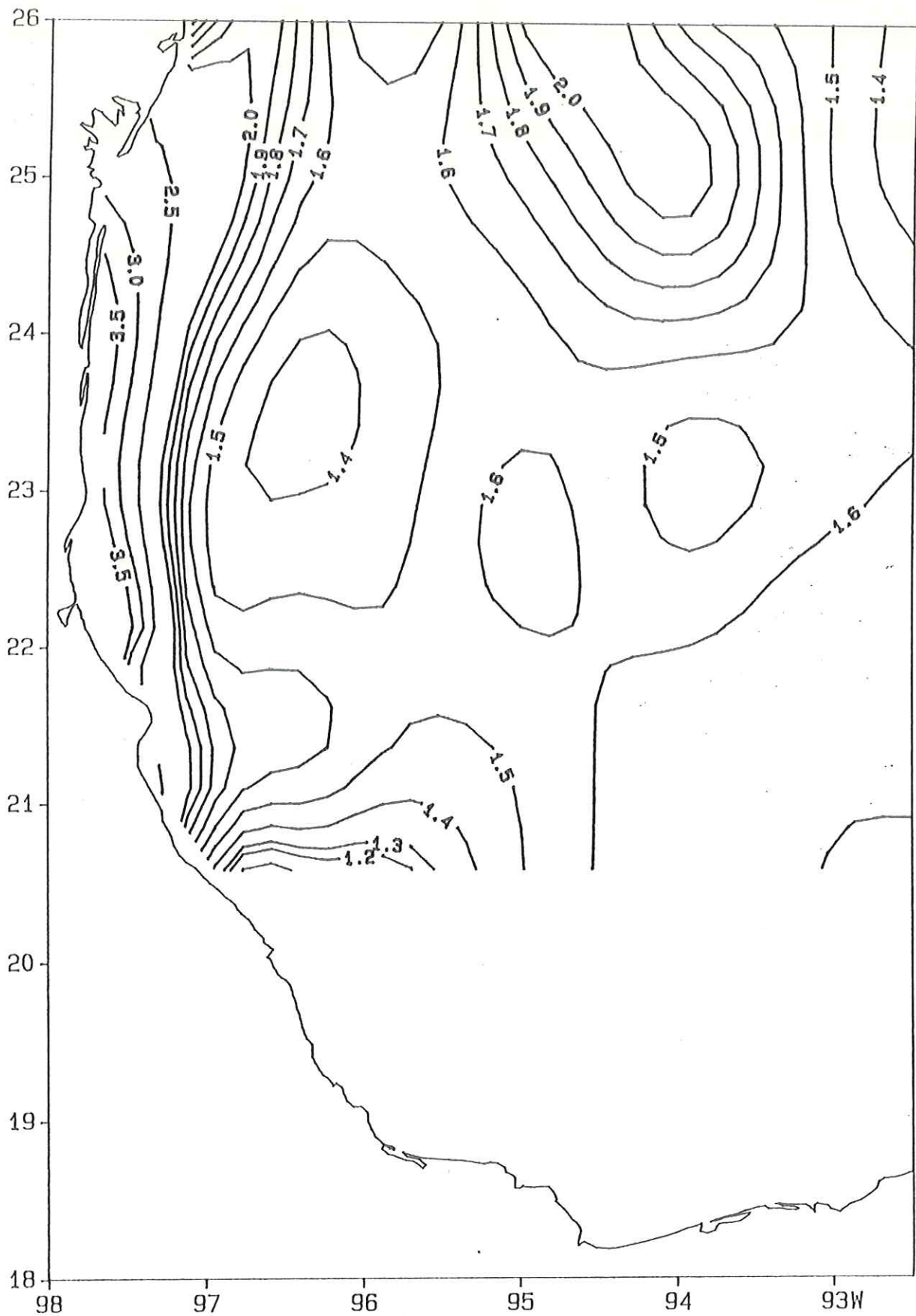


FIG. 7 CONTORNOS SUPERFICIALES DE SILICATO DISUELTO ($\mu\text{g-at/l}$) EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV DE 1986.

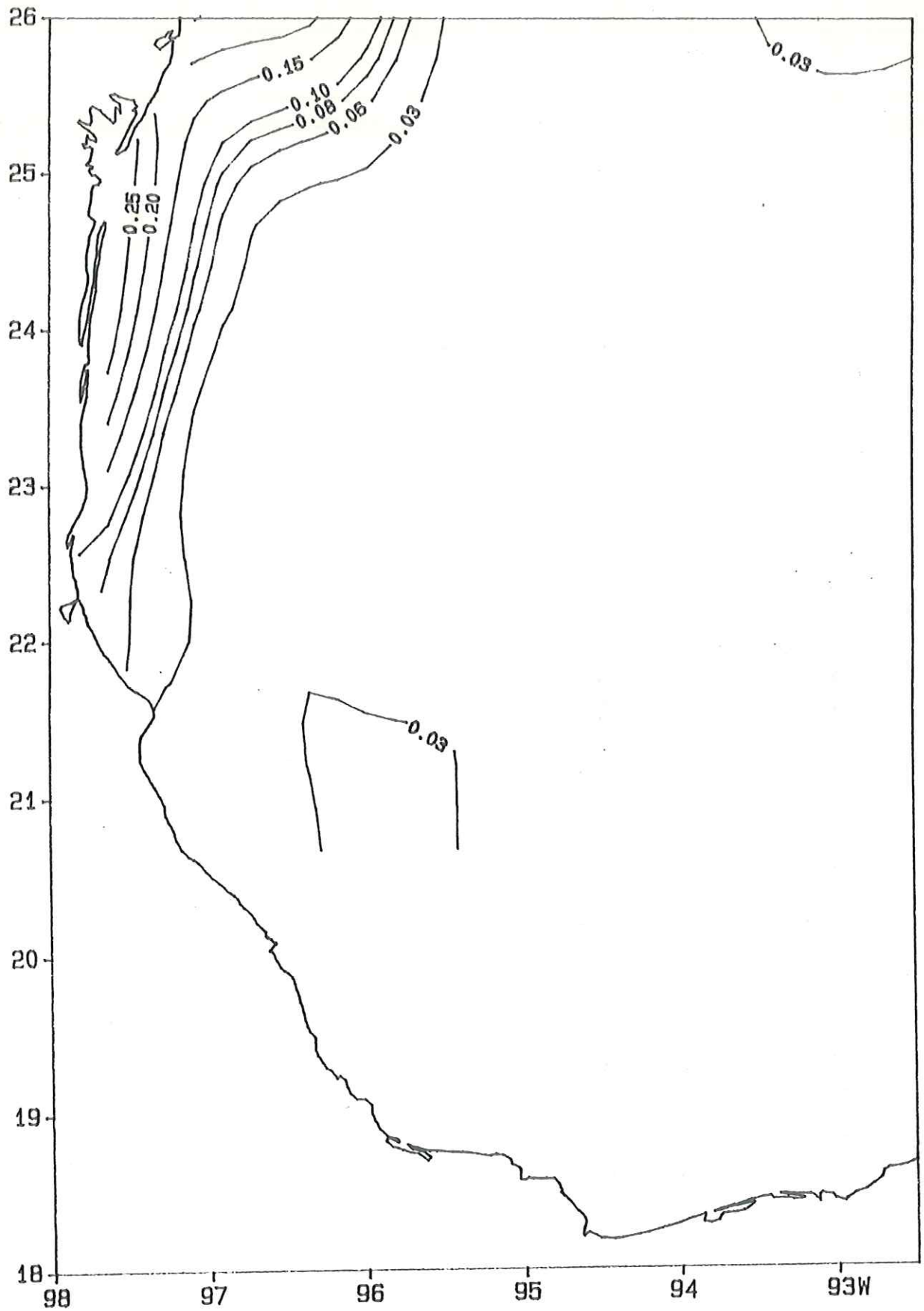


FIG. 8 CONTORNOS SUPERFICIALES DE FOSFATO DISUELTO ($\mu\text{g-at/l}$) EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1. OCT-NOV DE 1986.

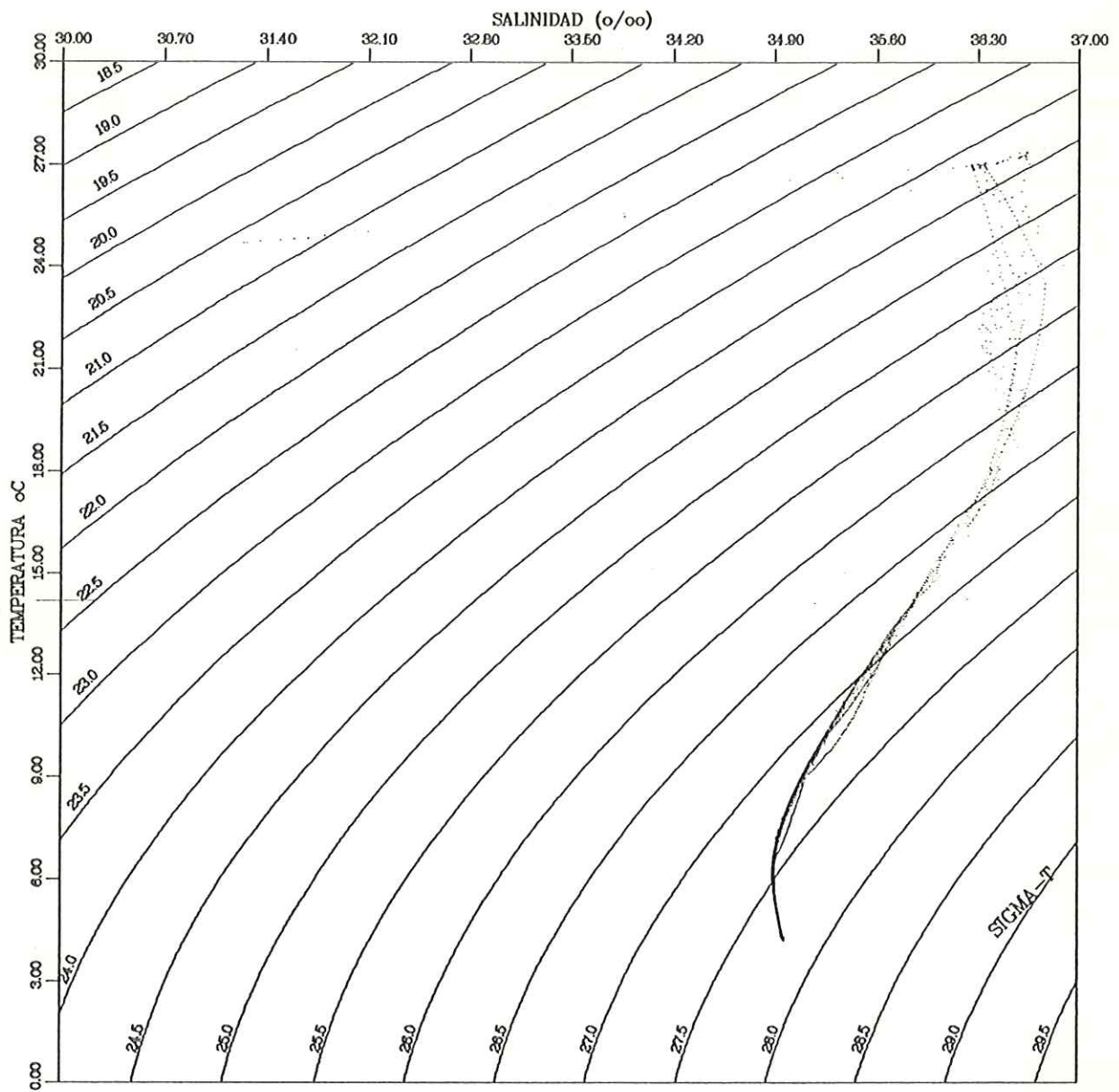


Fig. 9 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 1

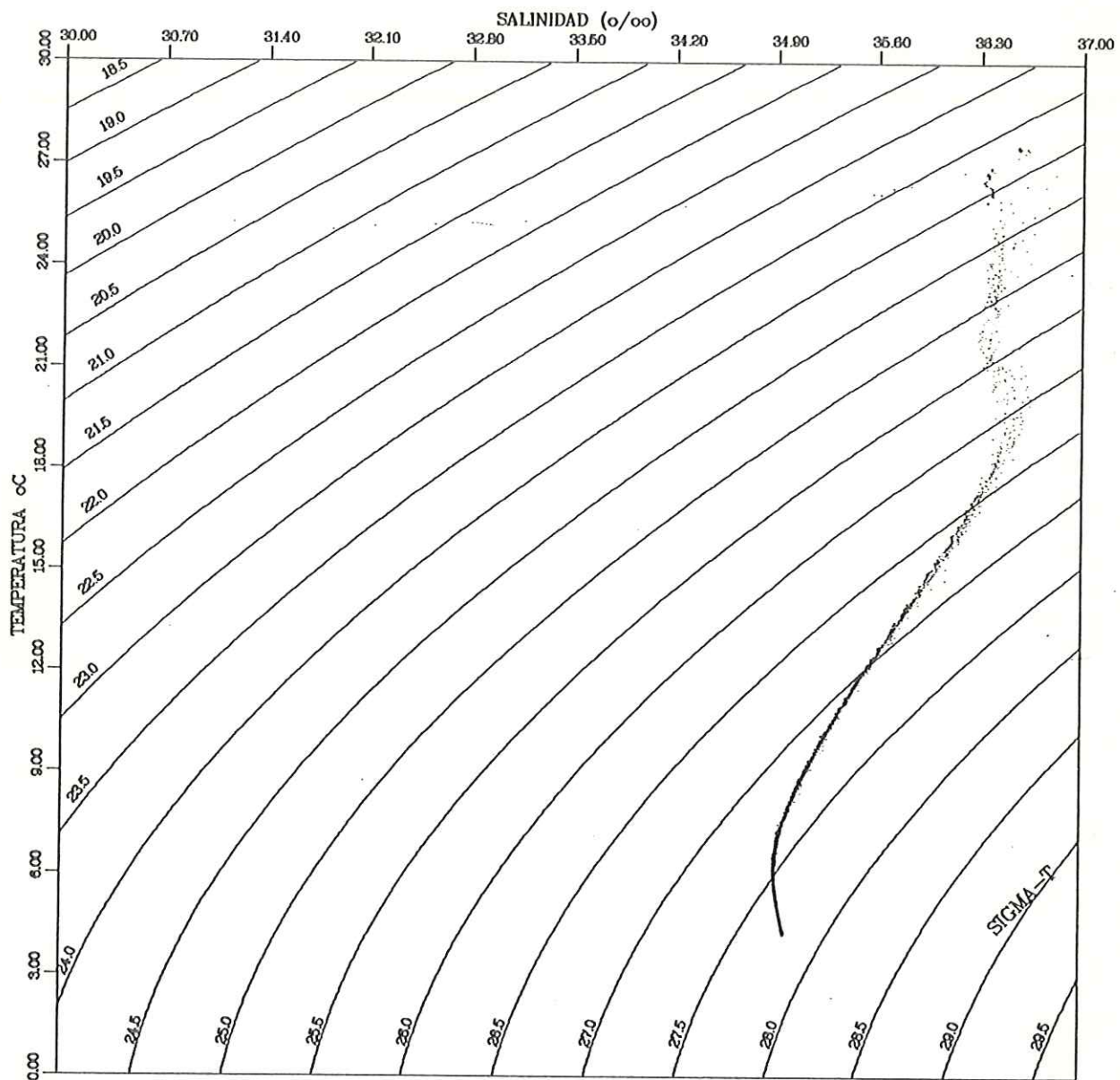


Fig. 10 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 2

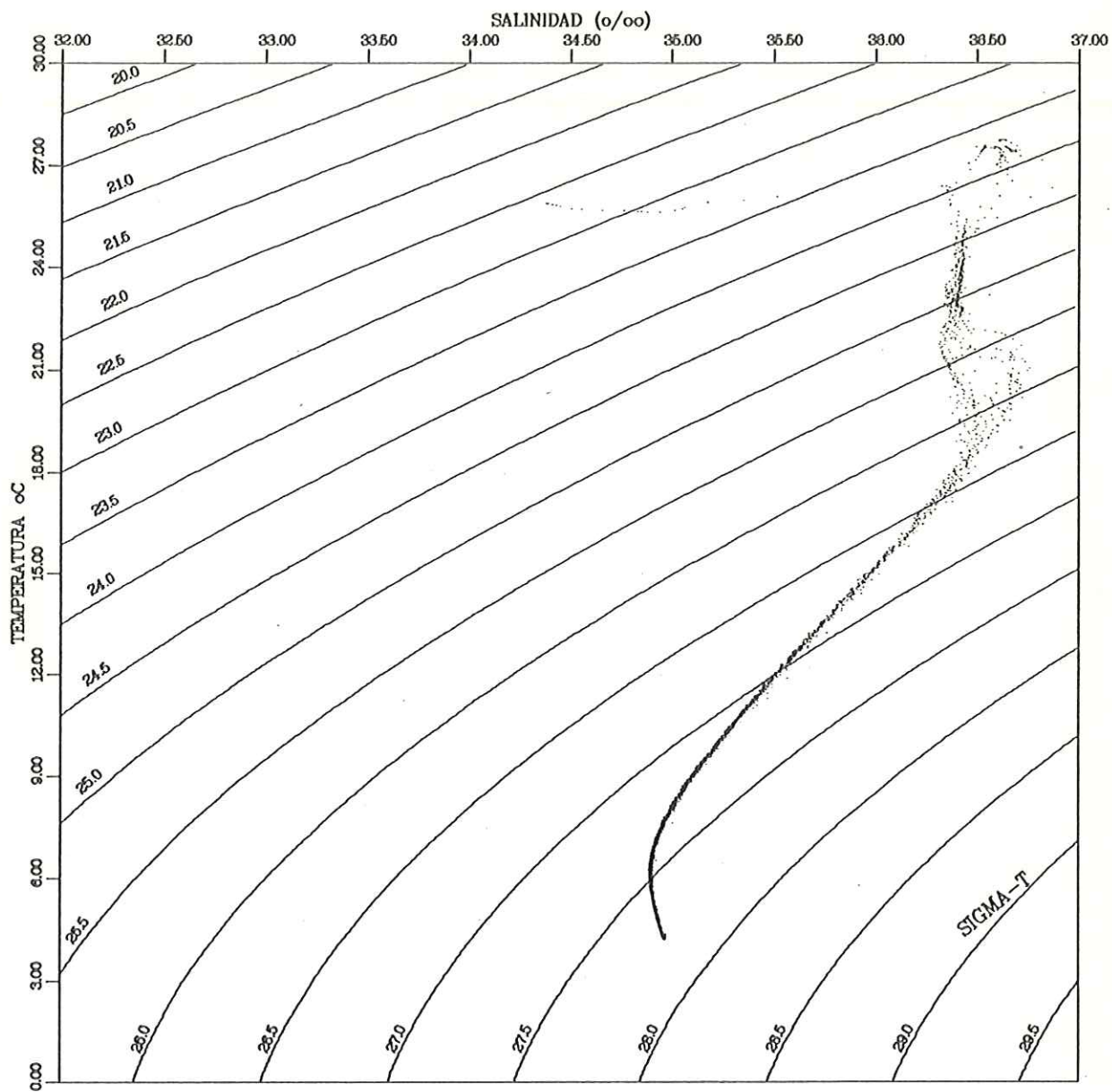


Fig. 11 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 3

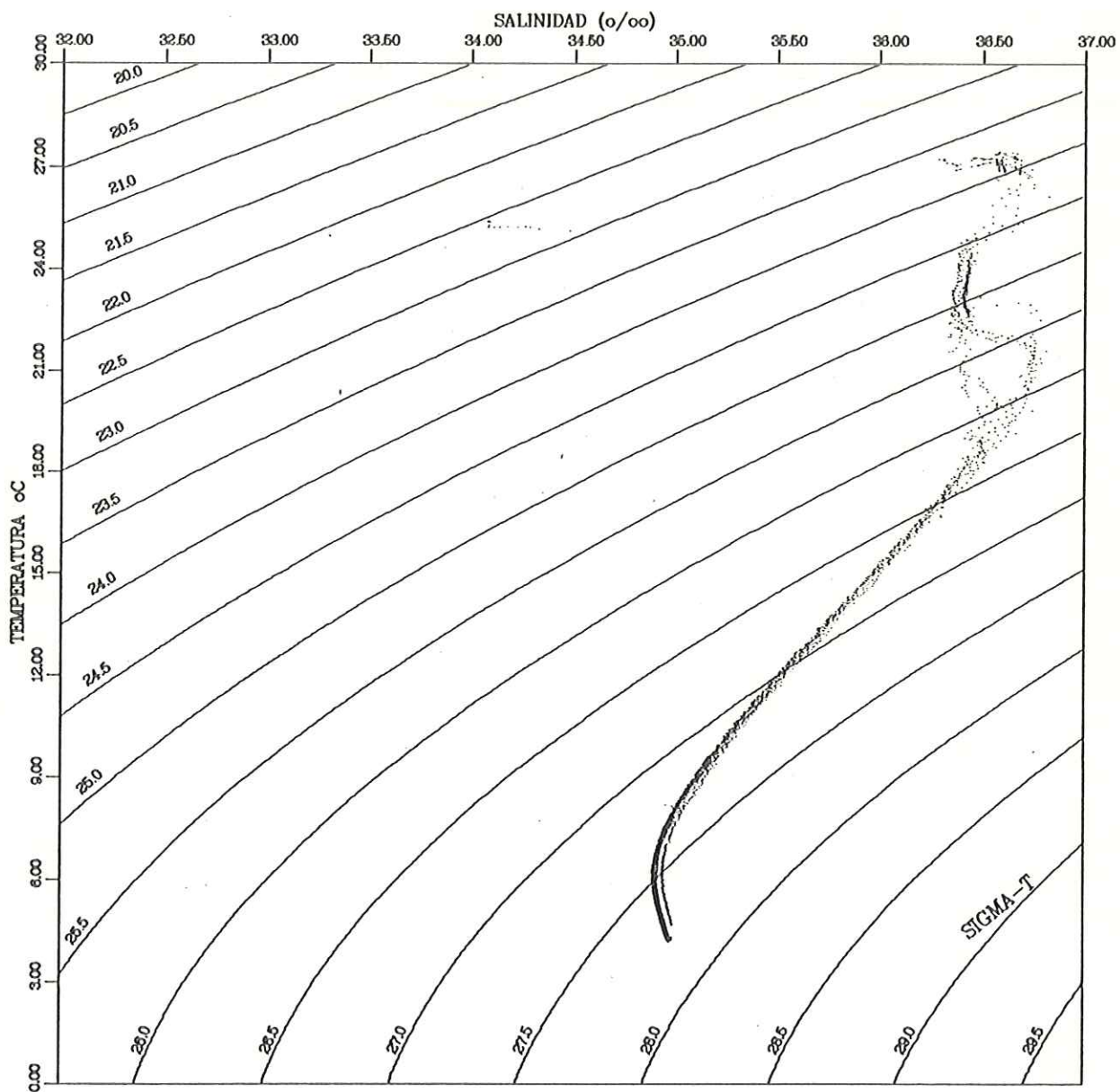


Fig. 12 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 4

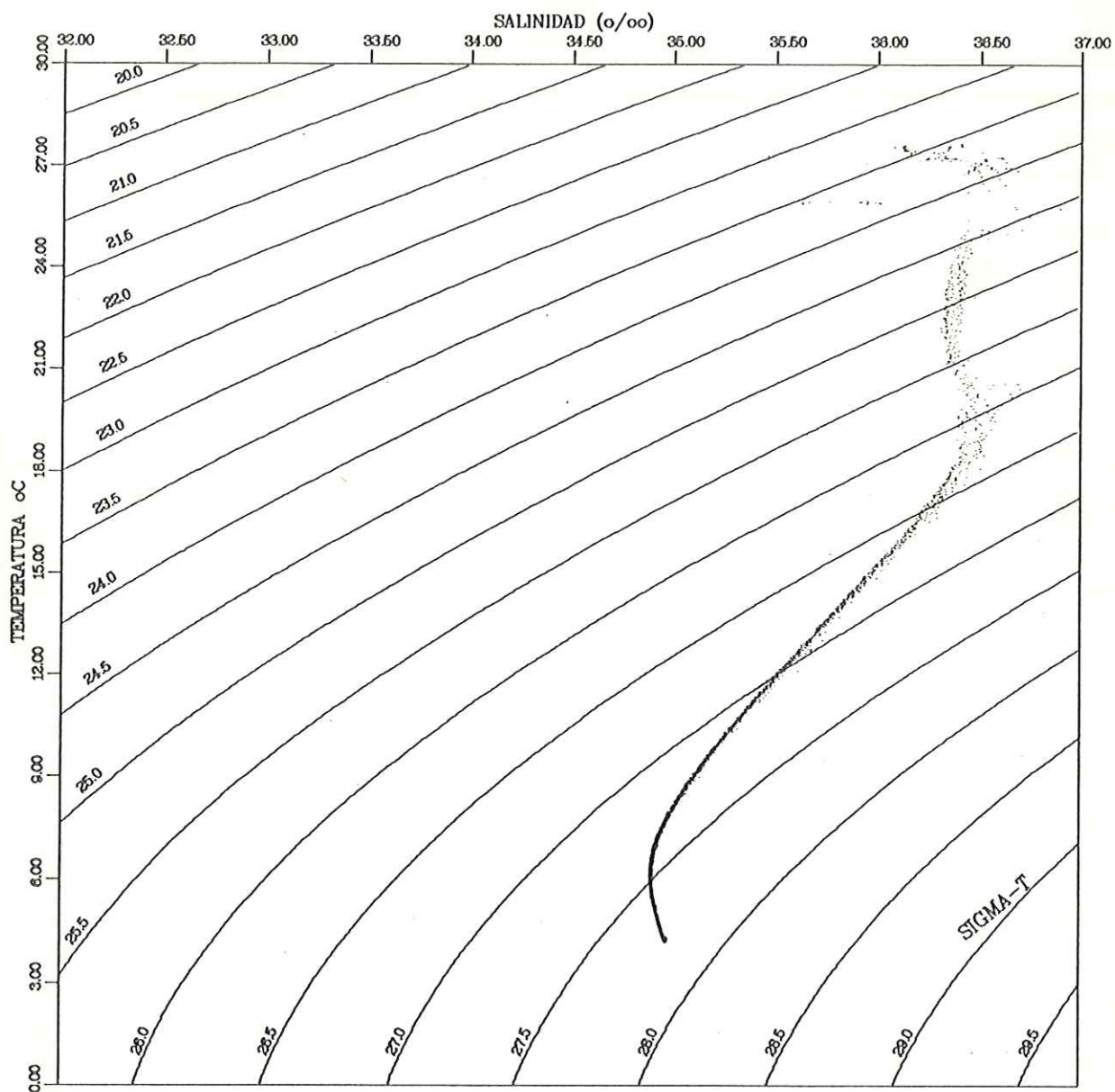


Fig. 13 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 5

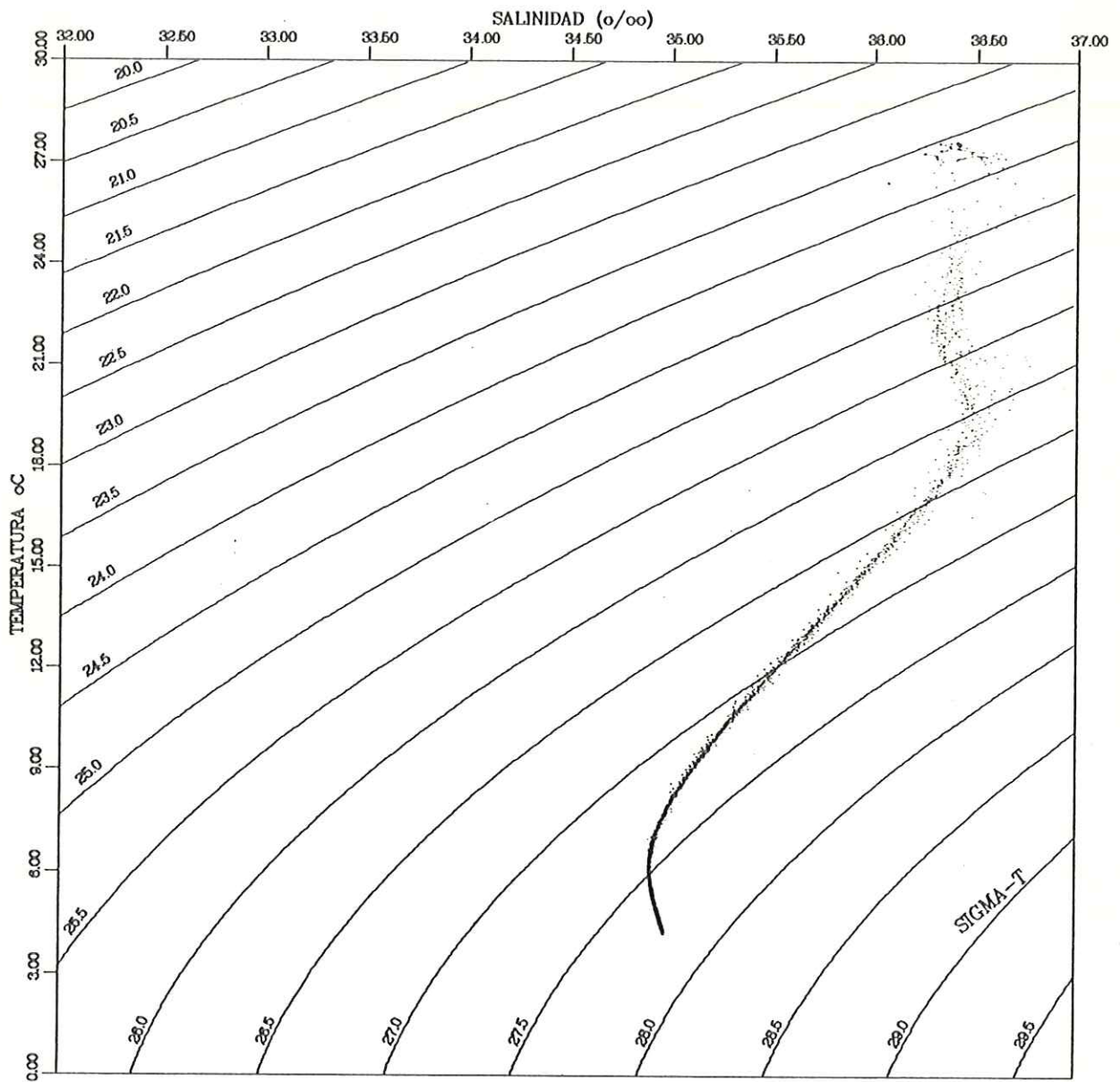


Fig. 14 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 6

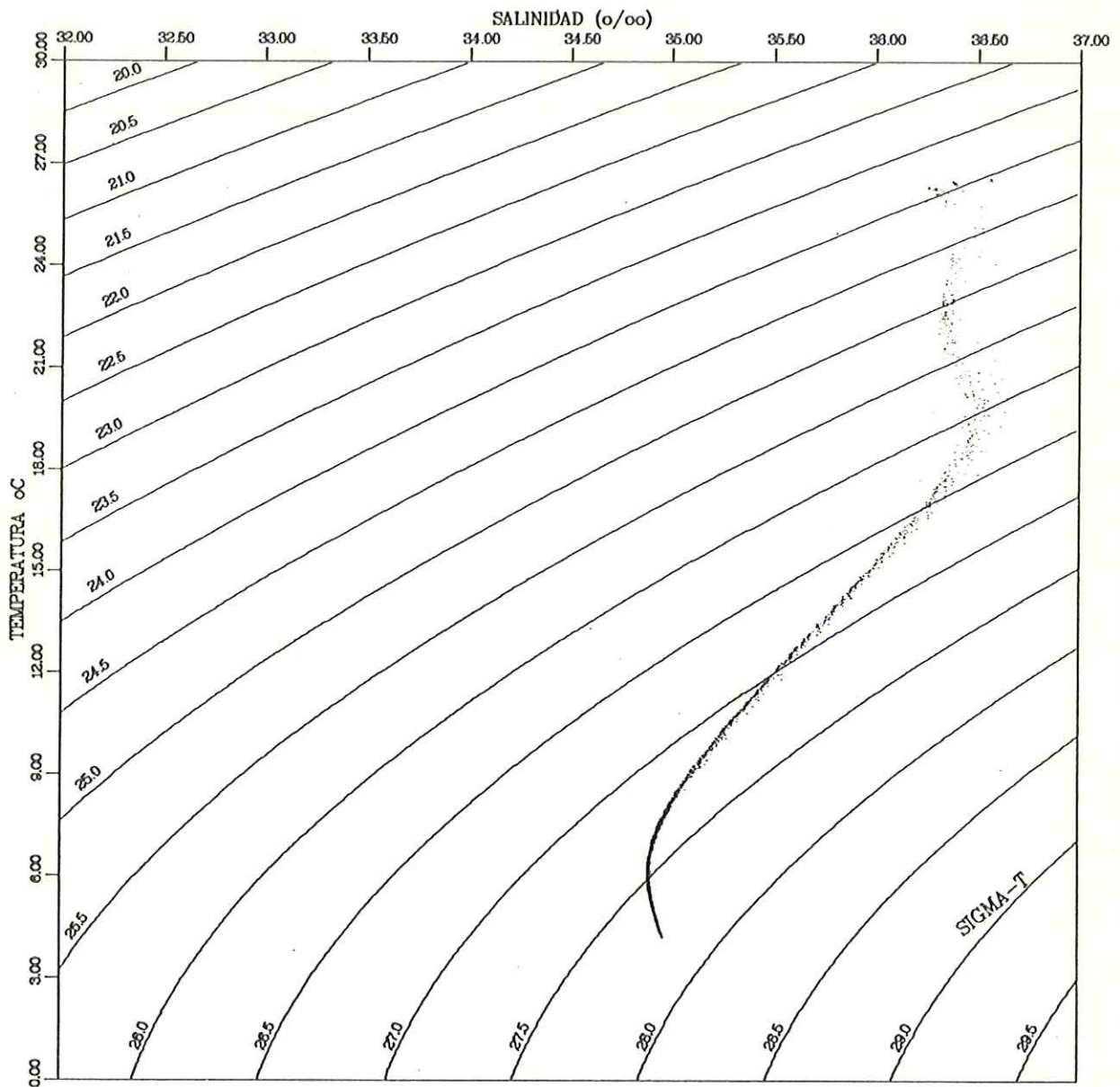


Fig. 15 Dispersion de la relacion temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados en el Golfo de Mexico. Crucero Argos 86-1. Transecto 7

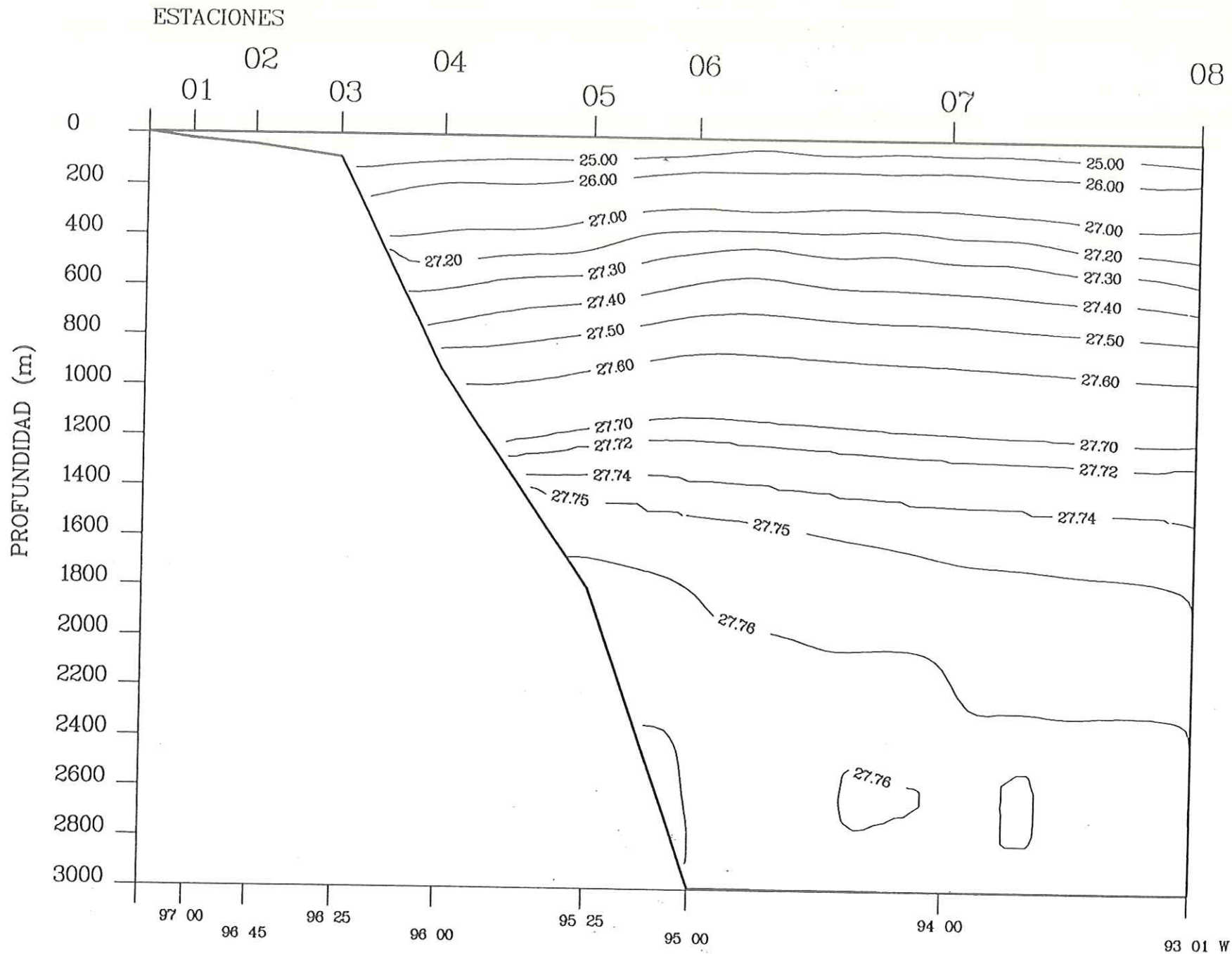


Fig. 16 Transecto 1. Crucero Argos 86-1. Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 25 55.5 N

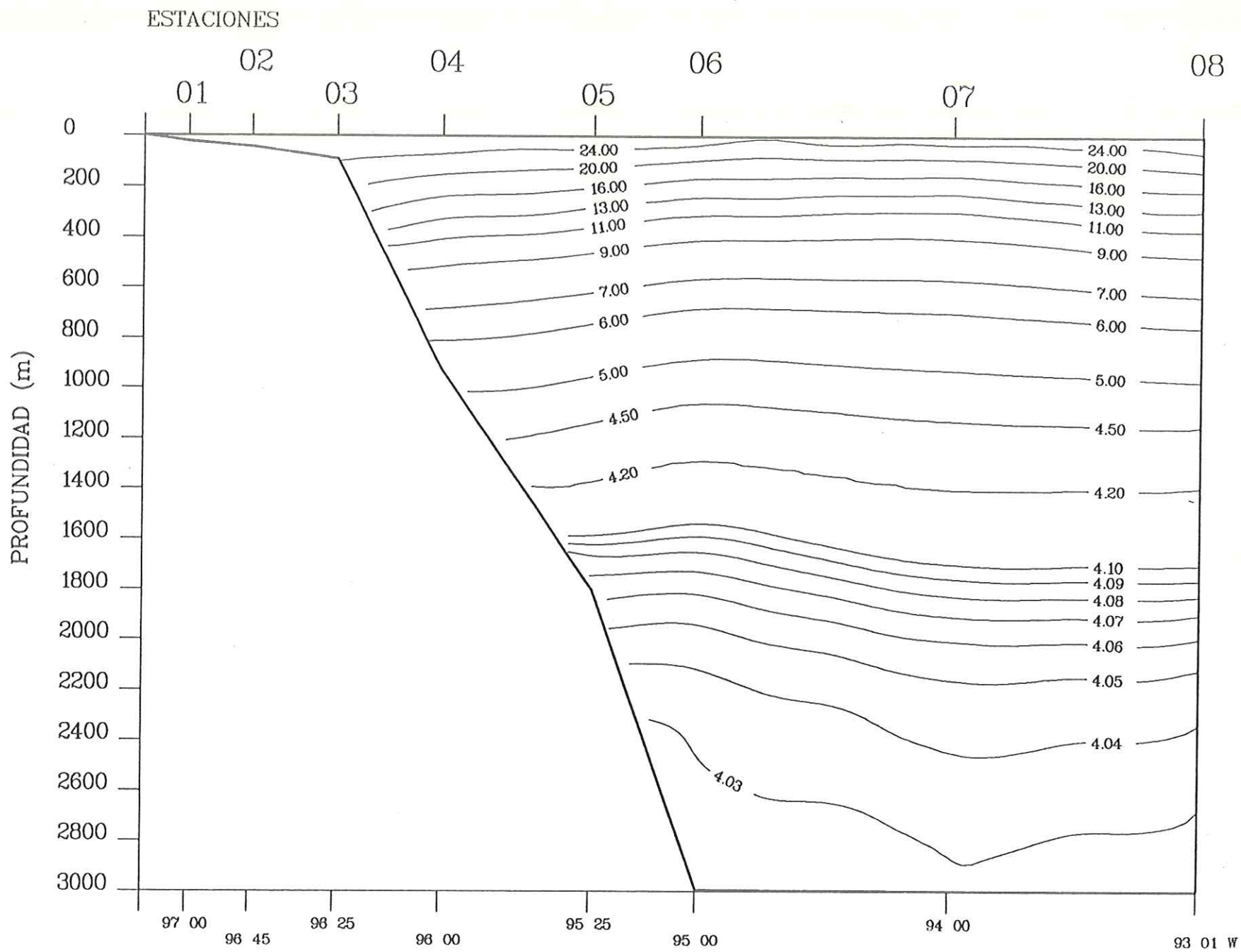


Fig.17 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (oC). Latitud 25 55.5 N

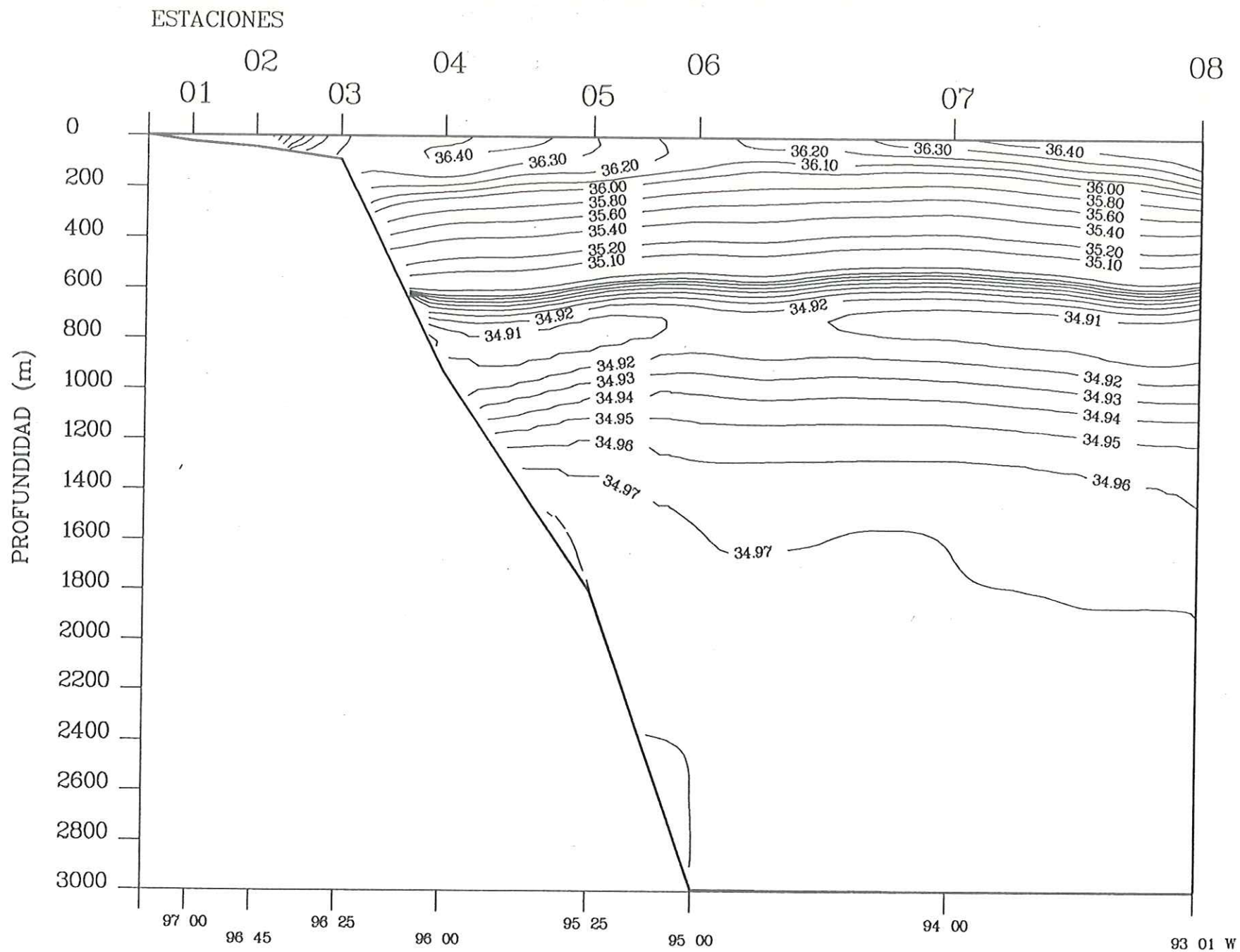


Fig.18 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 25 55.5 N

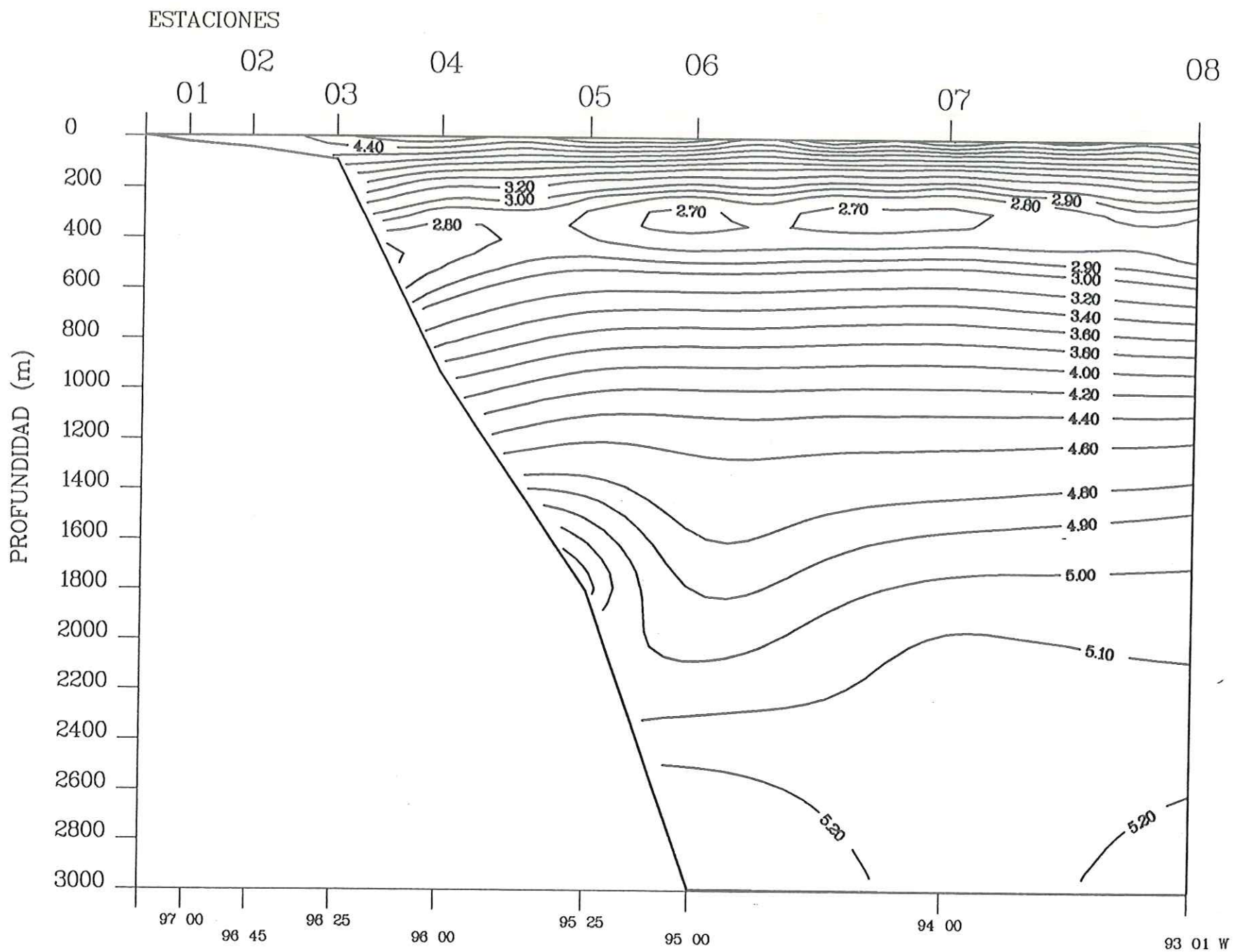


Fig. 19 Transecto 1. Crucero Argos 86-1. Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 25 55.0 N

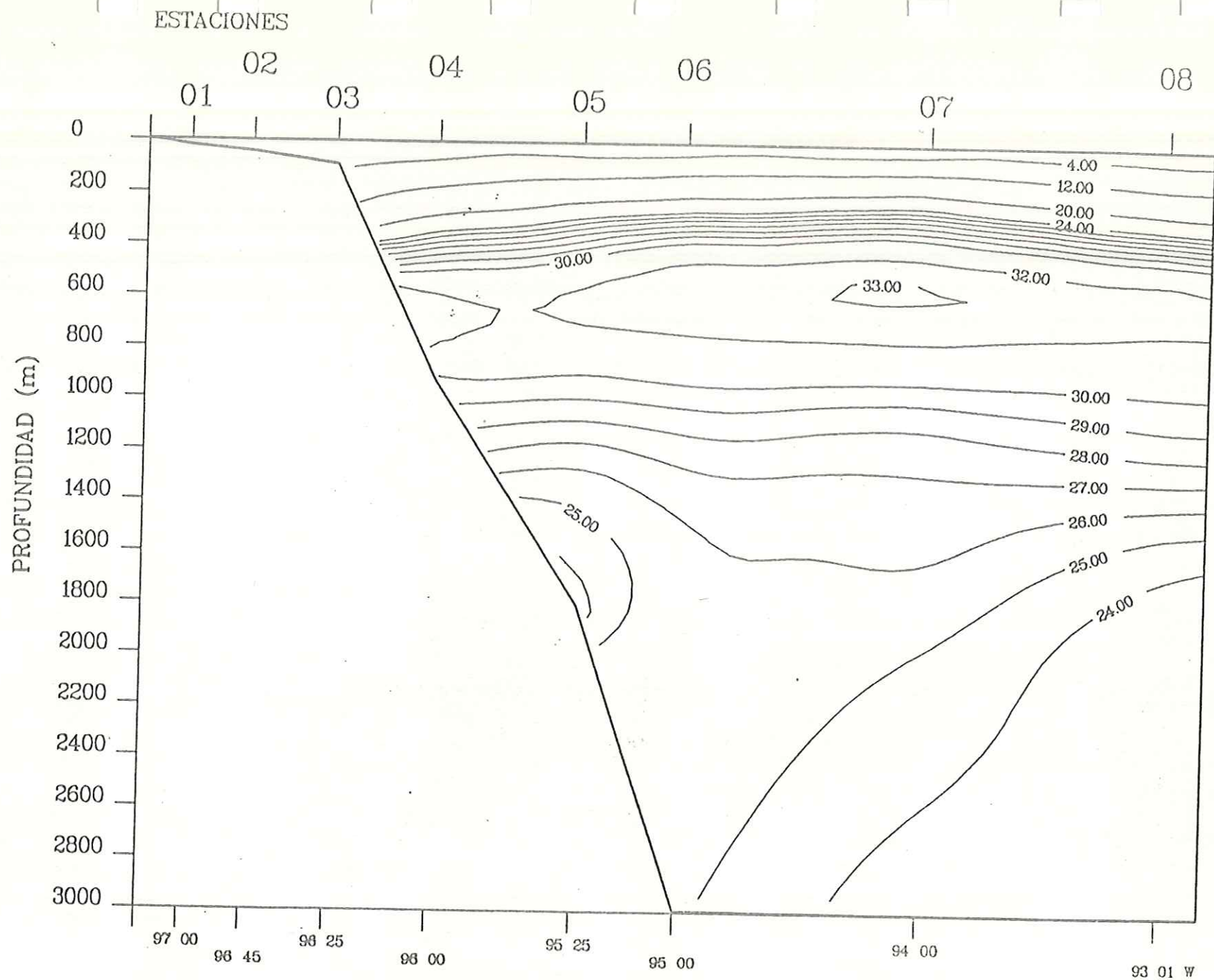


Fig. 20 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto ($\mu\text{g-at/l}$) . Latitud 25 55.0 N

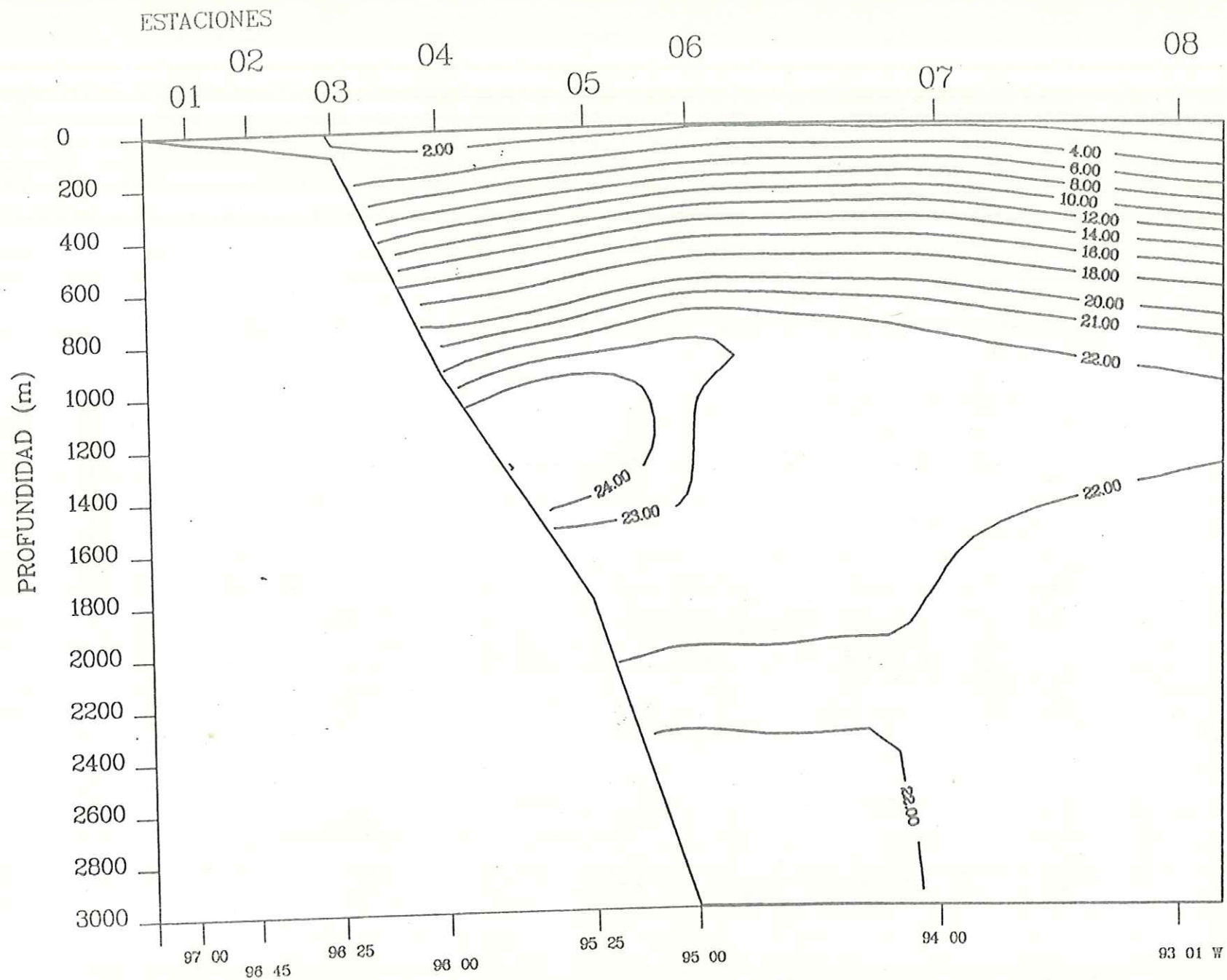


Fig.21 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 55.0 N

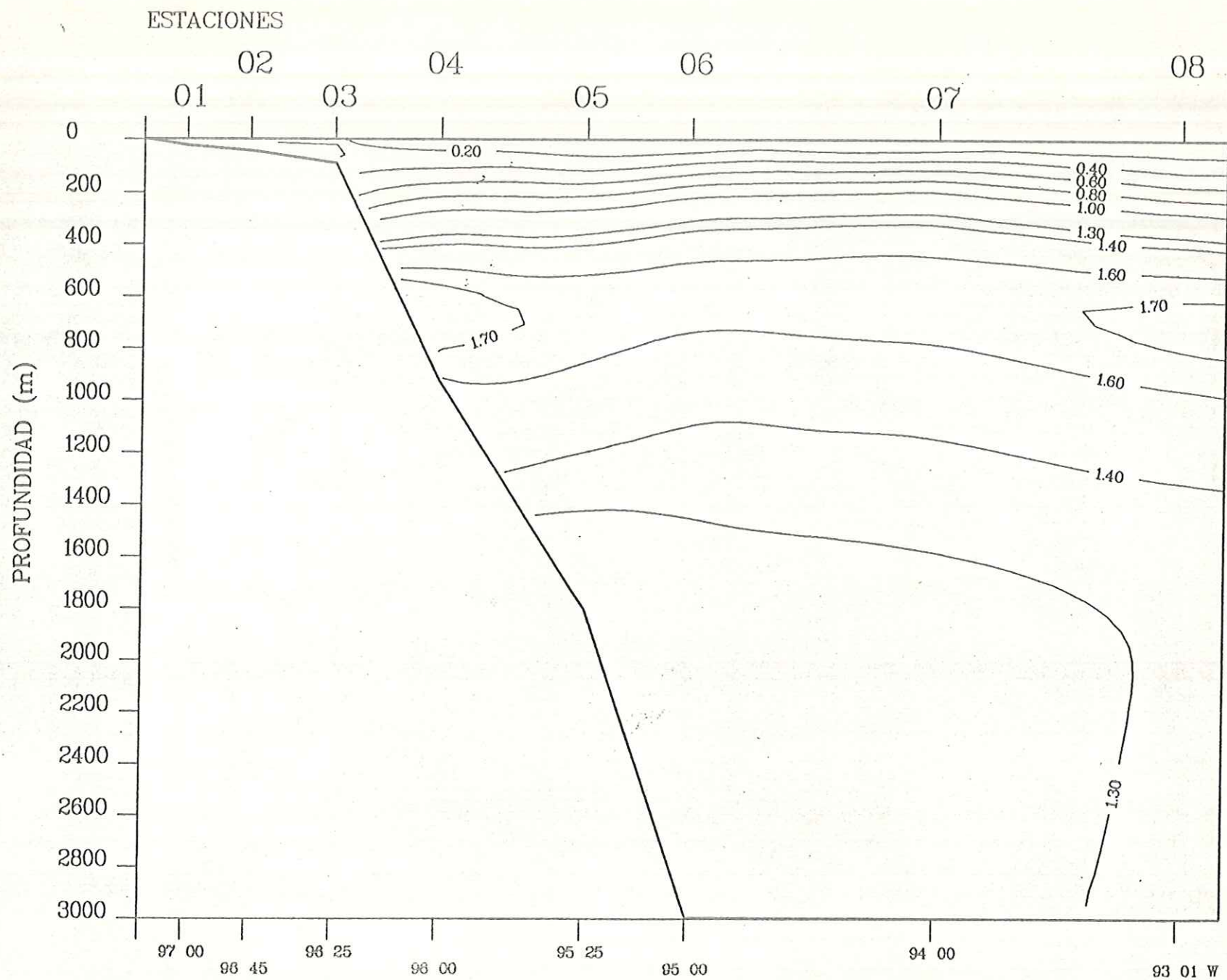


Fig. 22 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 55.0 N

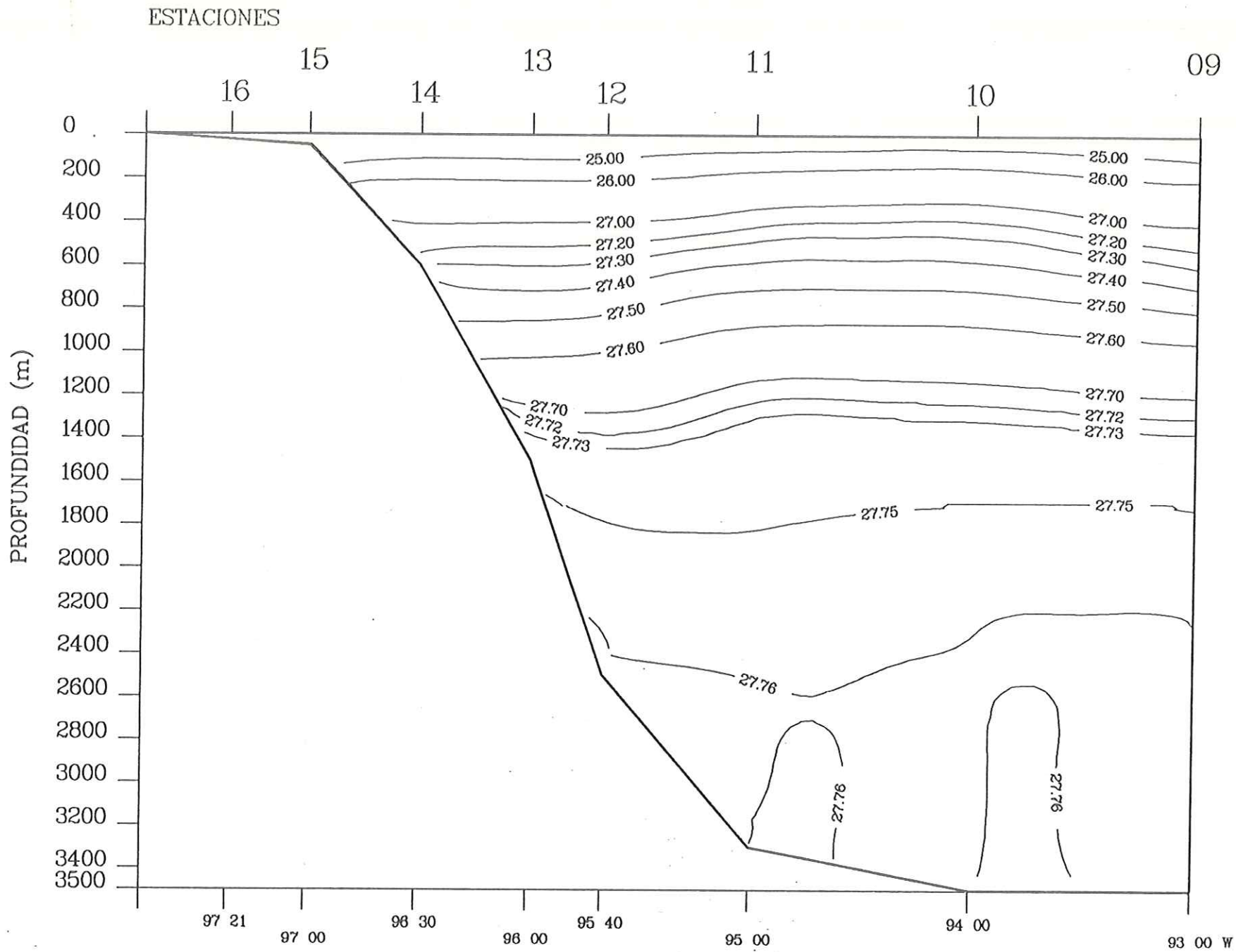


Fig.23 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 25 00.0 N

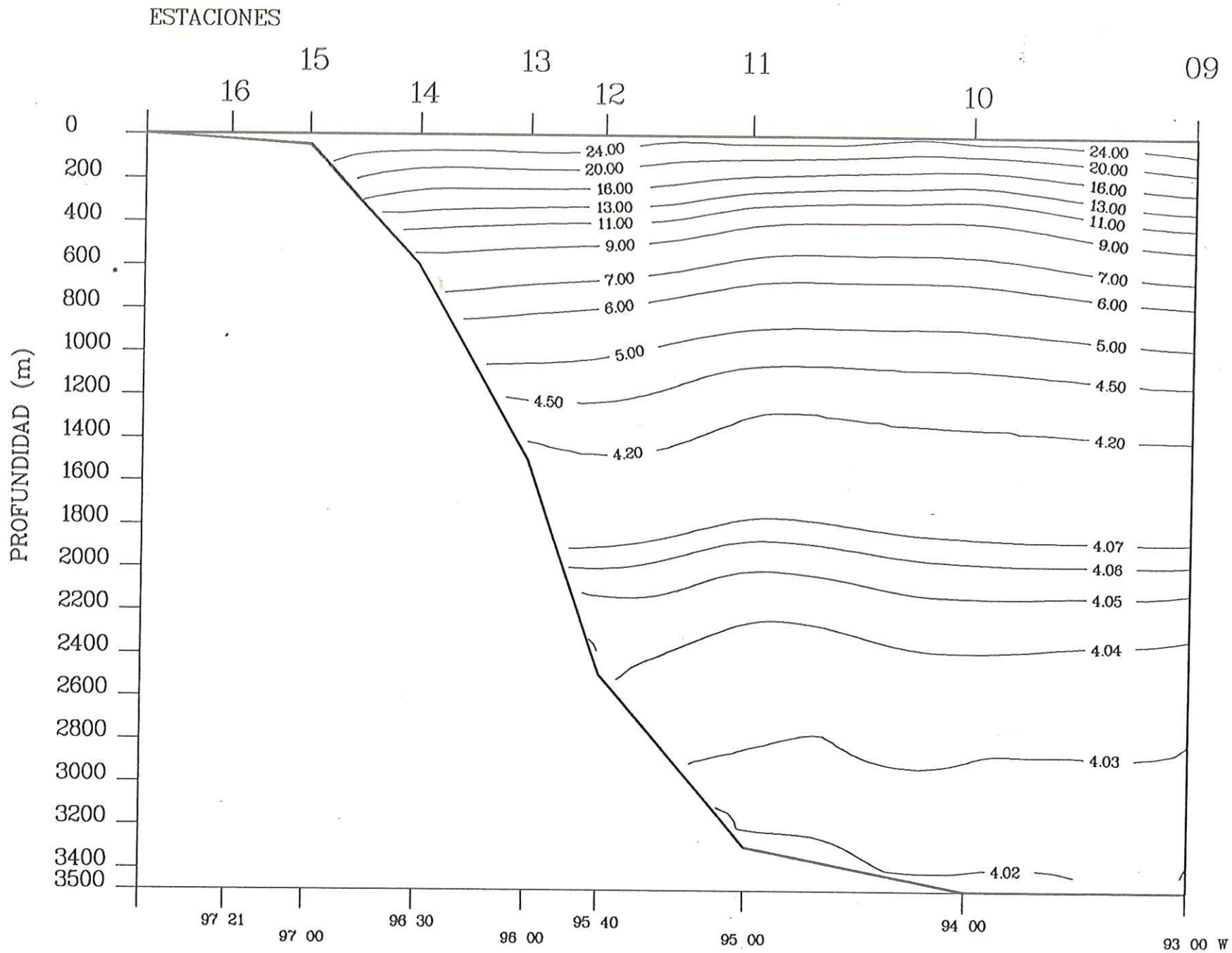


Fig.24 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (°C). Latitud 25 00.0 N

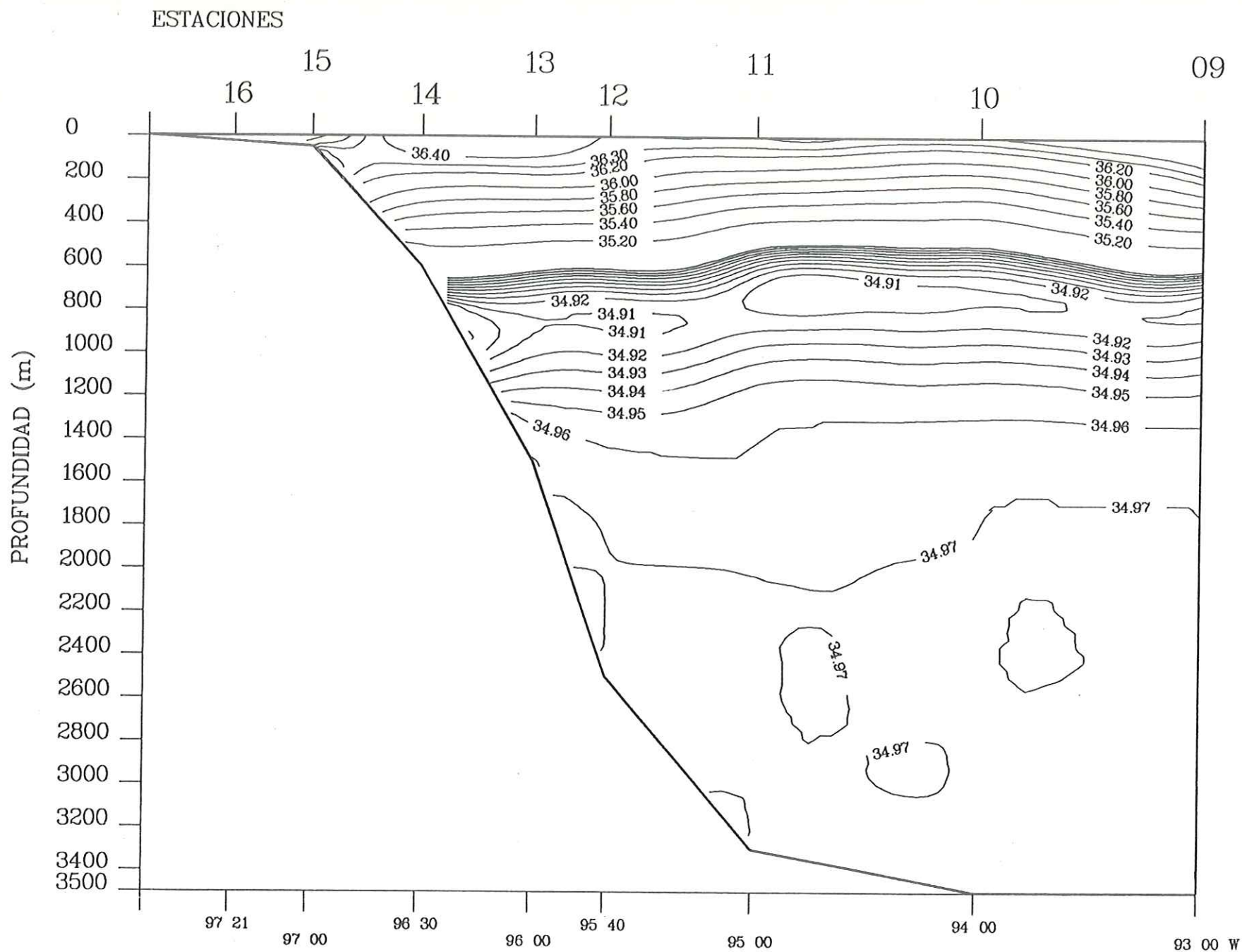


Fig.25 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 25 00.0 N

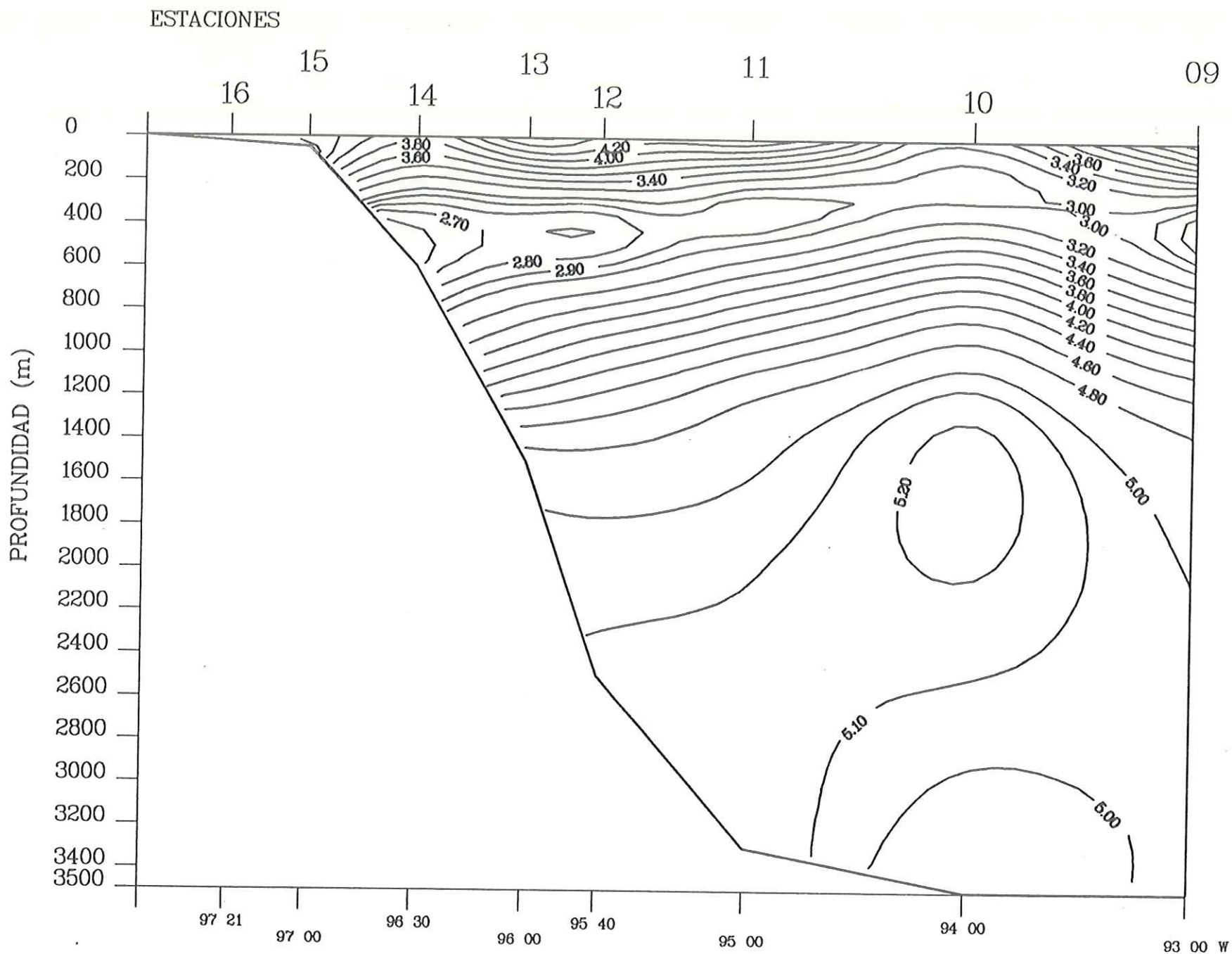


Fig. 26 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 25 00.0 N

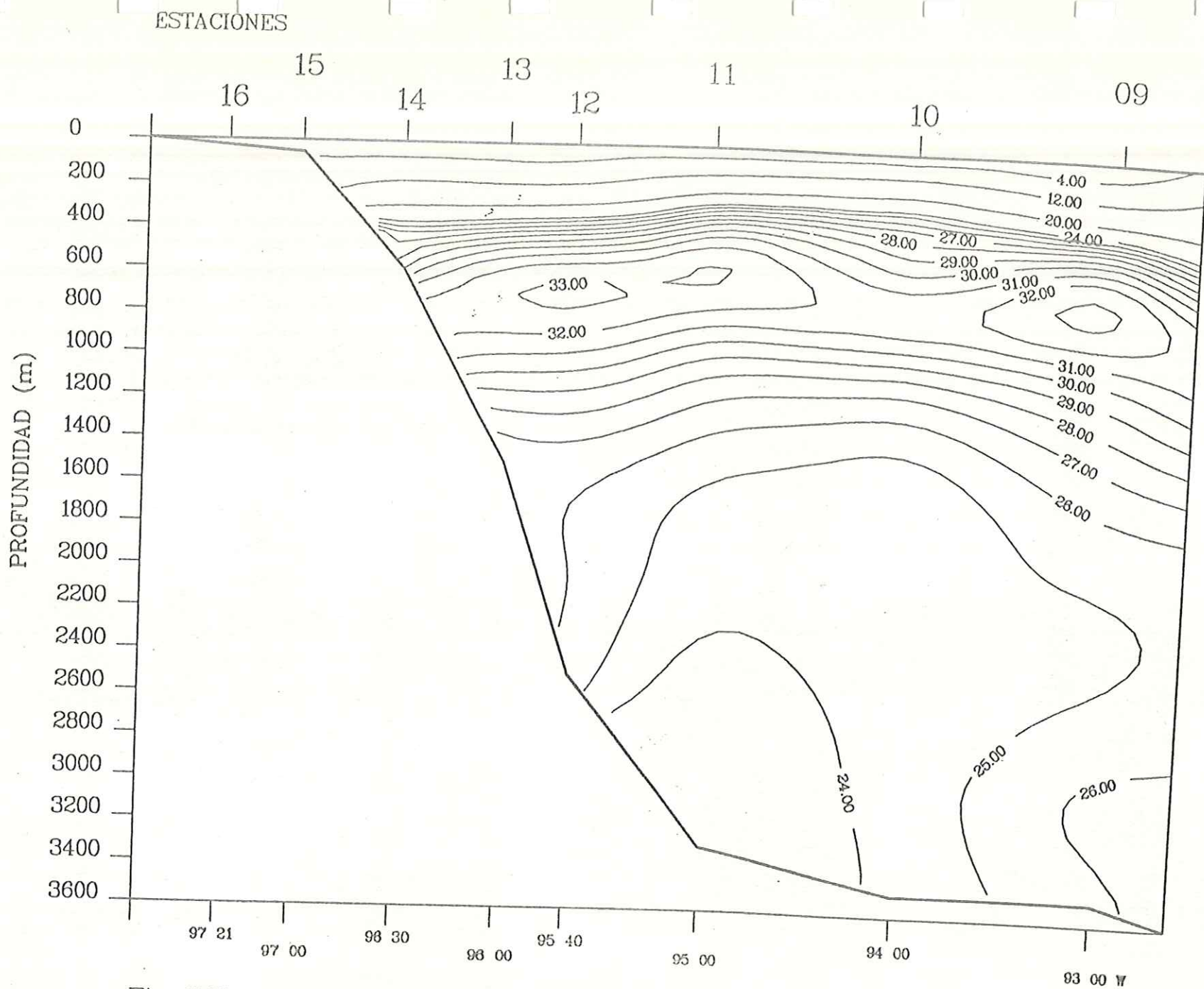


Fig. 27 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 00.0 N

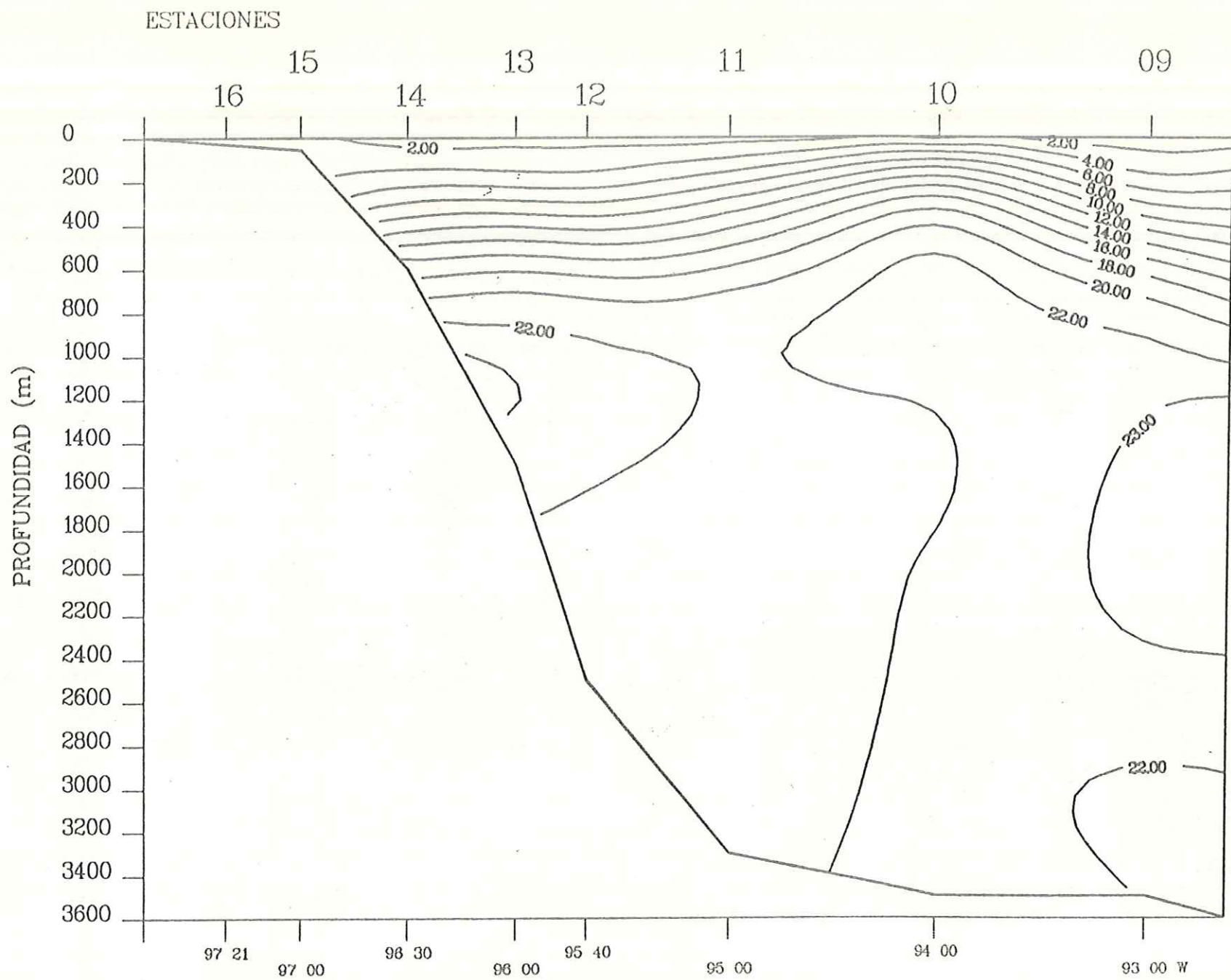


Fig.28 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 00.0 N

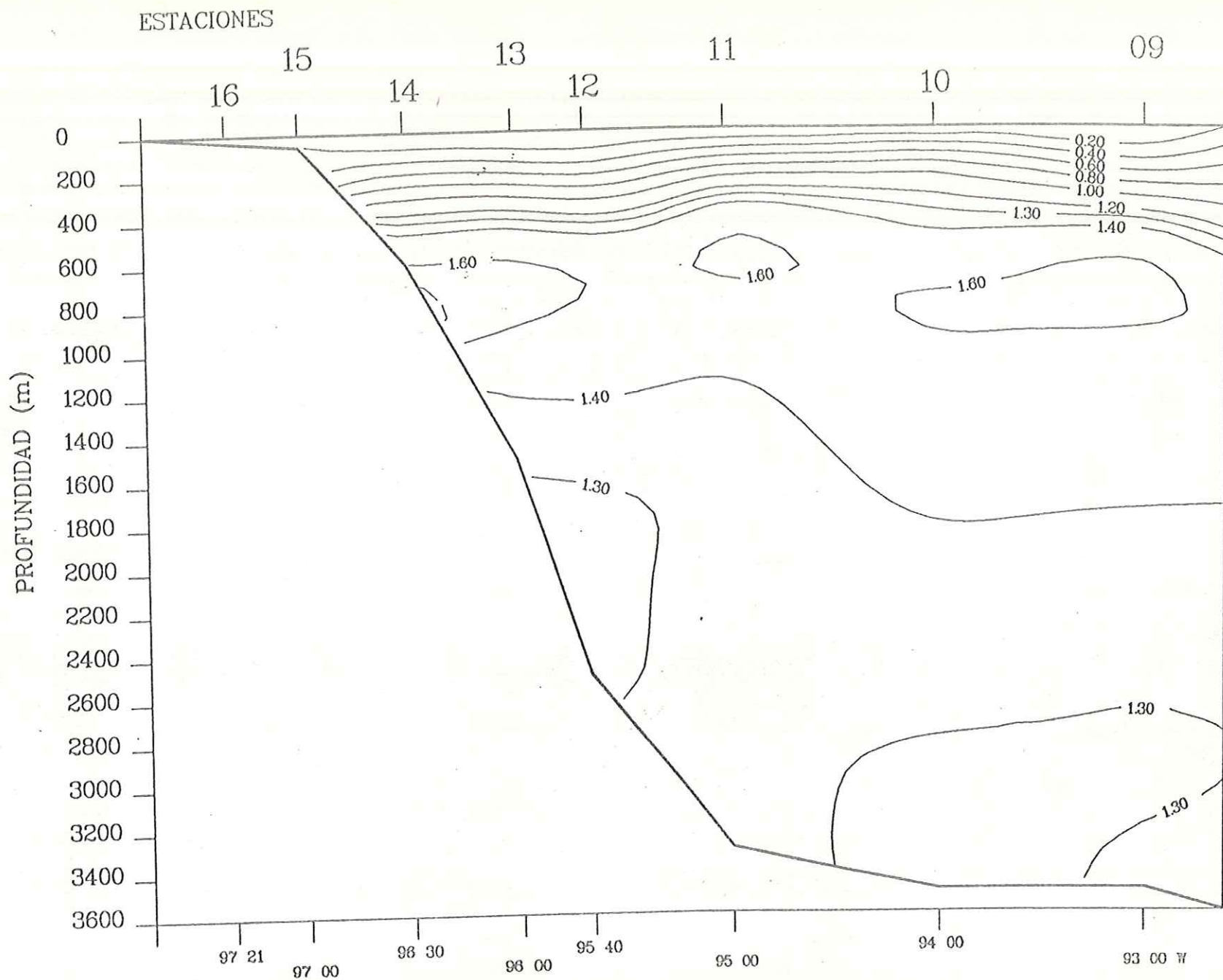


Fig.29 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 00.0 N

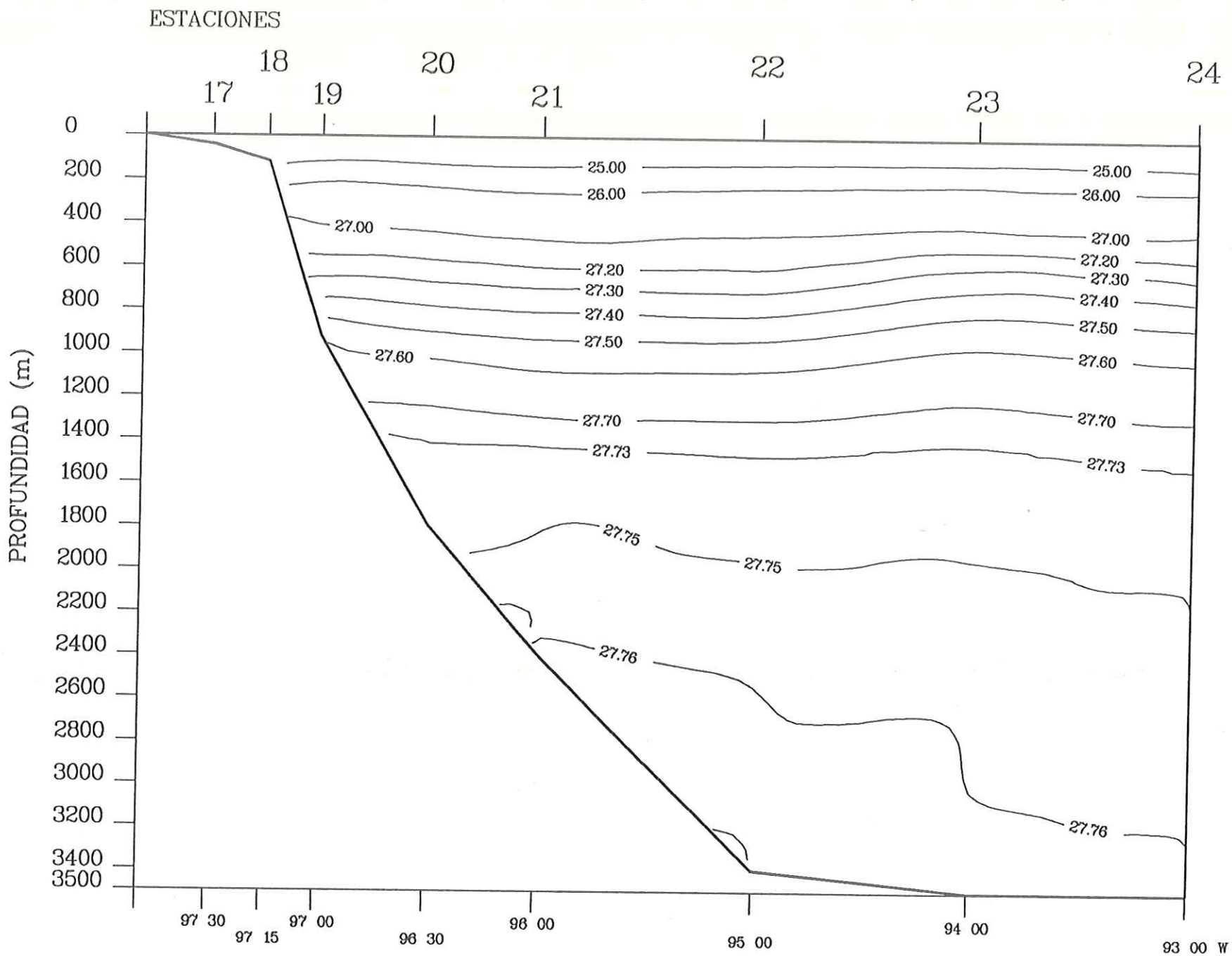


Fig. 30 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^{**3}). Latitud 24 00.0 N

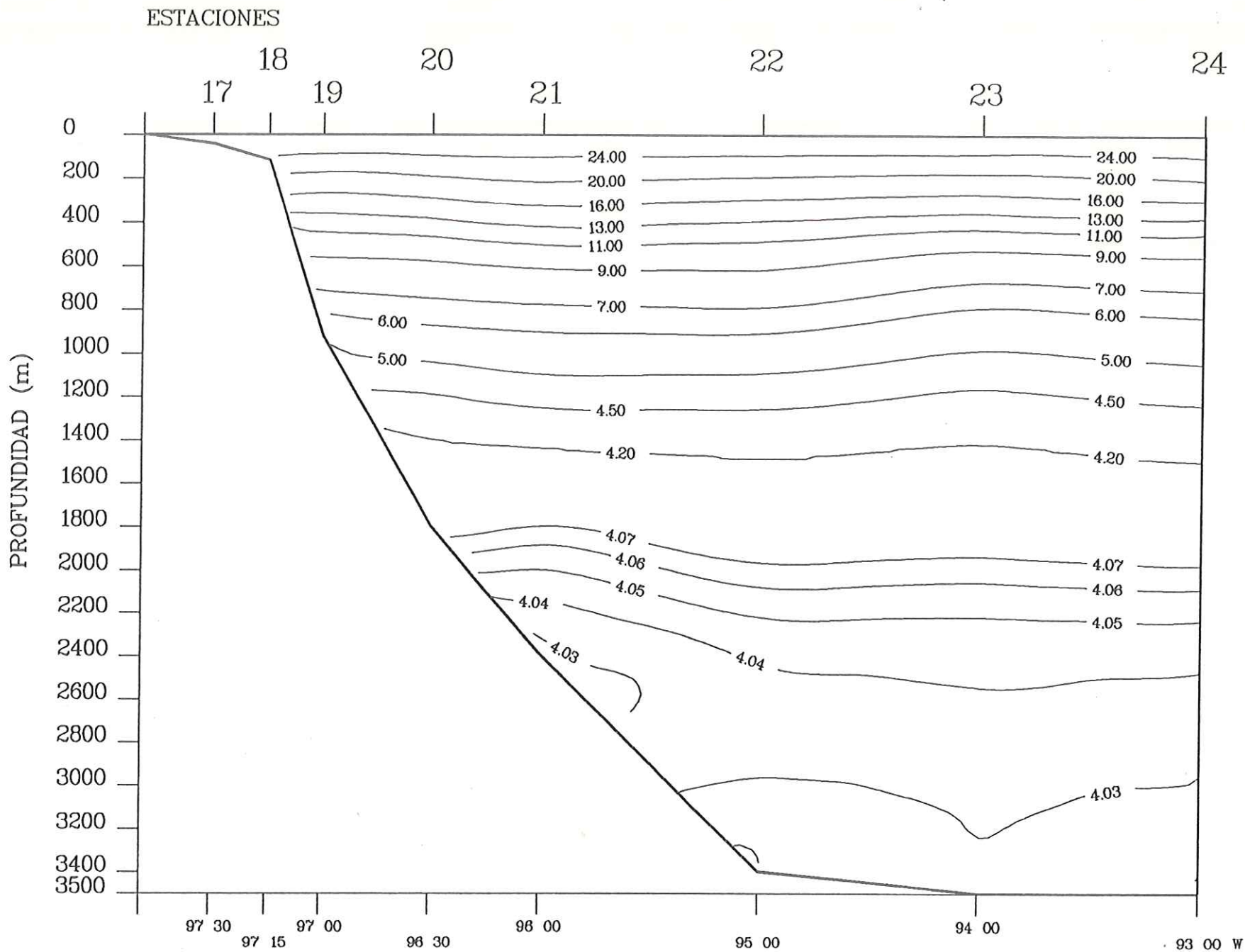


Fig.³¹ Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (oC). Latitud 24 00.0 N

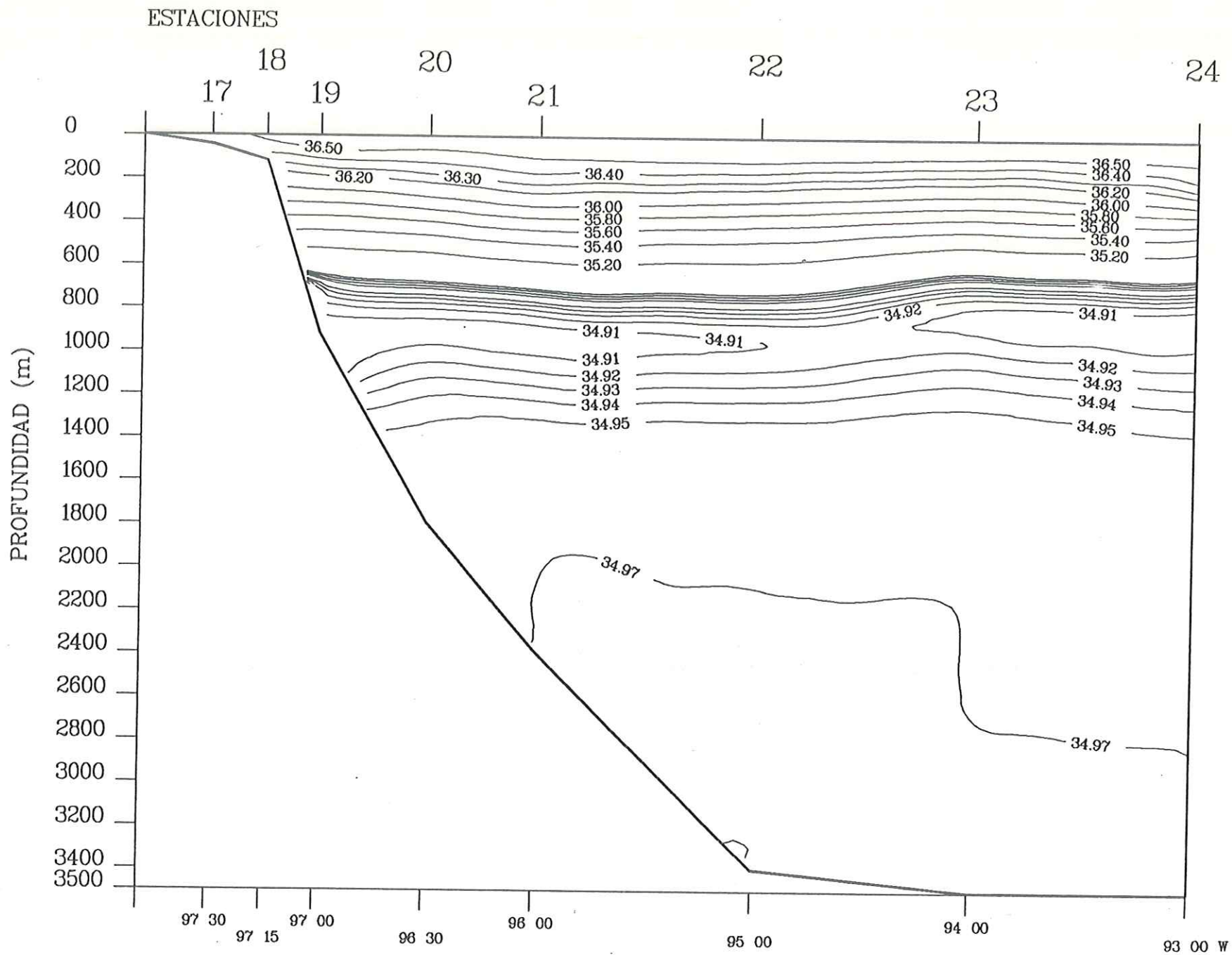


Fig.³² Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 24 00.0 N

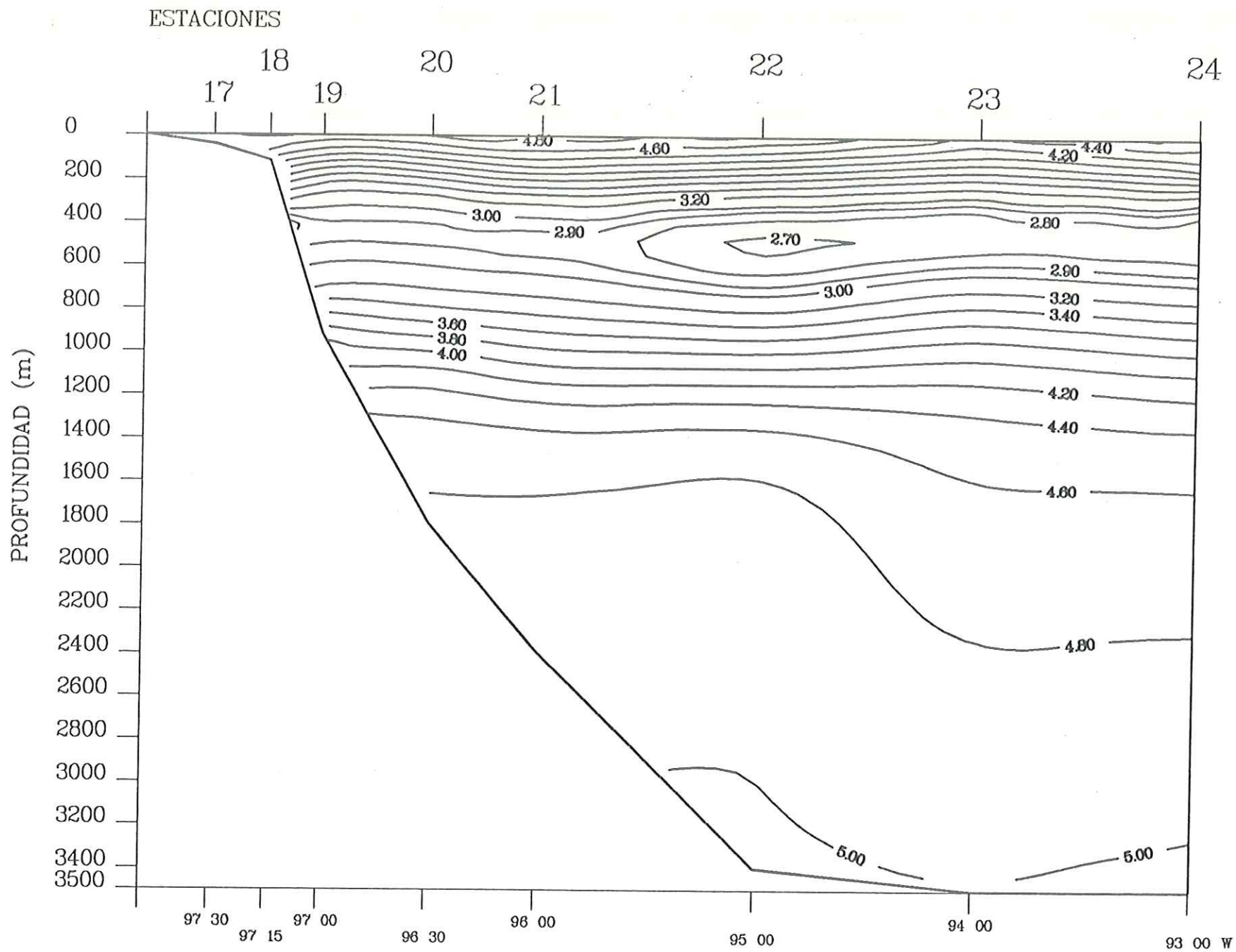


Fig.33 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 24 00.0 N

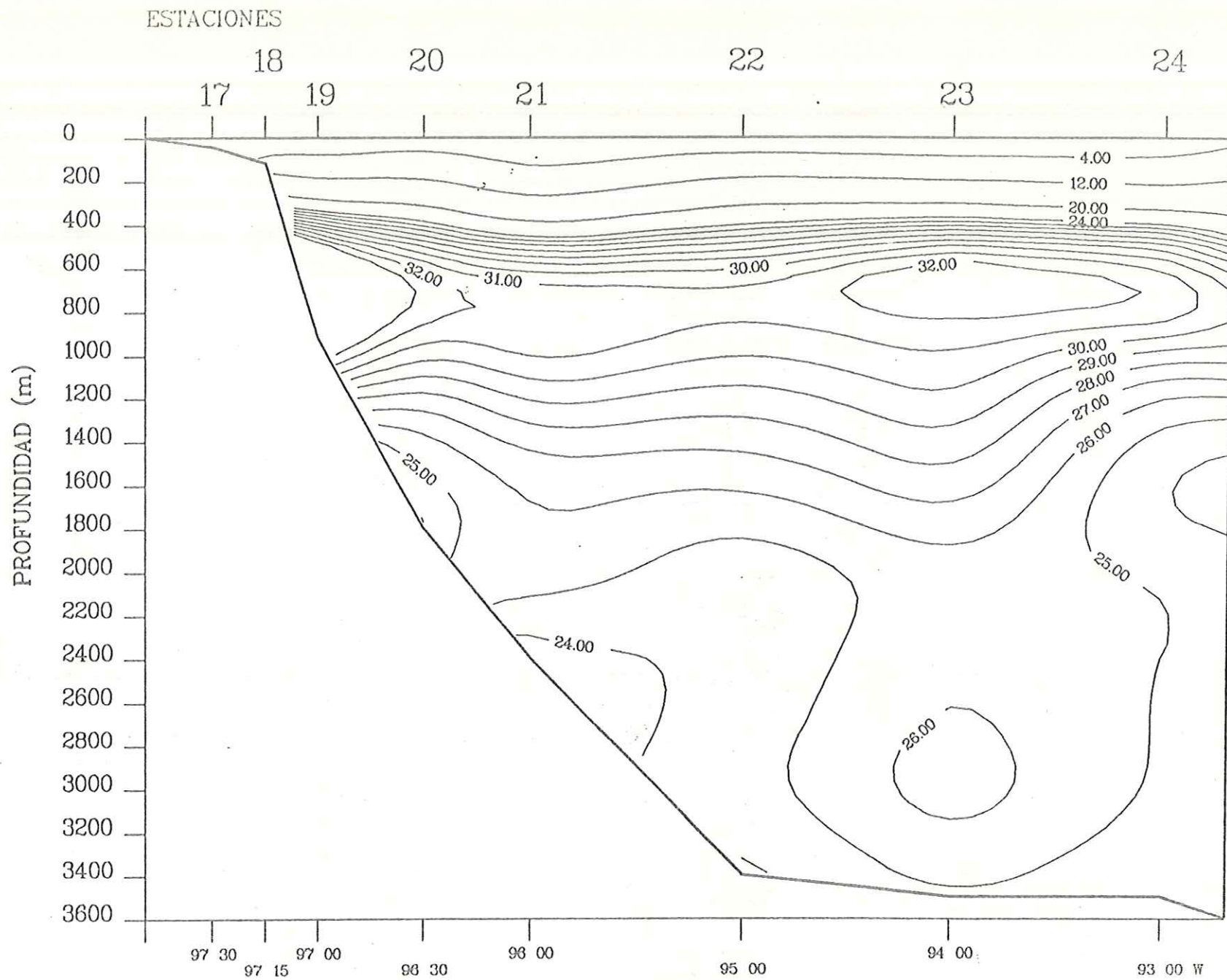


Fig34 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

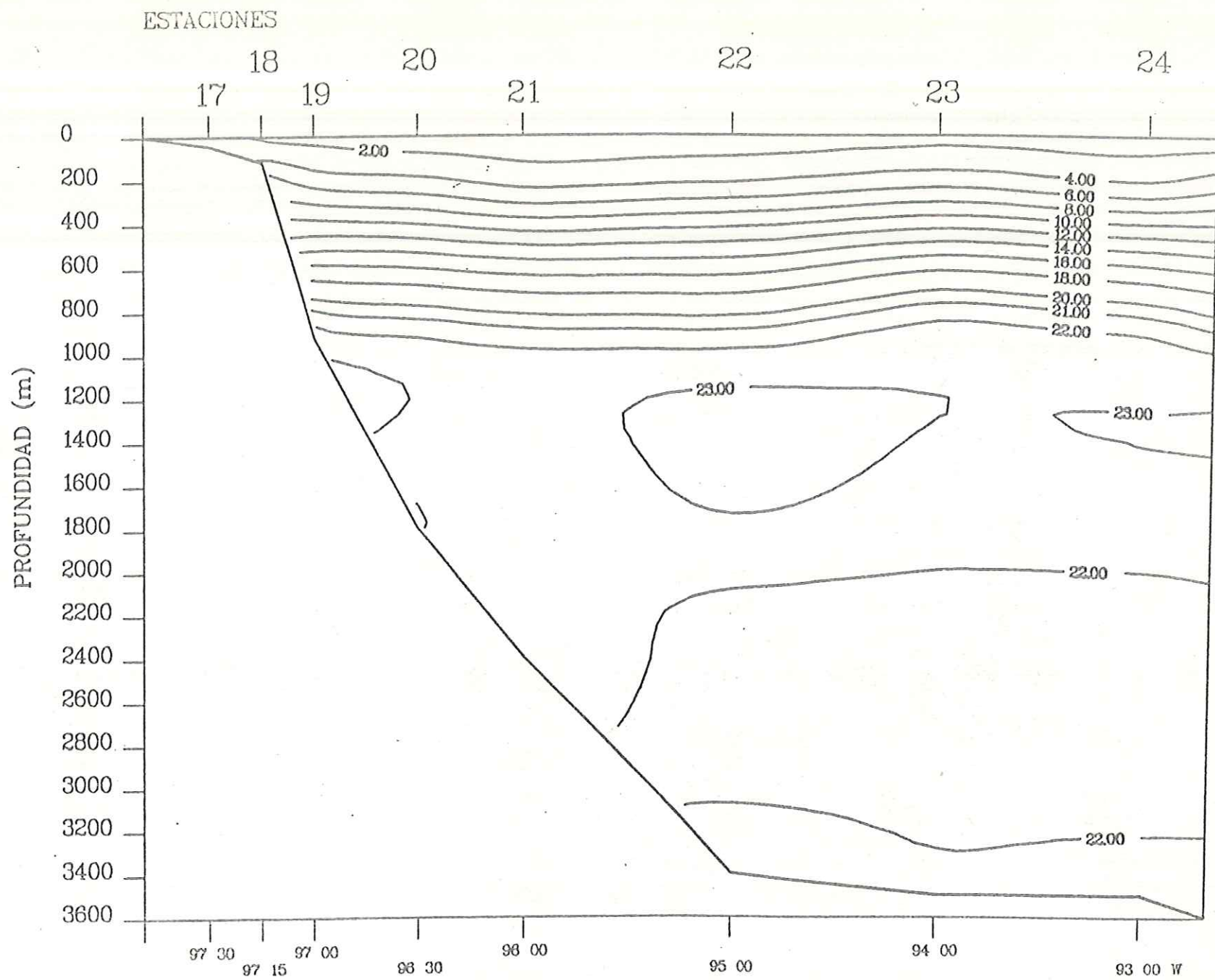


Fig.35 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

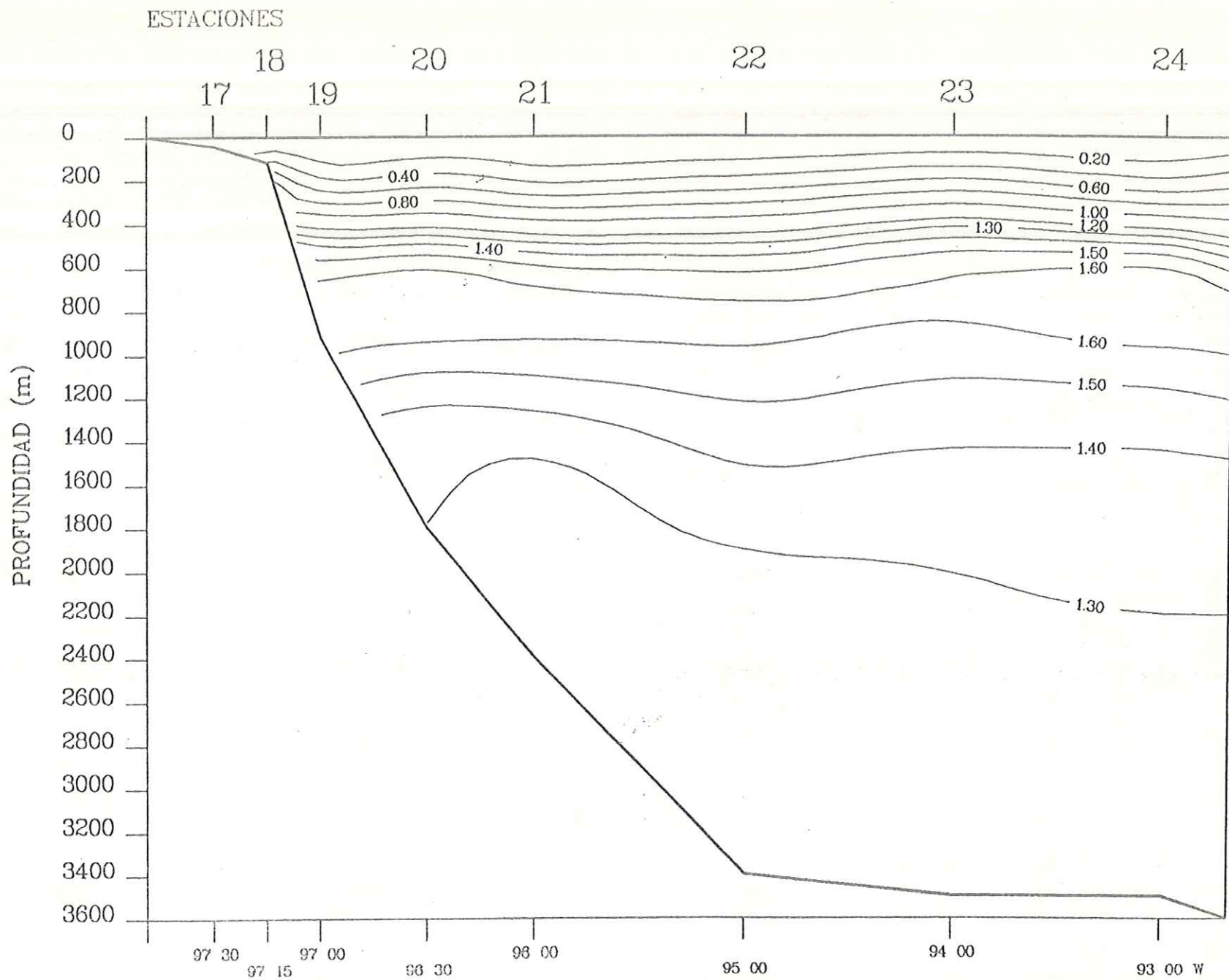


Fig.36 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

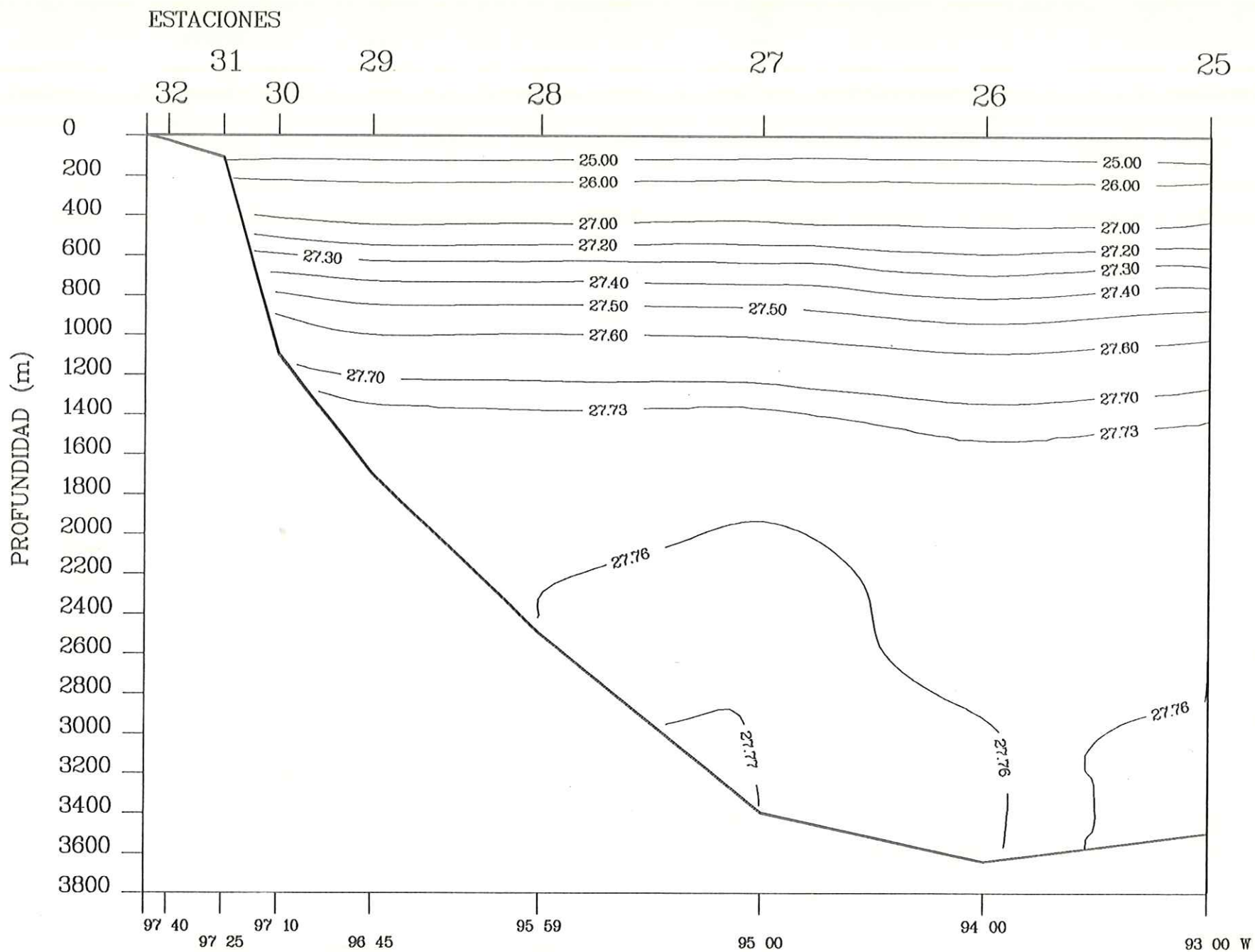


Fig.37 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 23 00.0 N

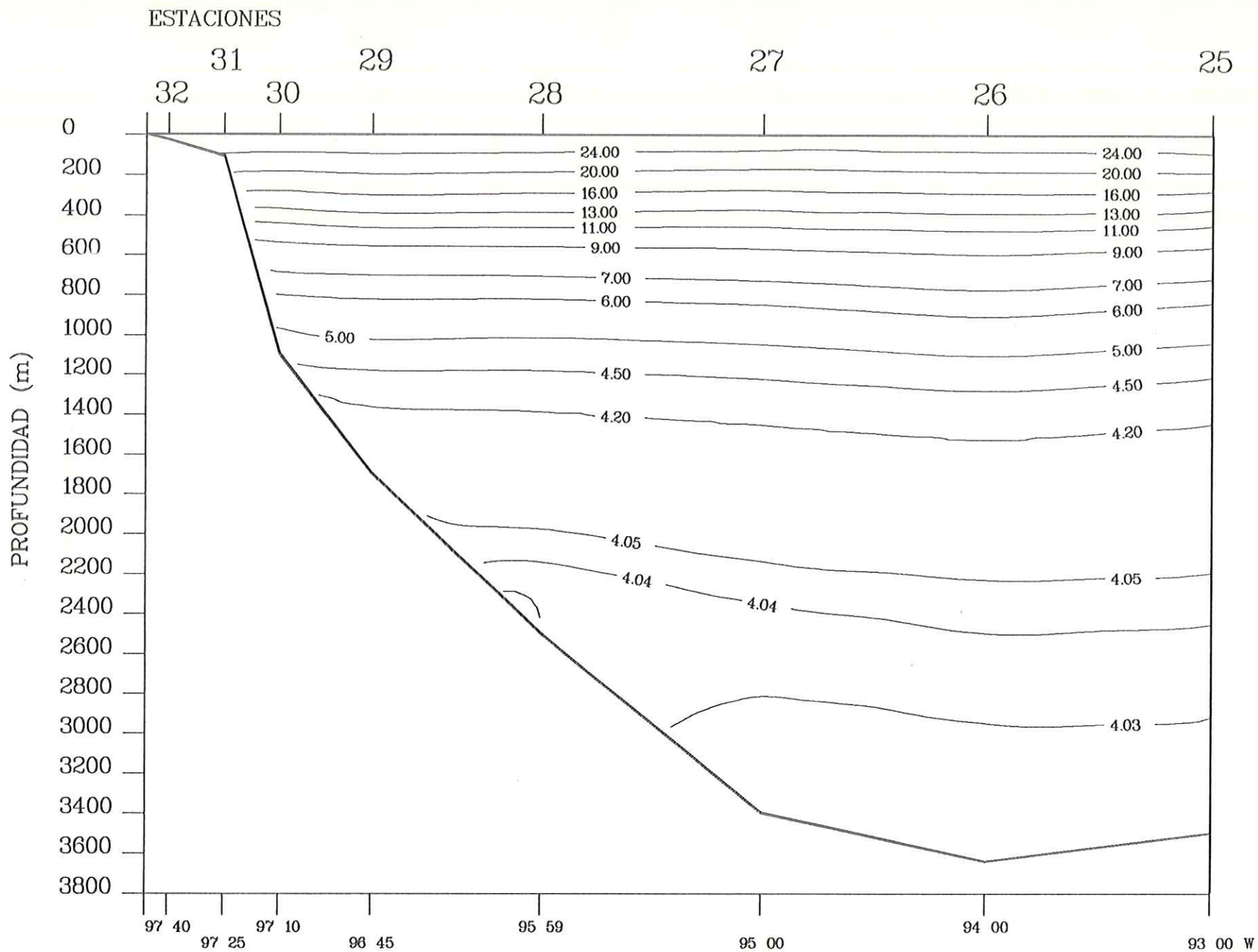


Fig.38 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (oC). Latitud 23 00.0 N

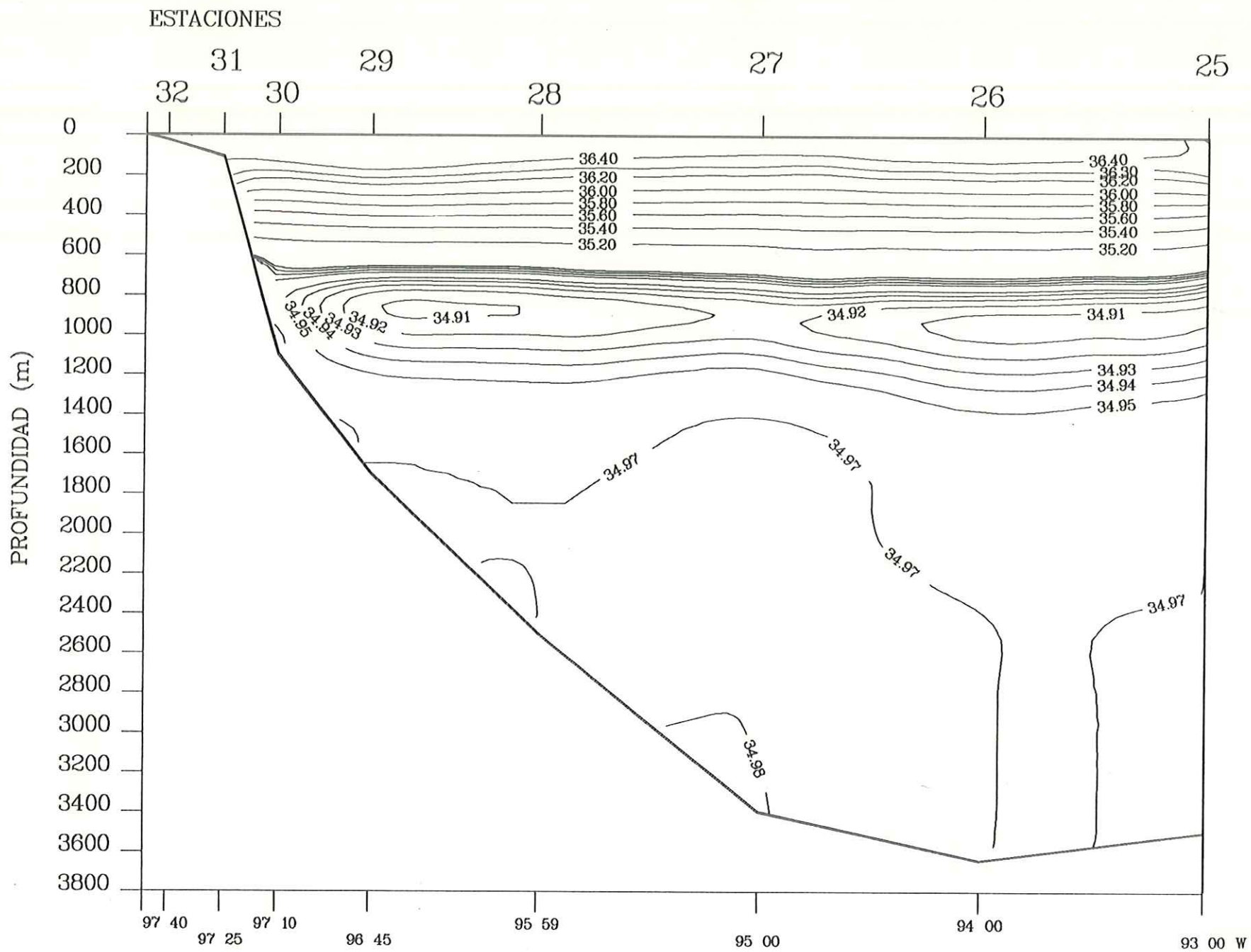


Fig. 39 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 23 00.0 N

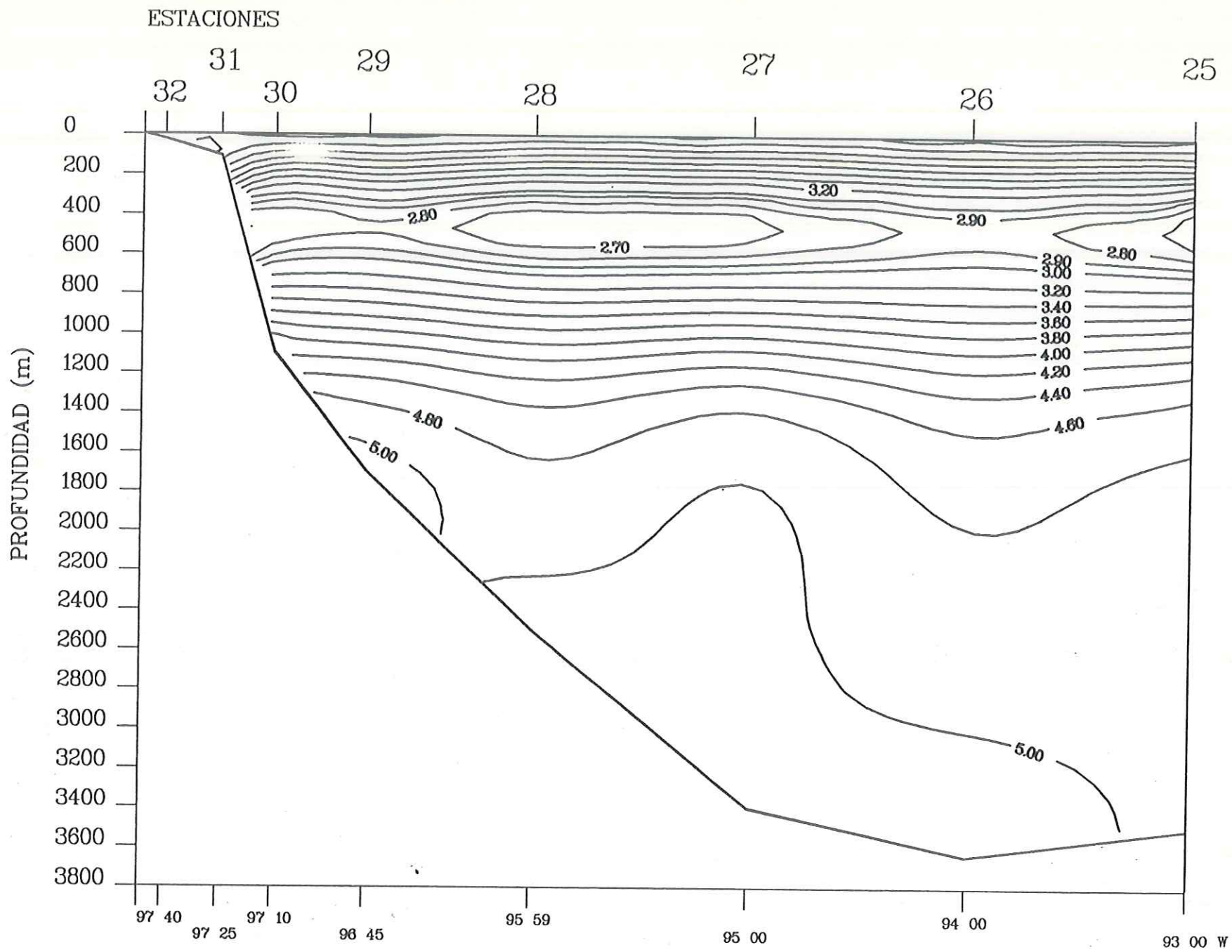


Fig.40 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 23 00.0 N

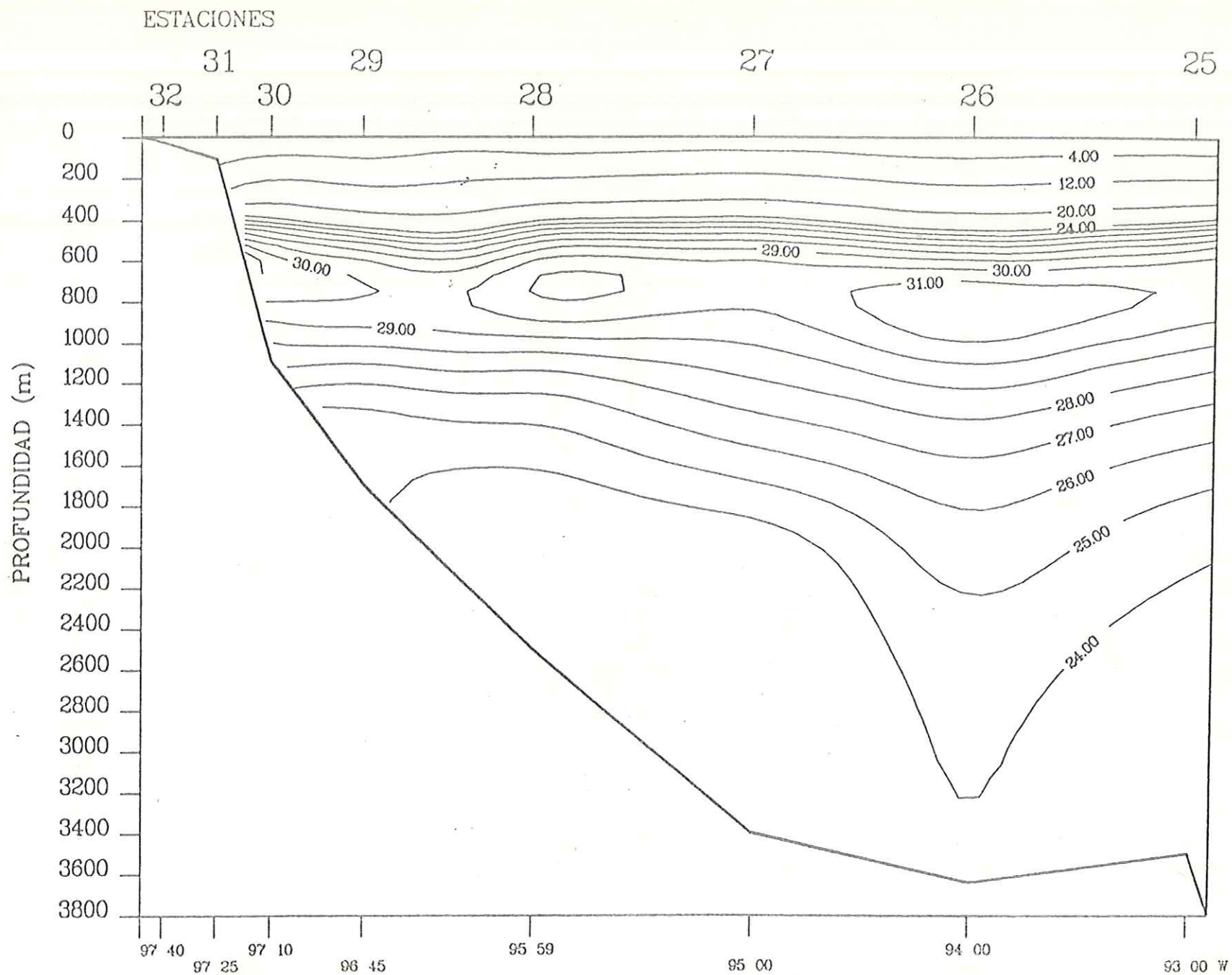


Fig. 41 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

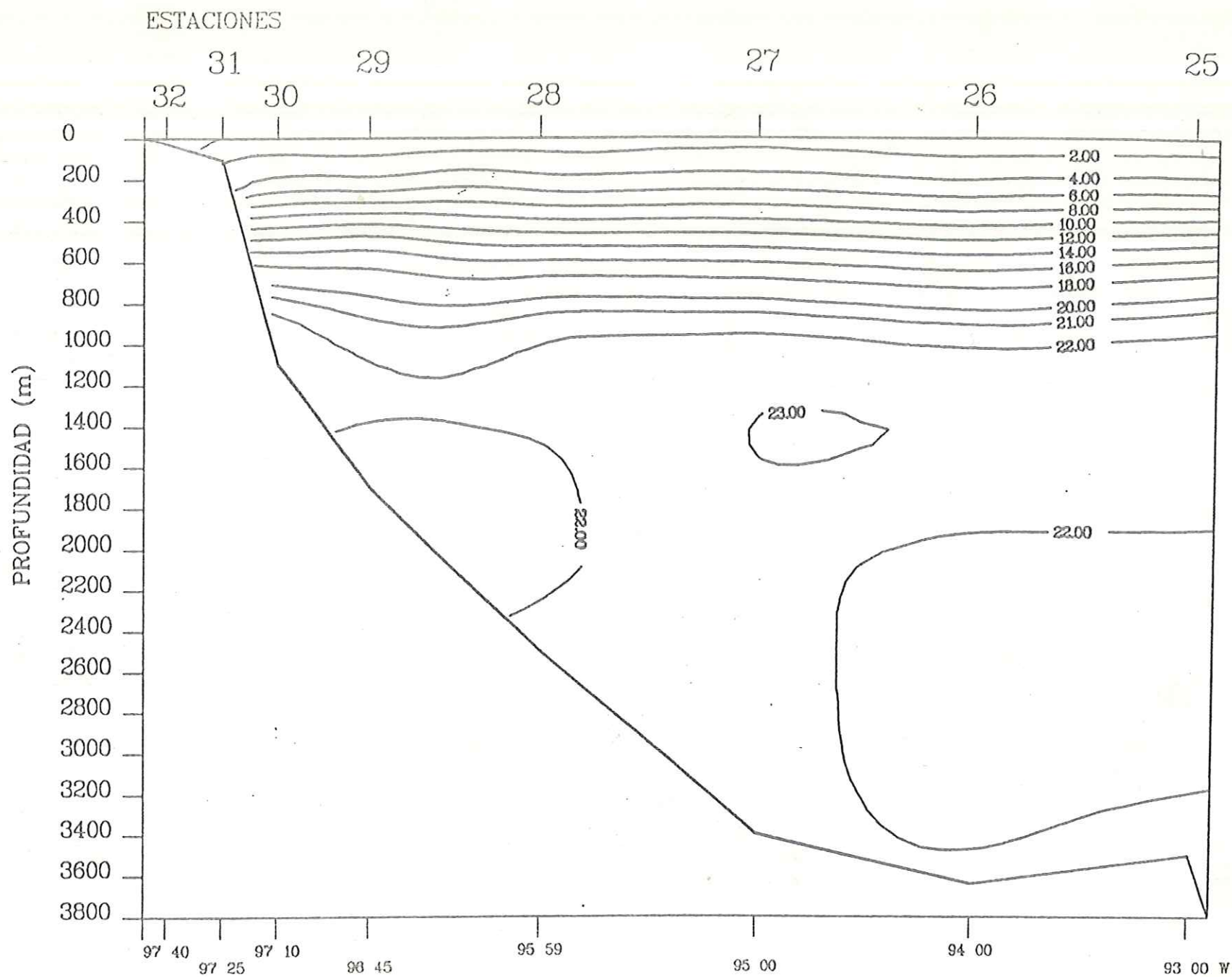


Fig.42 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

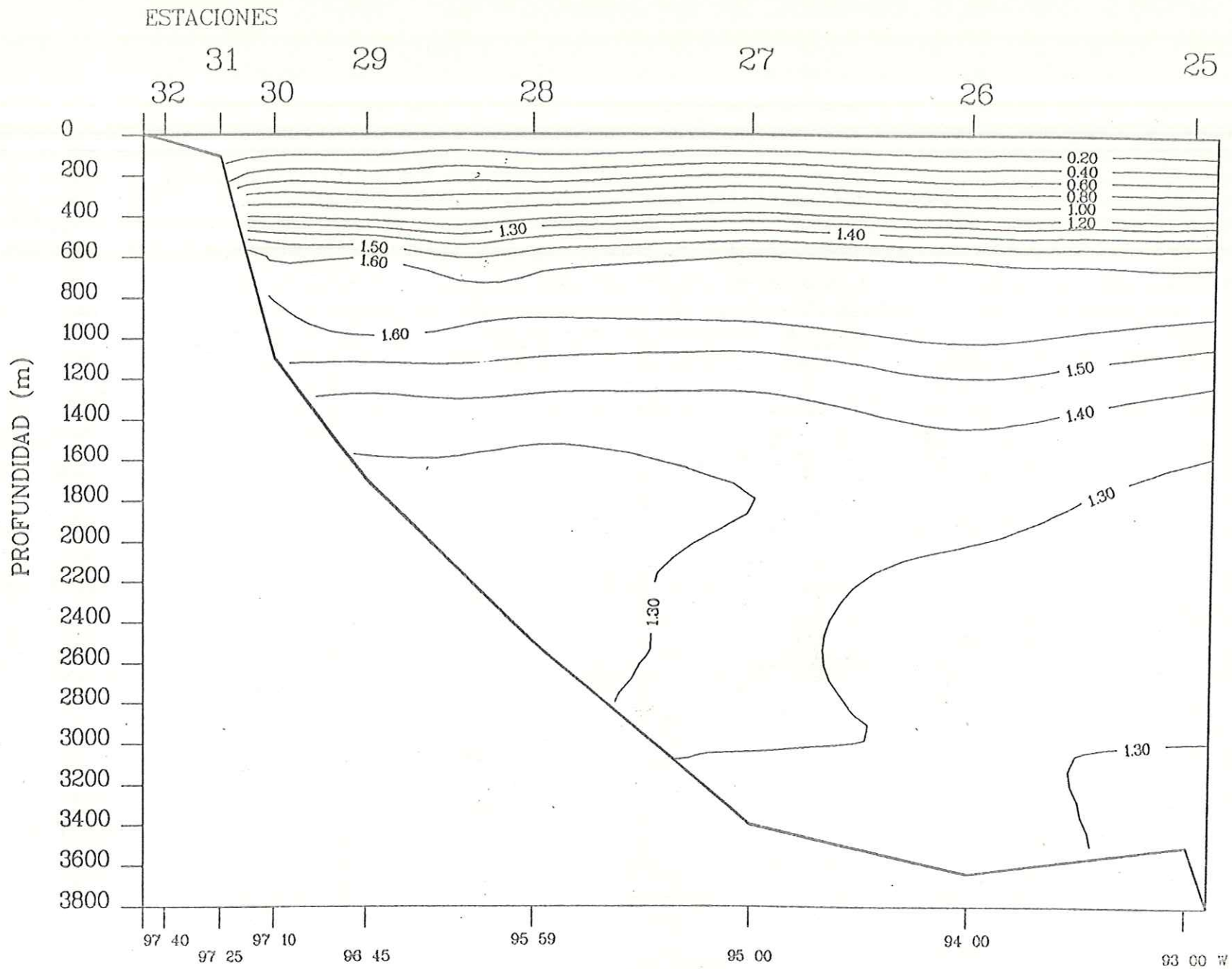


Fig.43 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

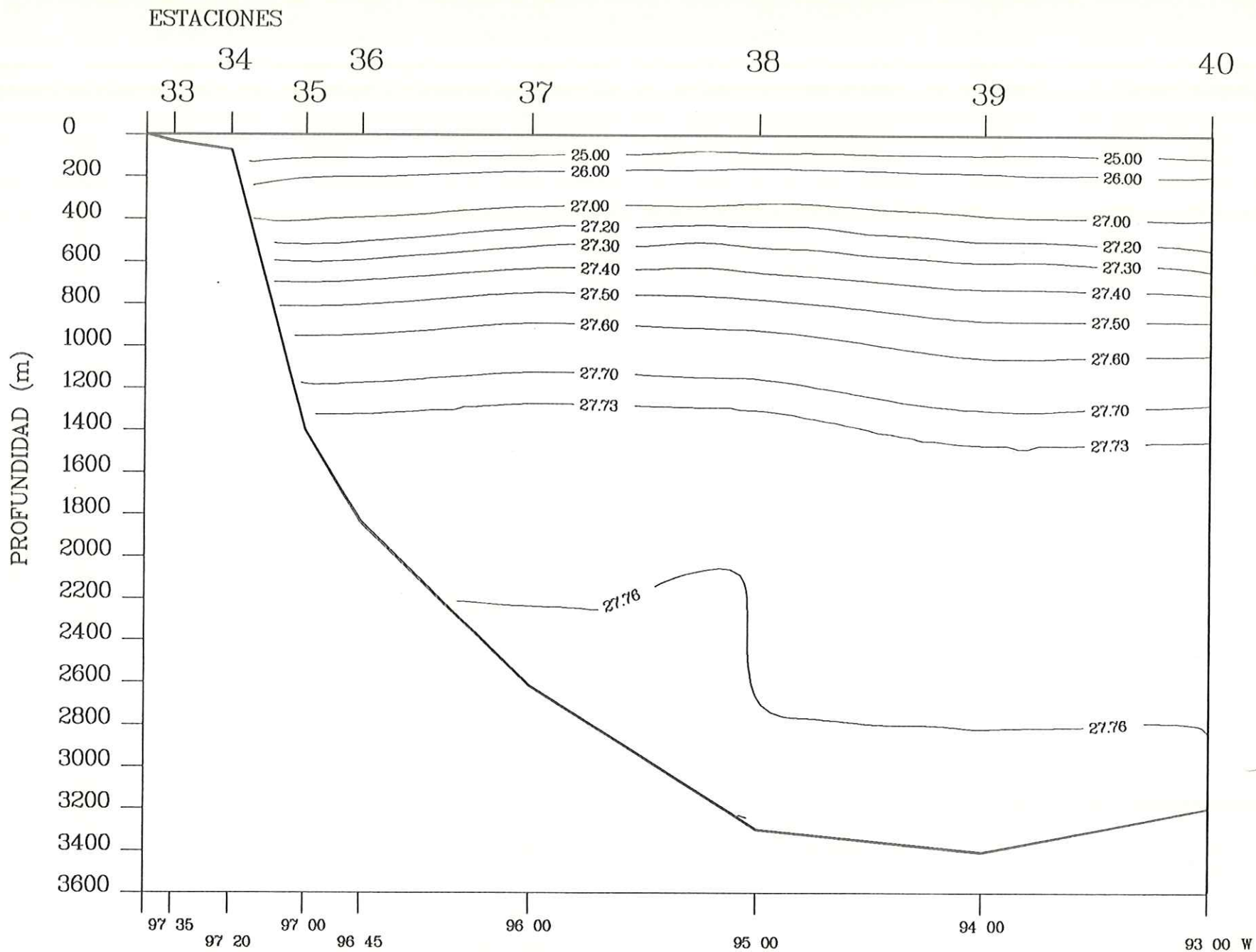


Fig. 44 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^3). Latitud 22 00.2 N

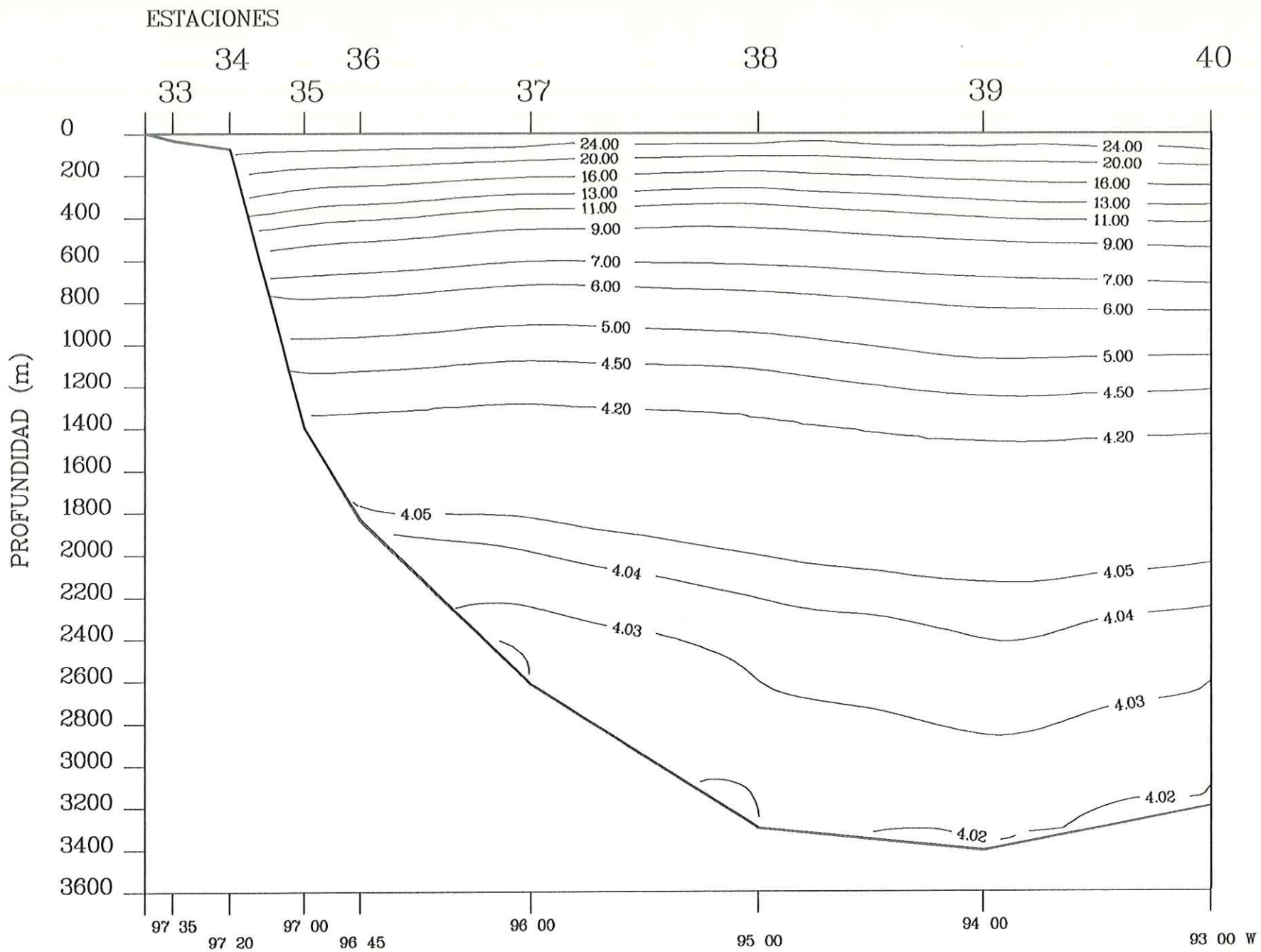


Fig.45 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (°C). Latitud 22 00.2 N

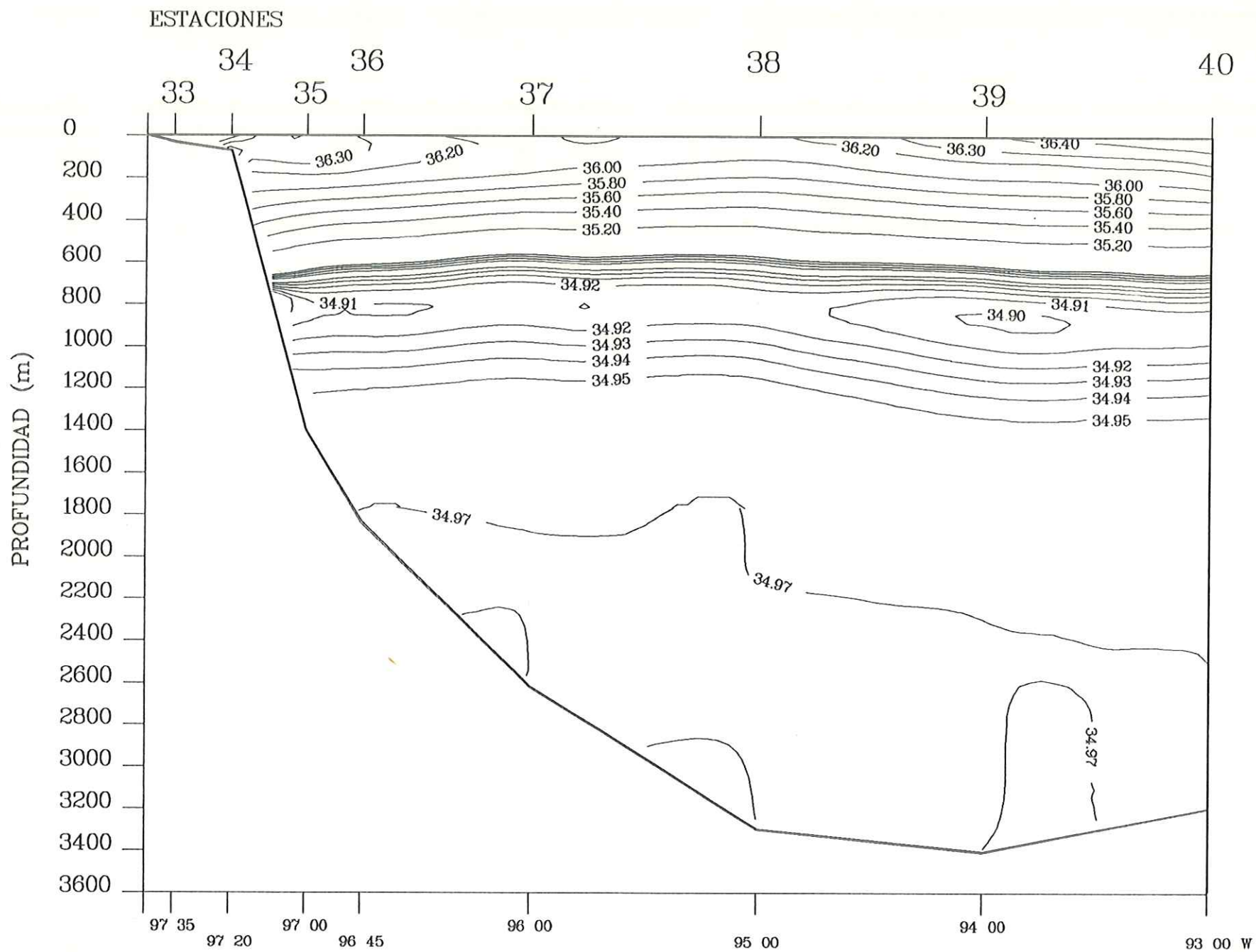


Fig.46 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 22 00.2 N

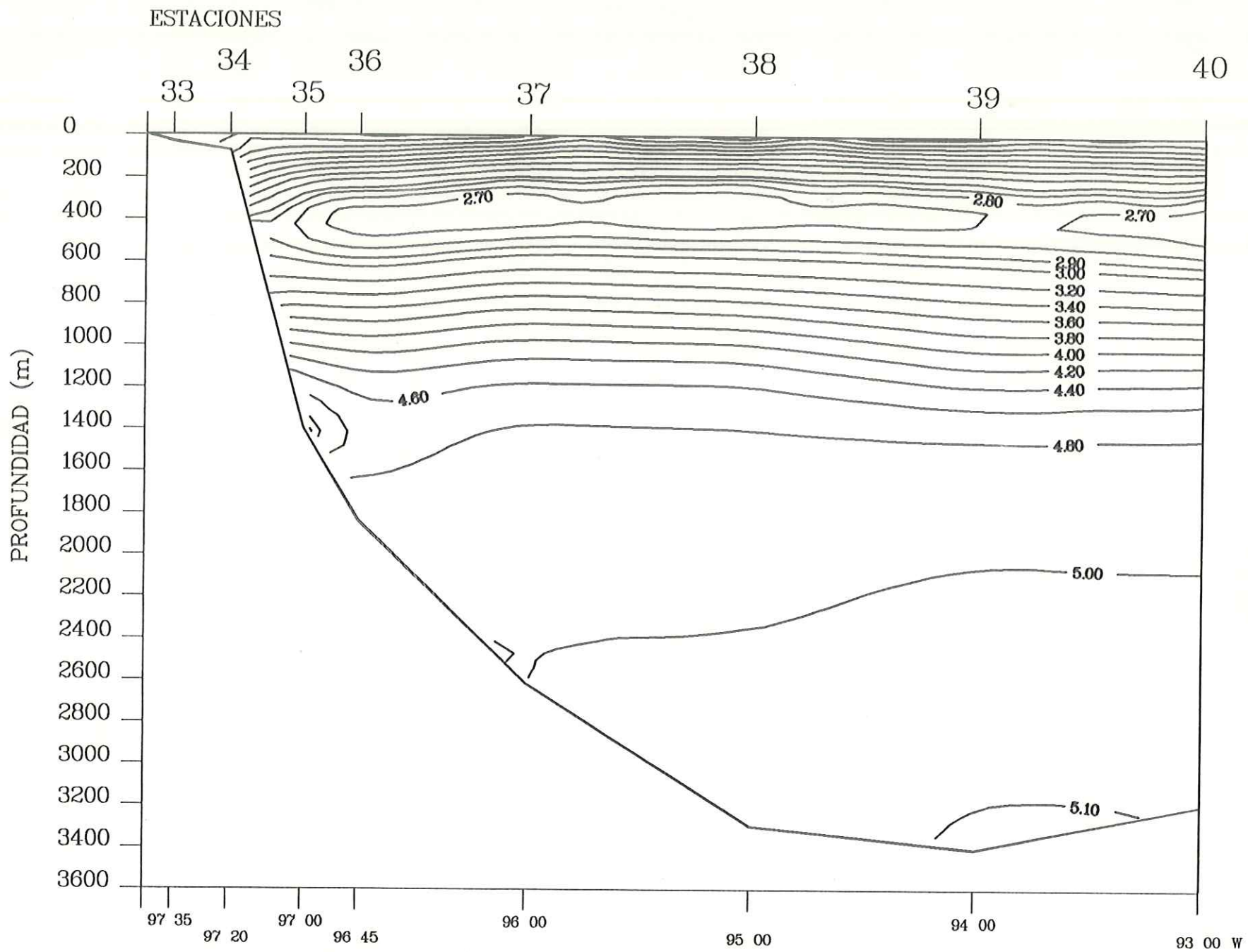


Fig.47 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 22 00.2 N

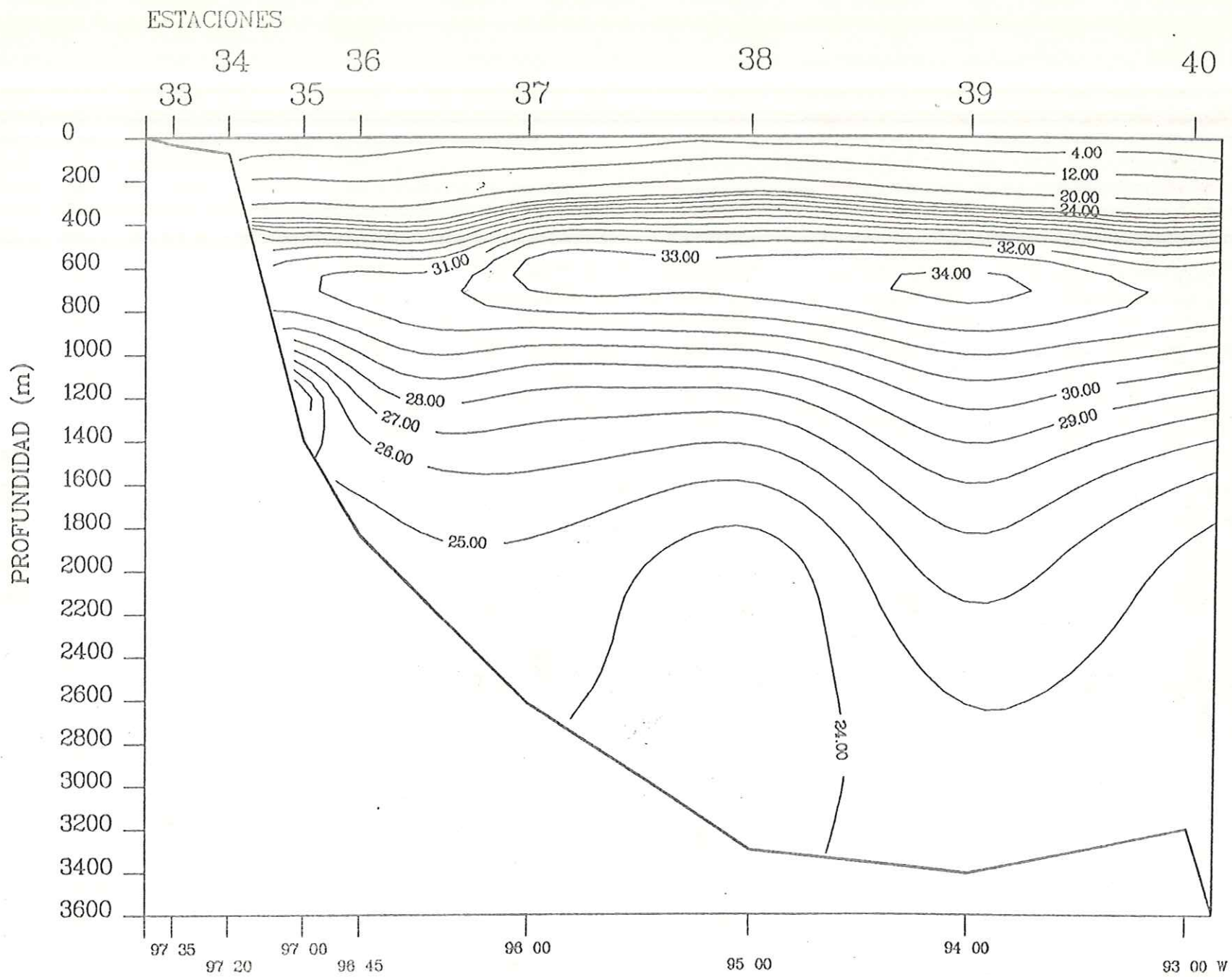


Fig.48 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 22 00.2 N

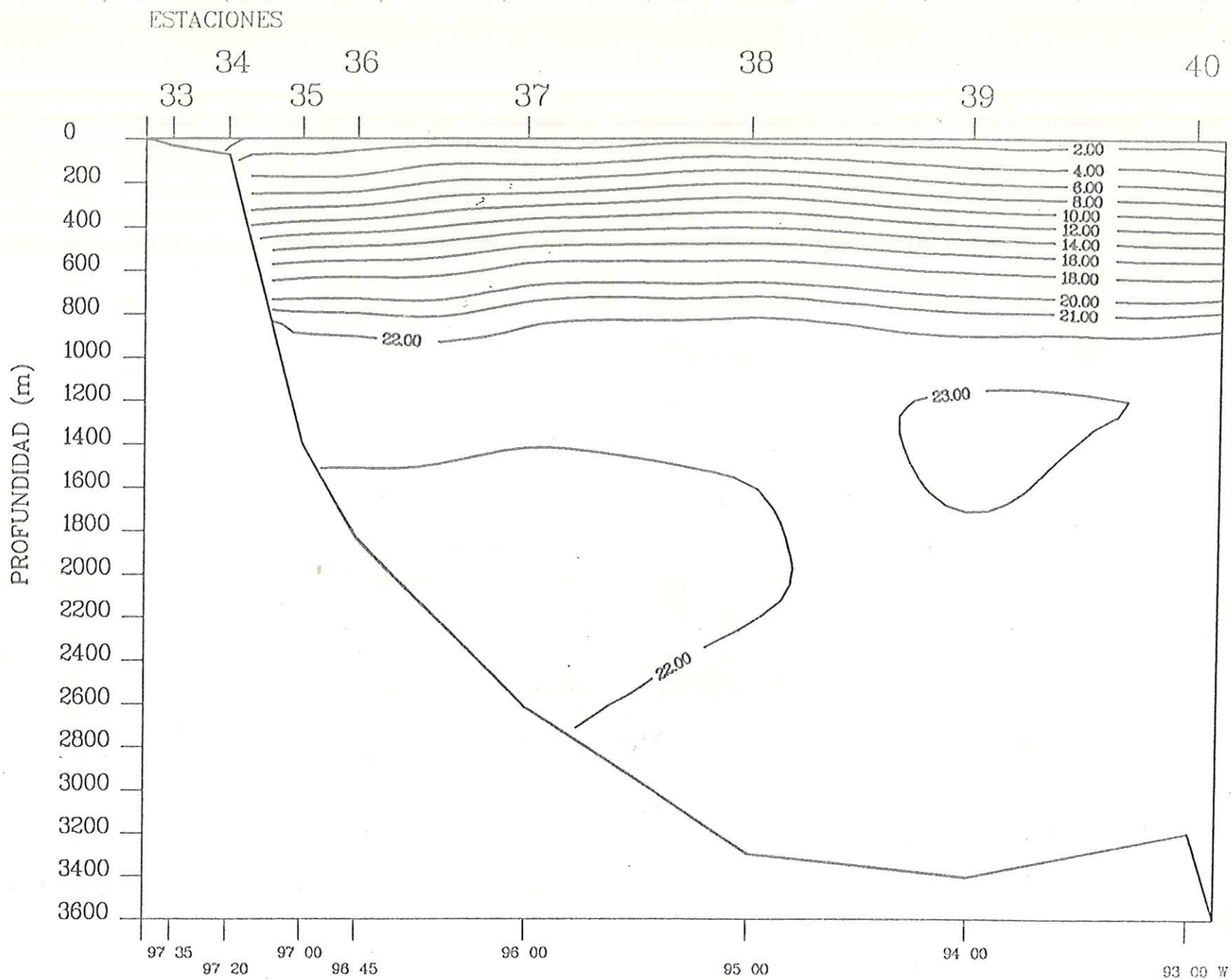


Fig. 49 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 22 00.2 N

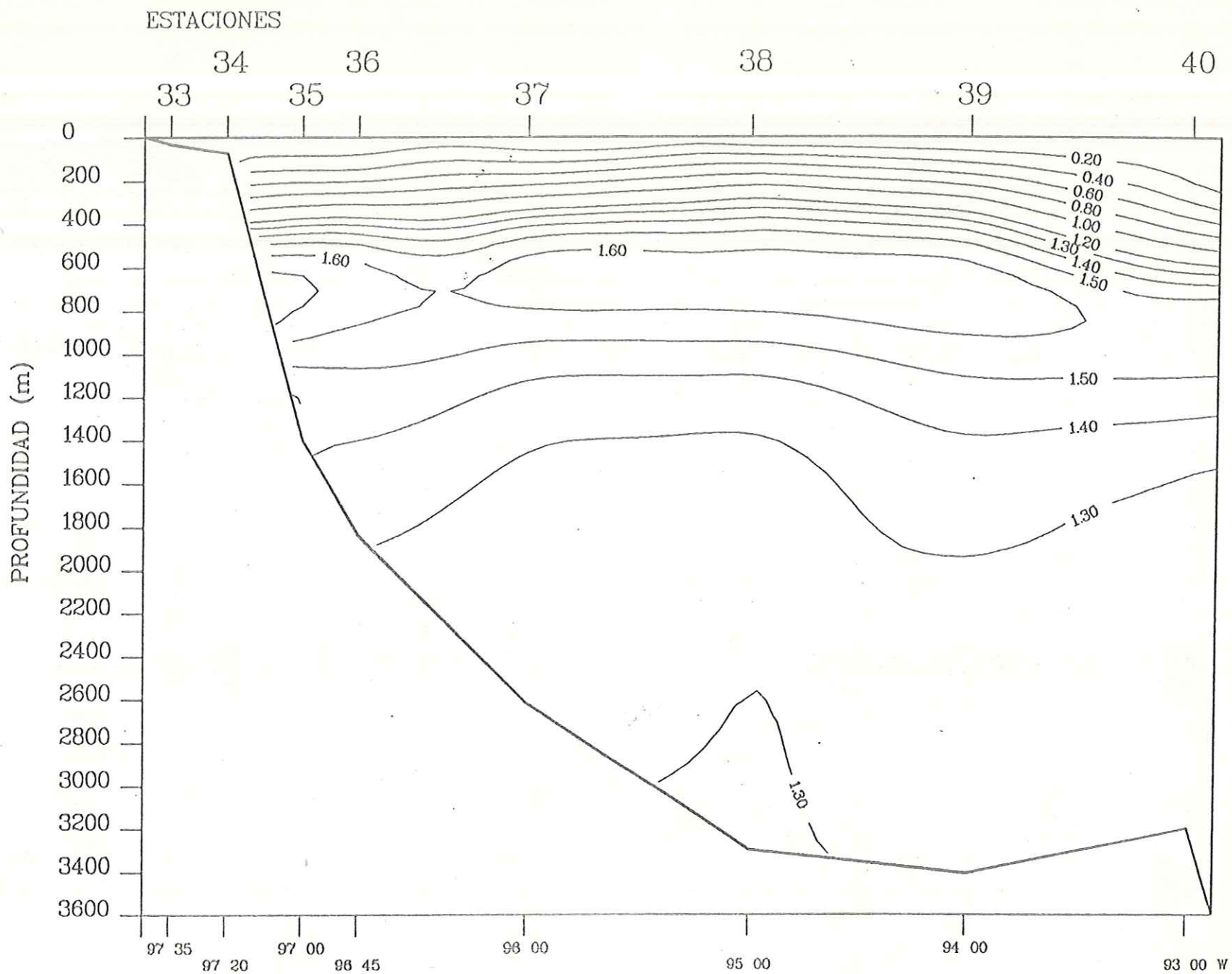


Fig. 50 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Latitud 22 00.2 N

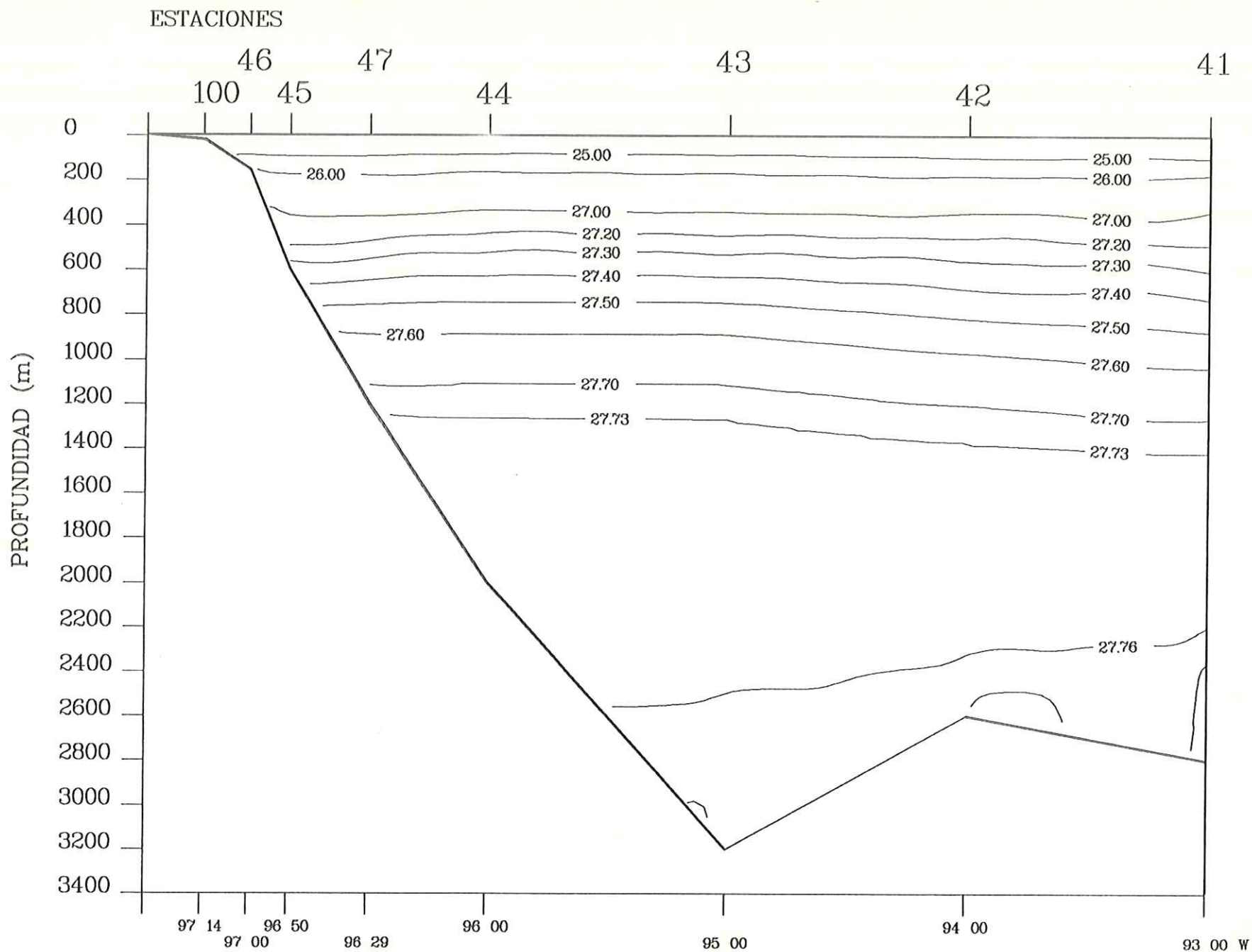


Fig.51 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 21 20.0 N

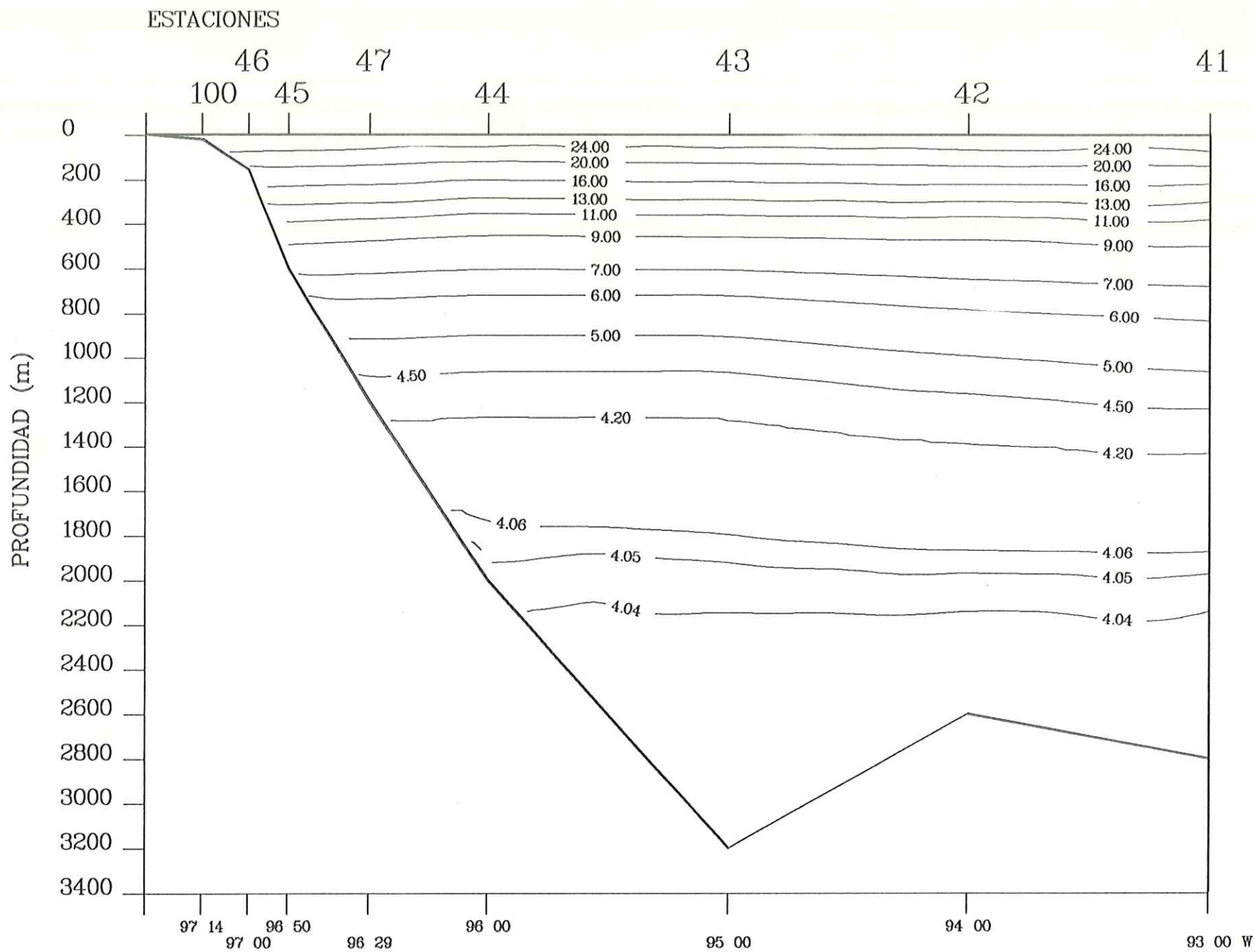


Fig.52 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (oC). Latitud 21 20.0 N

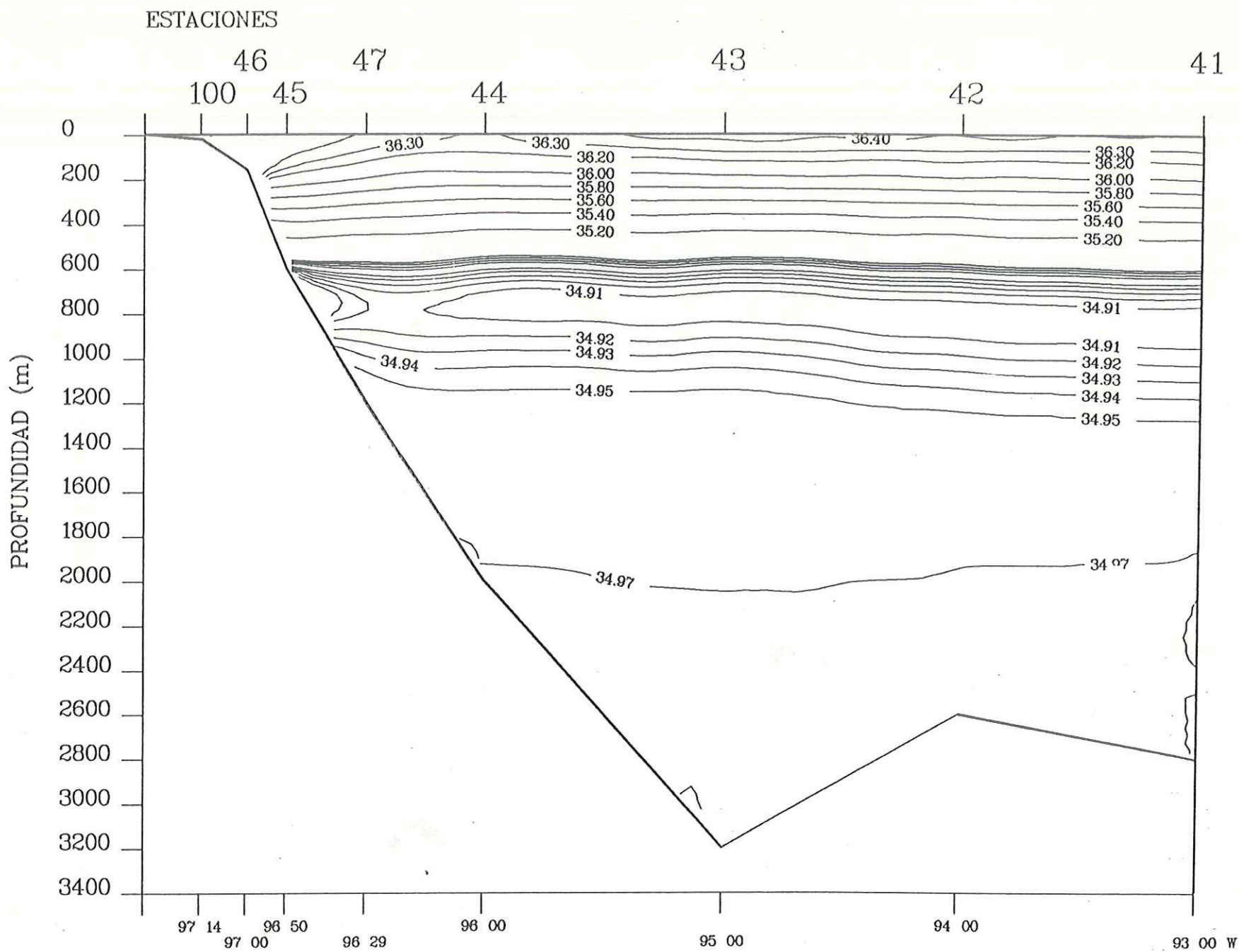


Fig.53 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 21 20.0 N

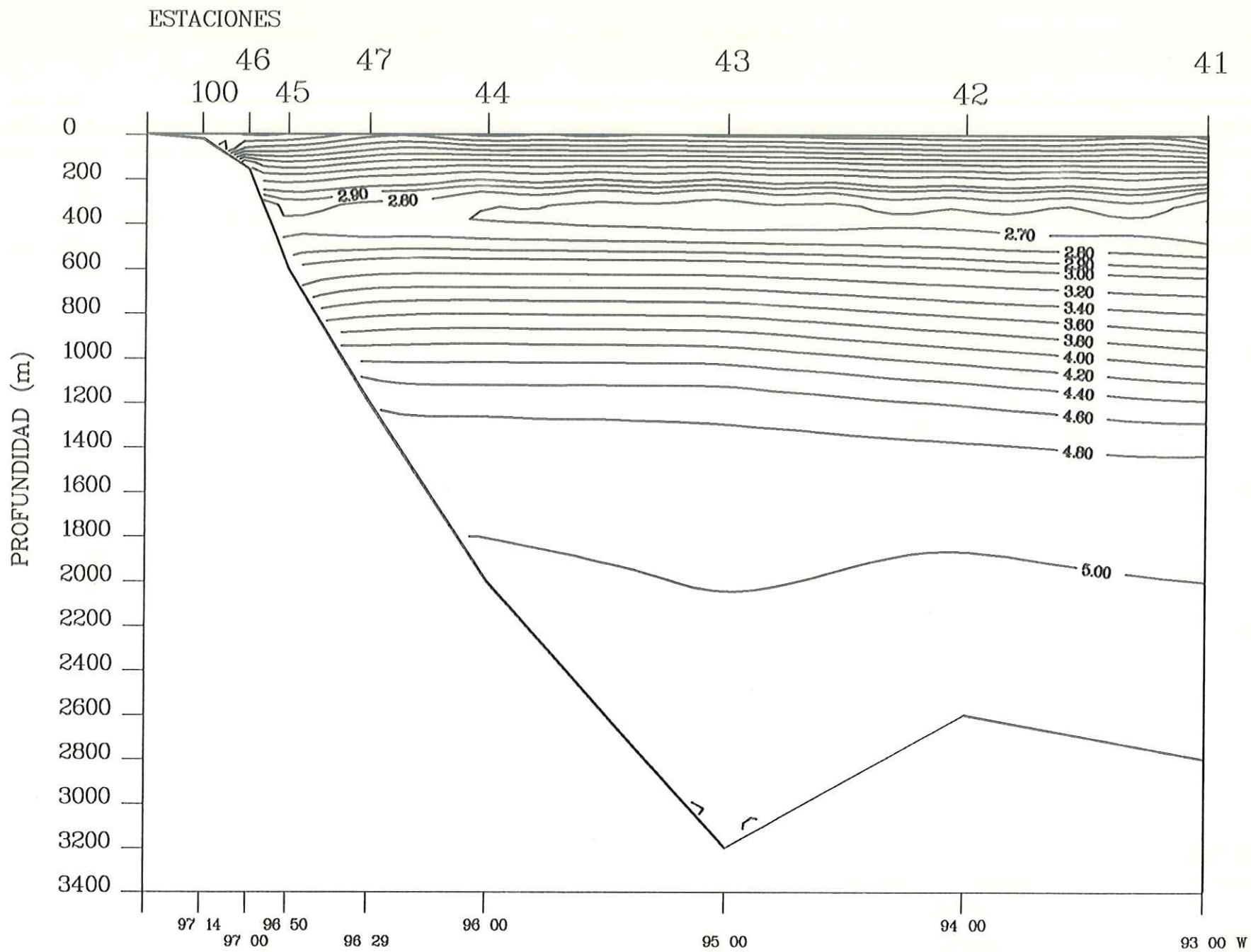


Fig.54 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 21 20.0 N

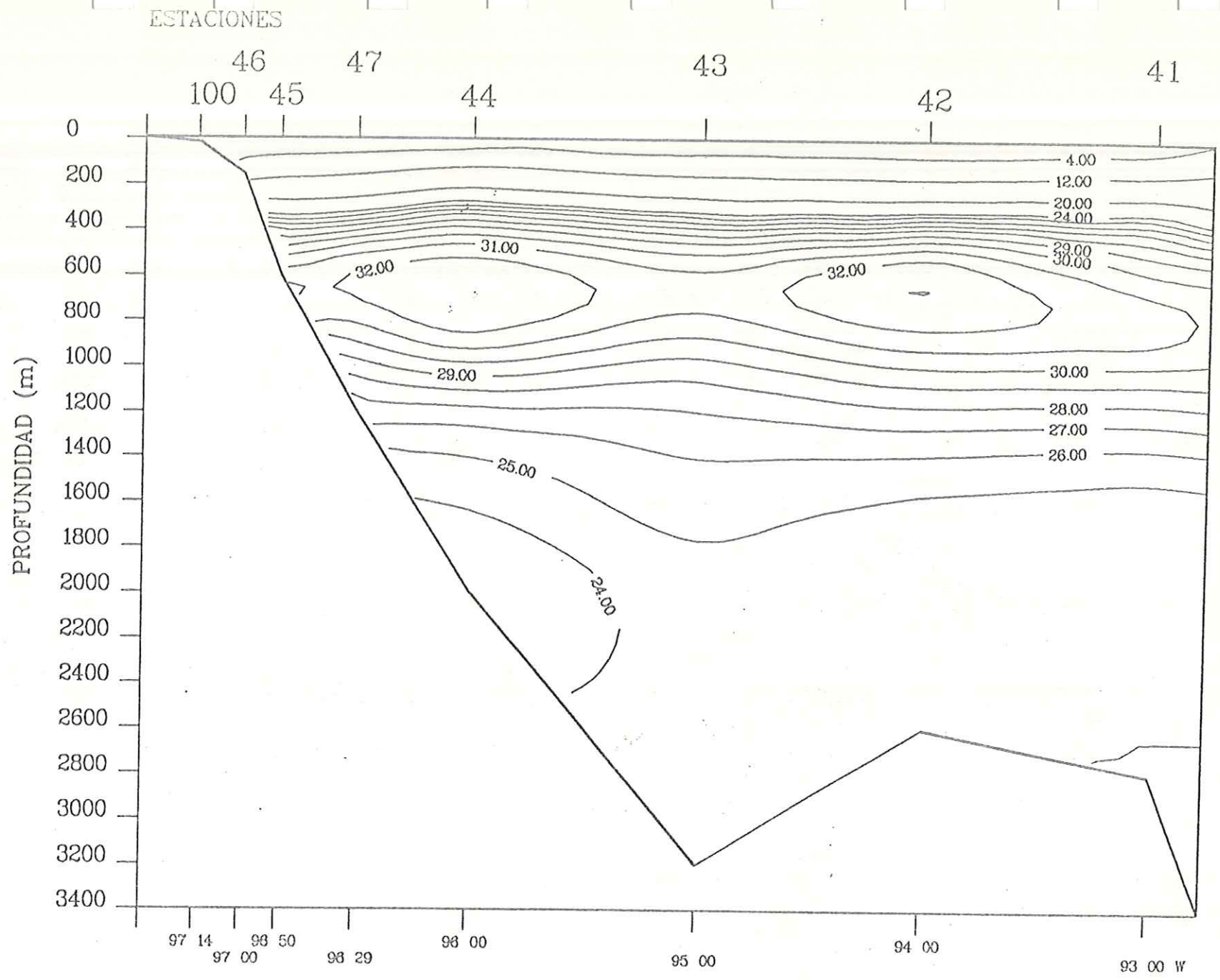


Fig.55 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

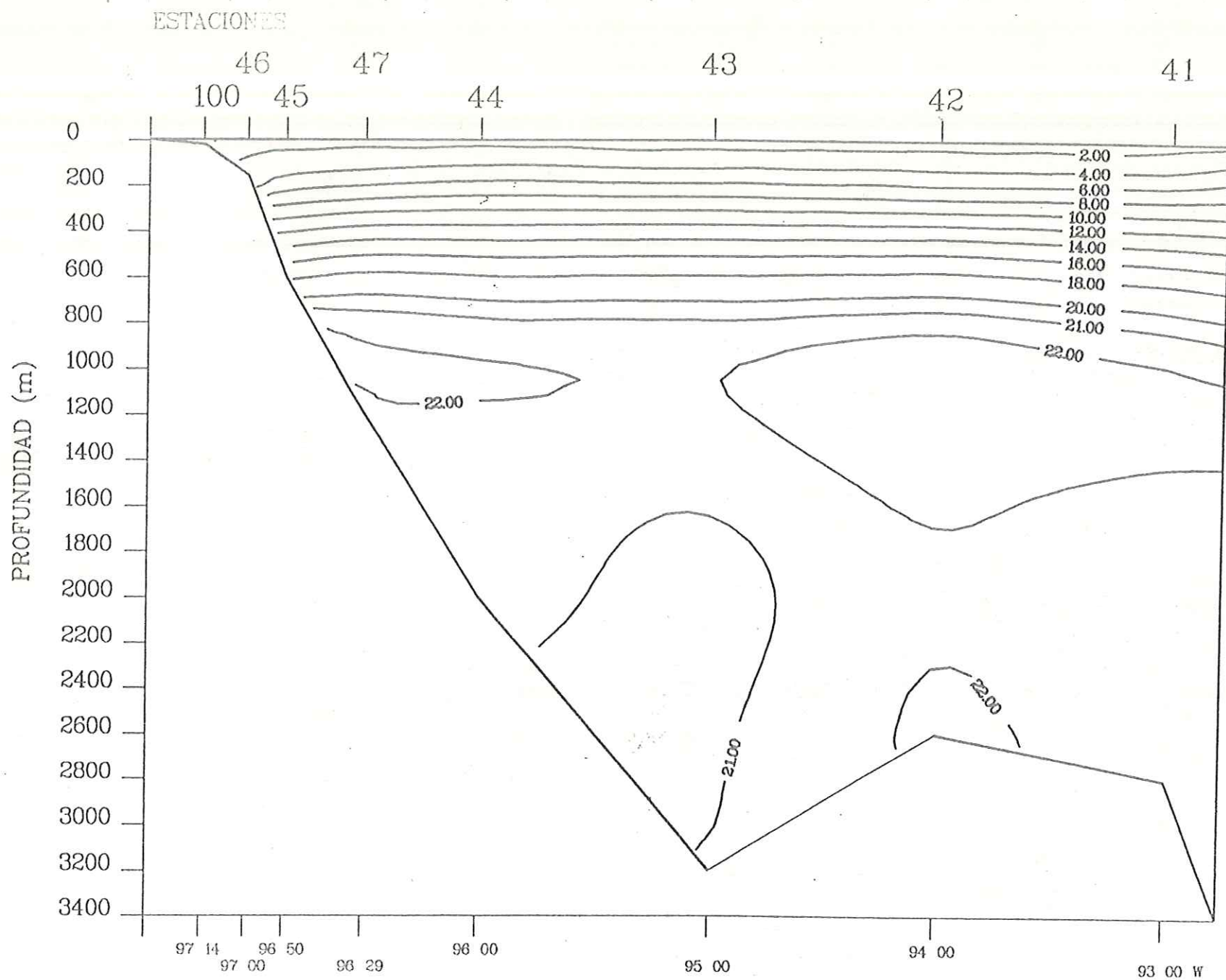


Fig.56 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

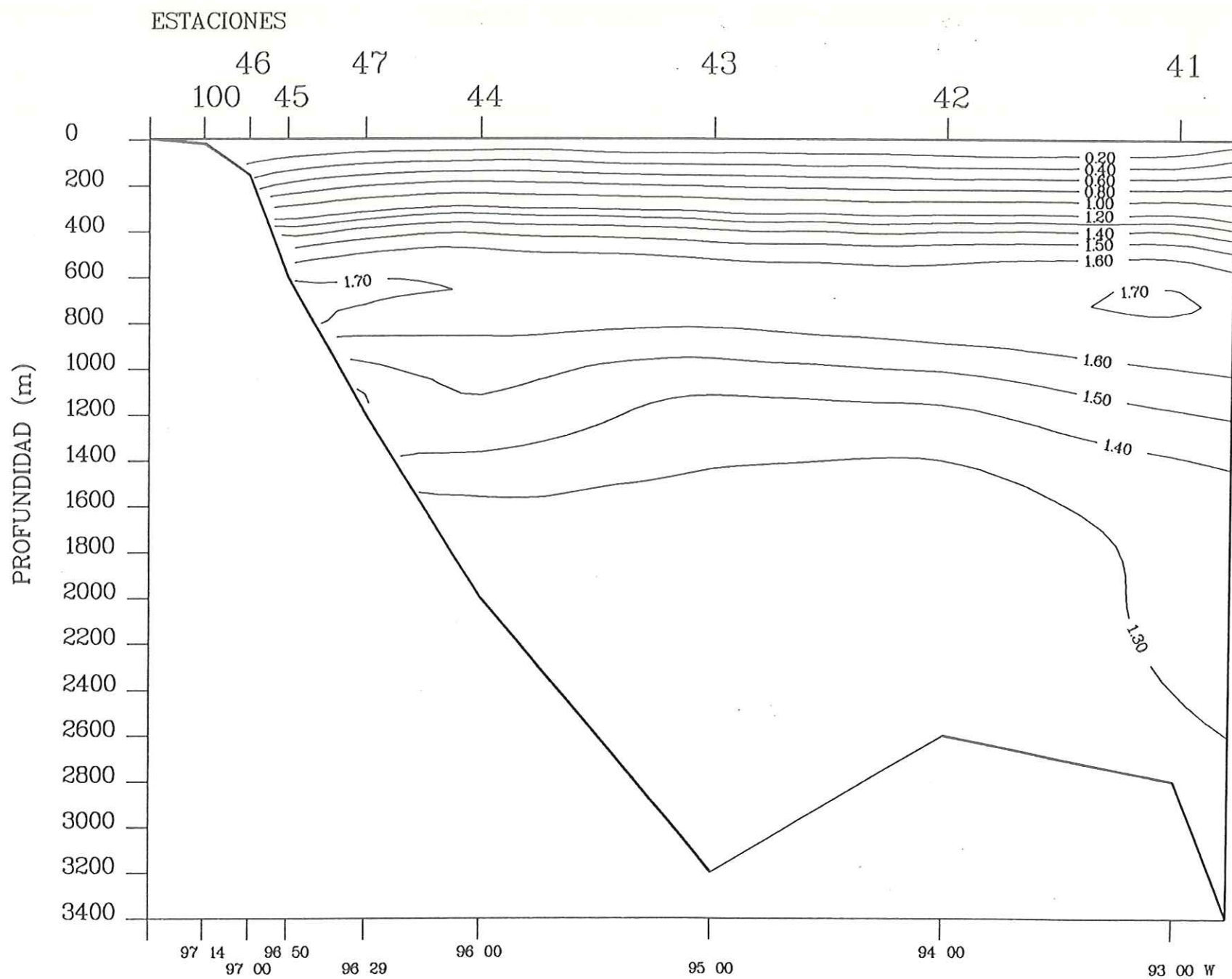


Fig.57 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

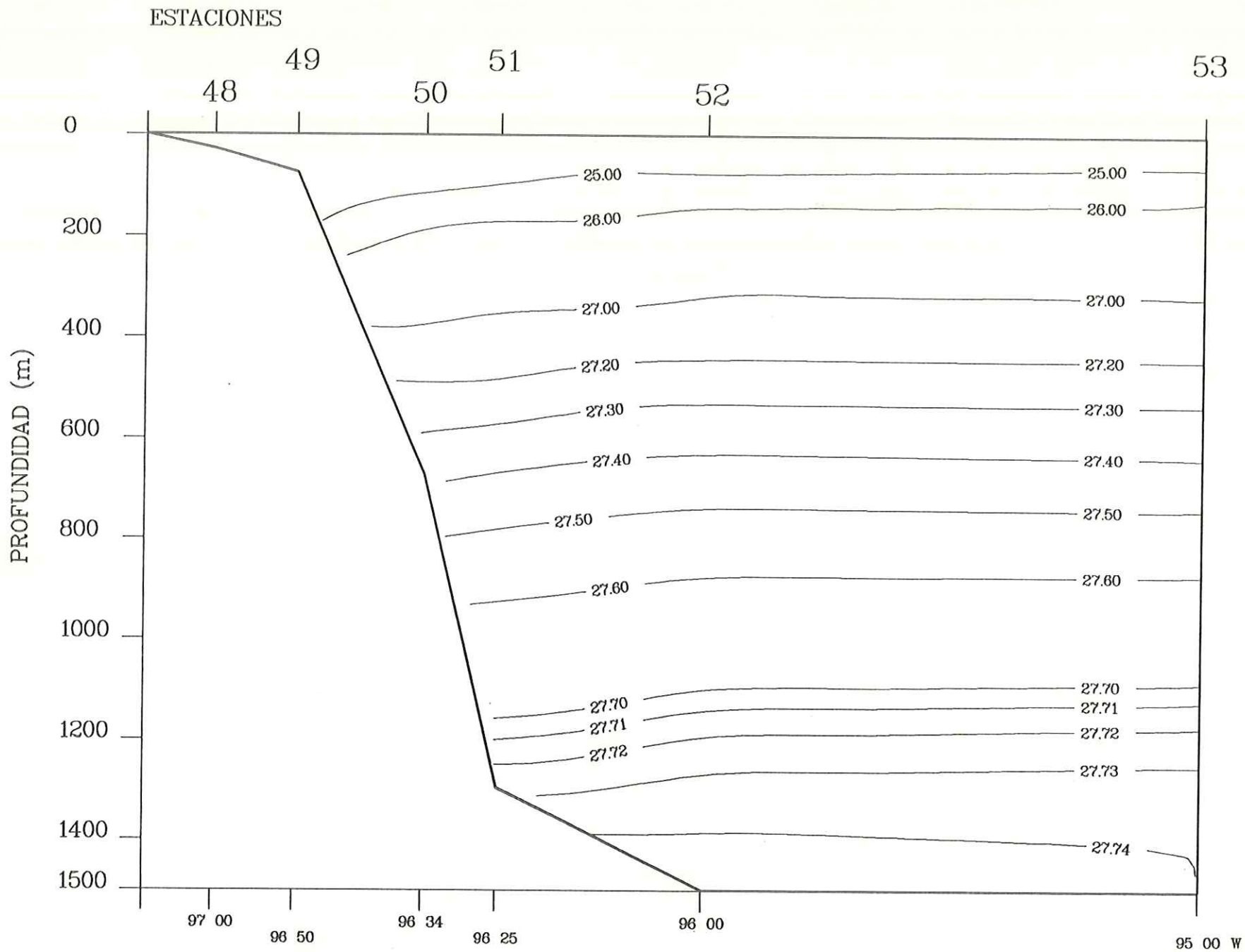


Fig.58 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^3). Latitud 20 40.0 N

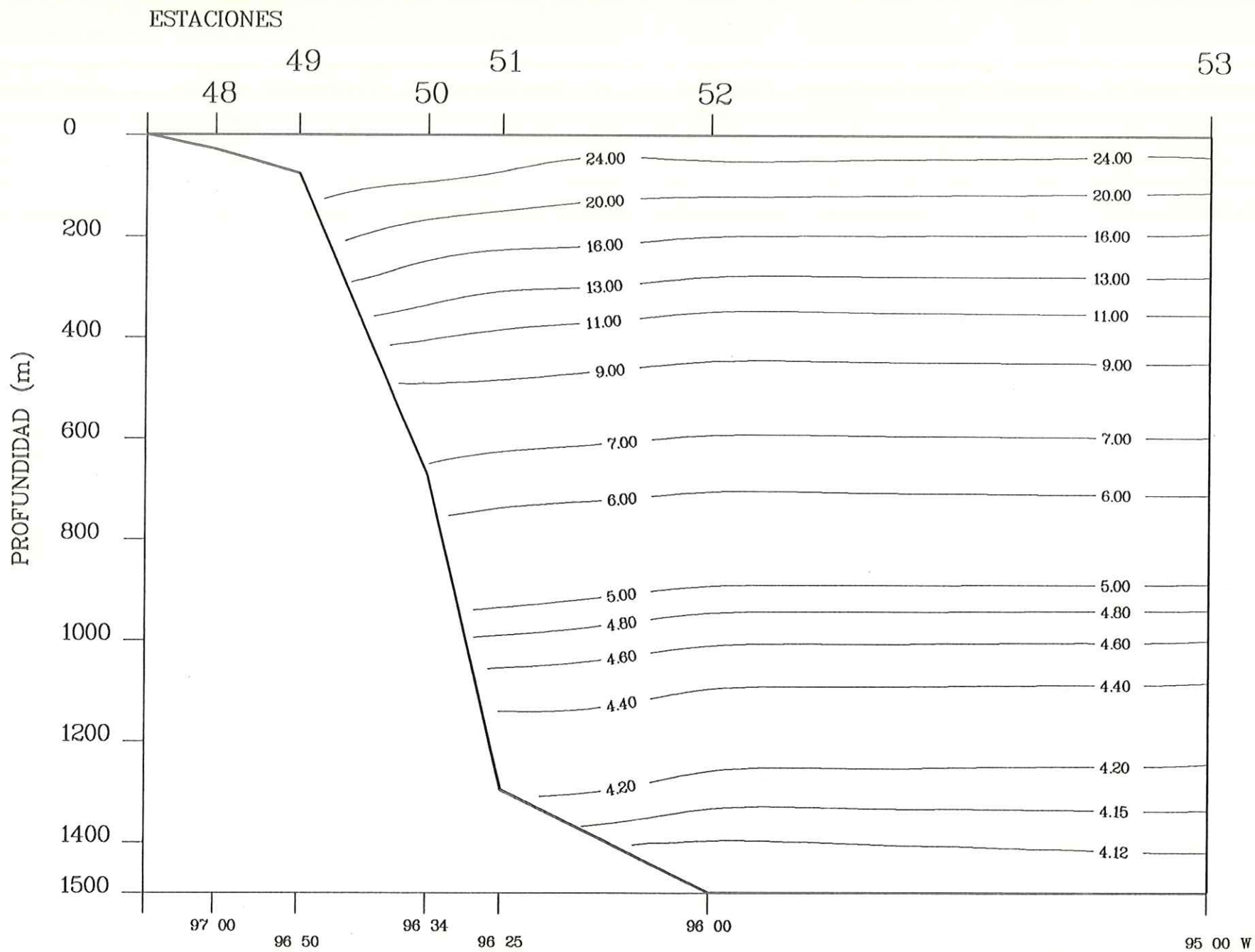


Fig. 59 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura potencial (oC). Latitud 20 40.0 N

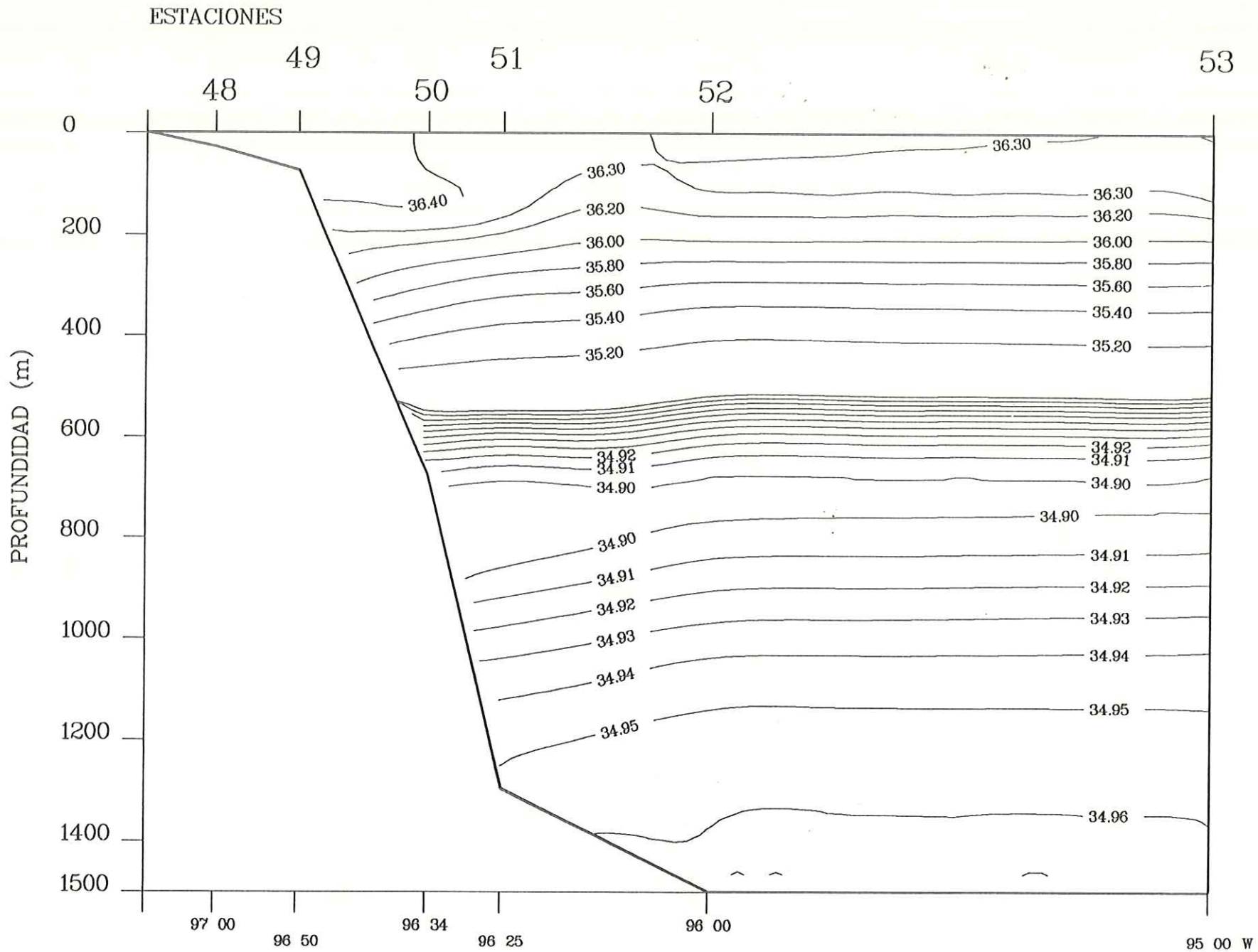


Fig. 60 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 20 40.0 N

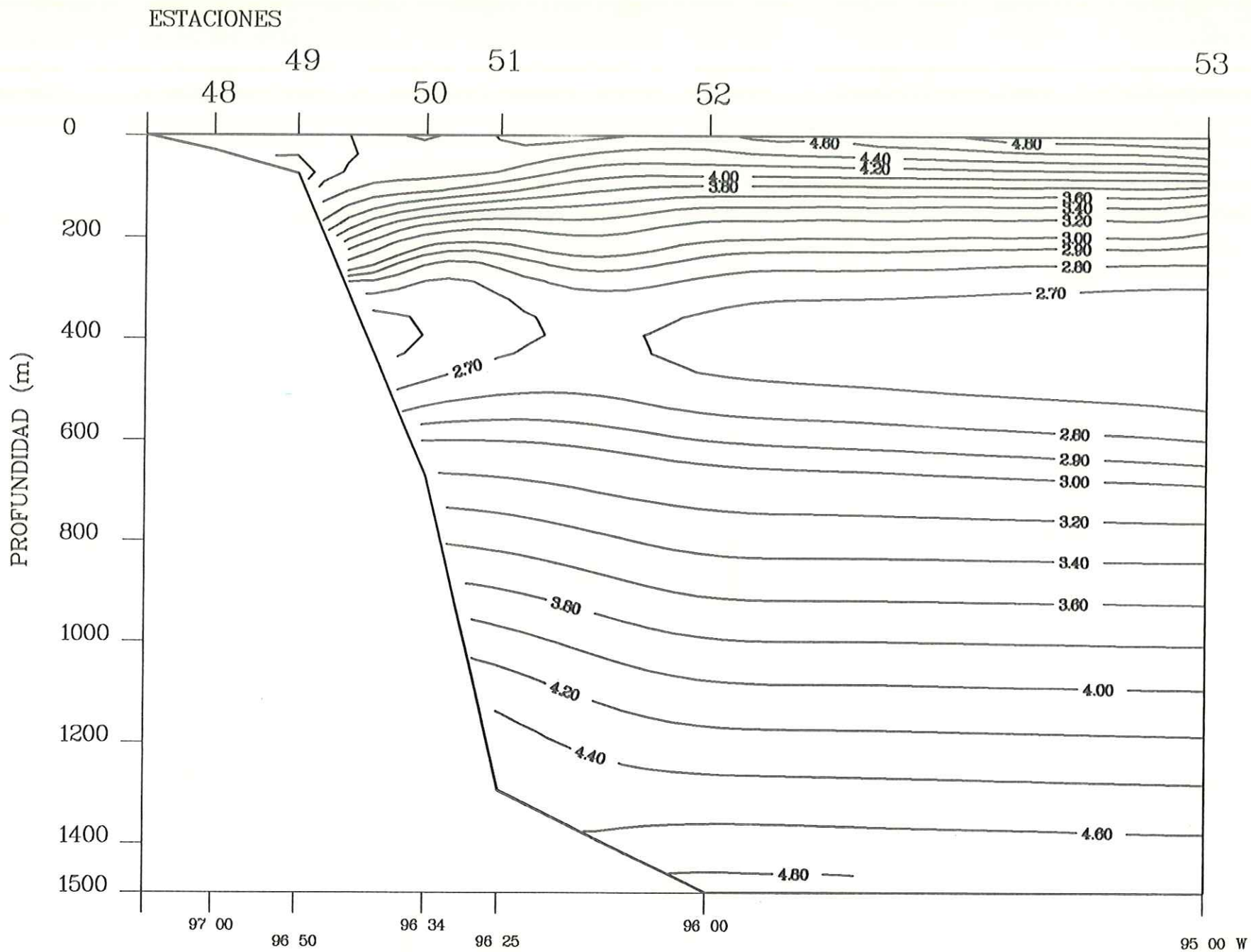


Fig. 61 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 20 40.0 N

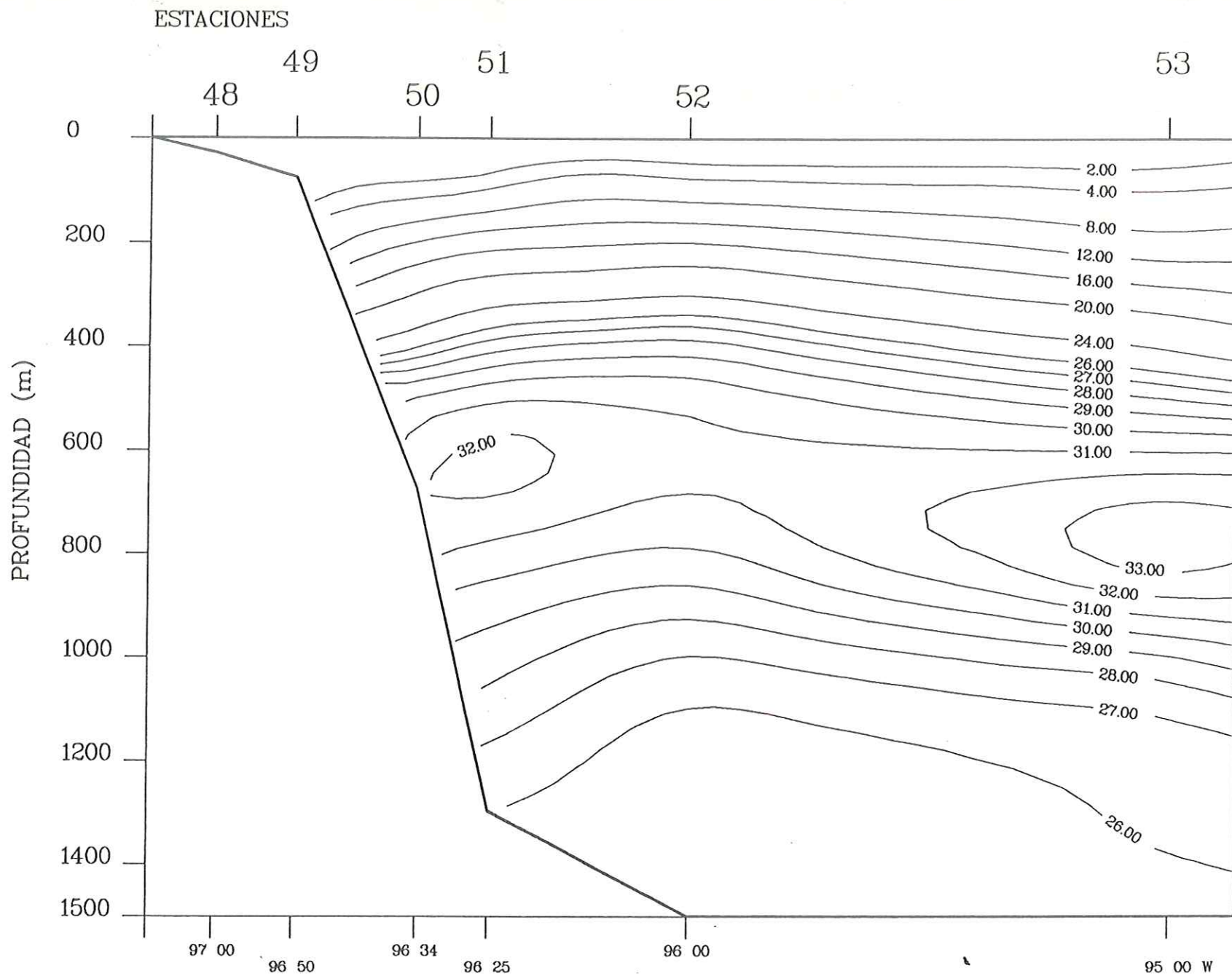


Fig. 62 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

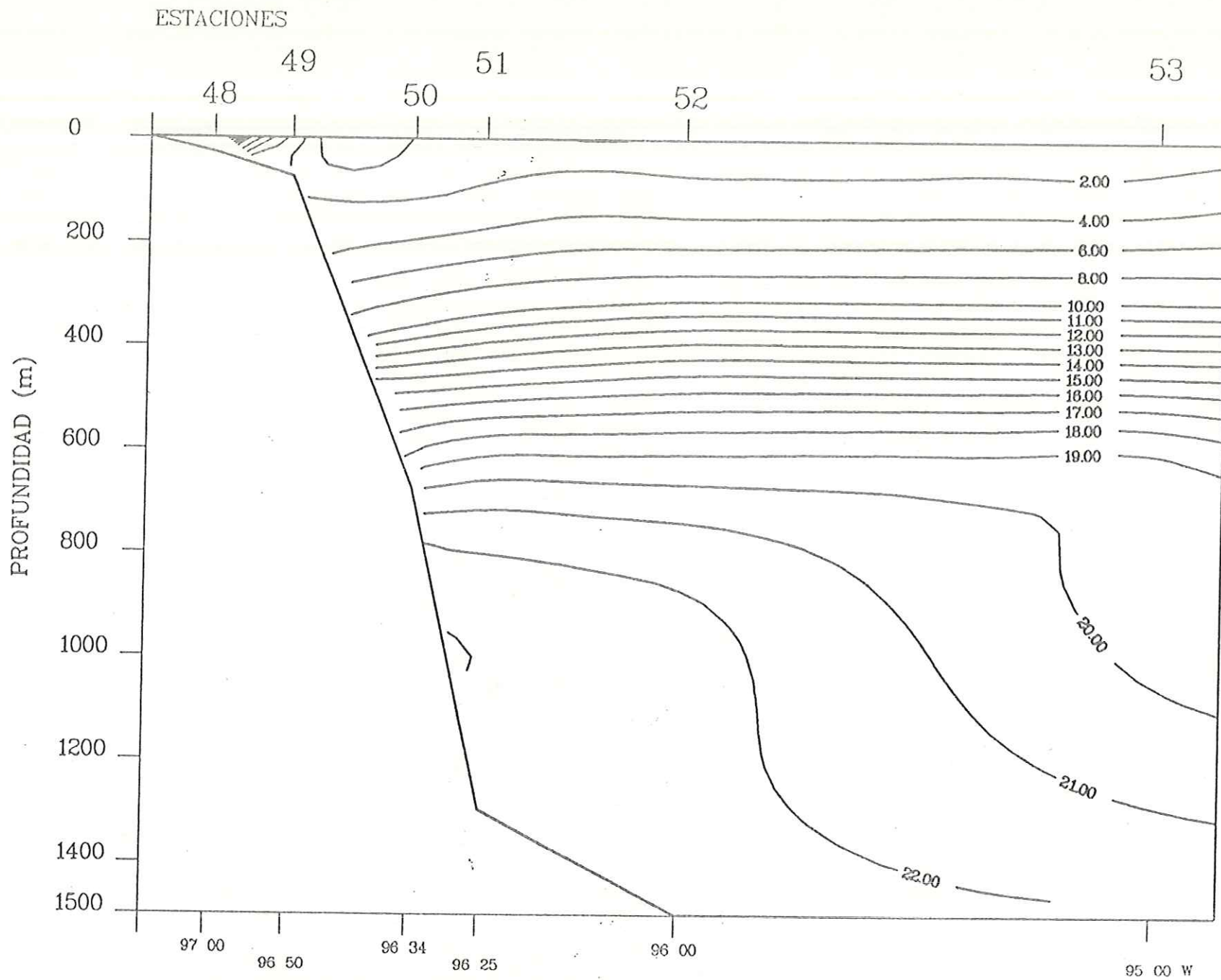


Fig.63 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

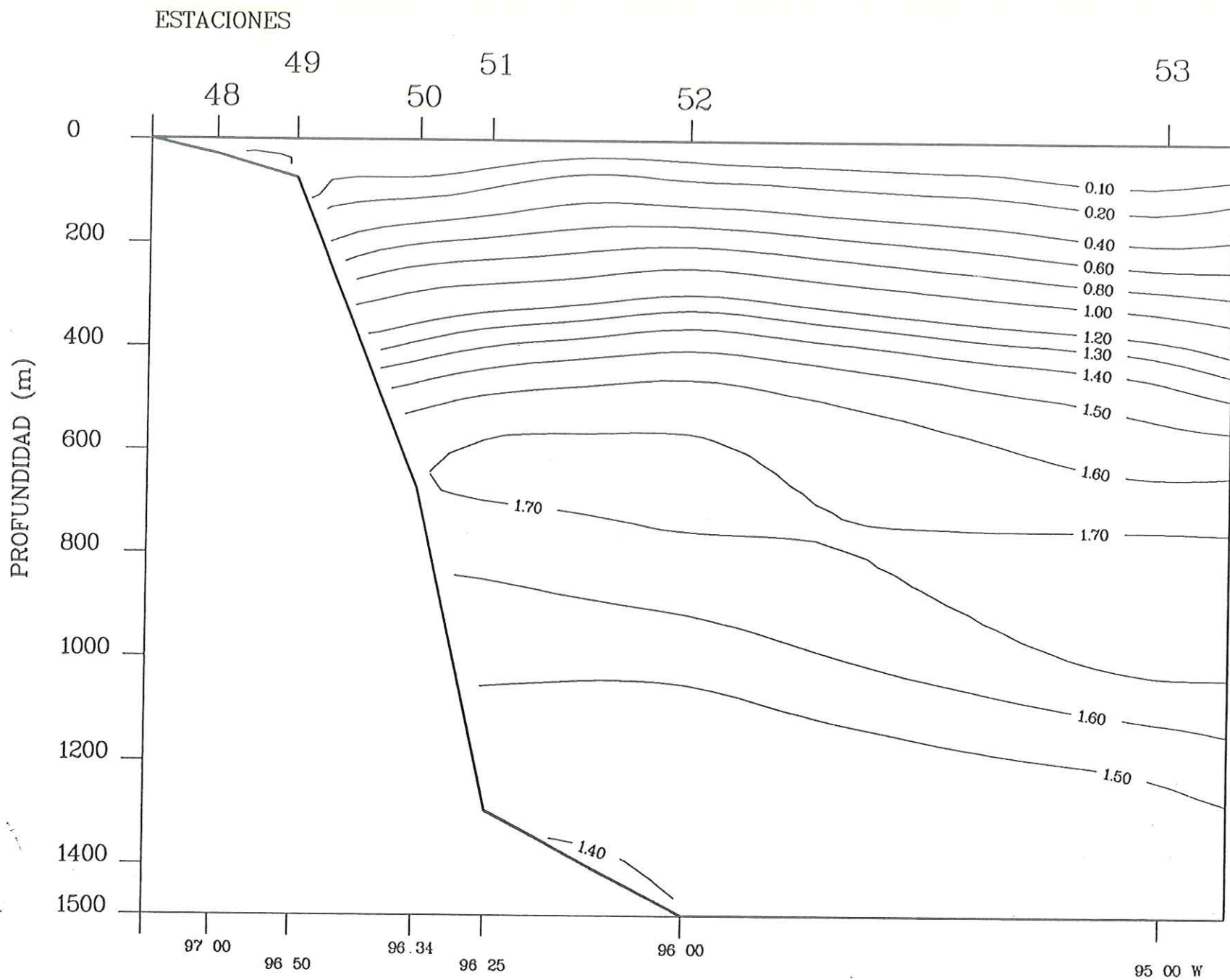


Fig. 64 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

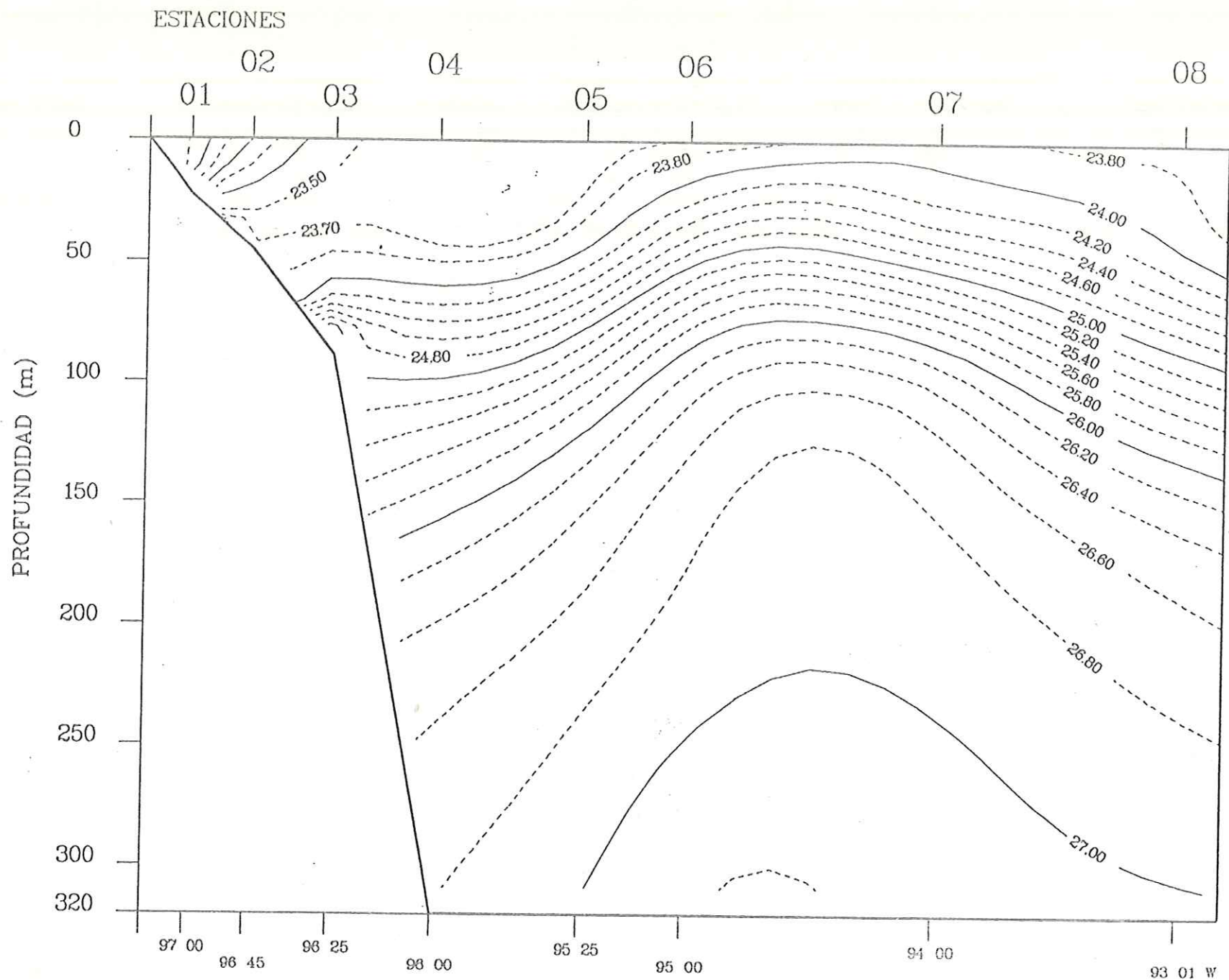


Fig.65 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 25 55.0 N

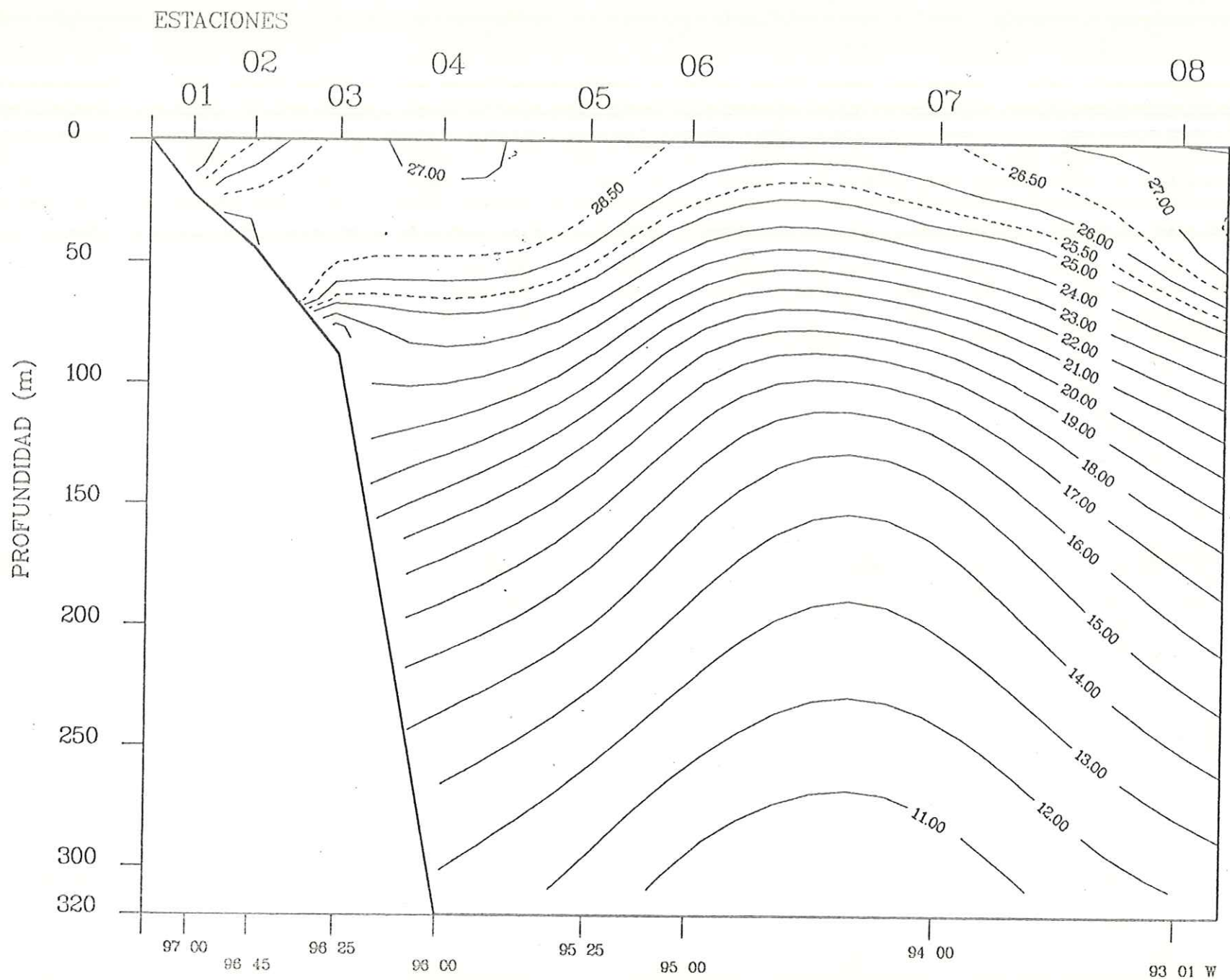


Fig.66 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 25 55.0 N

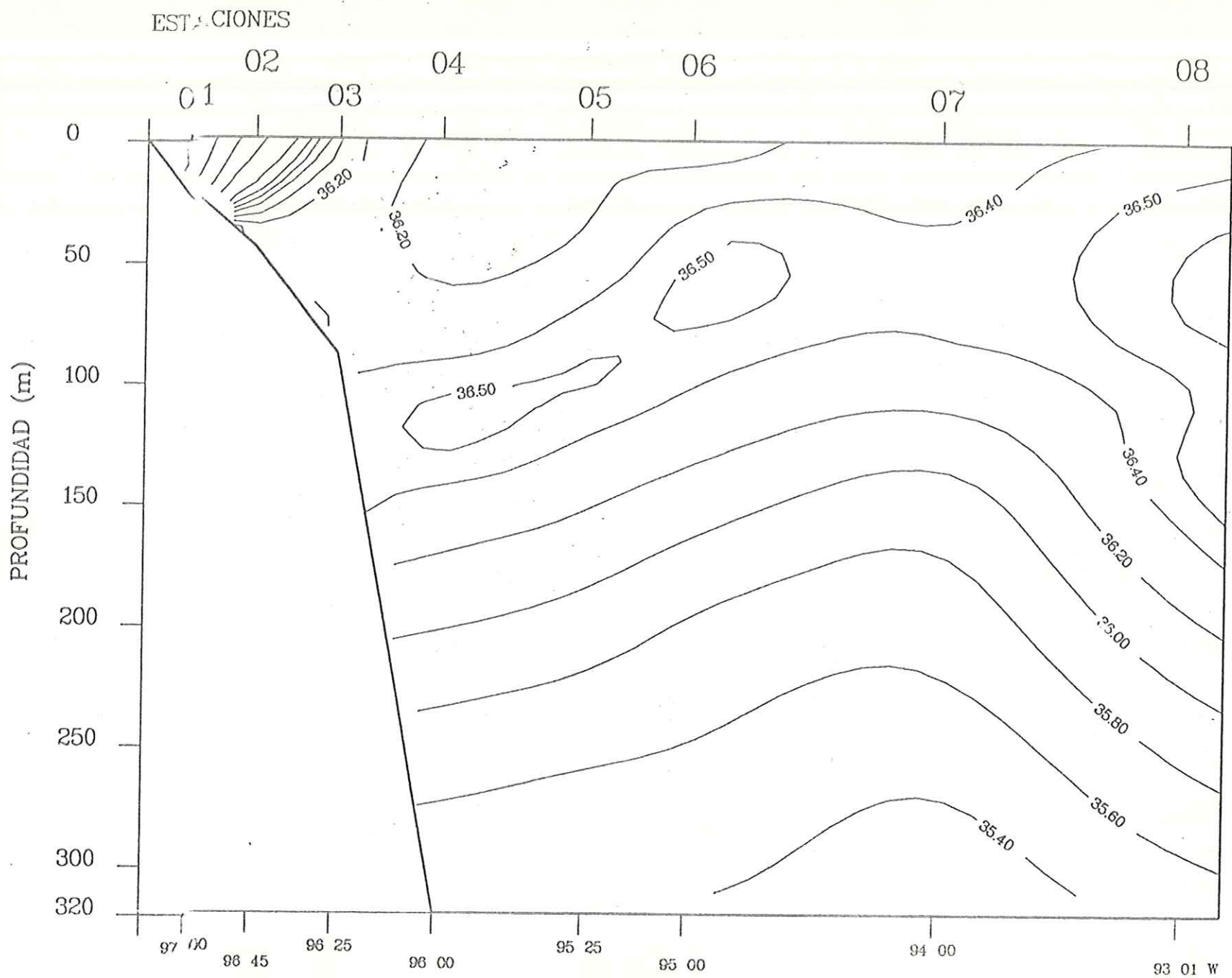


Fig 67 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Capo de Salinidad (0/00) Latitud 25 55.0 N

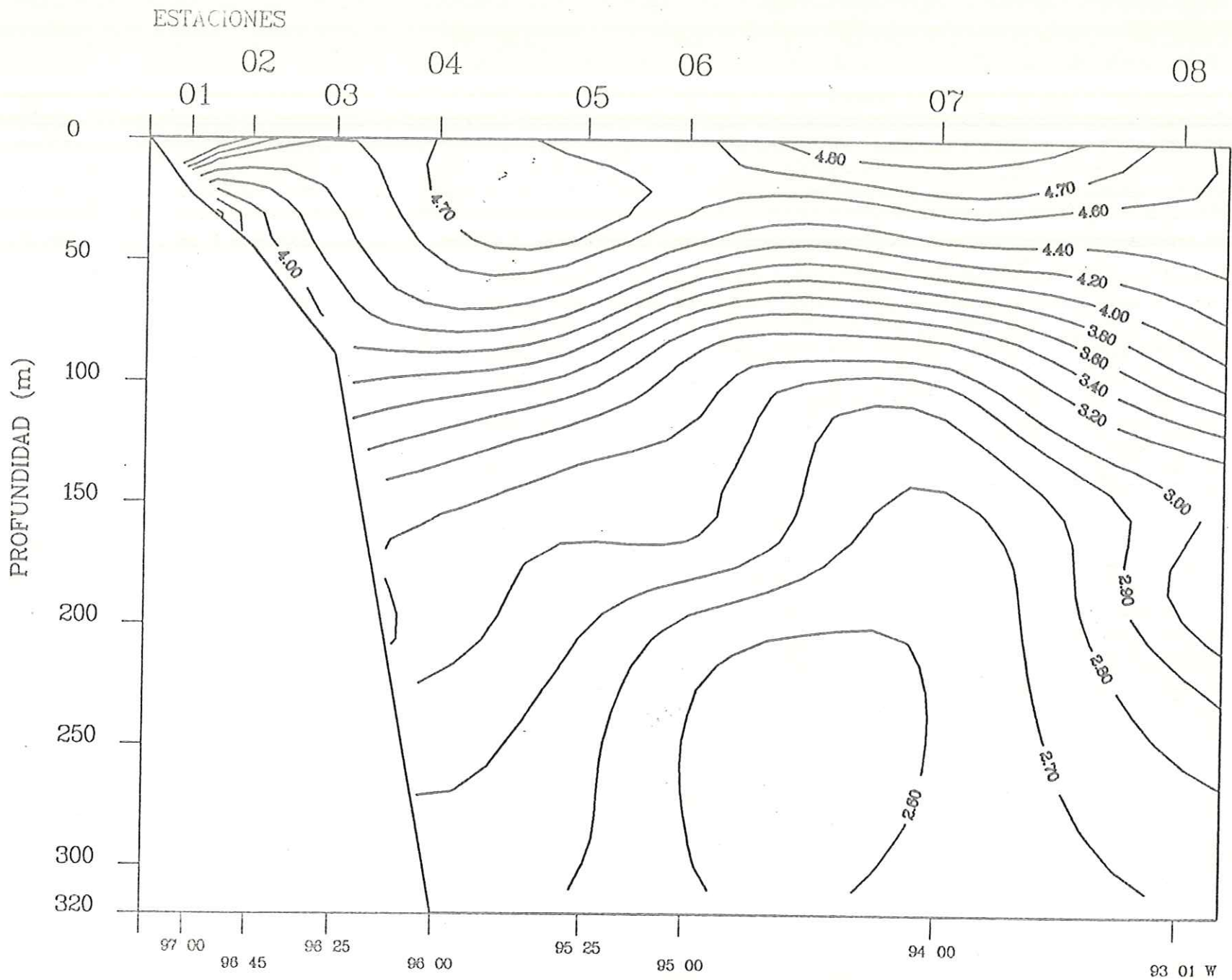


Fig.68 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 25 55.0 N

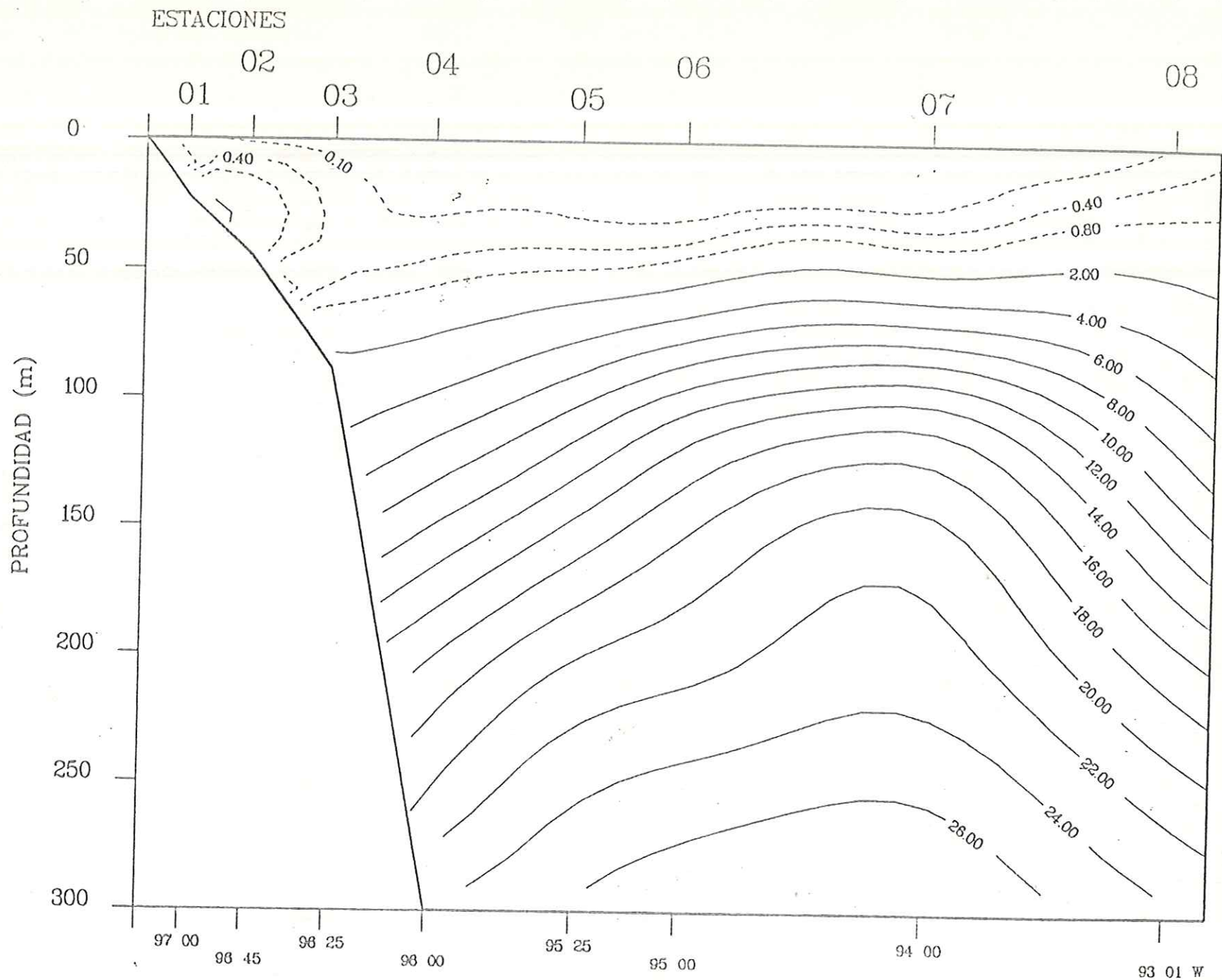


Fig. 69 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Nitrato disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Latitud 25 55.0 N

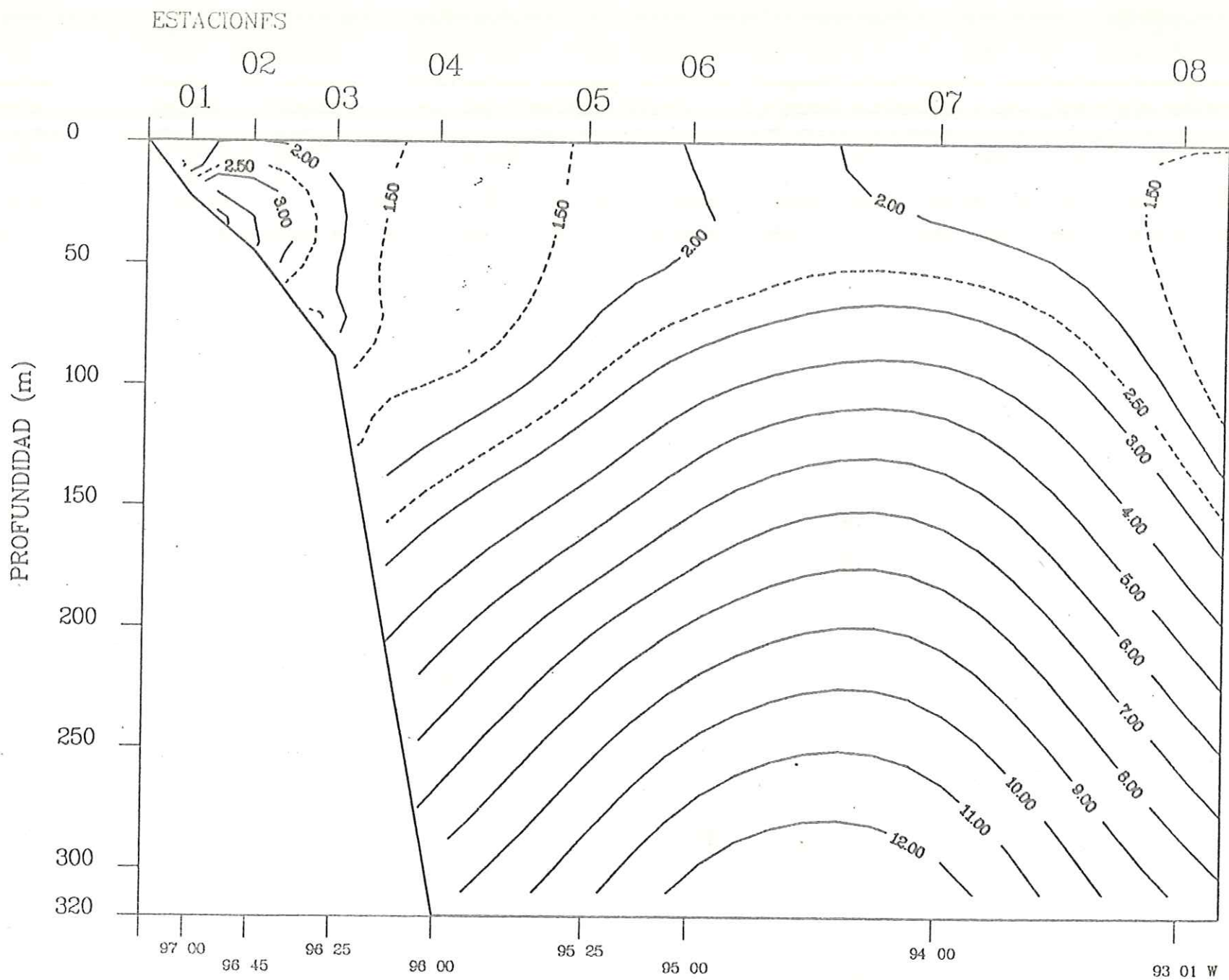


Fig.70 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 55.0 N

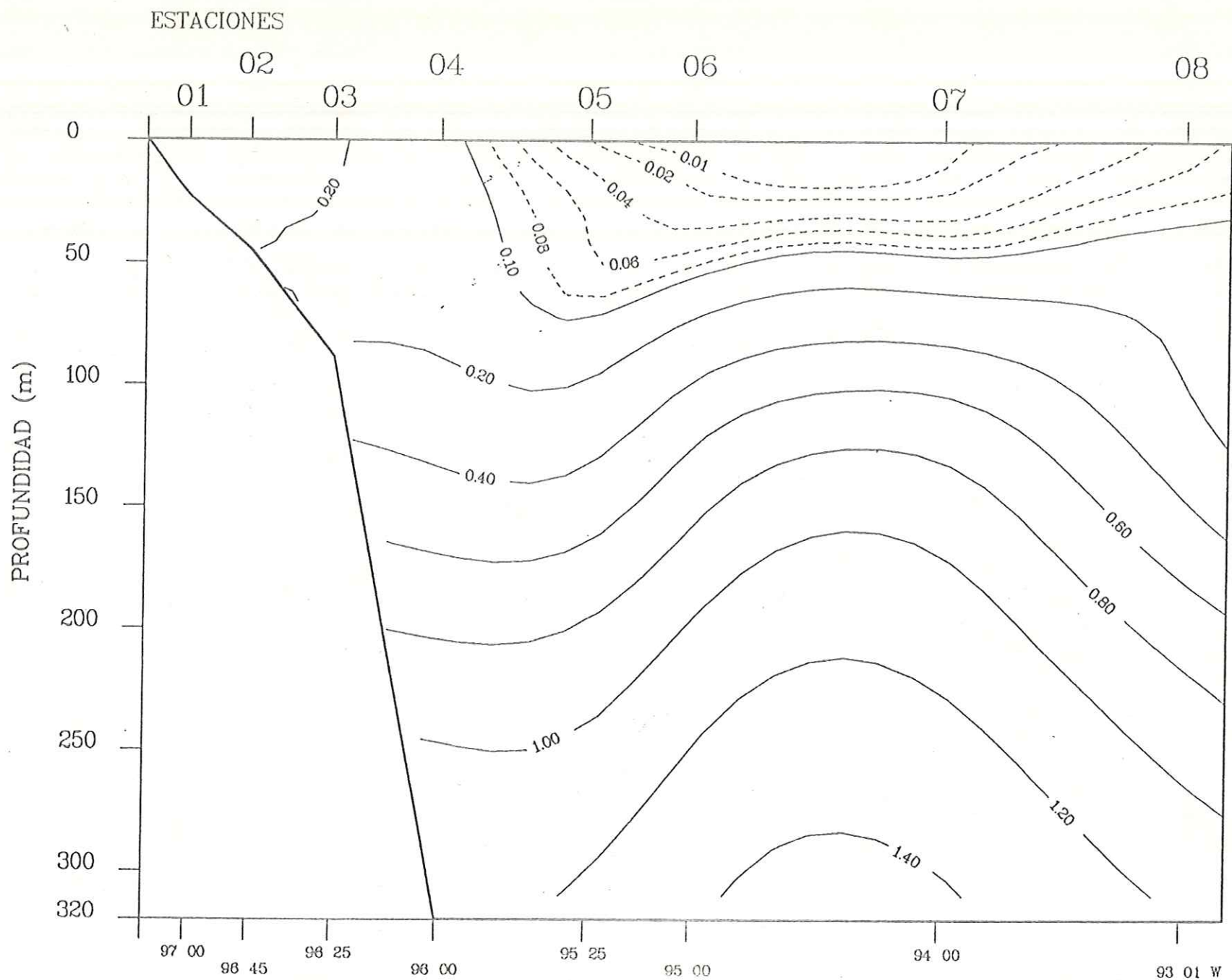


Fig.71 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 55.0 N

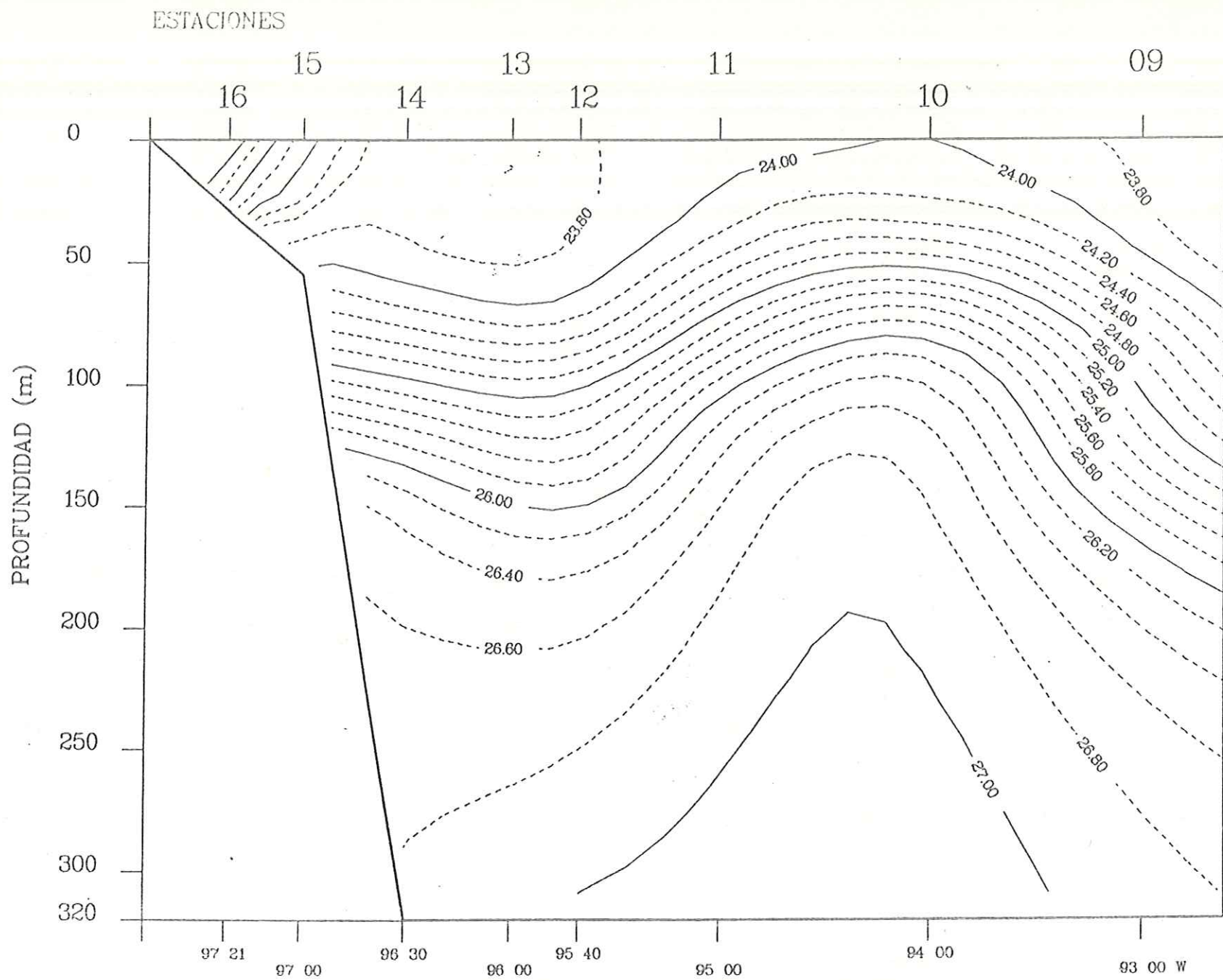


Fig.72 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^3) Latitud 25 00 0 N

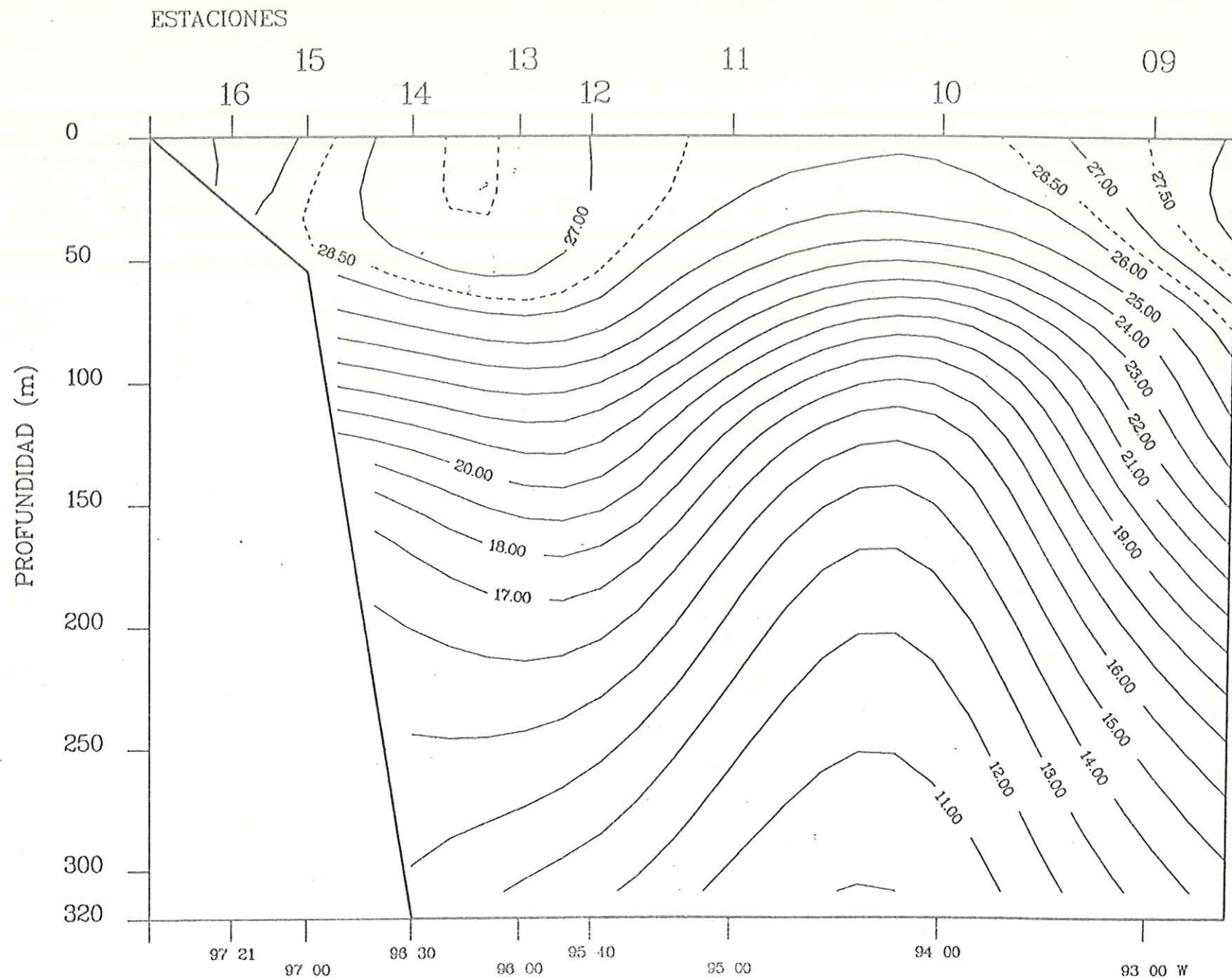


Fig.73 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 25 00.0 N

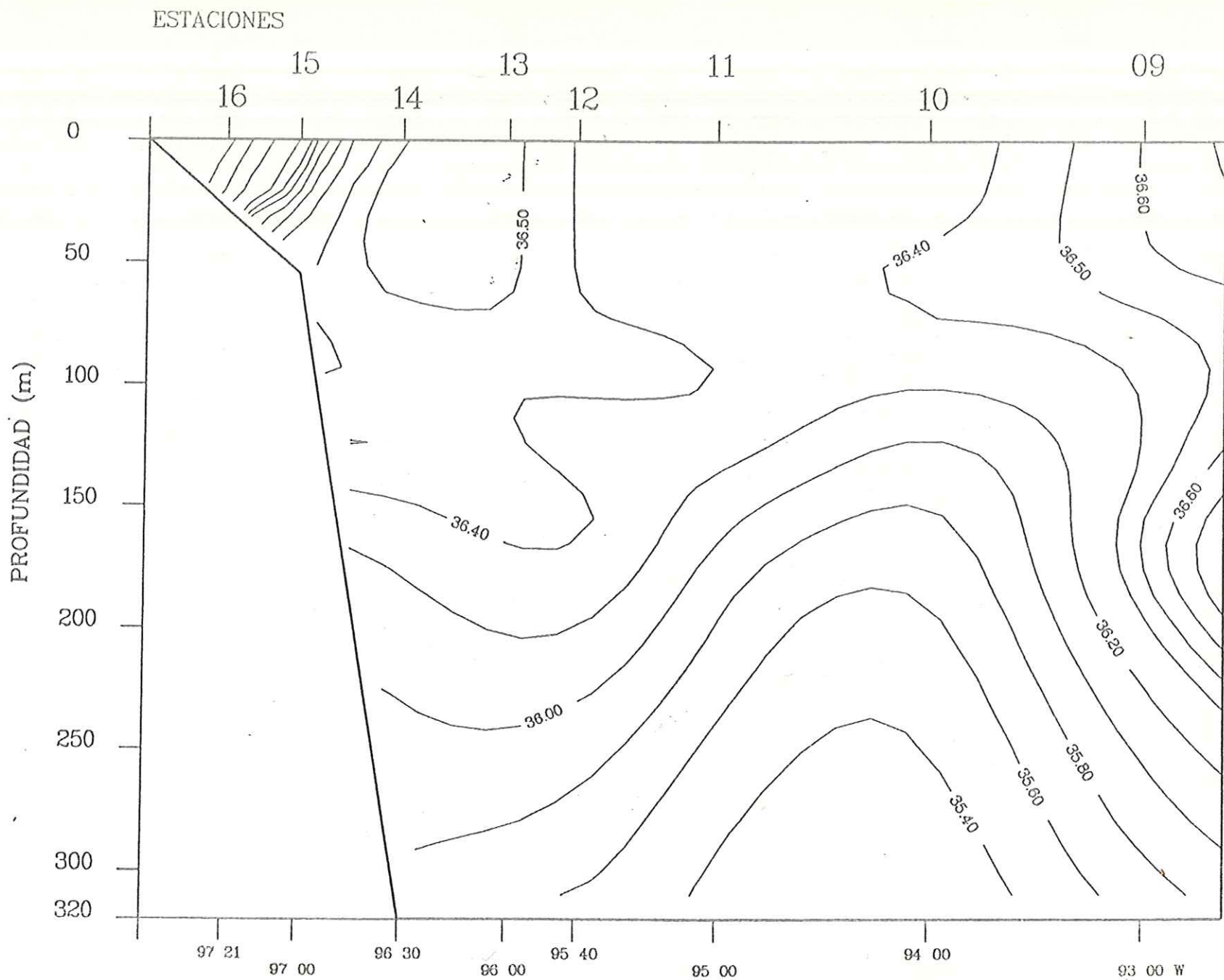


Fig.74 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 25 00.0 N

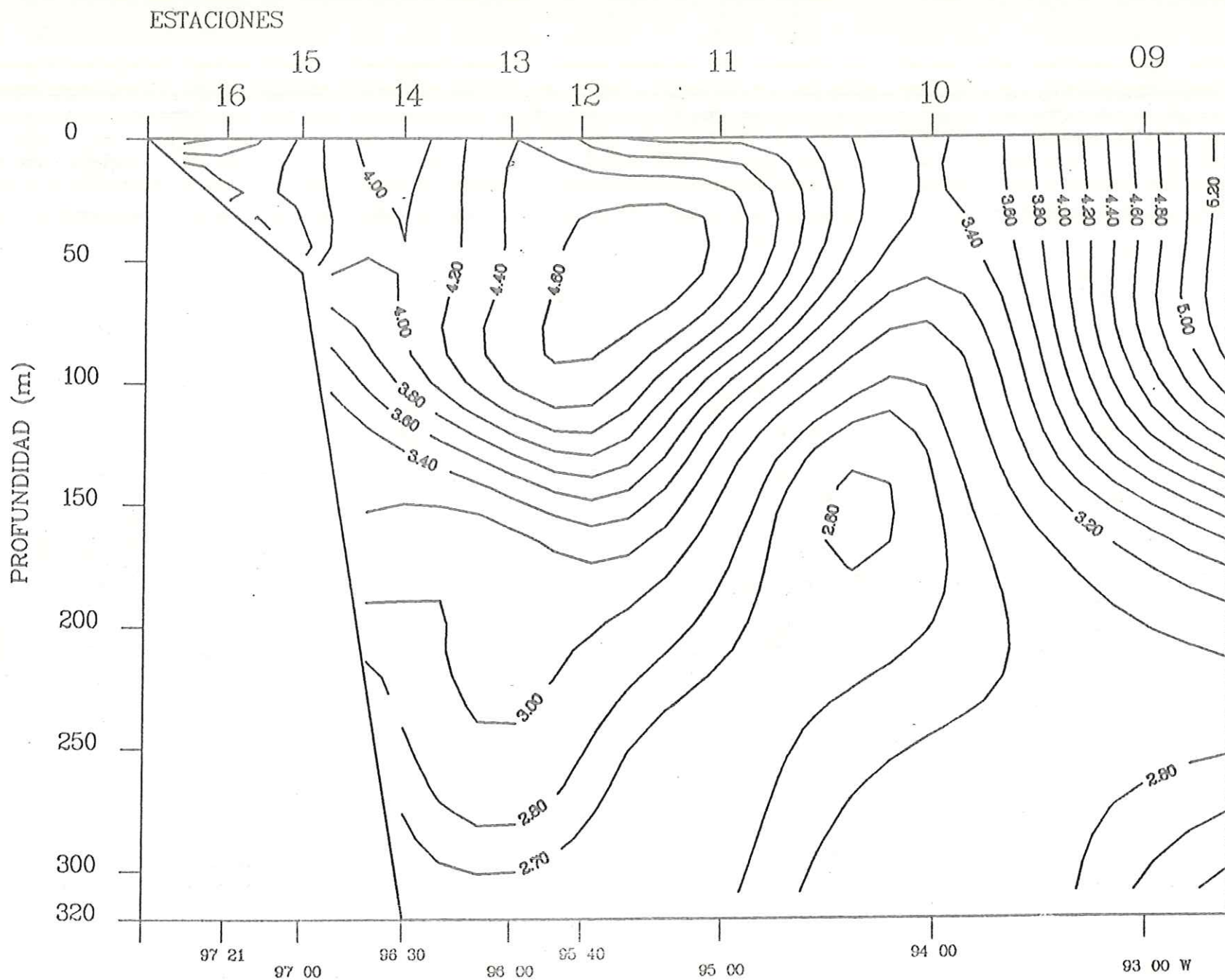


Fig.75 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 25 00.0 N

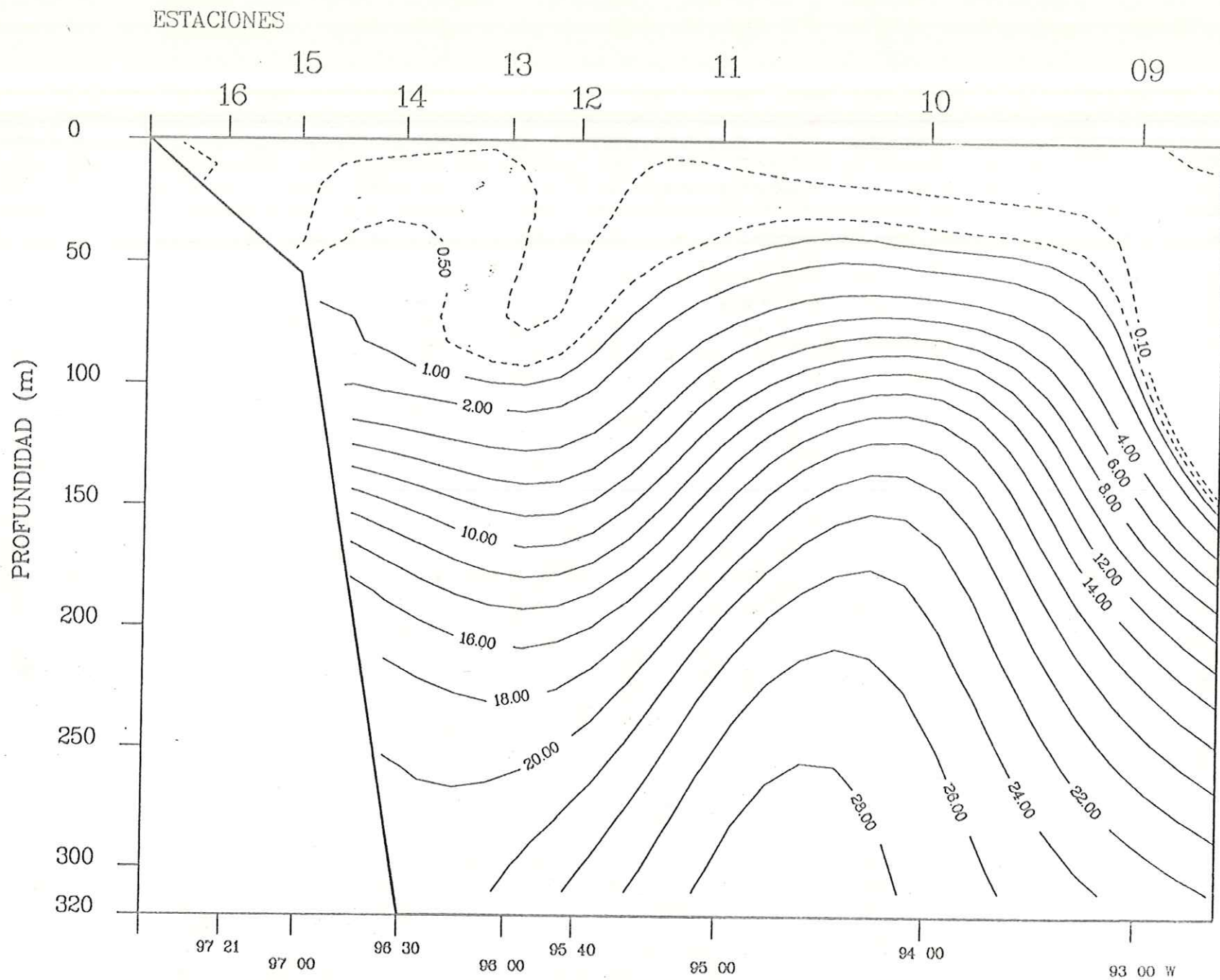


Fig.76 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Latitud 25 00.0 N

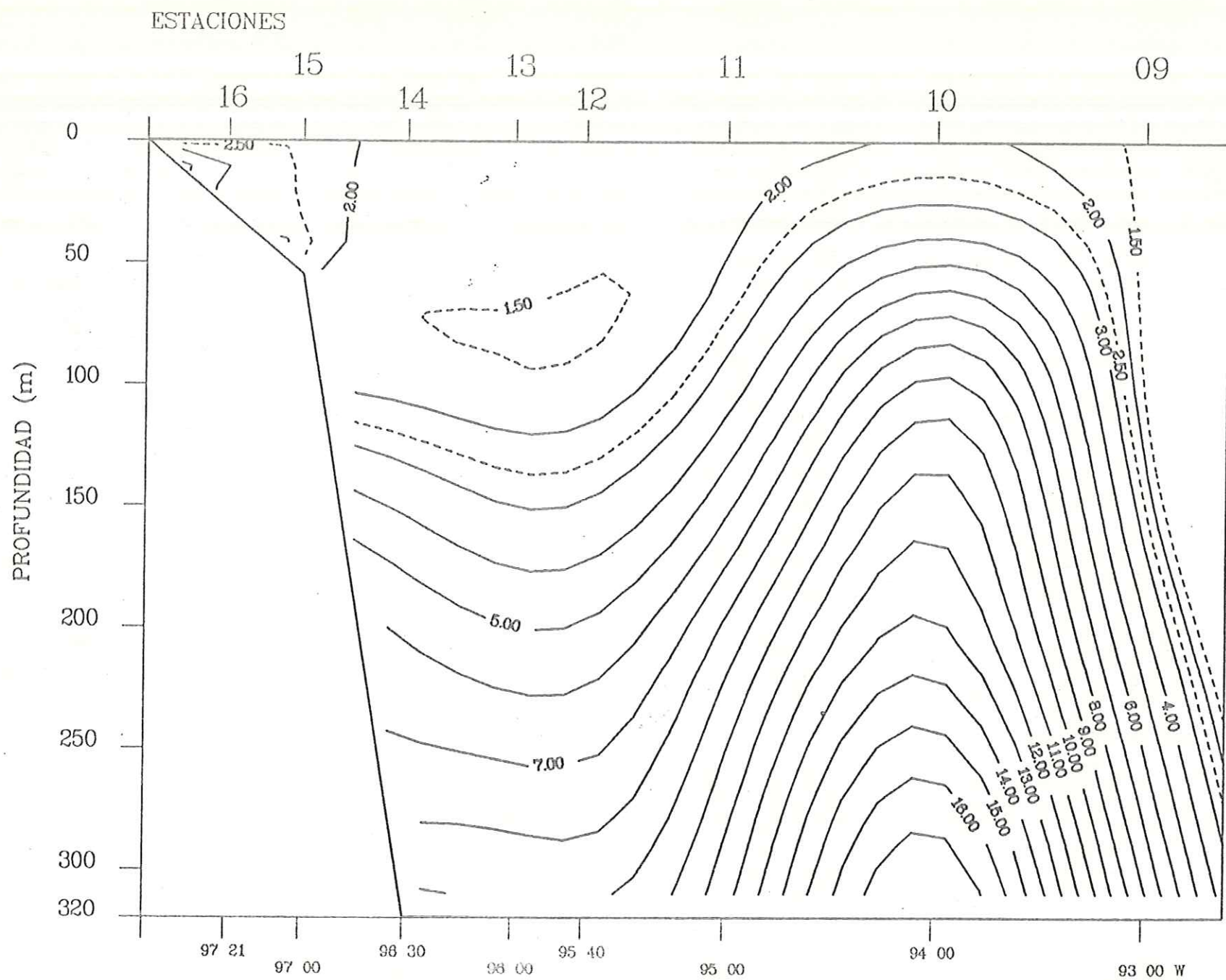


Fig. 77 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 00.0 N

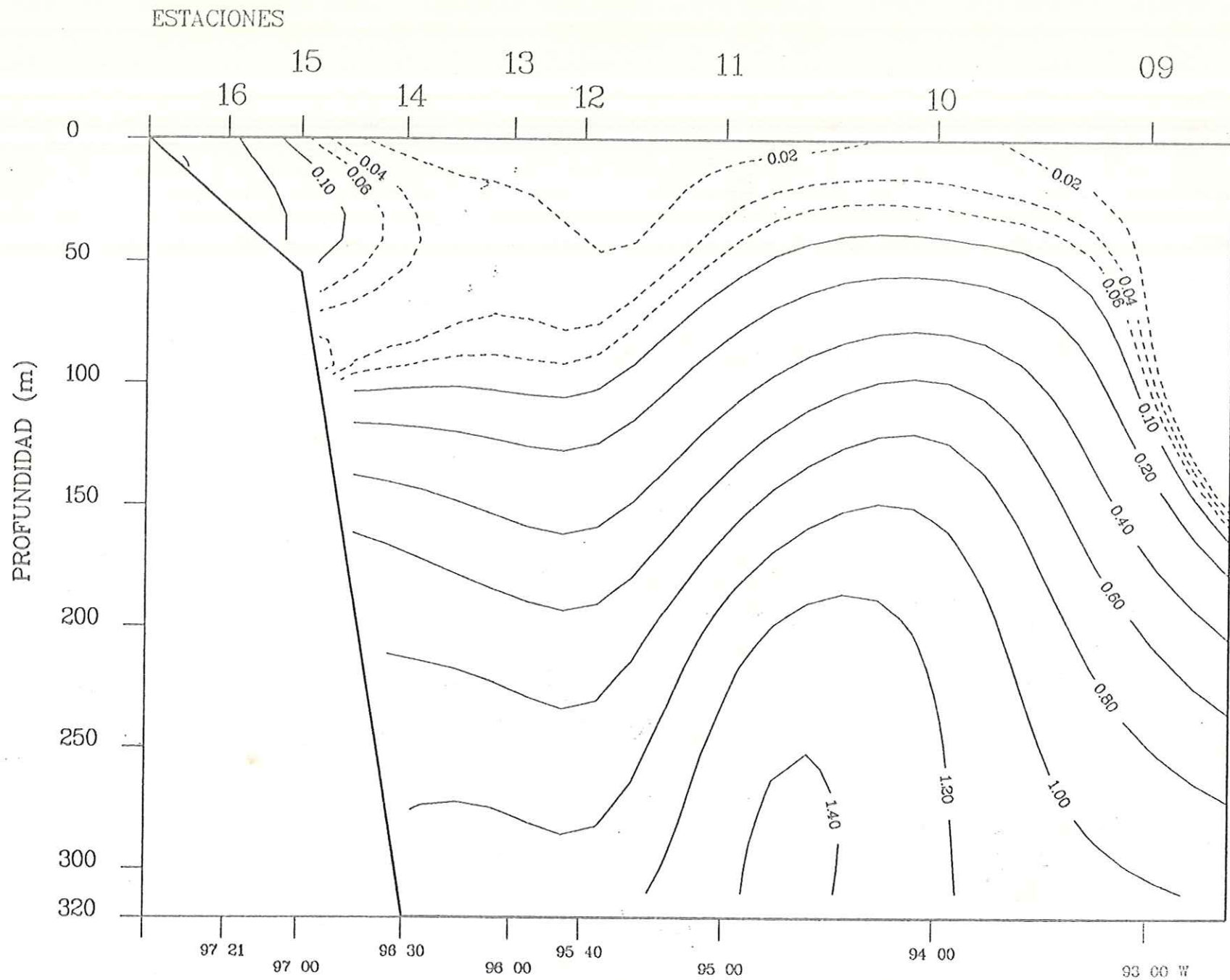


Fig.78 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 25 00.0 N

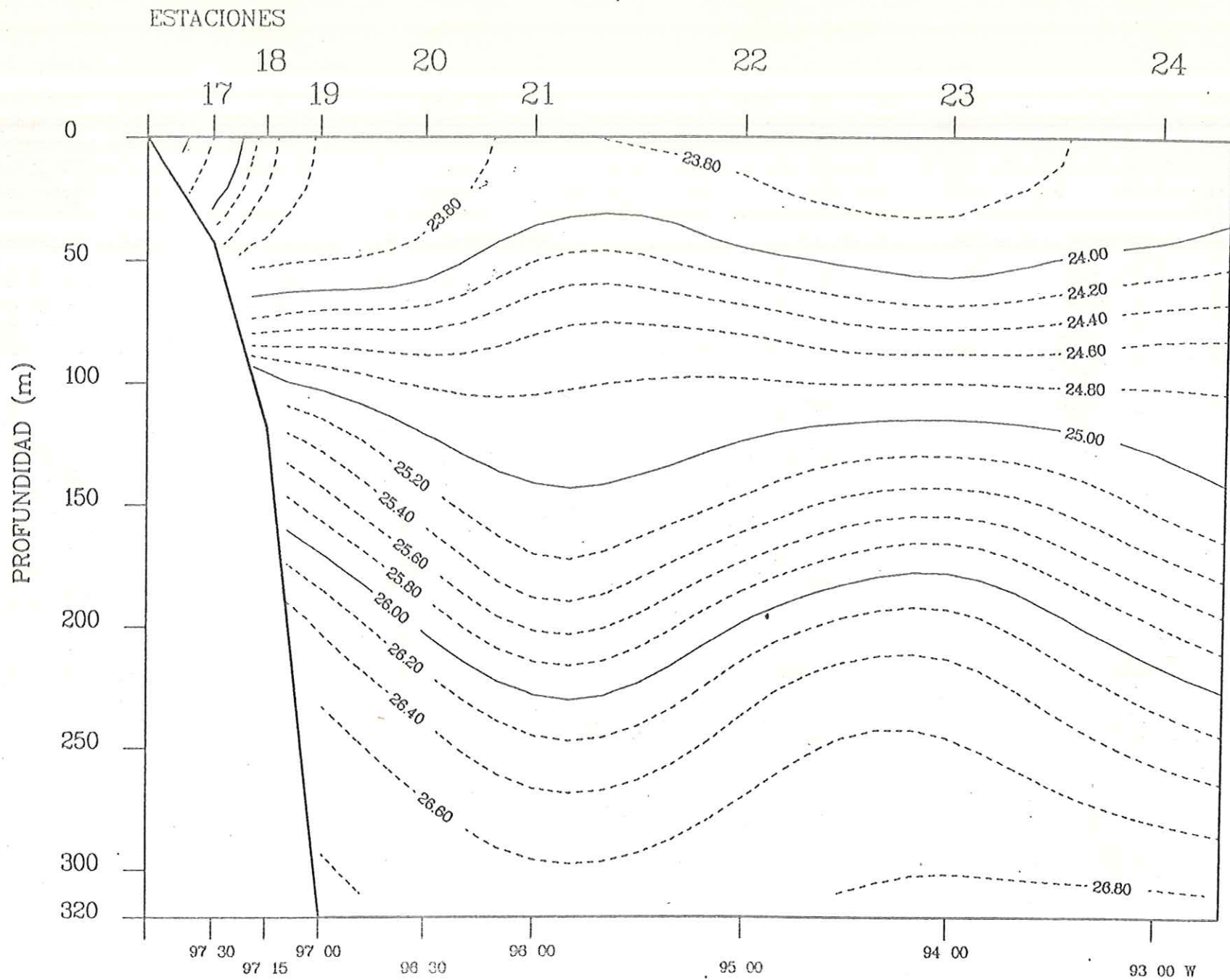


Fig.79 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^3). Latitud 24 00.0 N

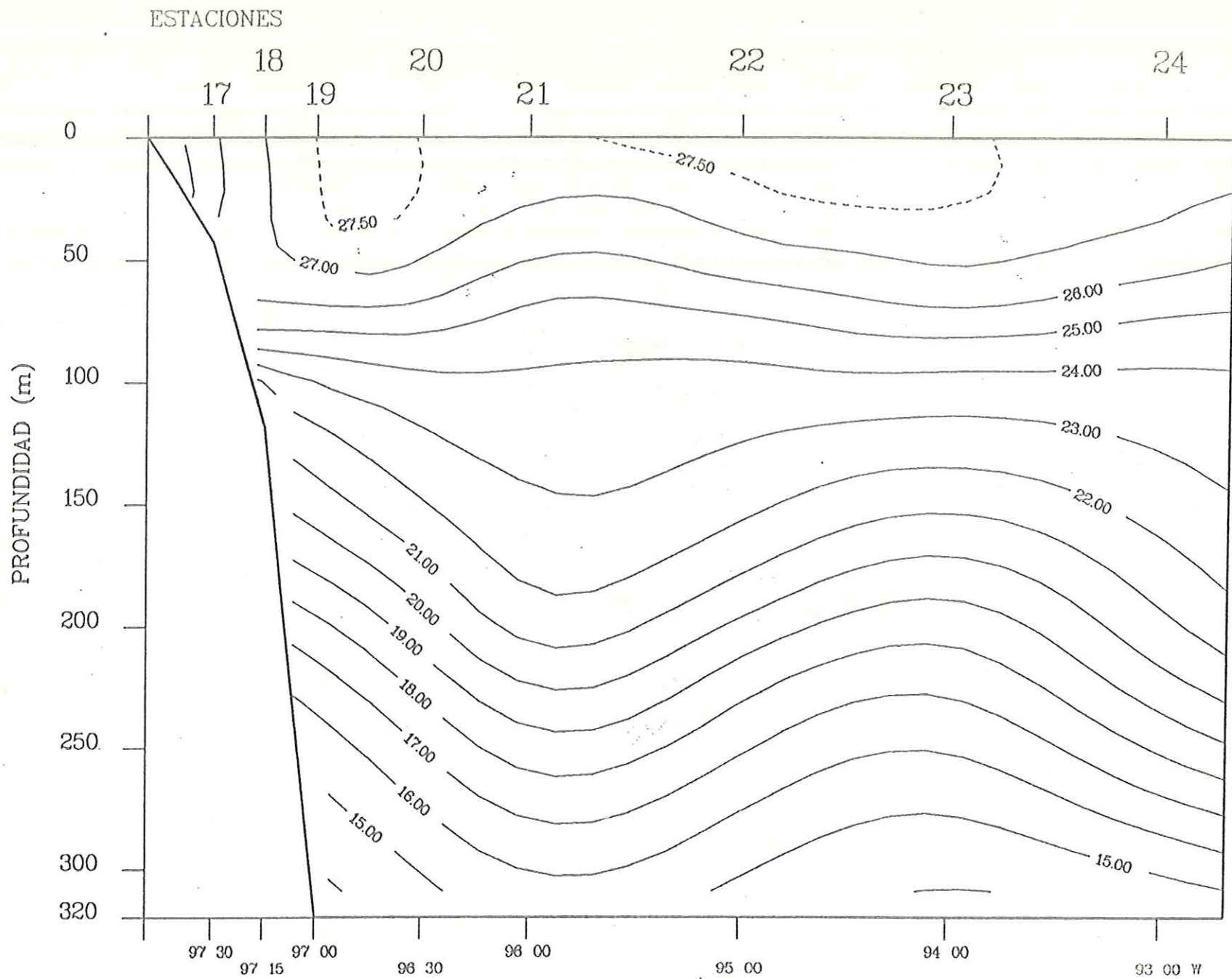


Fig.80 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 24 00.0 N

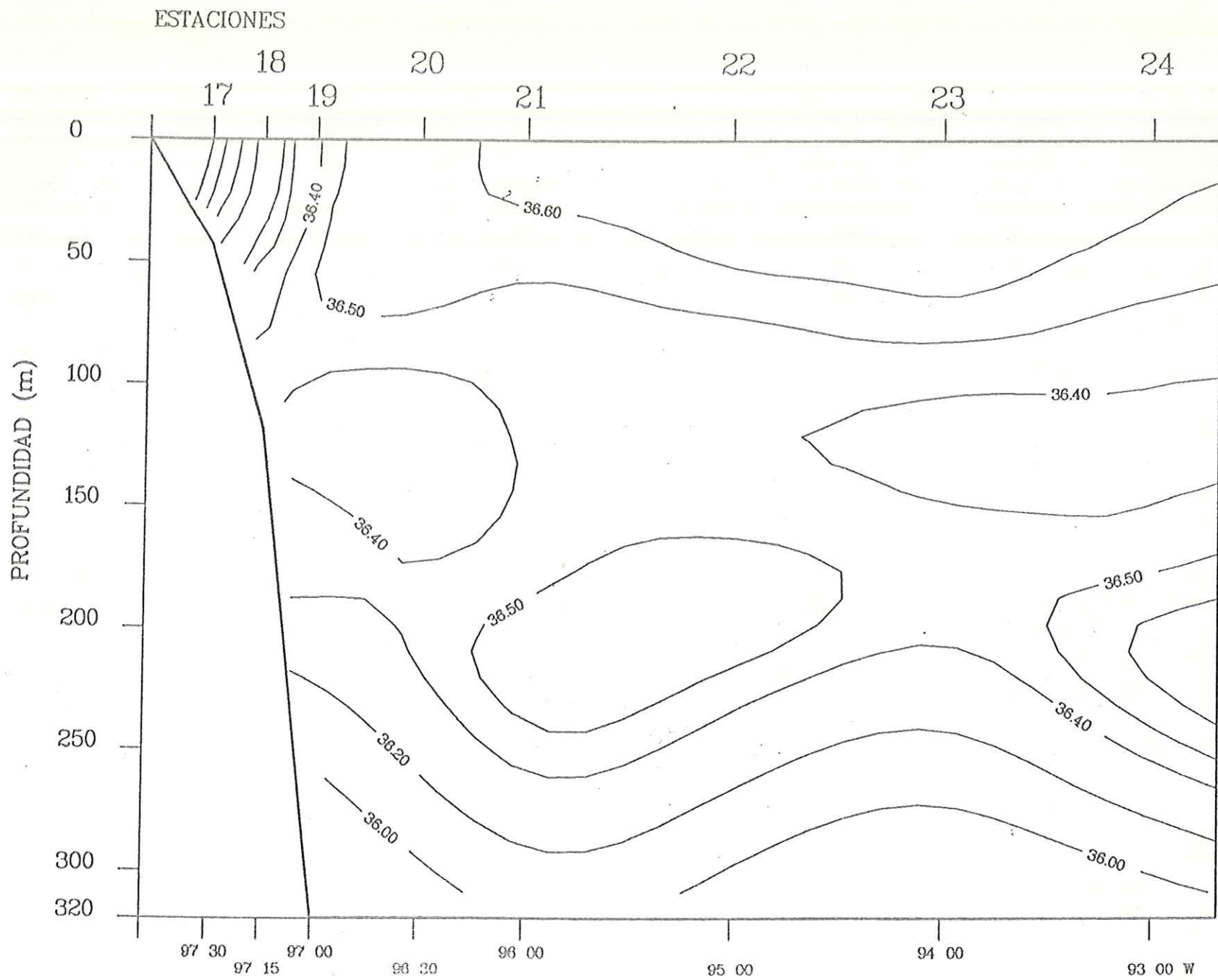


Fig.81 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 24 00.0 N

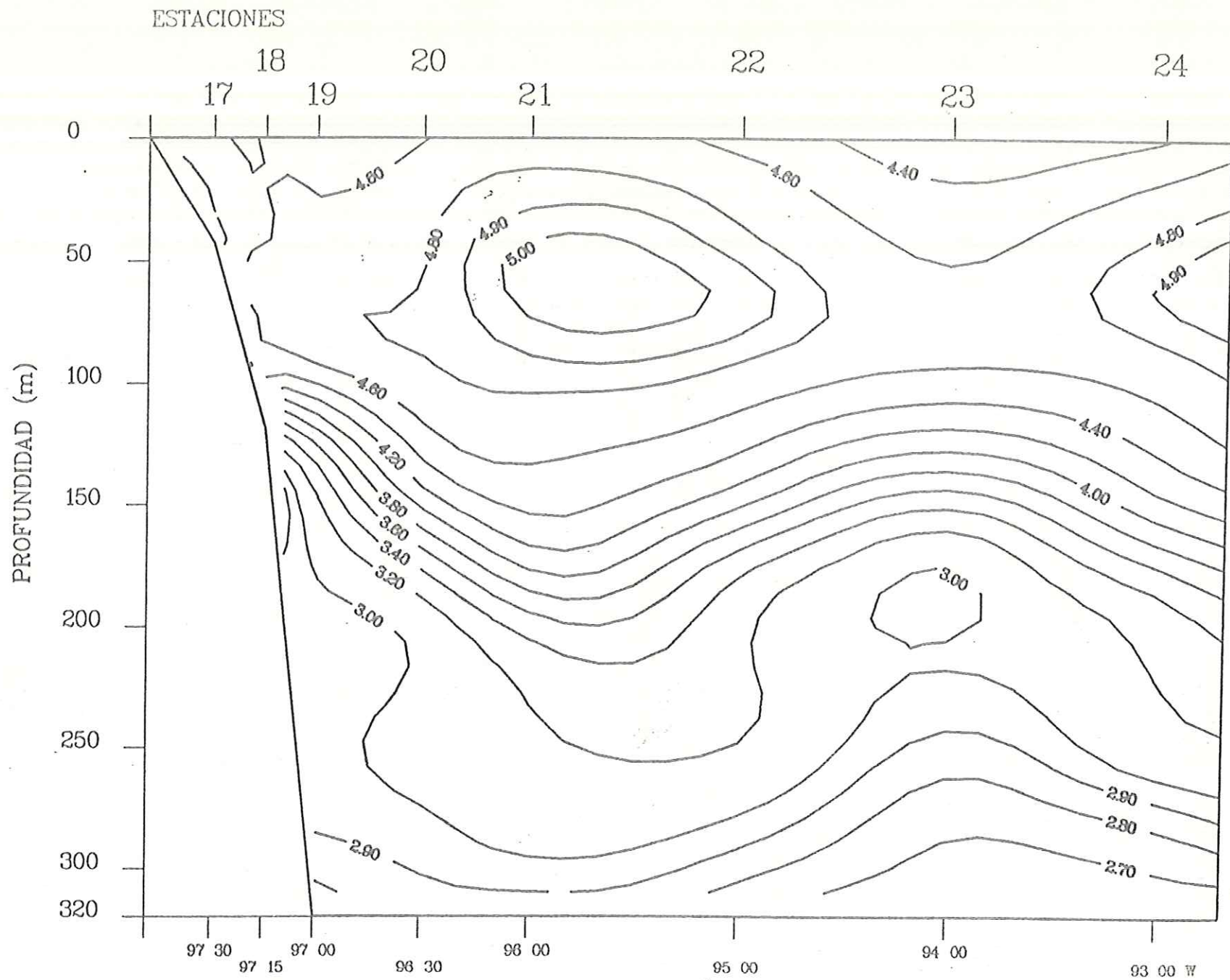


Fig.82 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 24 00.0 N

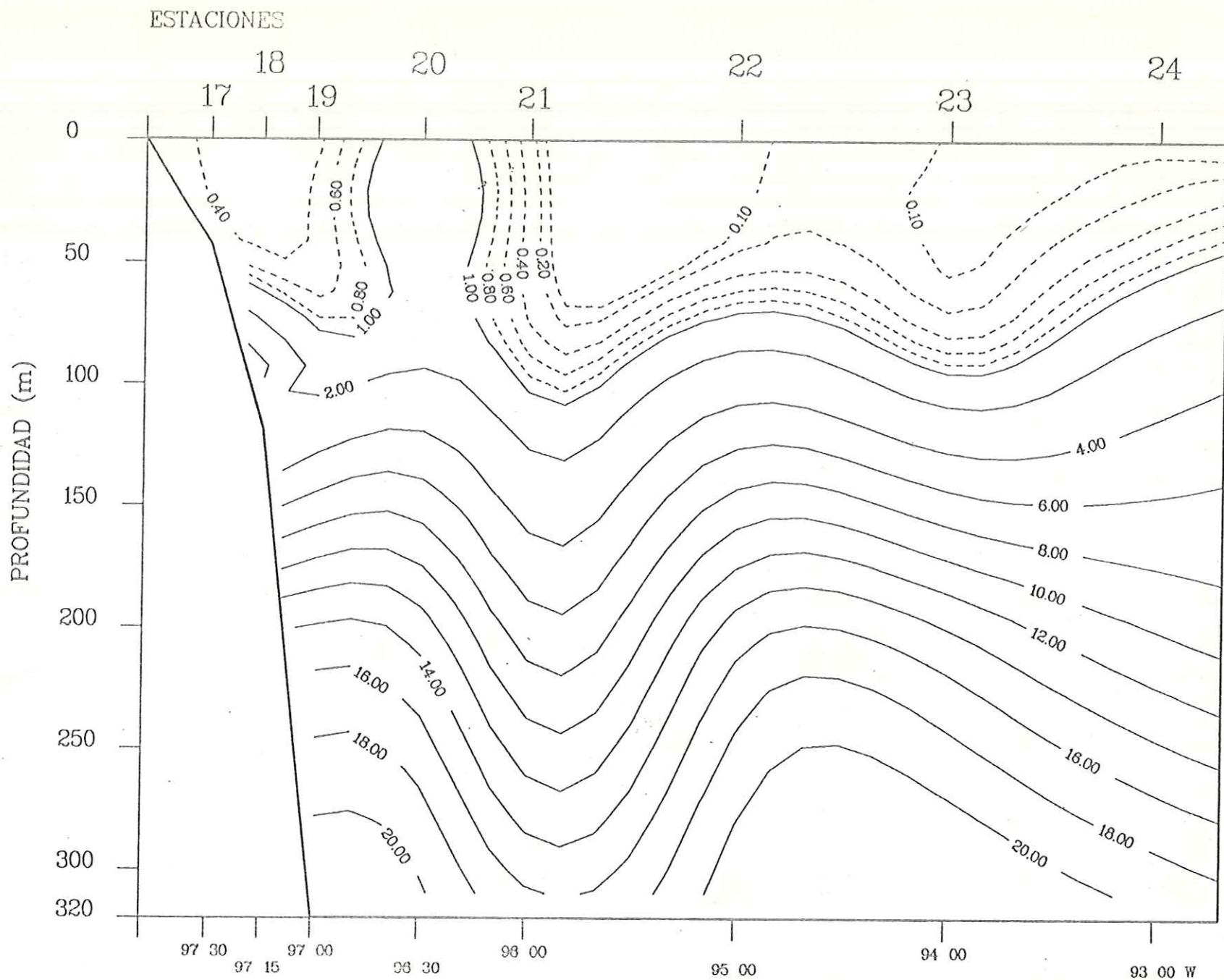


Fig.83 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

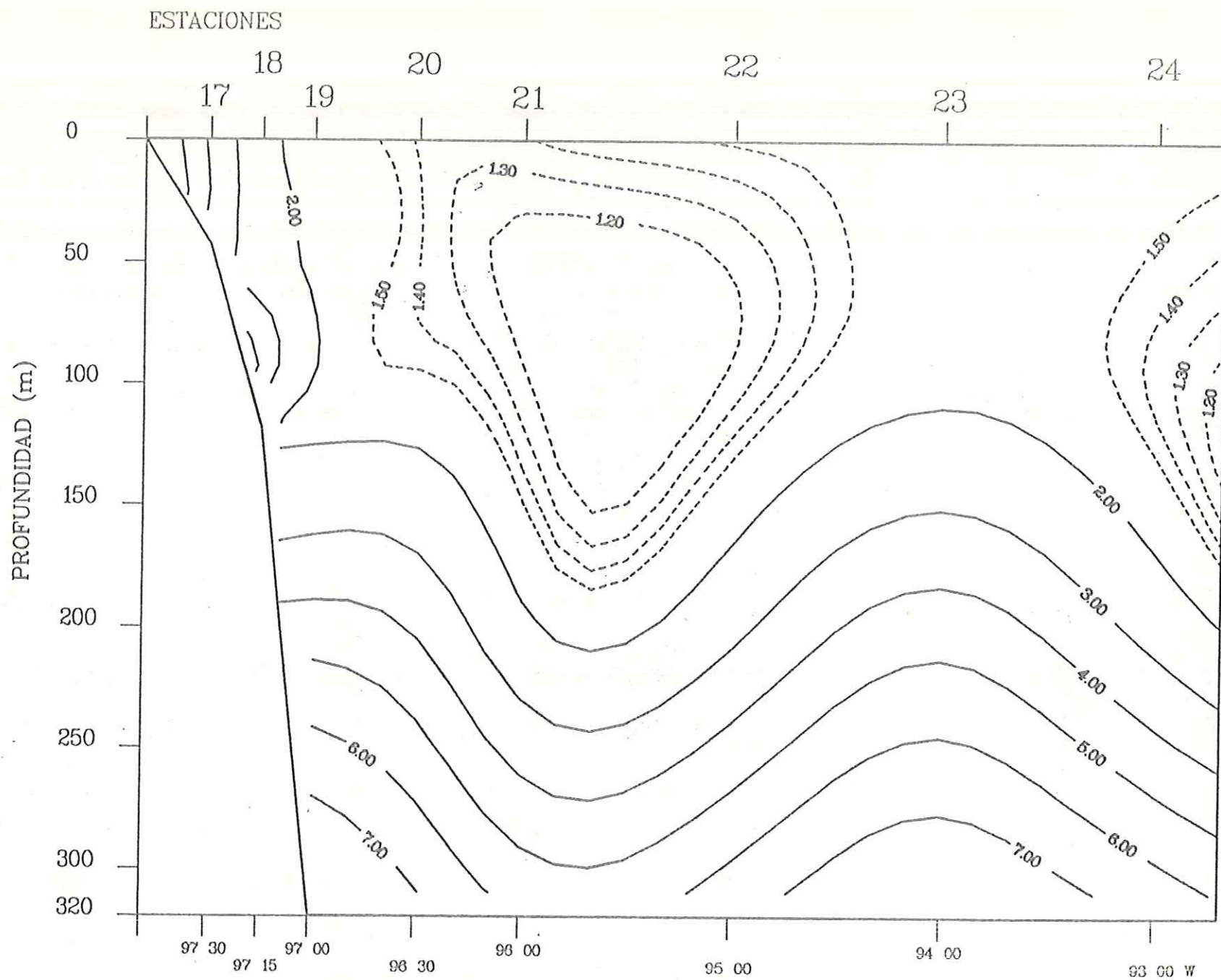


Fig.84 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

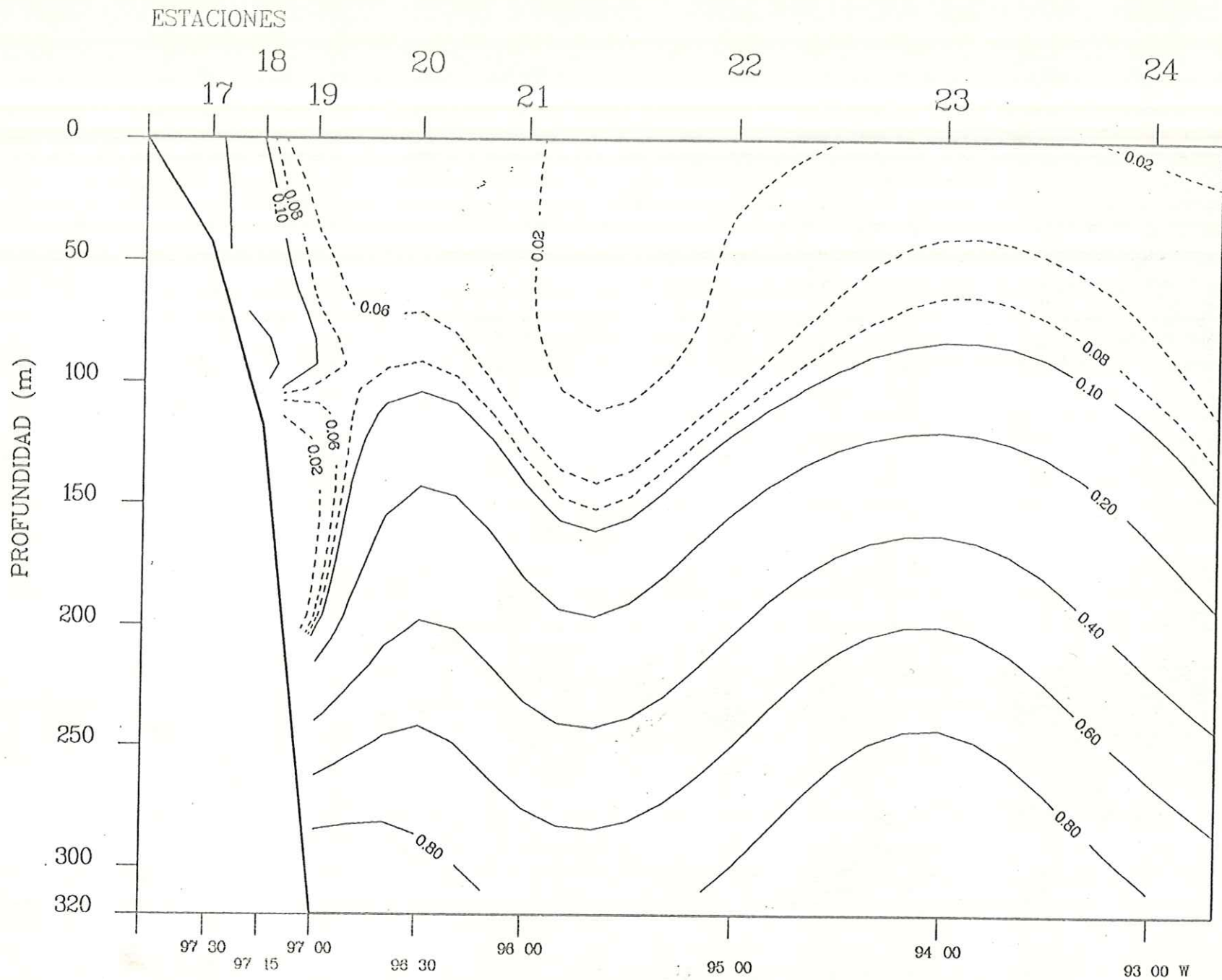


Fig. 85 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 24 00.0 N

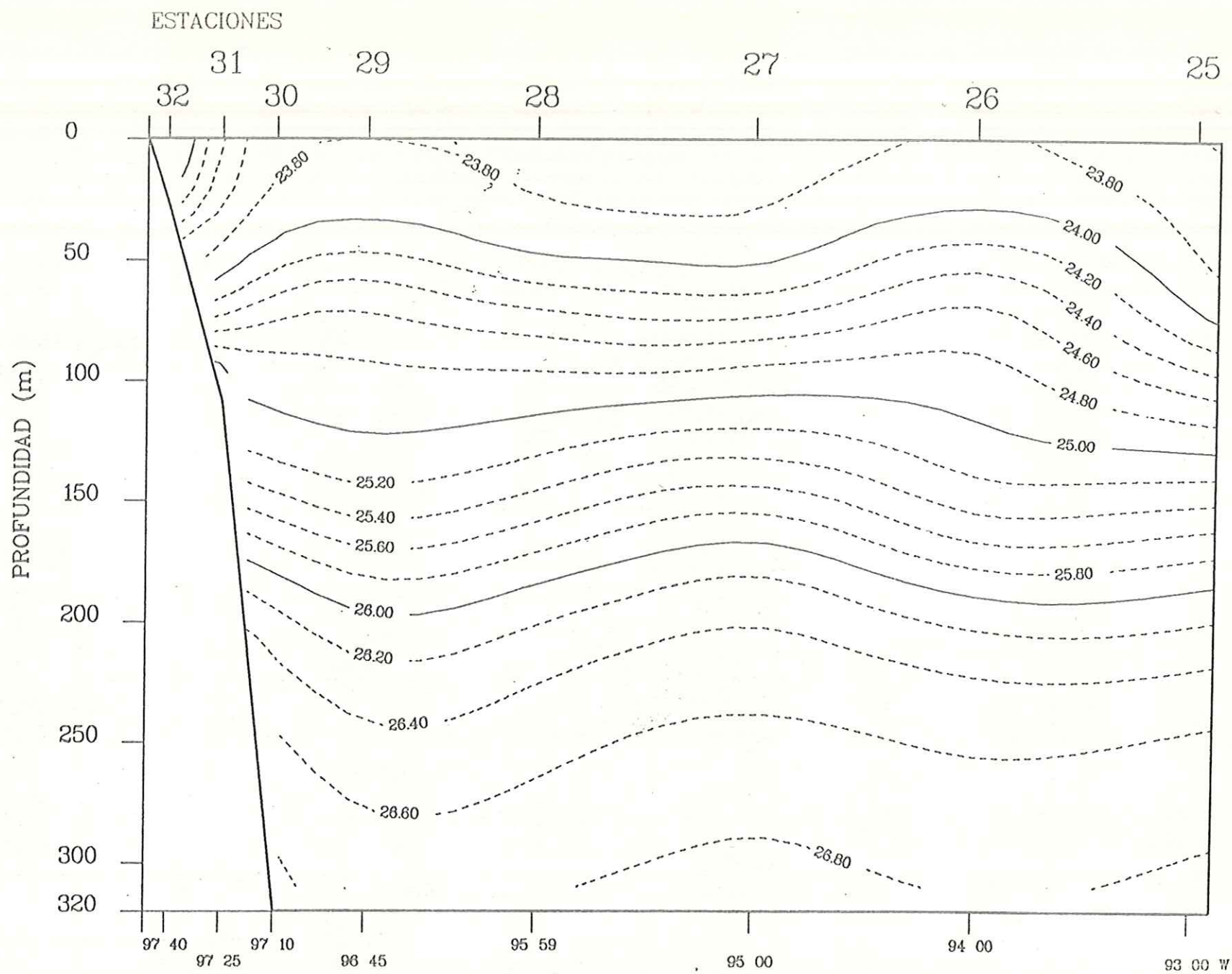


Fig. 86 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 23 00.0 N

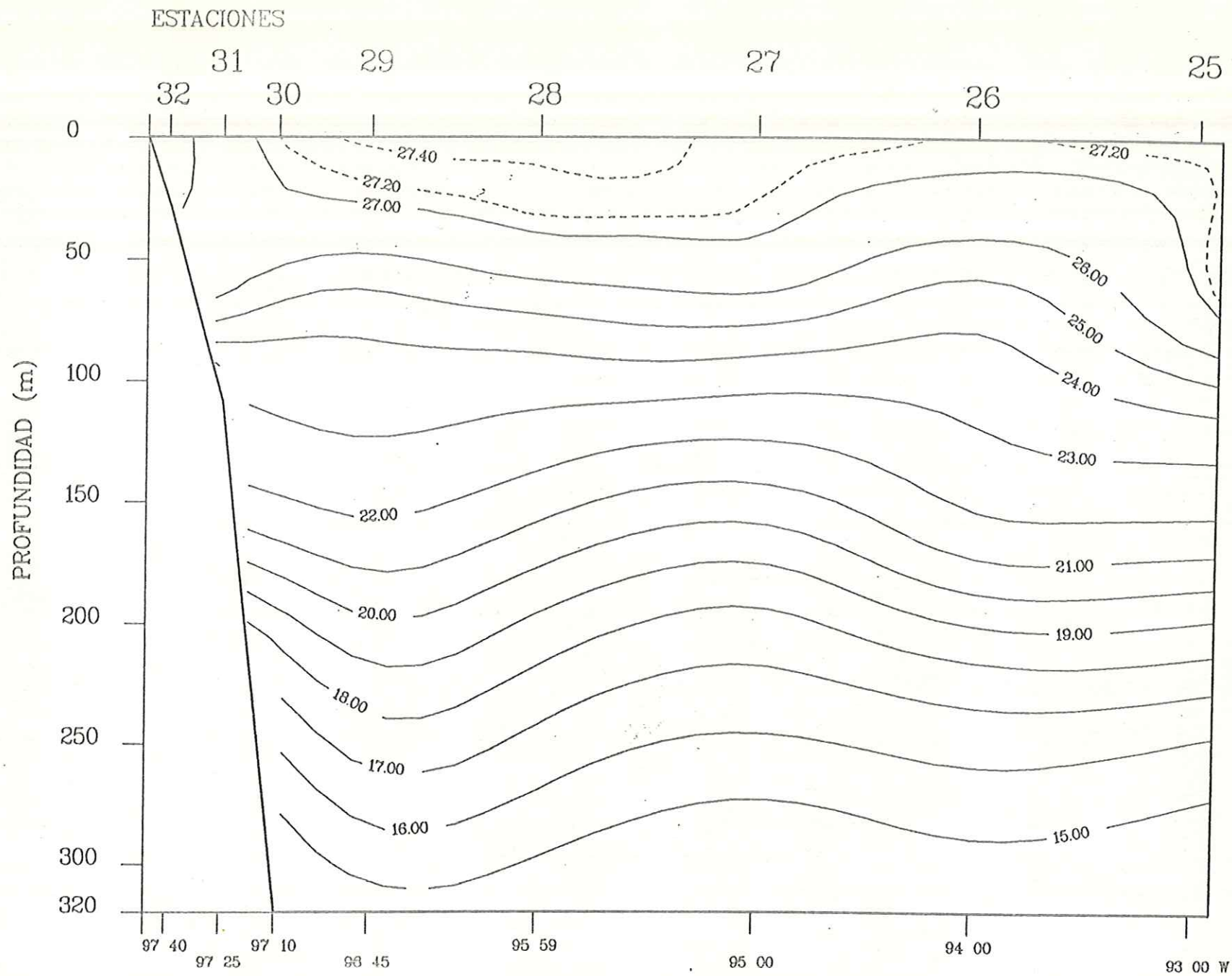


Fig. 87 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (°C). Latitud 23 00.0 N

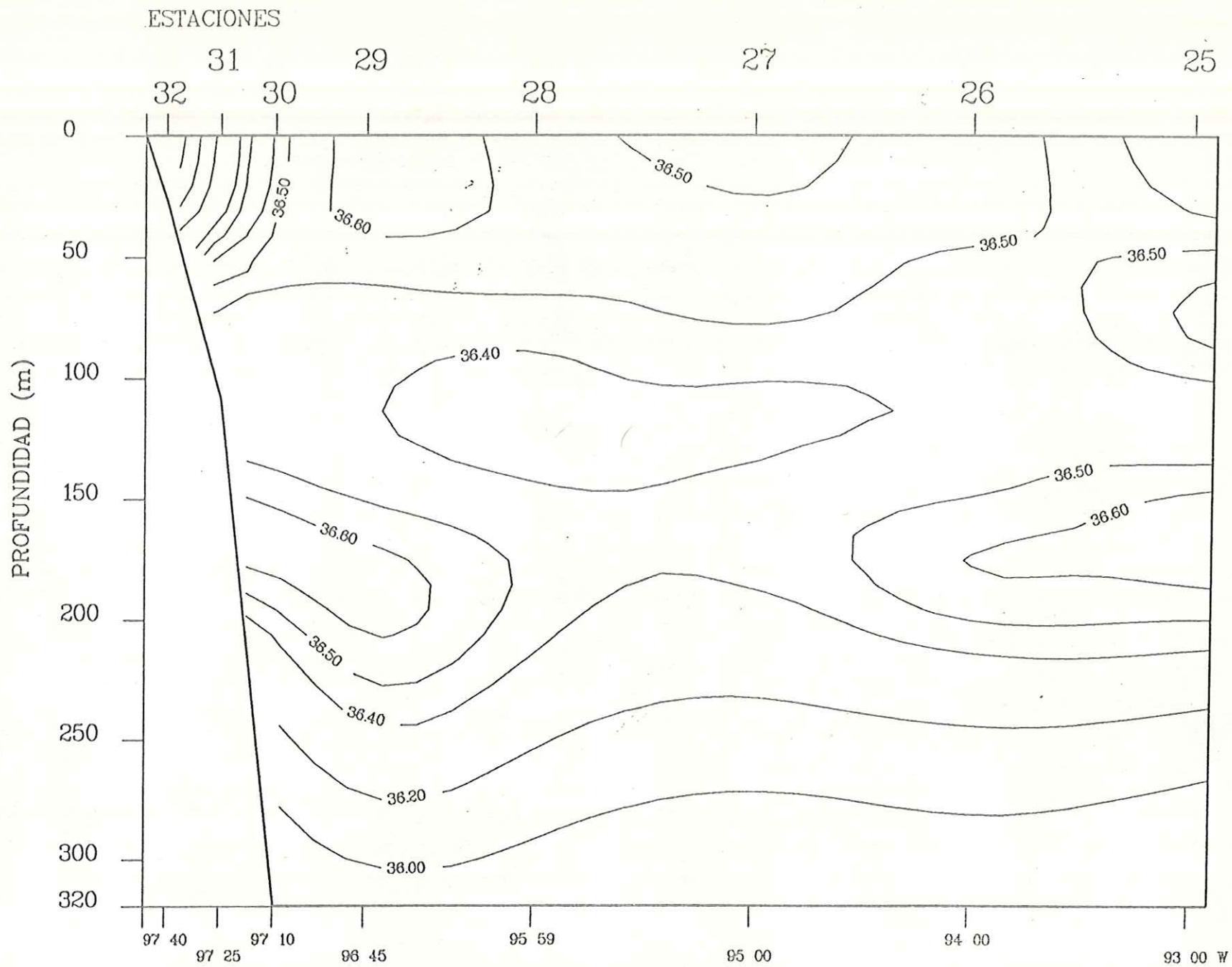


Fig.88 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00). Latitud 23 00.0 N

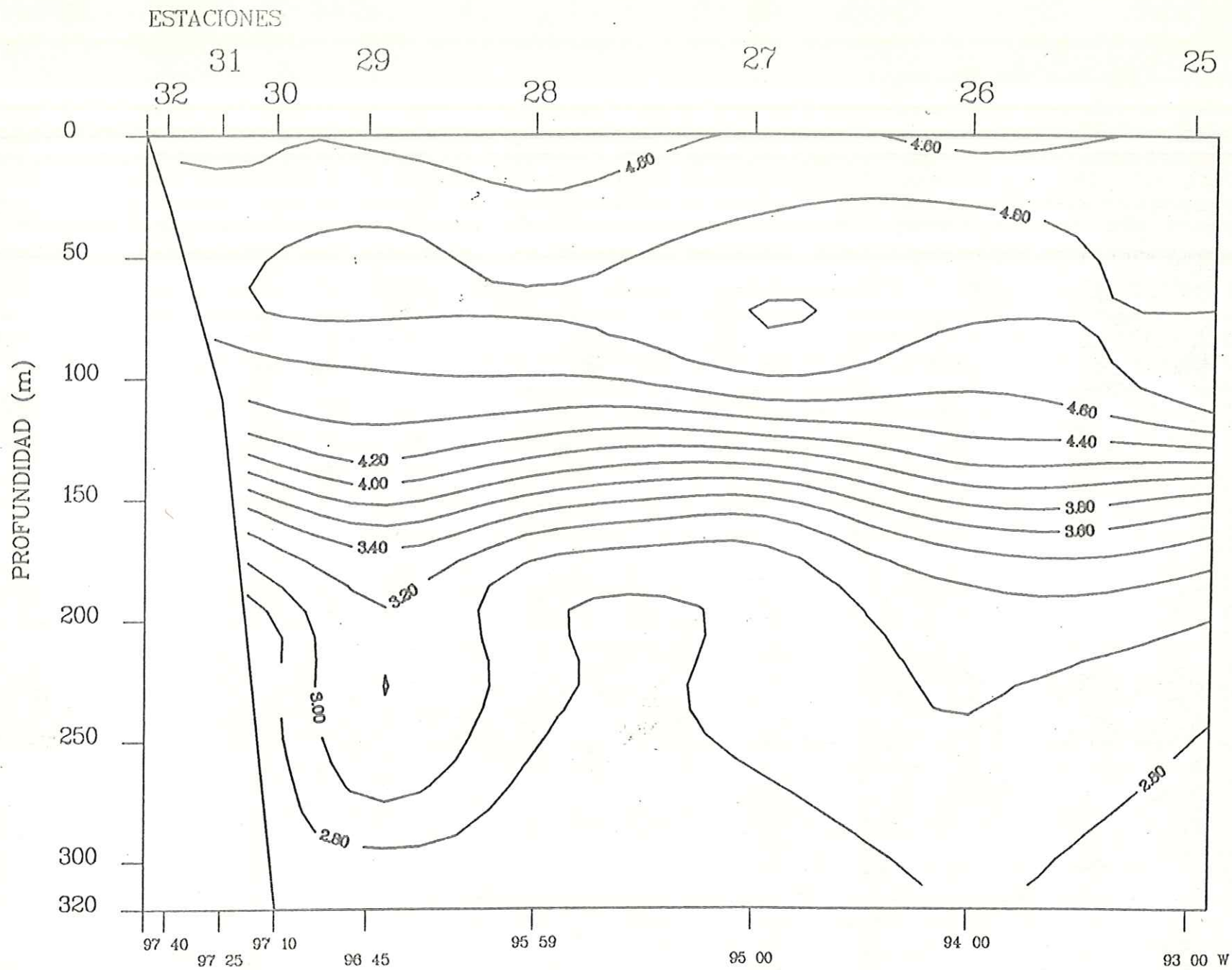


Fig.89 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 23 00.0 N

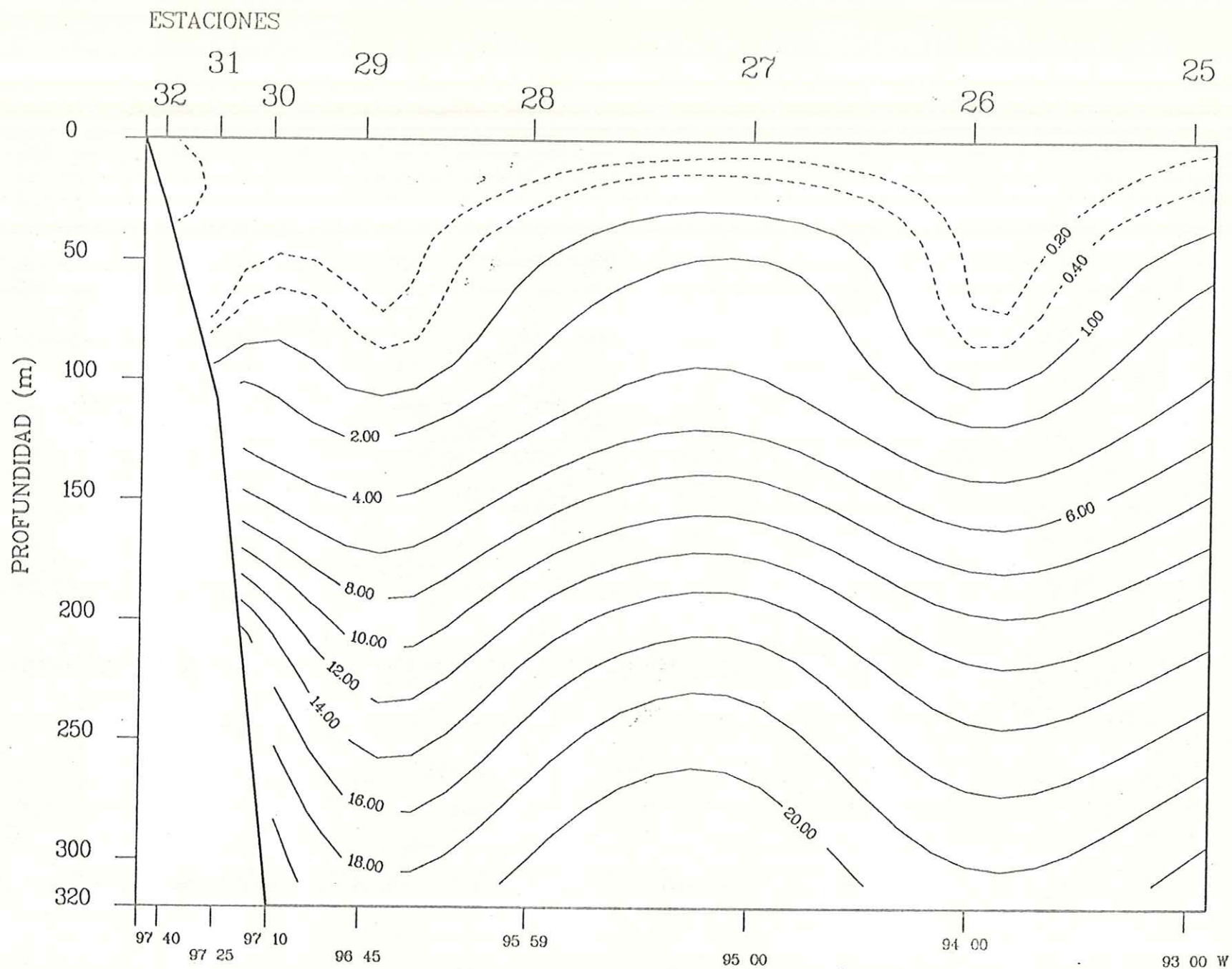


Fig.90 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

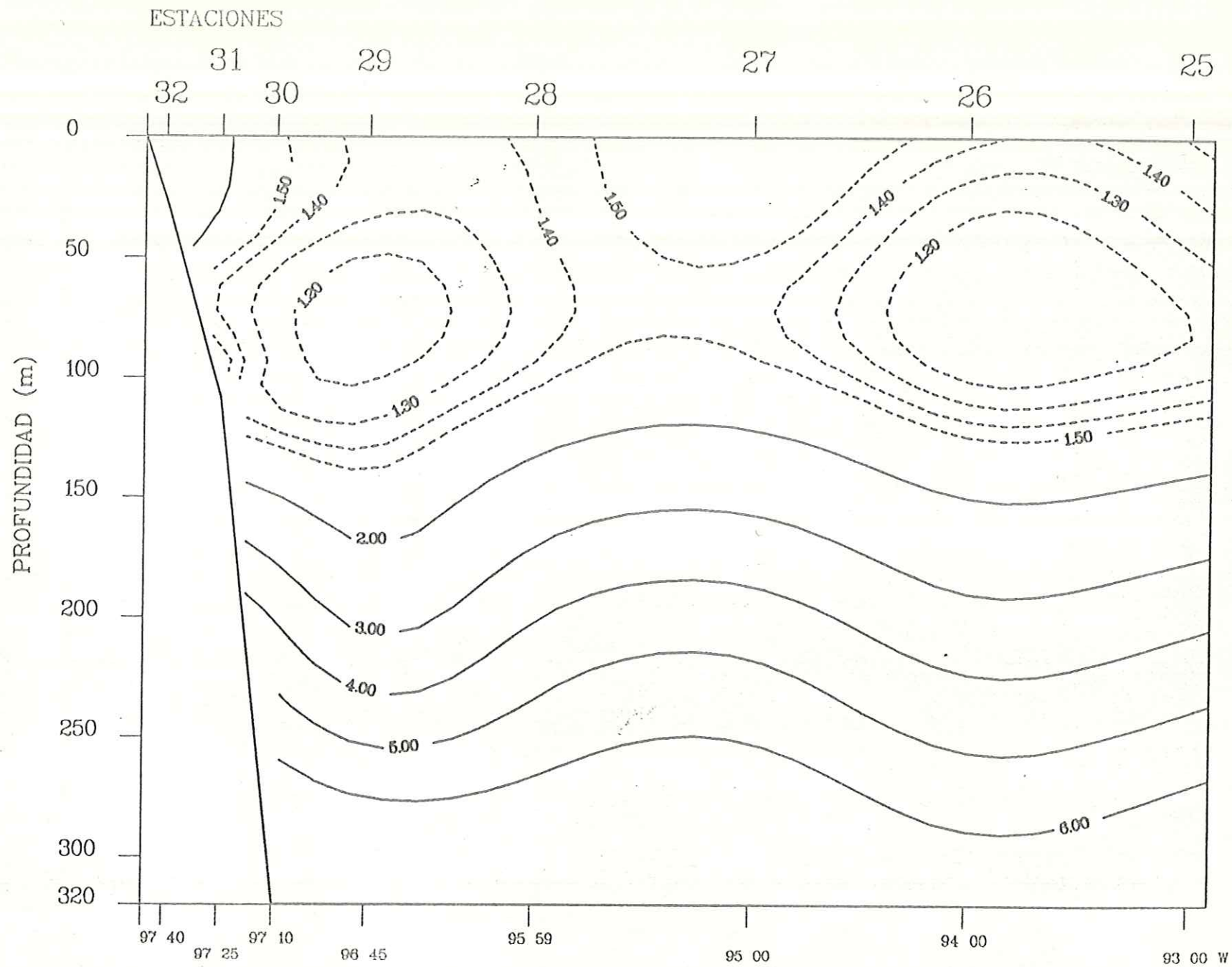


Fig.91 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

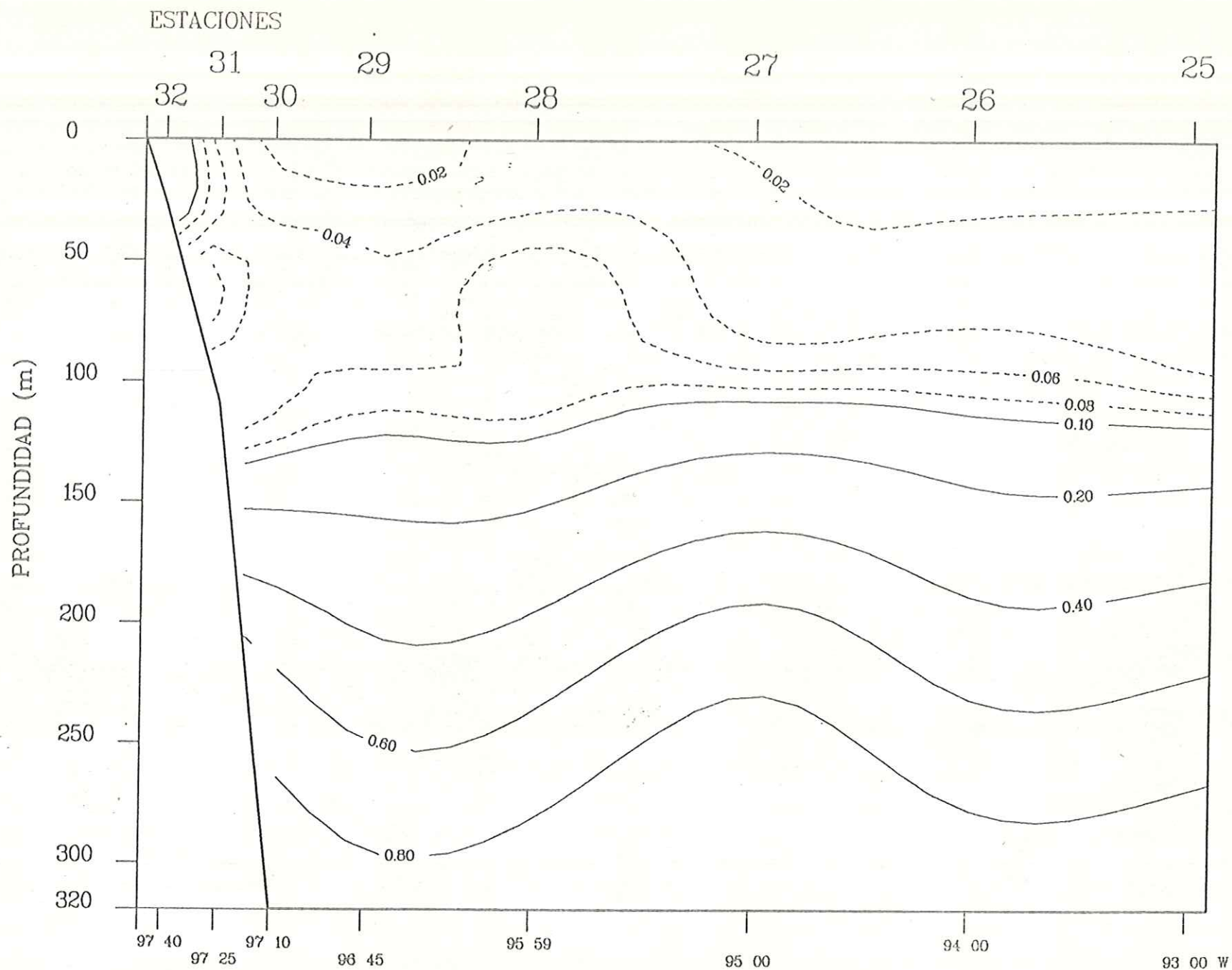


Fig.92 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 23 00.0 N

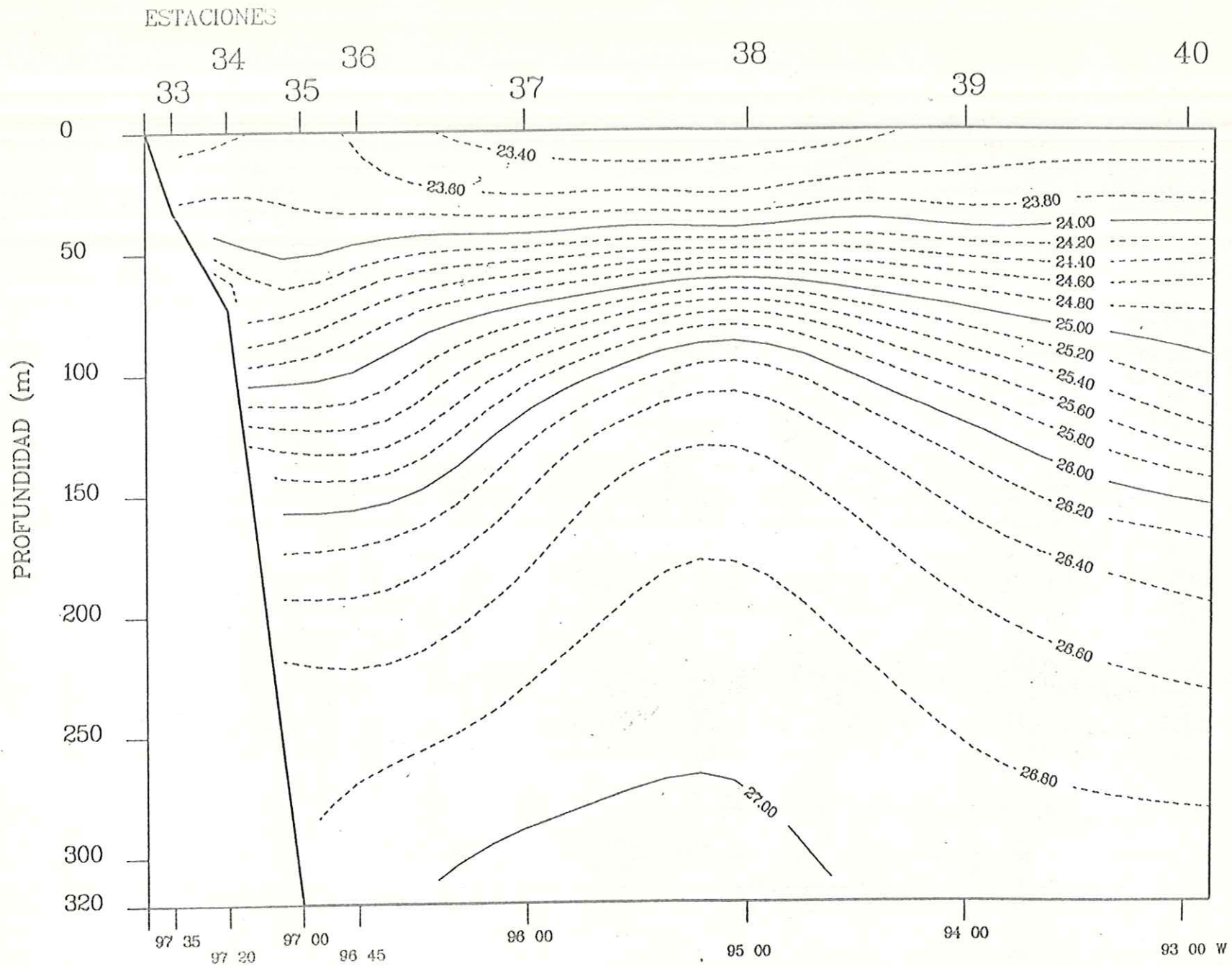


Fig.93 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 22 00.2 N

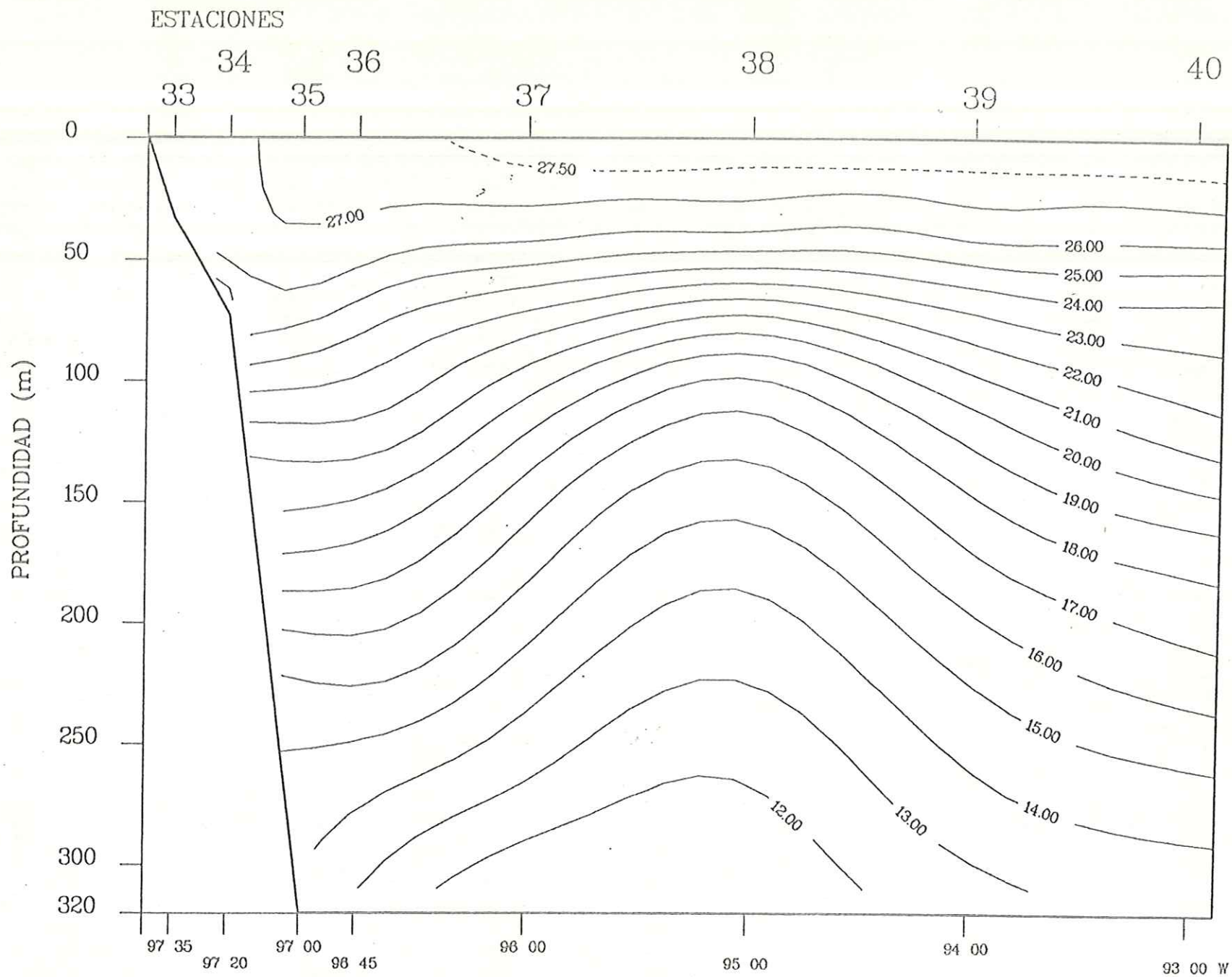


Fig.94 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 22 00.2 N

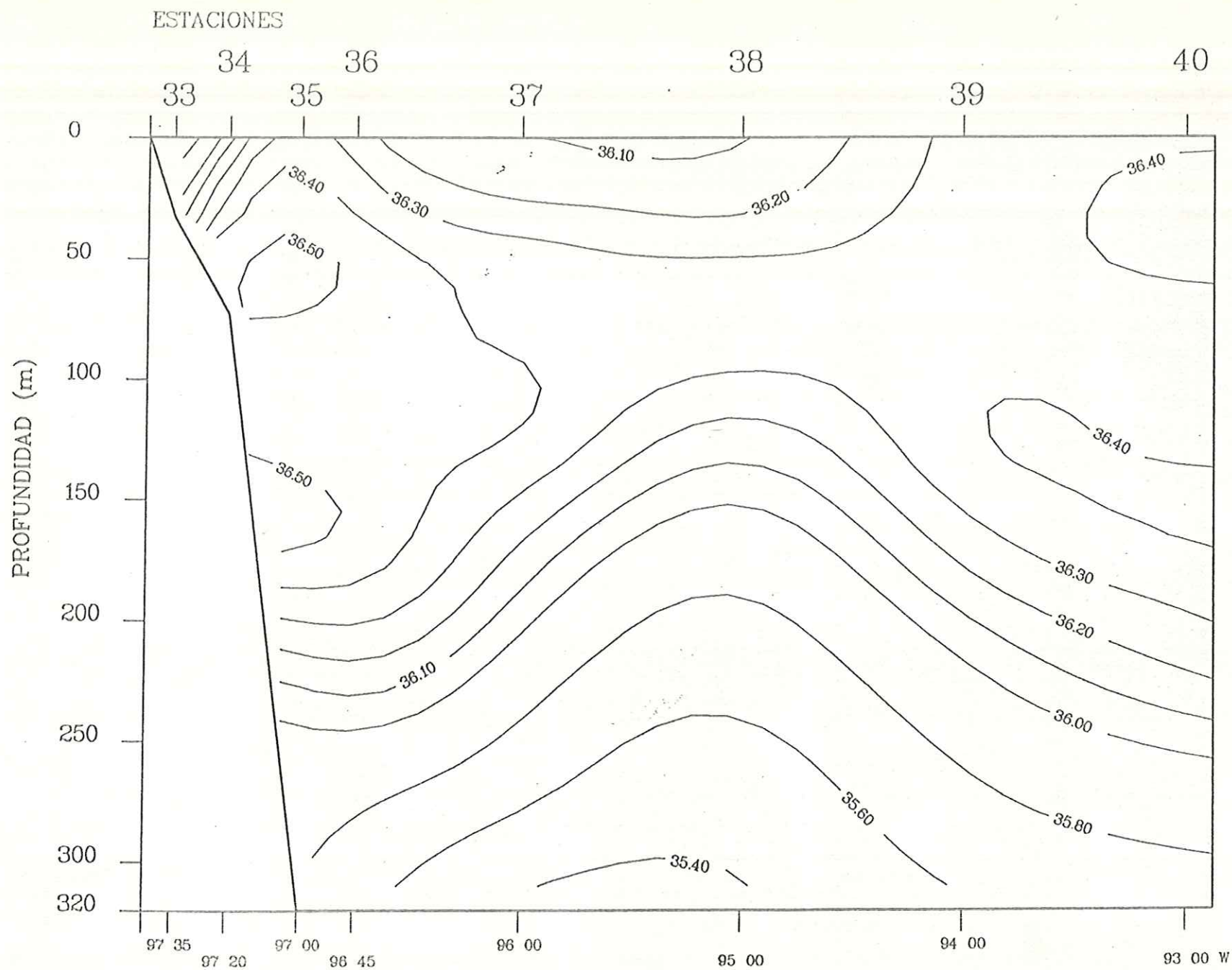


Fig.95 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (o/oo). Latitud 22 00.2 N

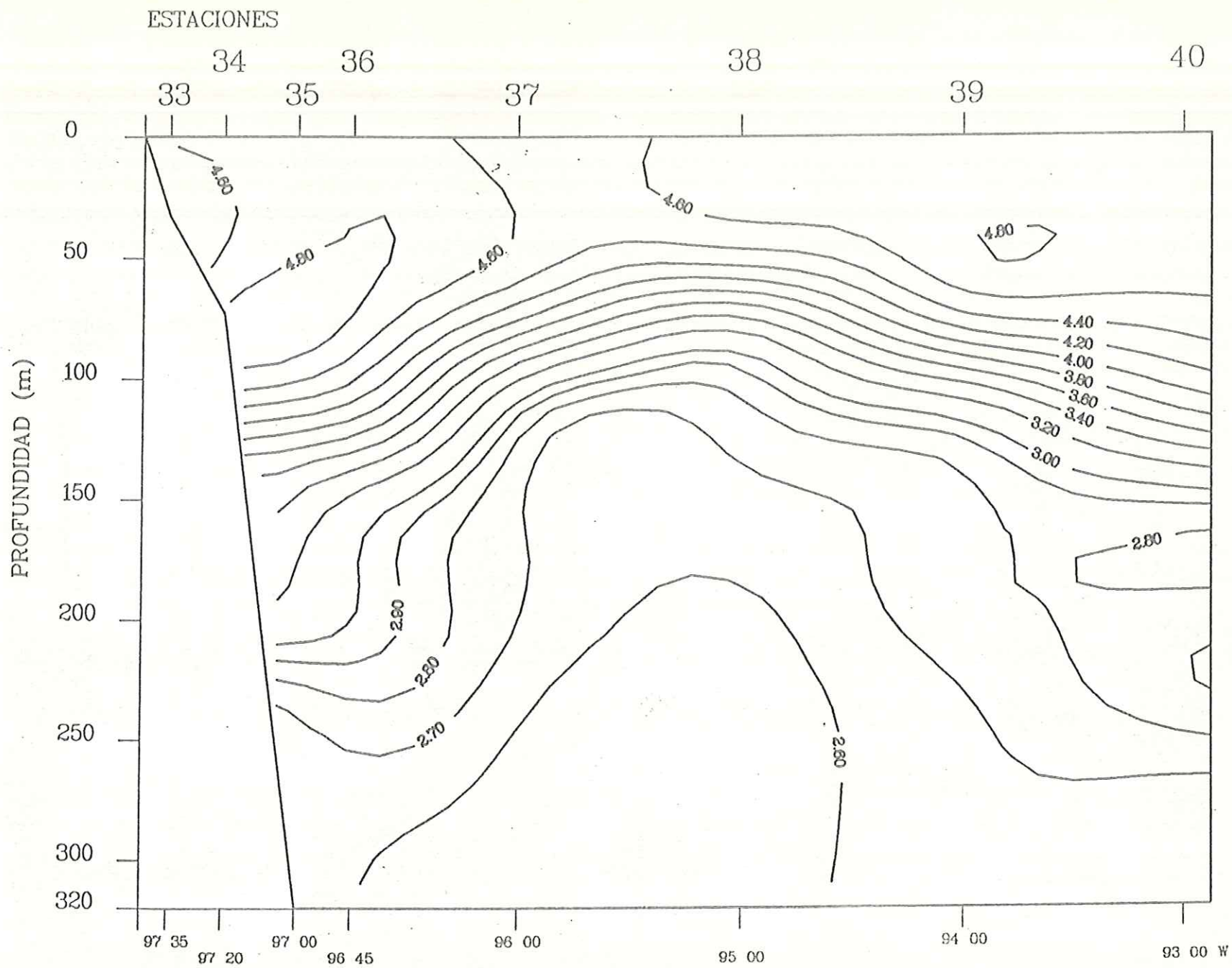


Fig.⁹⁶ Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 22 00.2 N

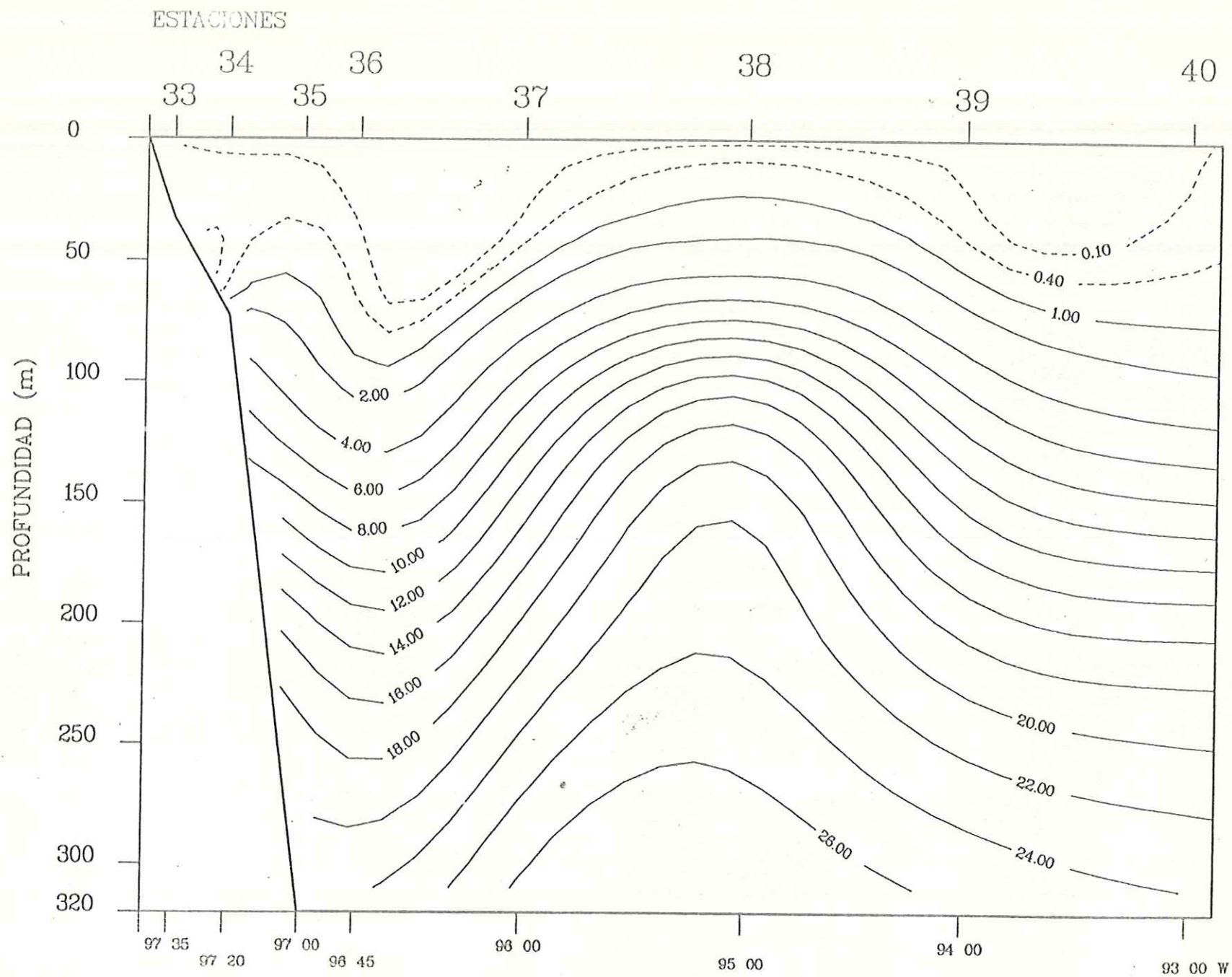


Fig. 97 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto ($\mu\text{g-at/l}$). Latitud 22 00.2 N

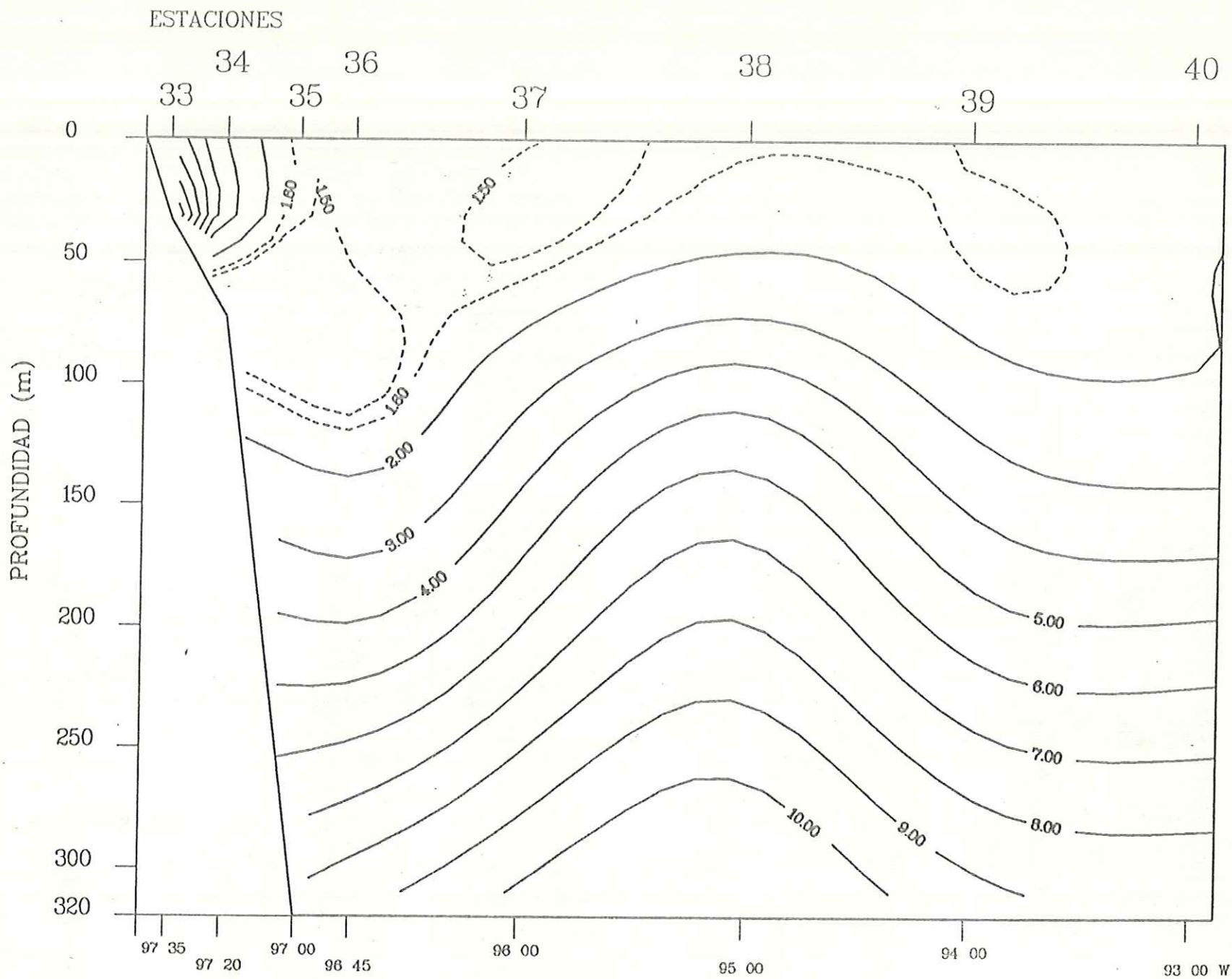


Fig.98 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 22 00.2 N

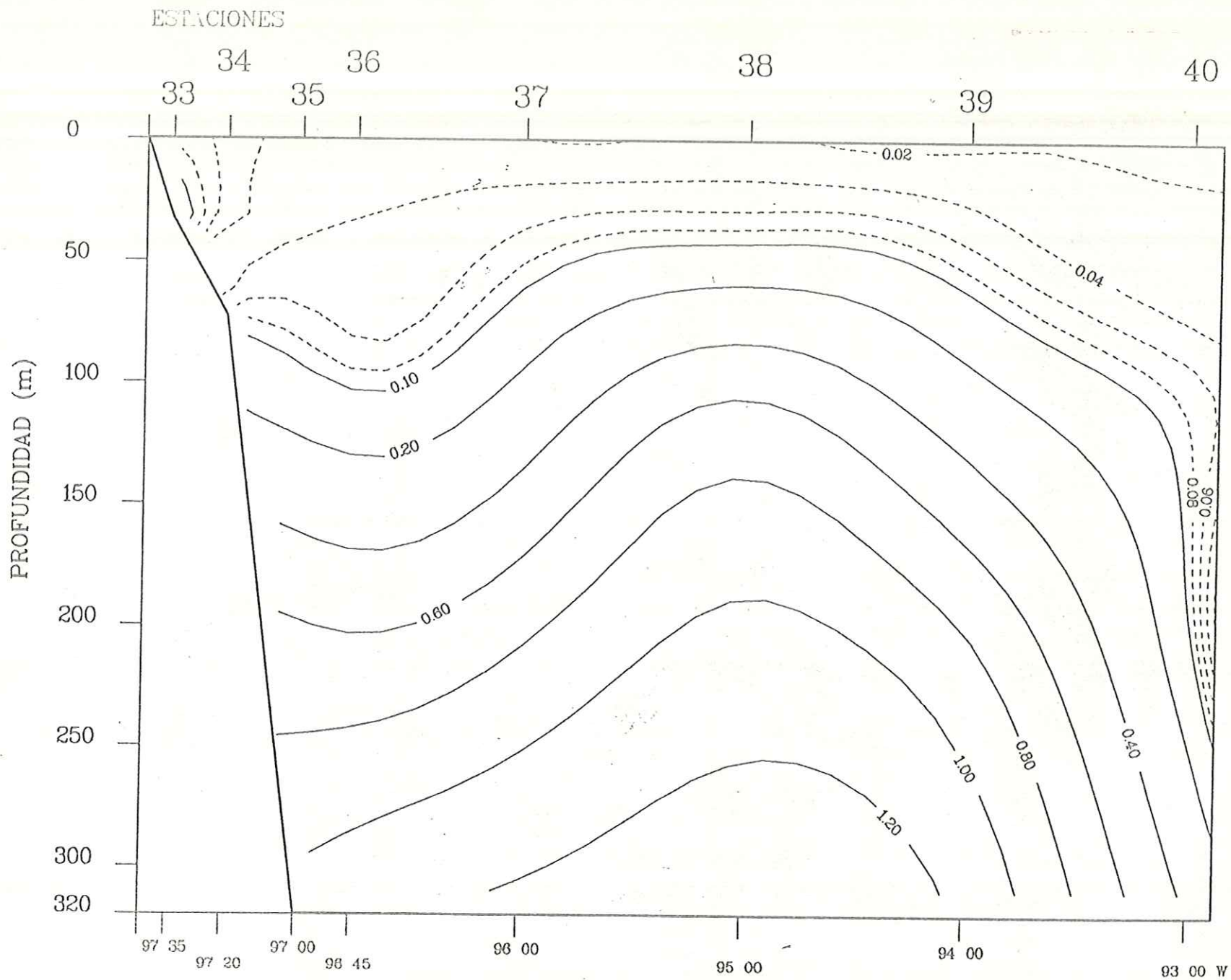


Fig.99 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 22 00.2 N

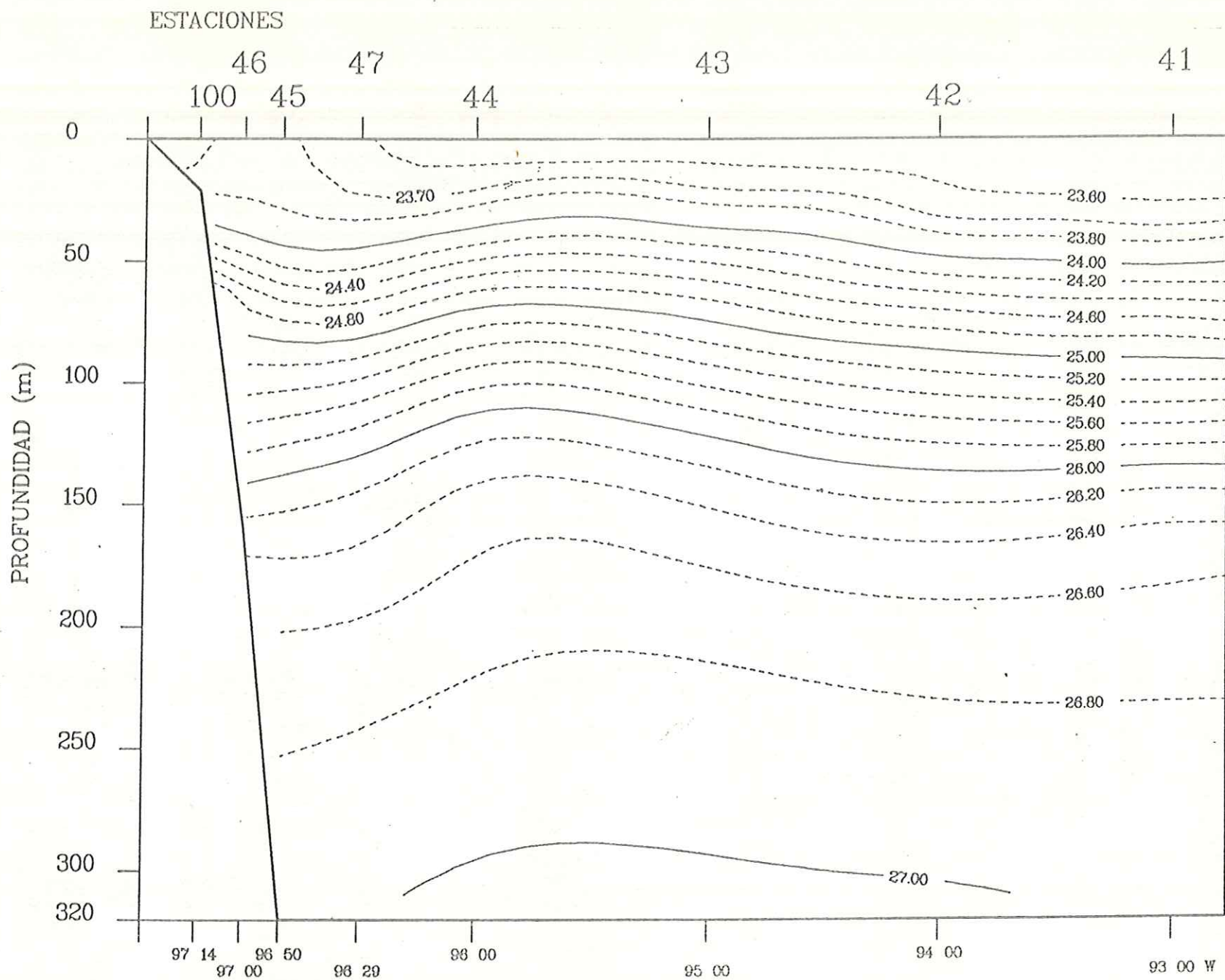


Fig.100 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3) . Latitud 21 20.0 N

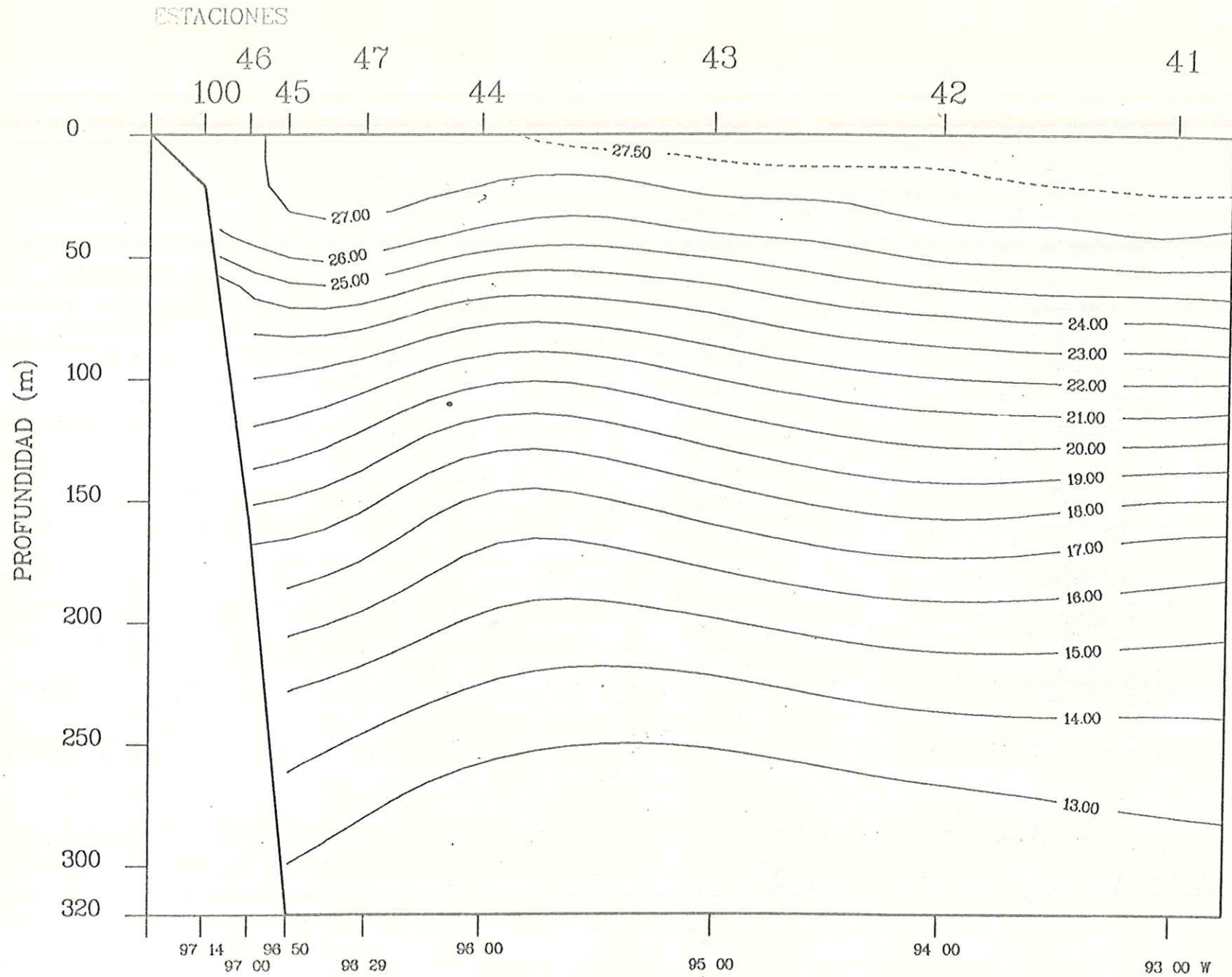


Fig.10 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 21 20.0 N

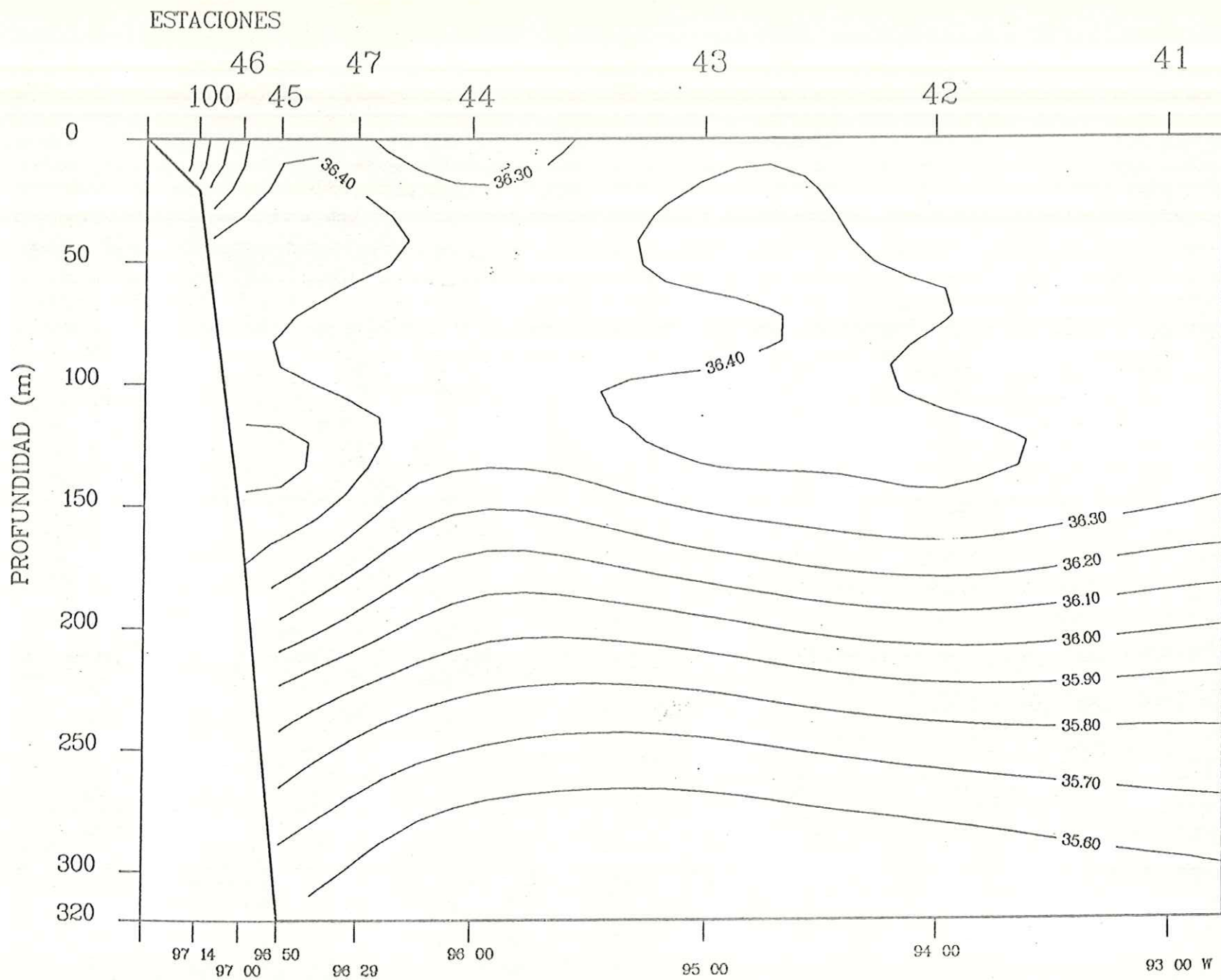


Fig.102 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (0/00) . Latitud 21 20.0 N

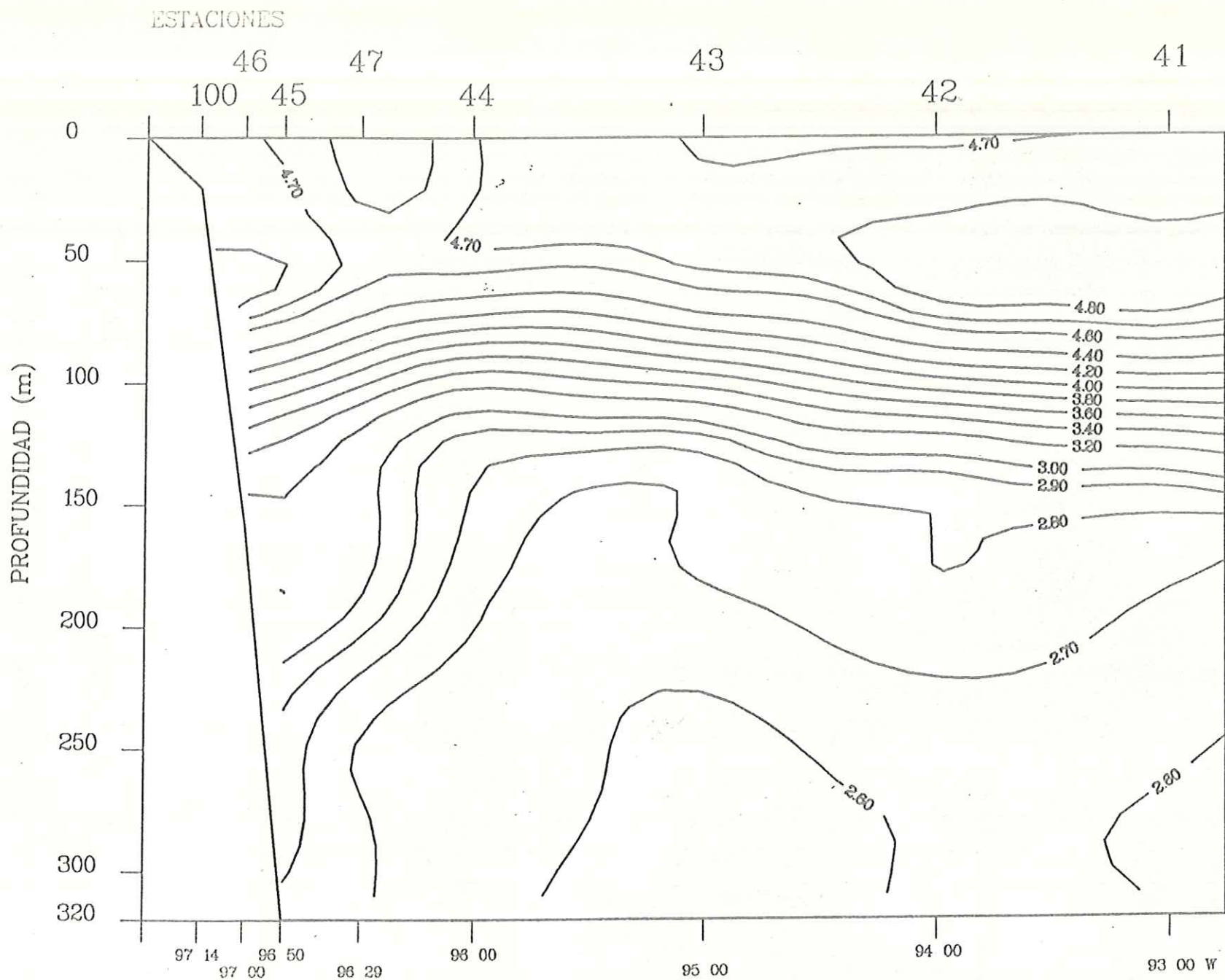


Fig.103 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 21 20.0 N

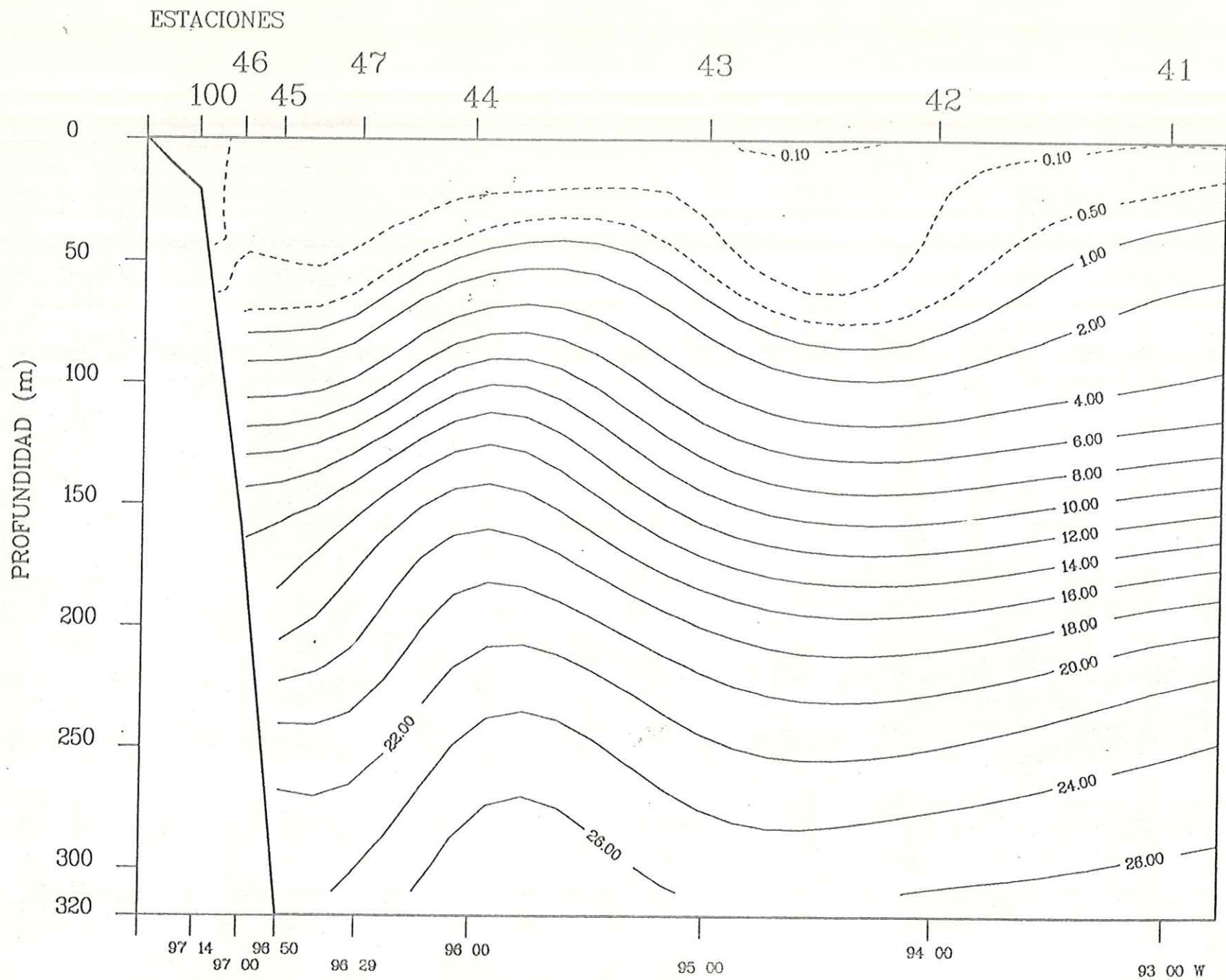


Fig104 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

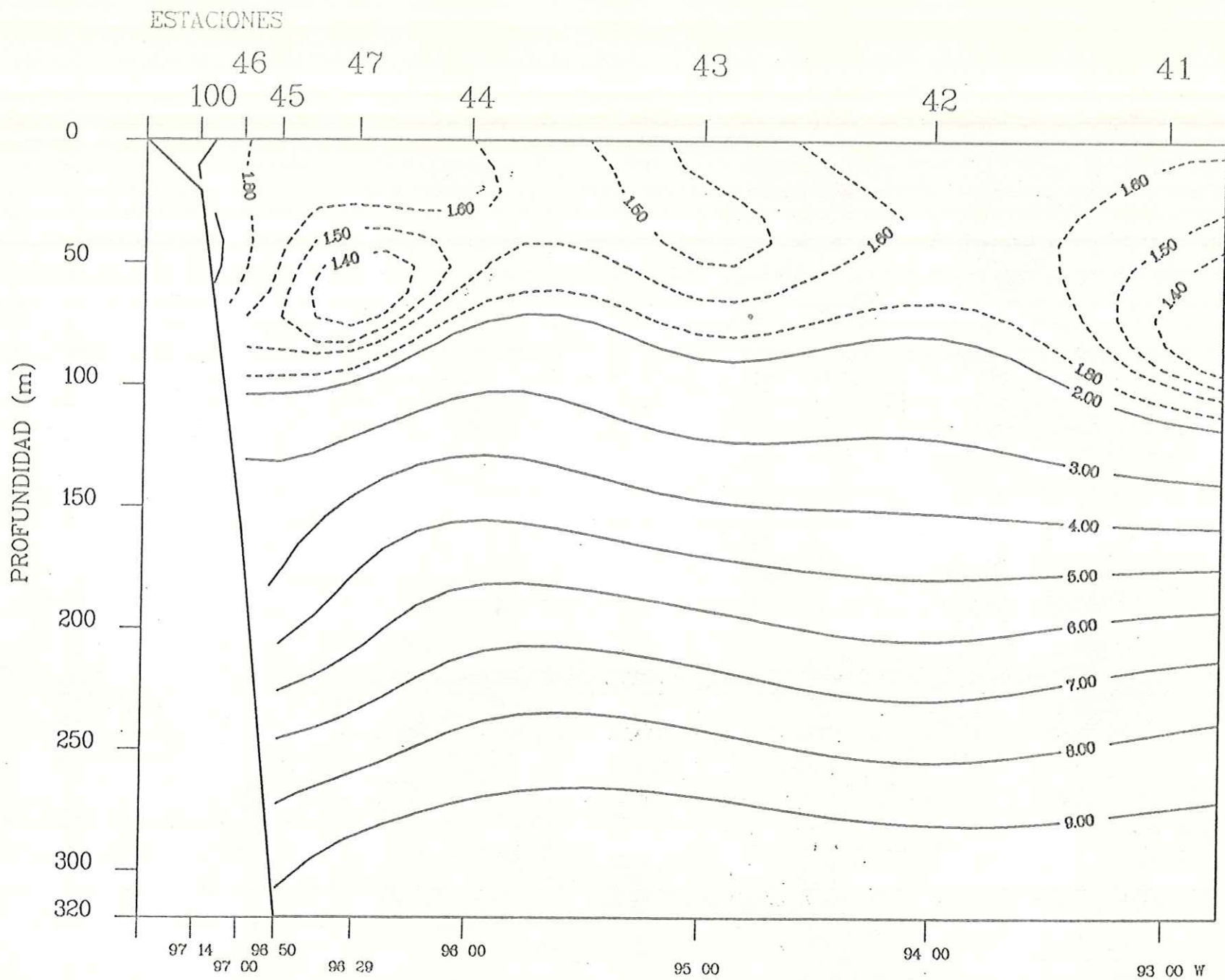


Fig.105 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

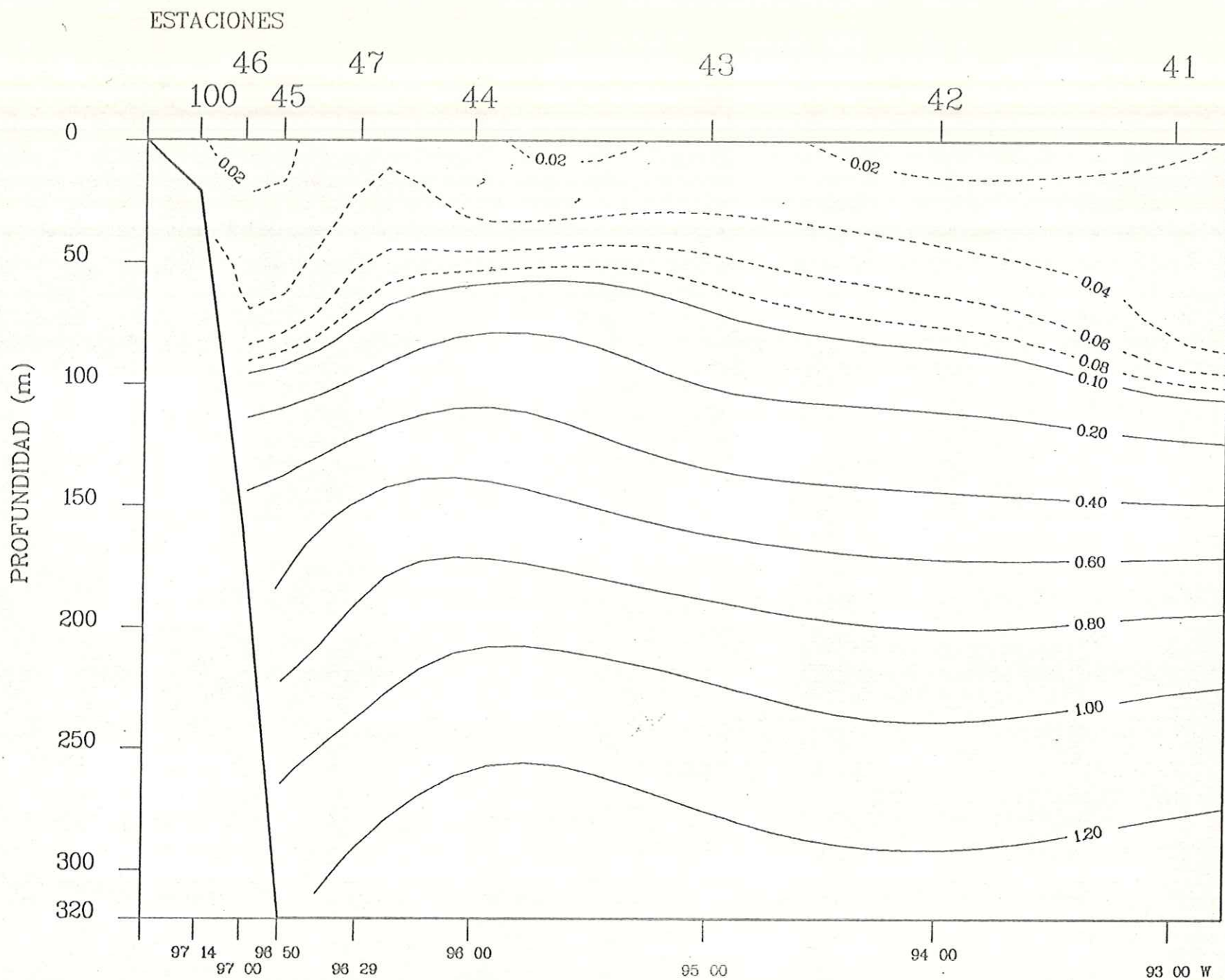


Fig.106 Transecto 6. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 21 20.0 N

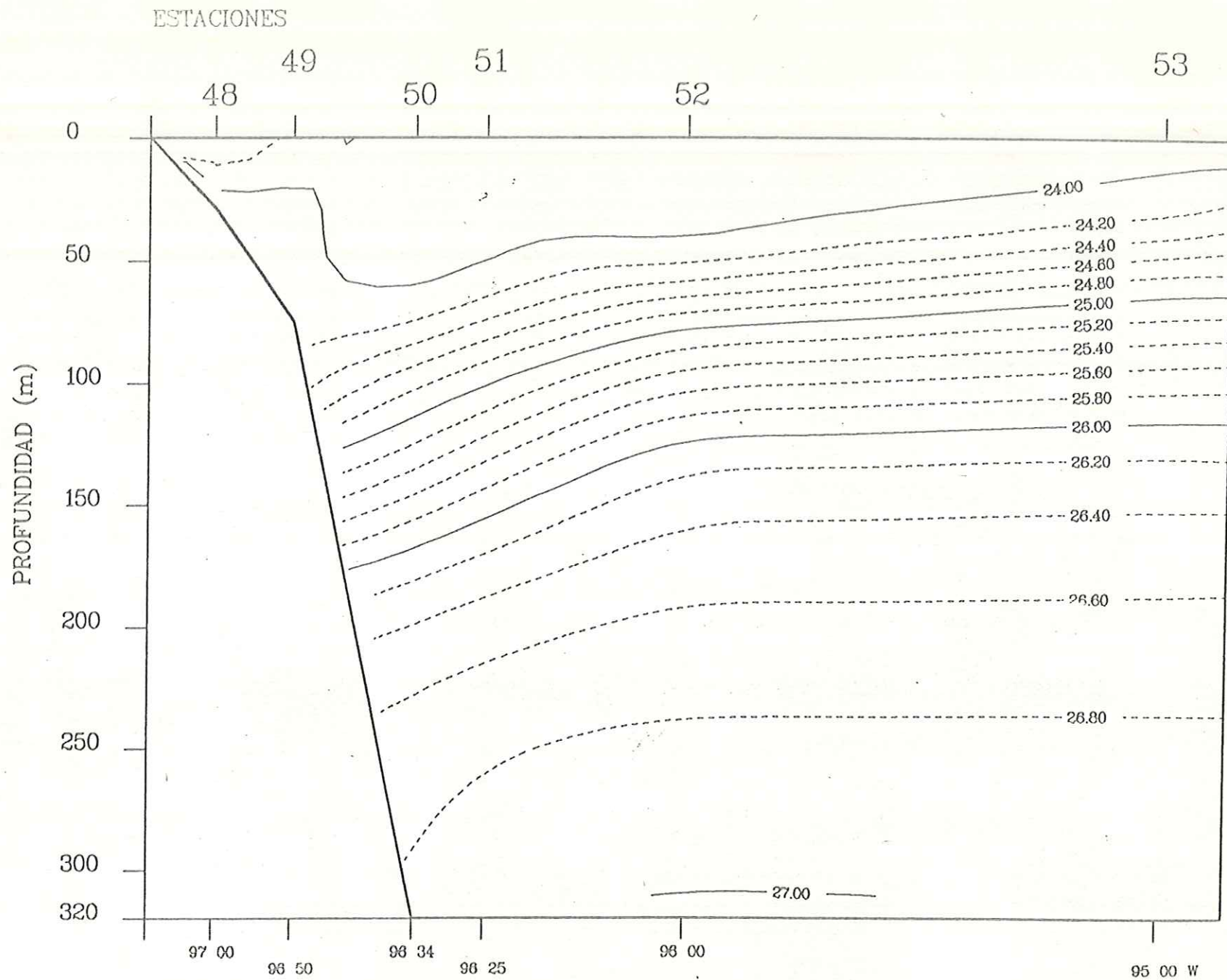


Fig.107 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m**3). Latitud 20 40.0 N

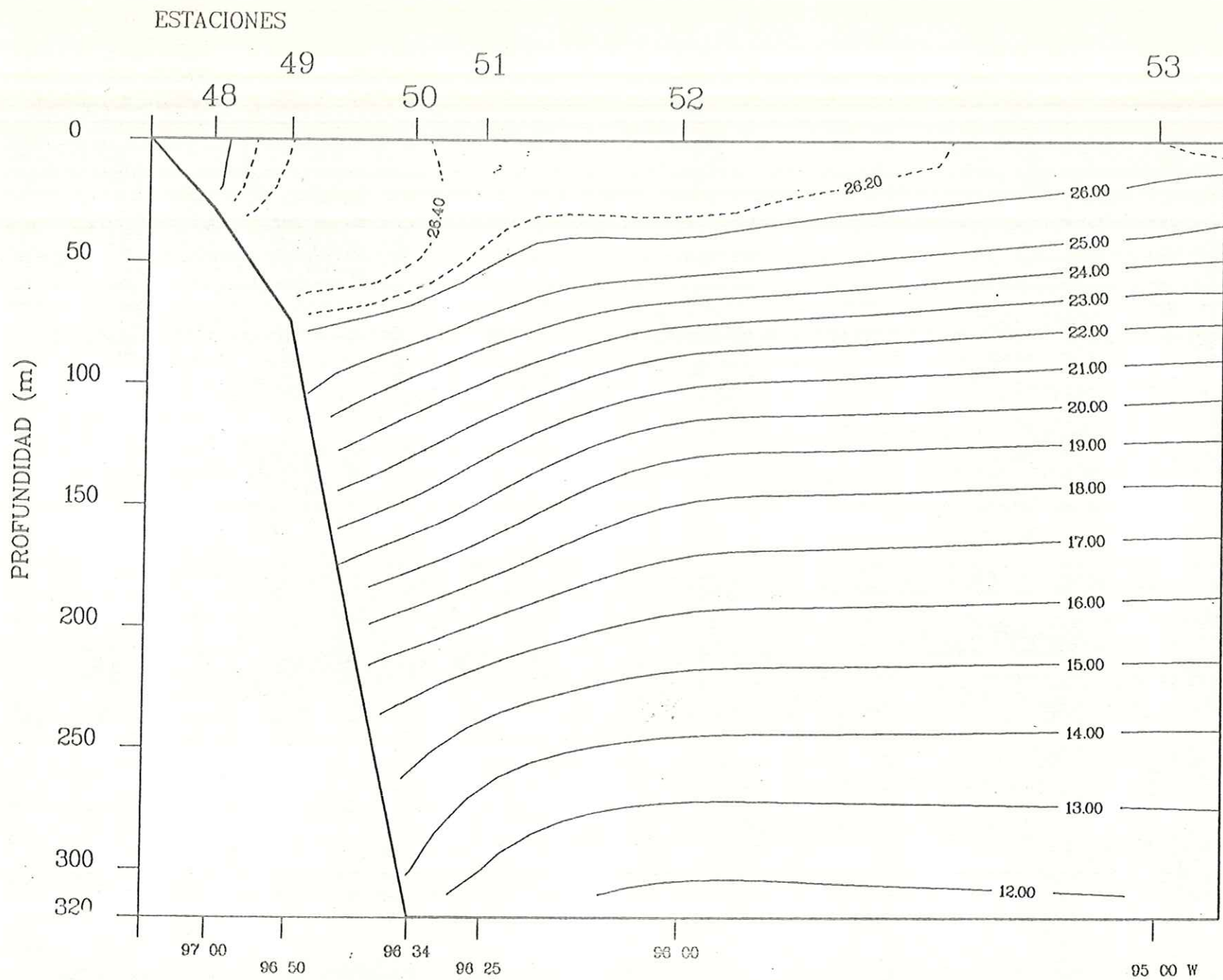


Fig.108 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Temperatura (oC). Latitud 20 40.0 N

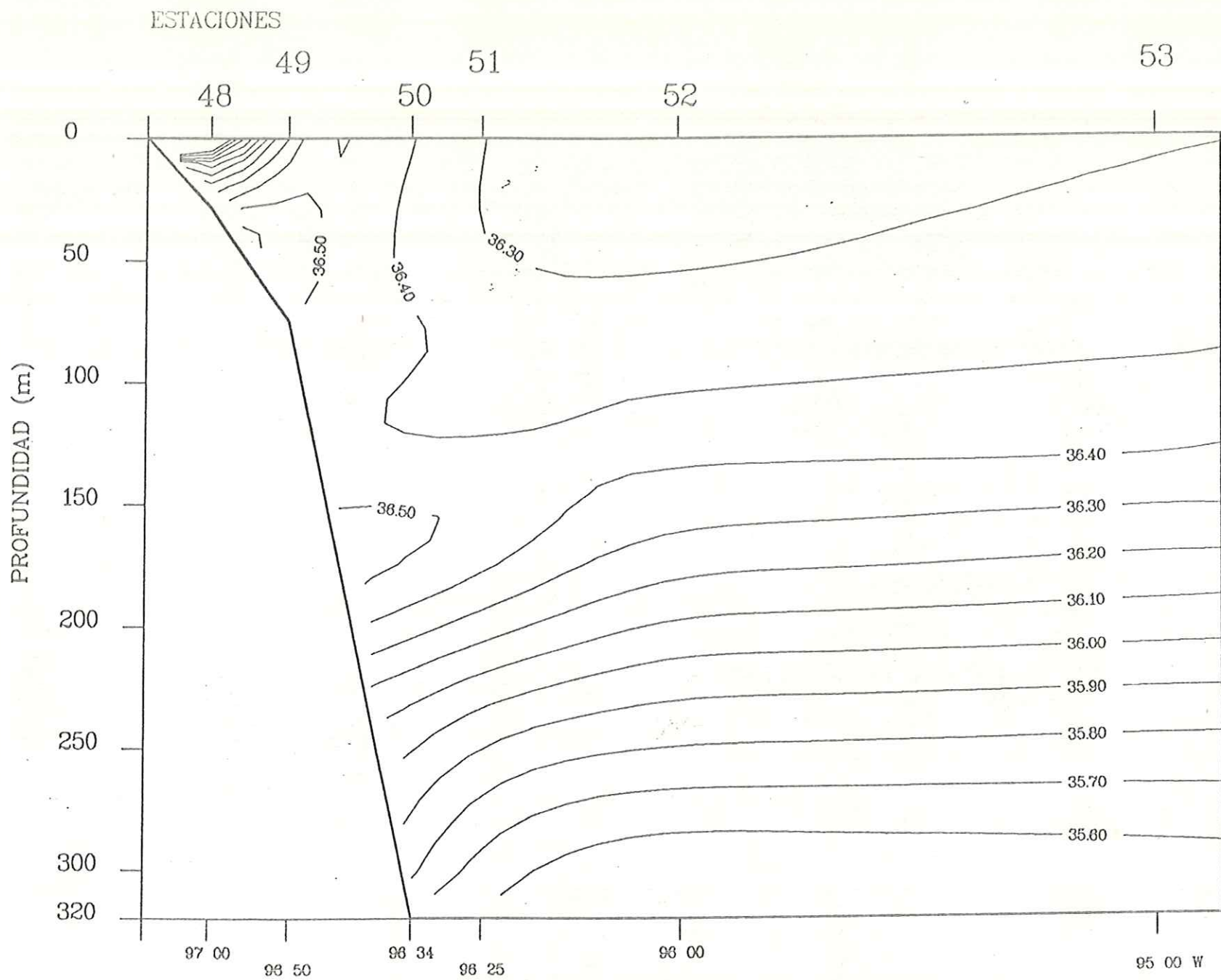


Fig.109 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Salinidad (o/oo). Latitud 20 40.0 N

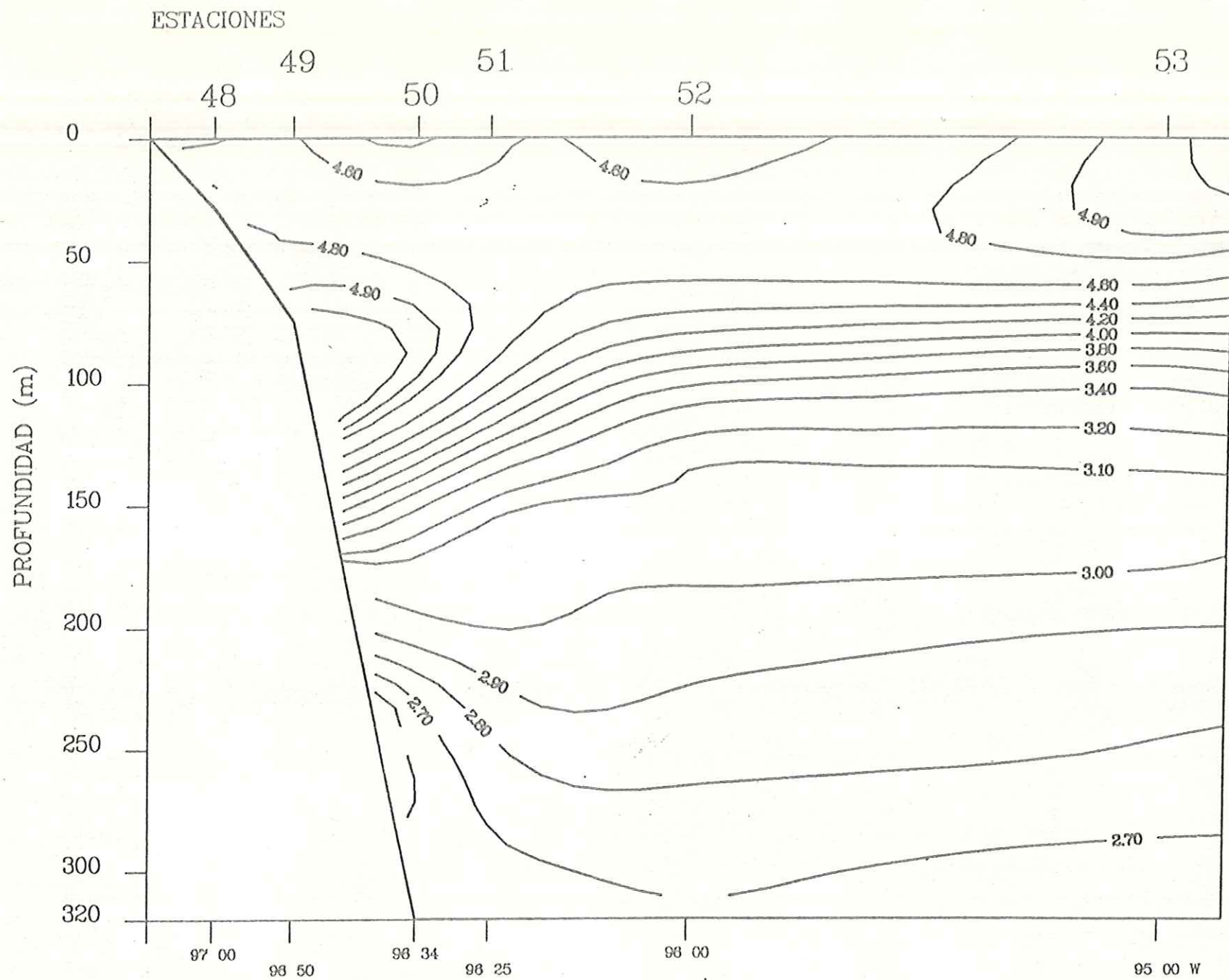


Fig.110 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Oxigeno disuelto (ml/l). Latitud 20 40.0 N

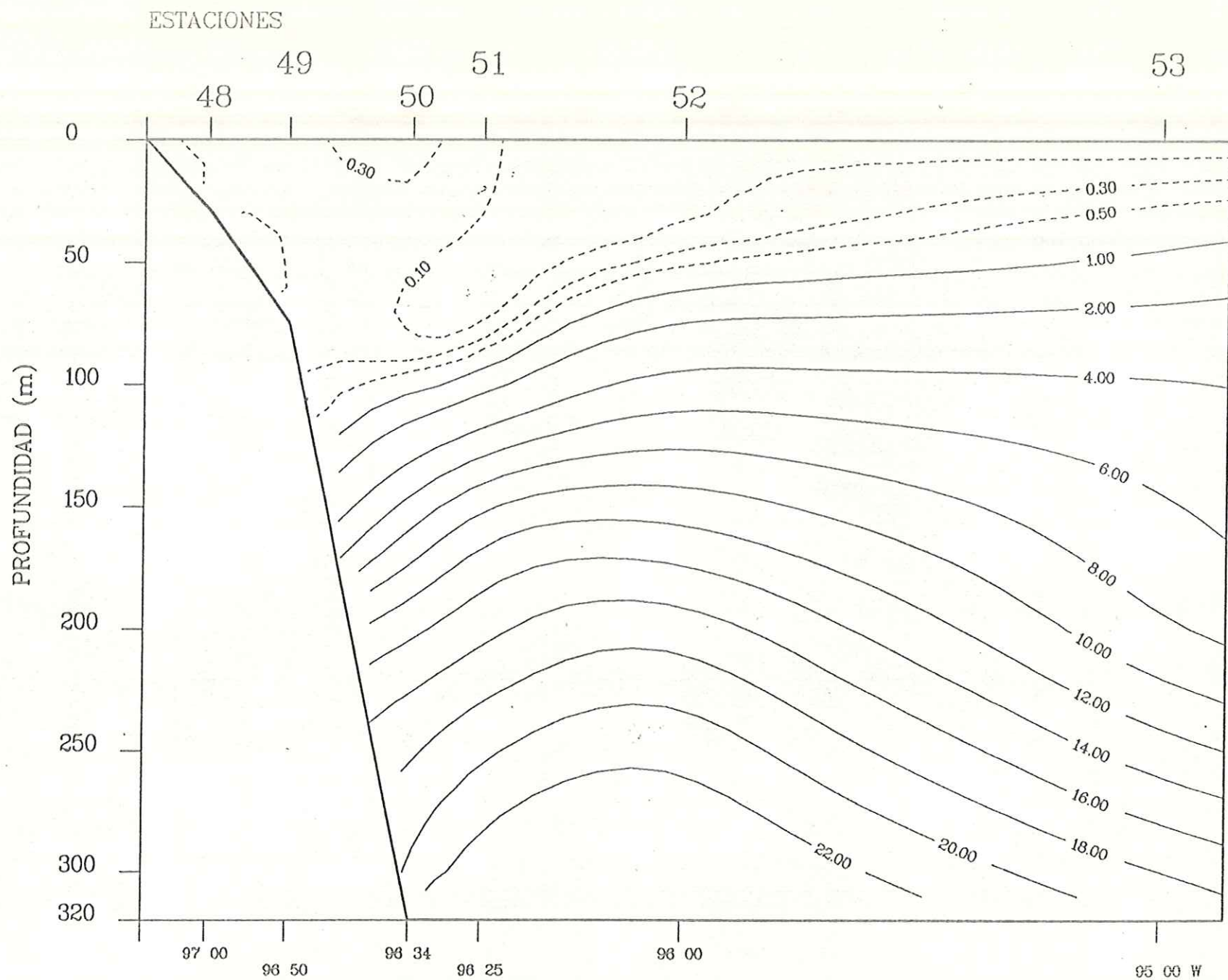


Fig.111 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

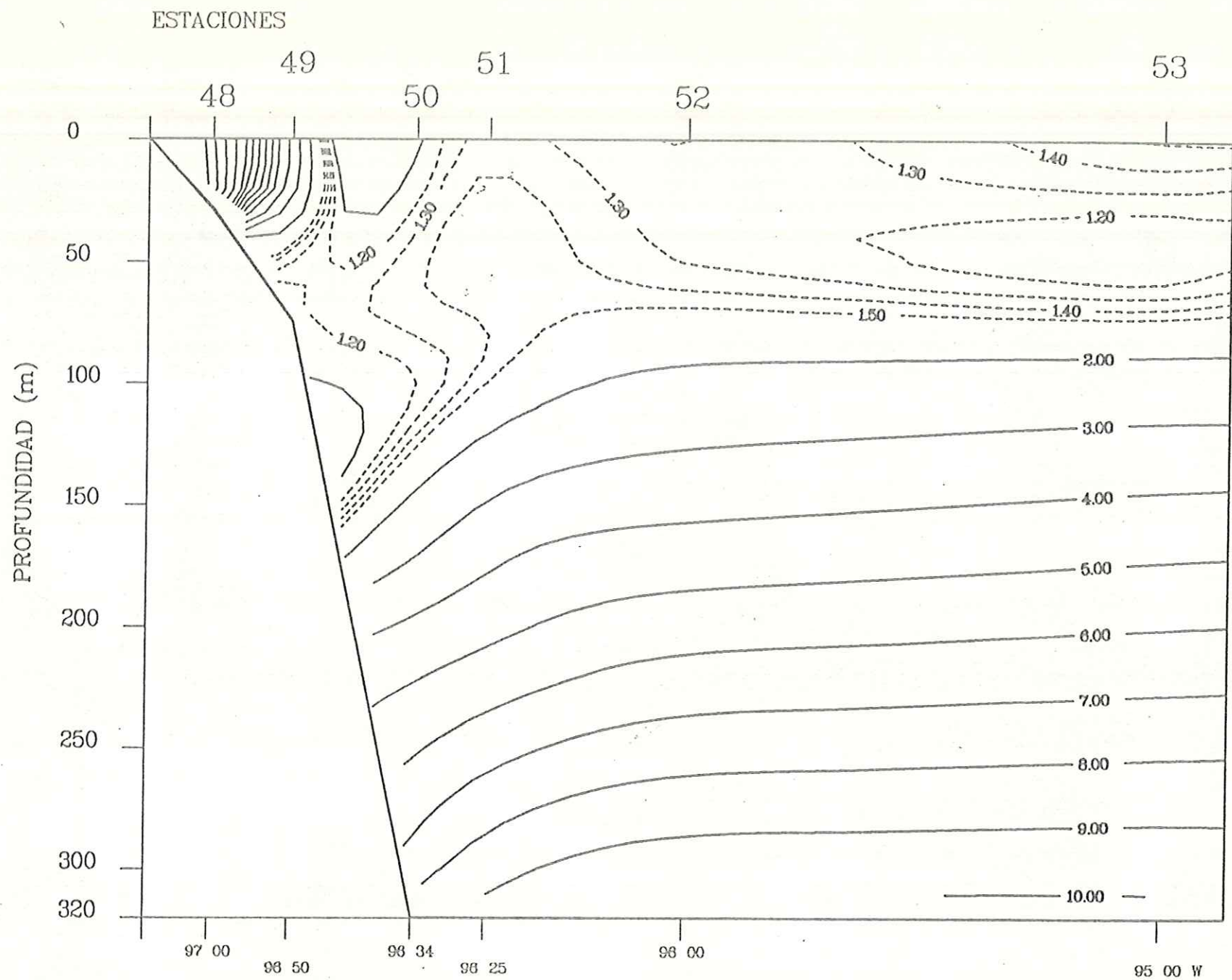


Fig.112 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

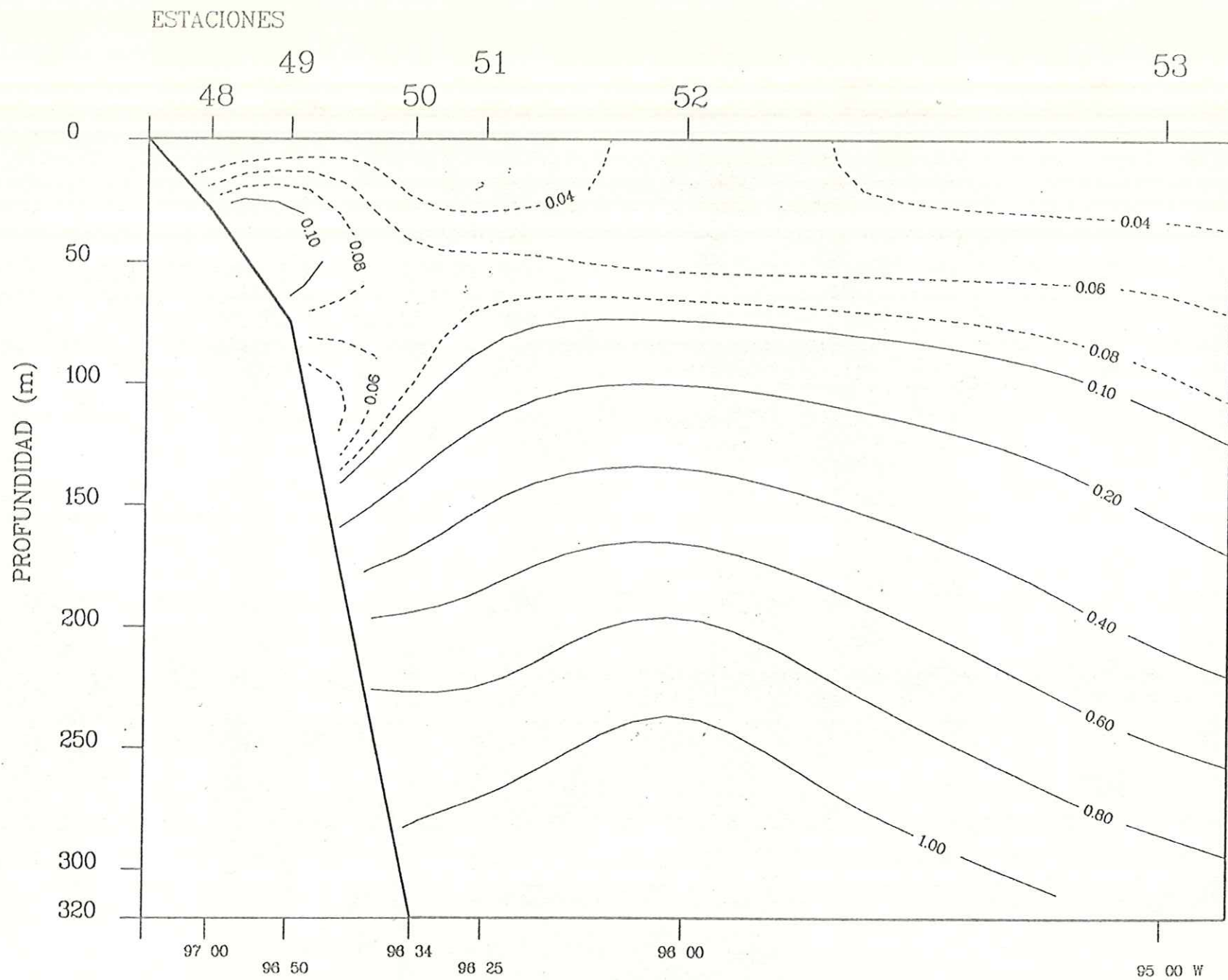


Fig. 113 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Latitud 20 40.0 N

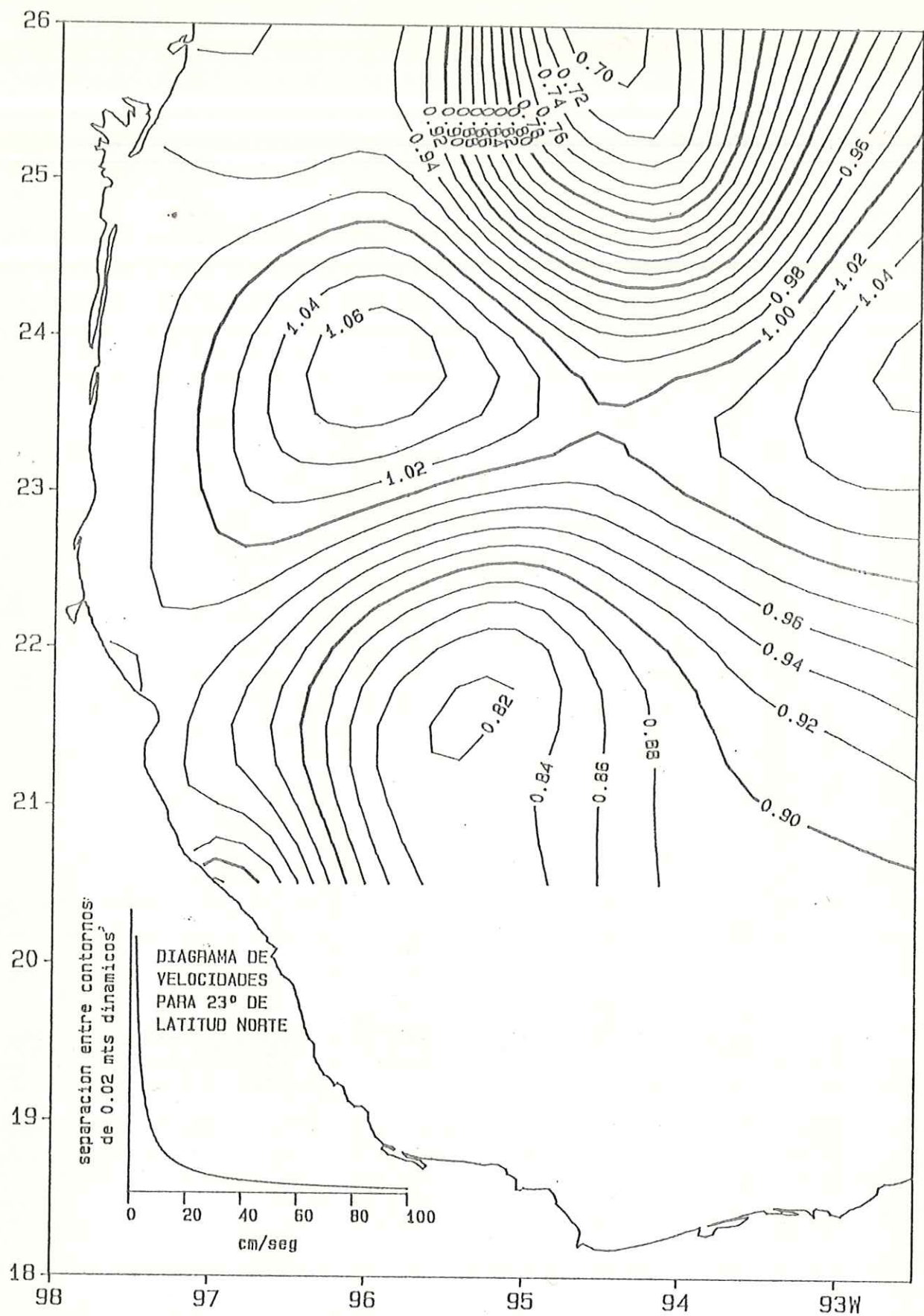


FIG. 114 TOPOGRAFIA DINAMICA (metros dinamicos) DE LA SUPERFICIE DEL MAR RELATIVA A 500 DECIBARIOS. ARGOS 86-1

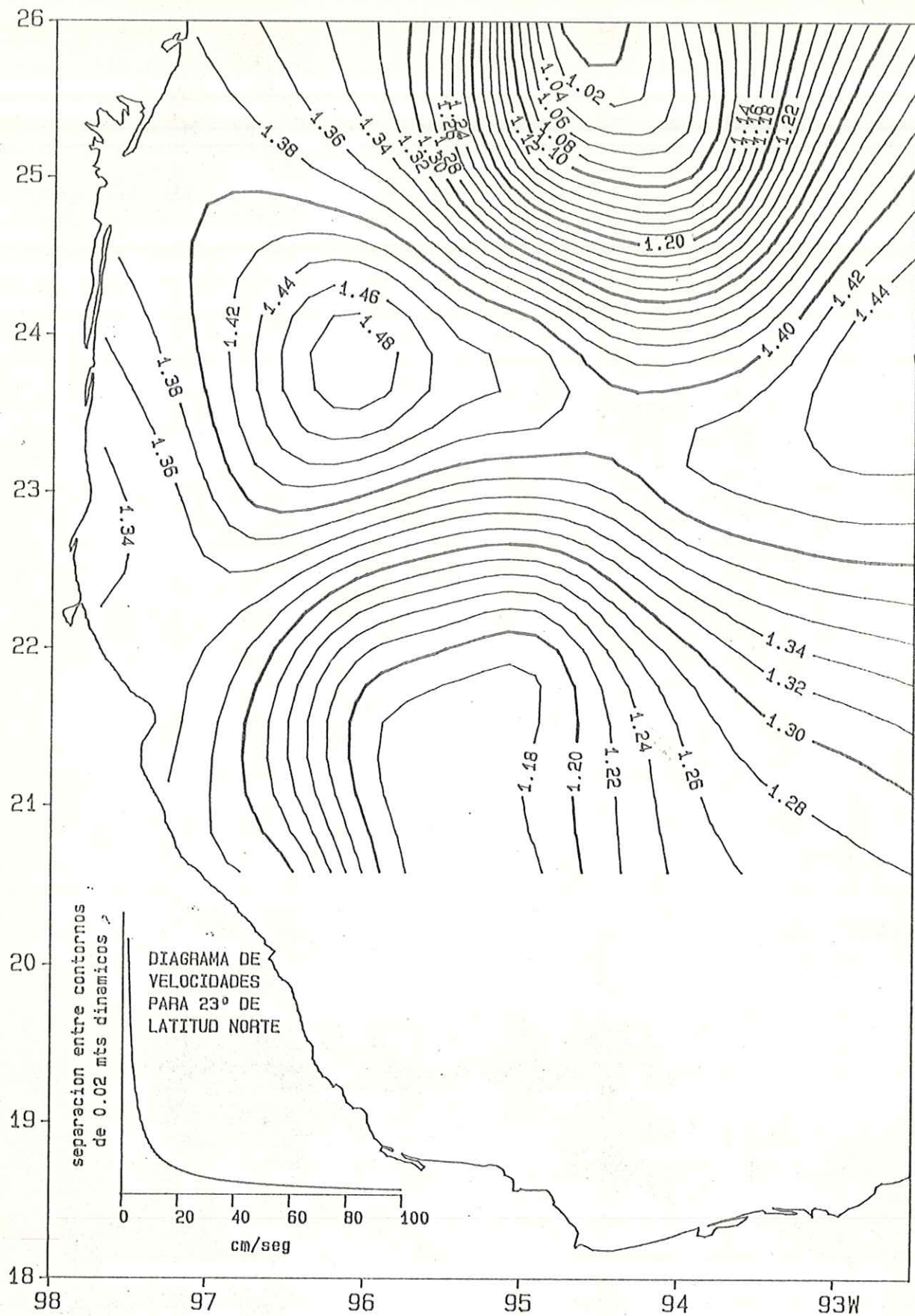


FIG. 115 TOPOGRAFIA DINAMICA (metros dinamicos) DE LA SUPERFICIE DEL MAR RELATIVA A 1000 DECIBARIOS. ARGOS 86-1

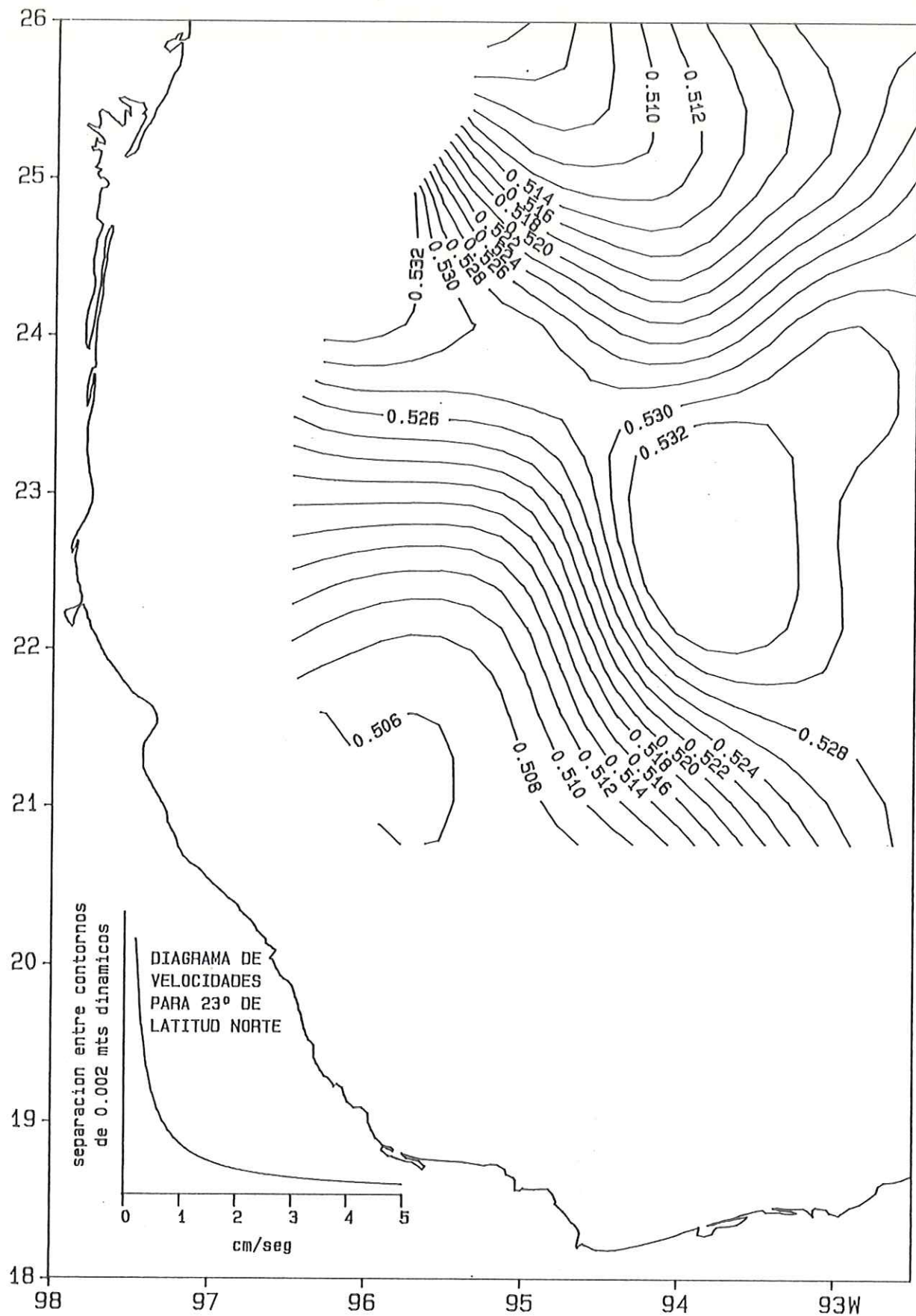


FIG. 116 TOPOGRAFIA DINAMICA (metros dinamicos) DE LA SUPERFICIE DE 1000 DECIBARIOS CON RESPECTO A UN NIVEL DE CERO MOVIMIENTO A 2000 DECIBARIOS. ARGOS 86-1

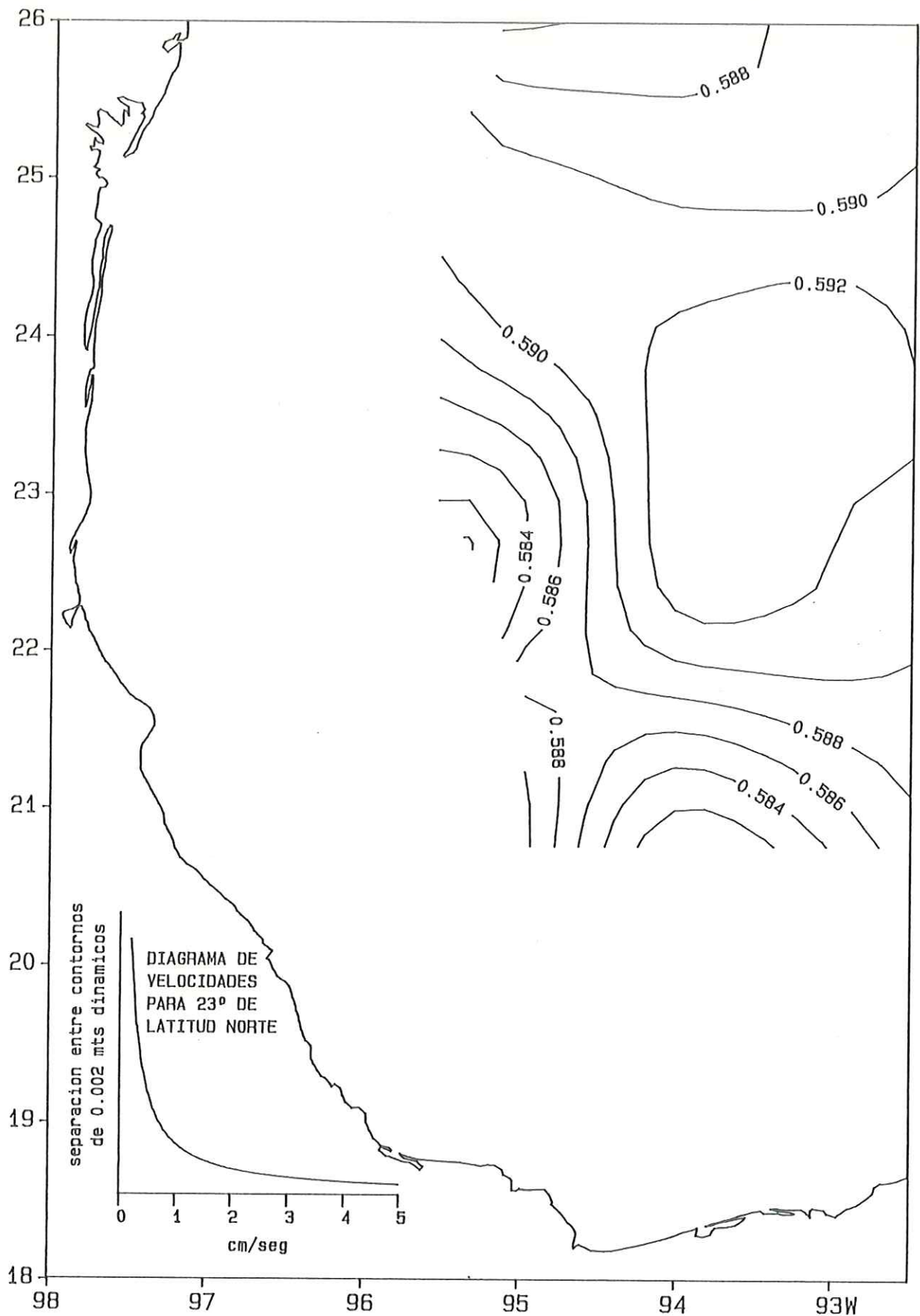


FIG.116a TOPOGRAFIA DINAMICA (metros dinamicos) DE LA SUPERFICIE DE 2000 DECIBARIOS CON RESPECTO A UN NIVEL DE CERO MOVIMIENTO A 3000 DECIBARIOS. ARGOS 86-1

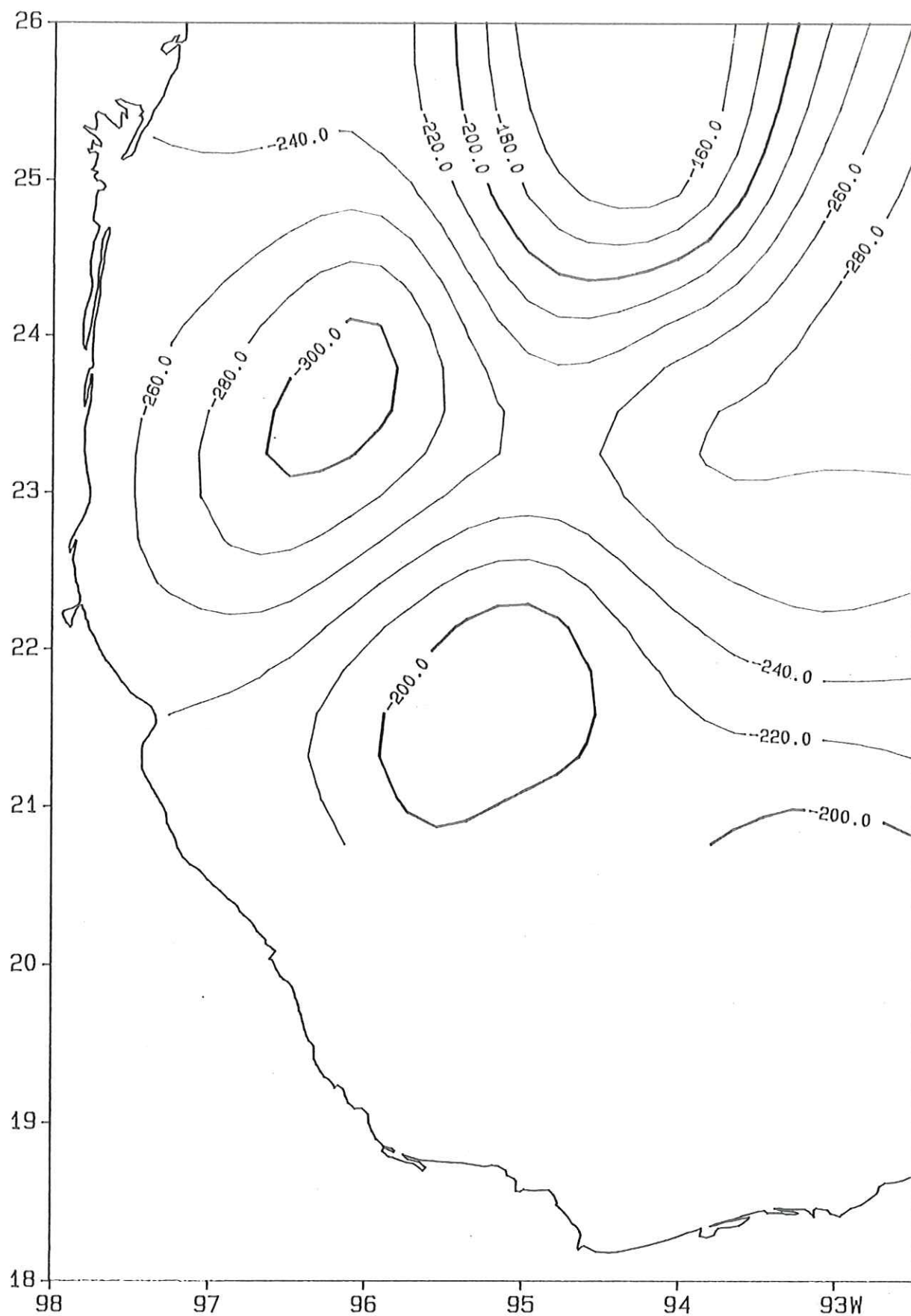


FIG.117 CONTORNOS DE PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 15'C EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 86-1.

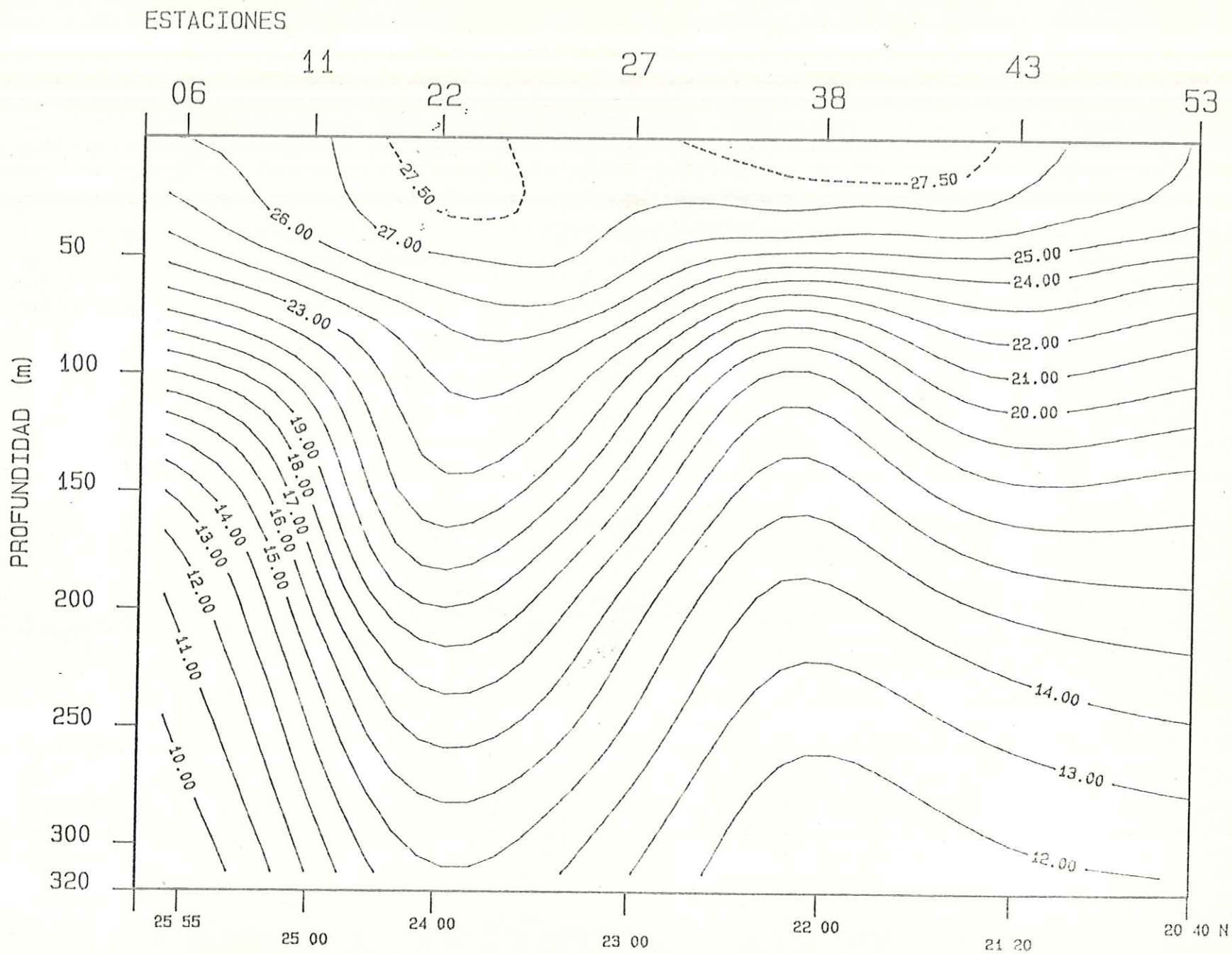


Fig.118 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Temperatura (oC) . Longitud 95 00.0 W

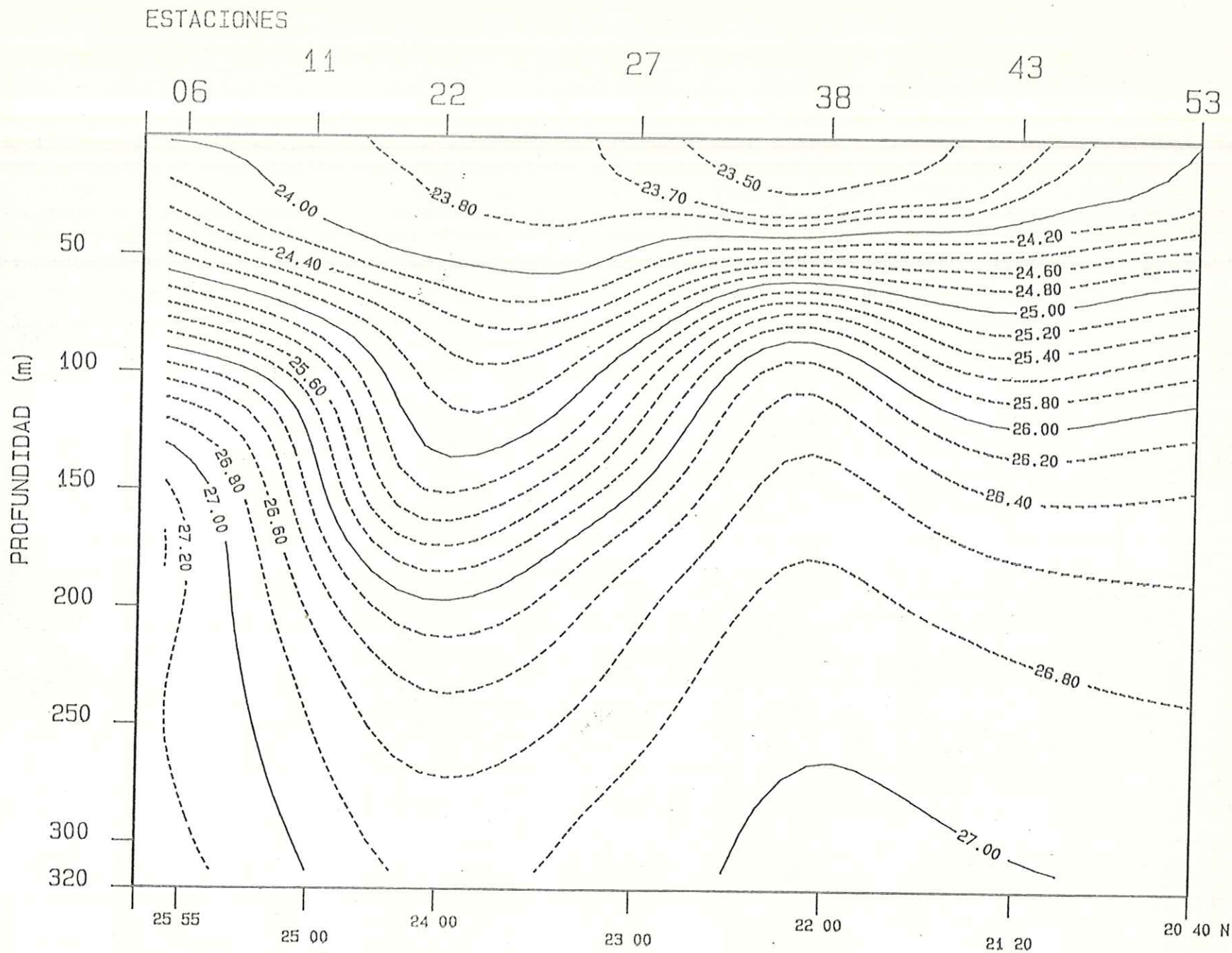


Fig.119 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Densidad (Sigma-Teta Kg/m^3), Longitud 95 00.0 W

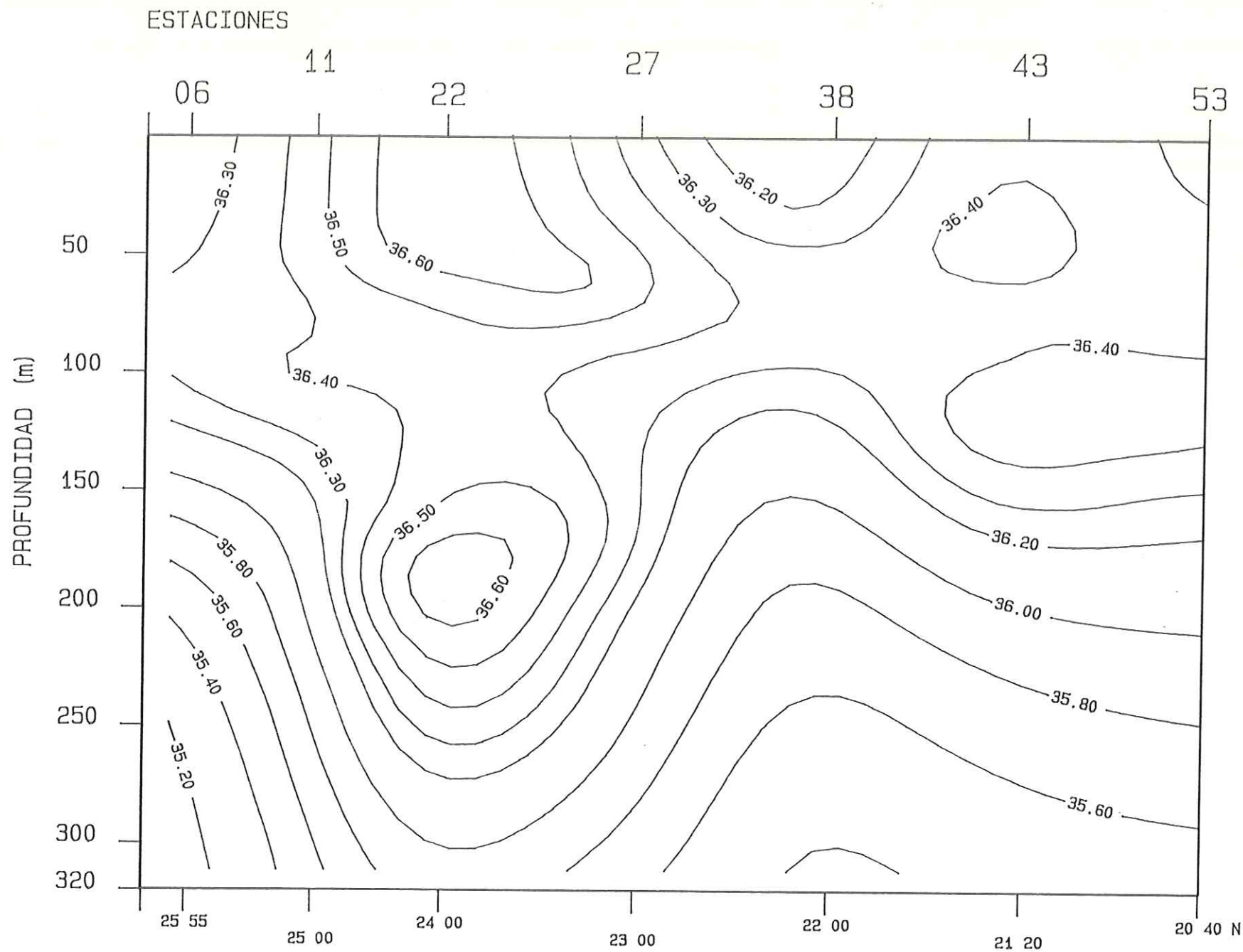


Fig.120 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Salinidad (0/00). Longitud 95 00.0 W

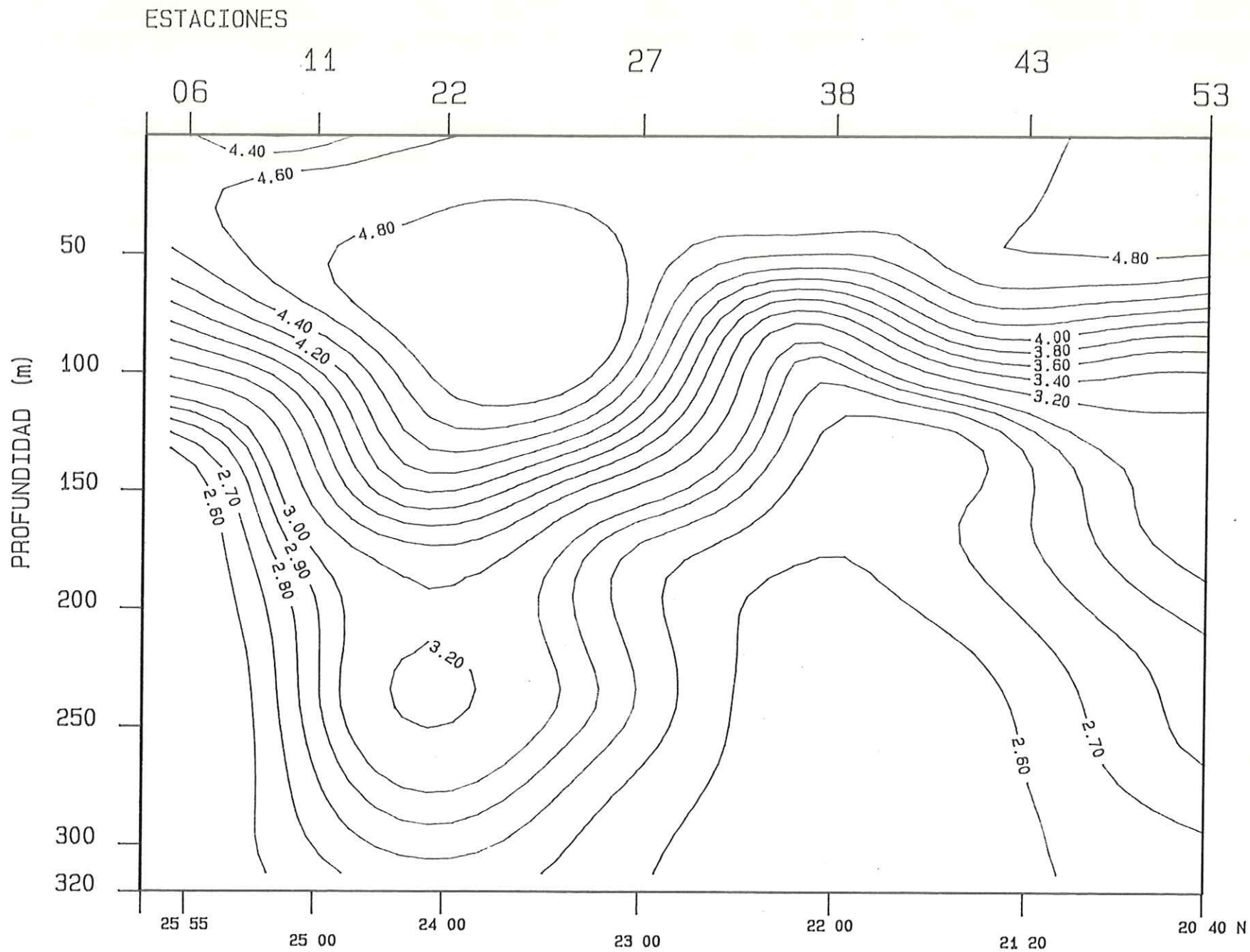


Fig. 121 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Oxigeno disuelto (ml/l), Longitud 95 00.0 W

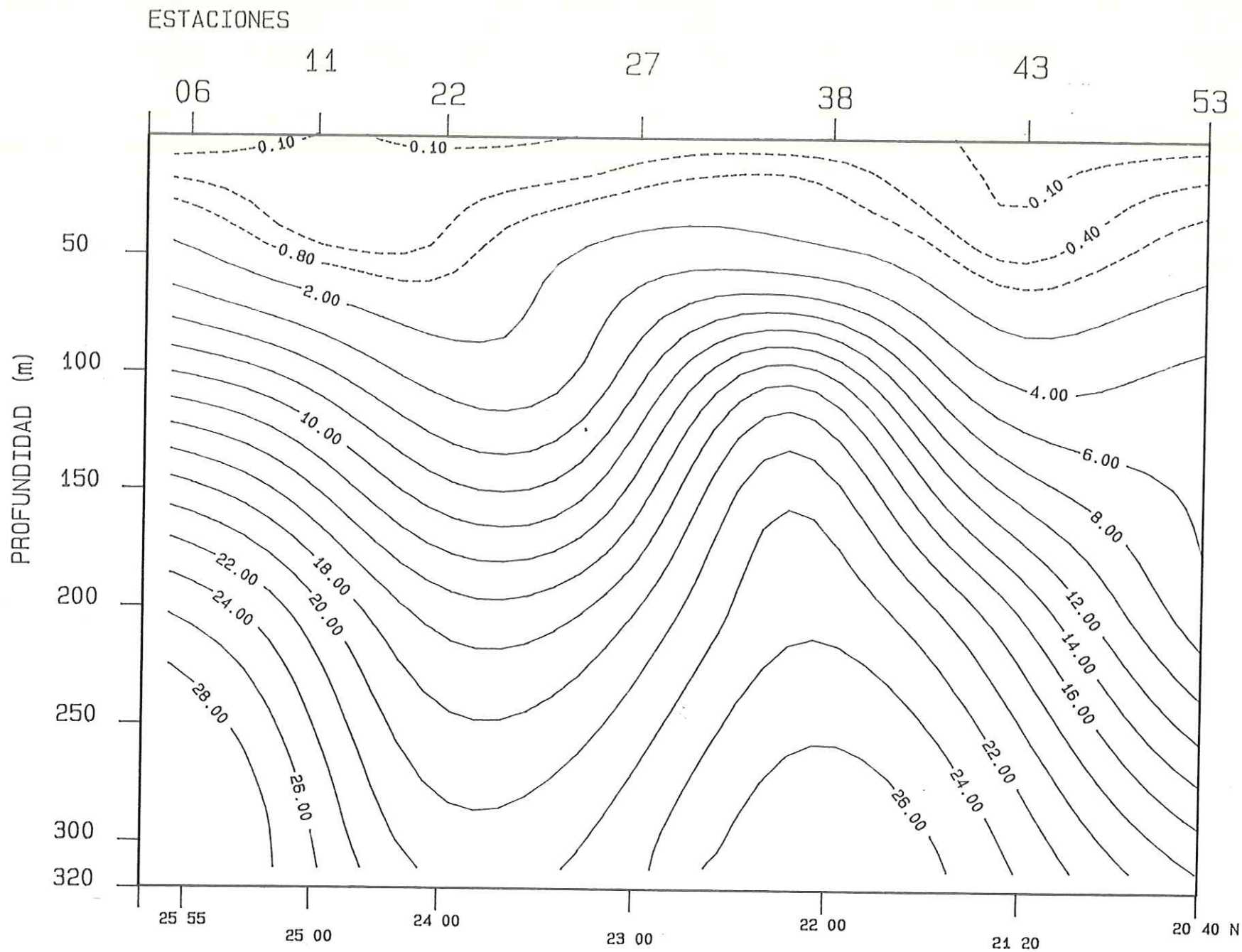


Fig.122 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Nitrato disuelto (ug-at/l). Longitud 95 00.0 W

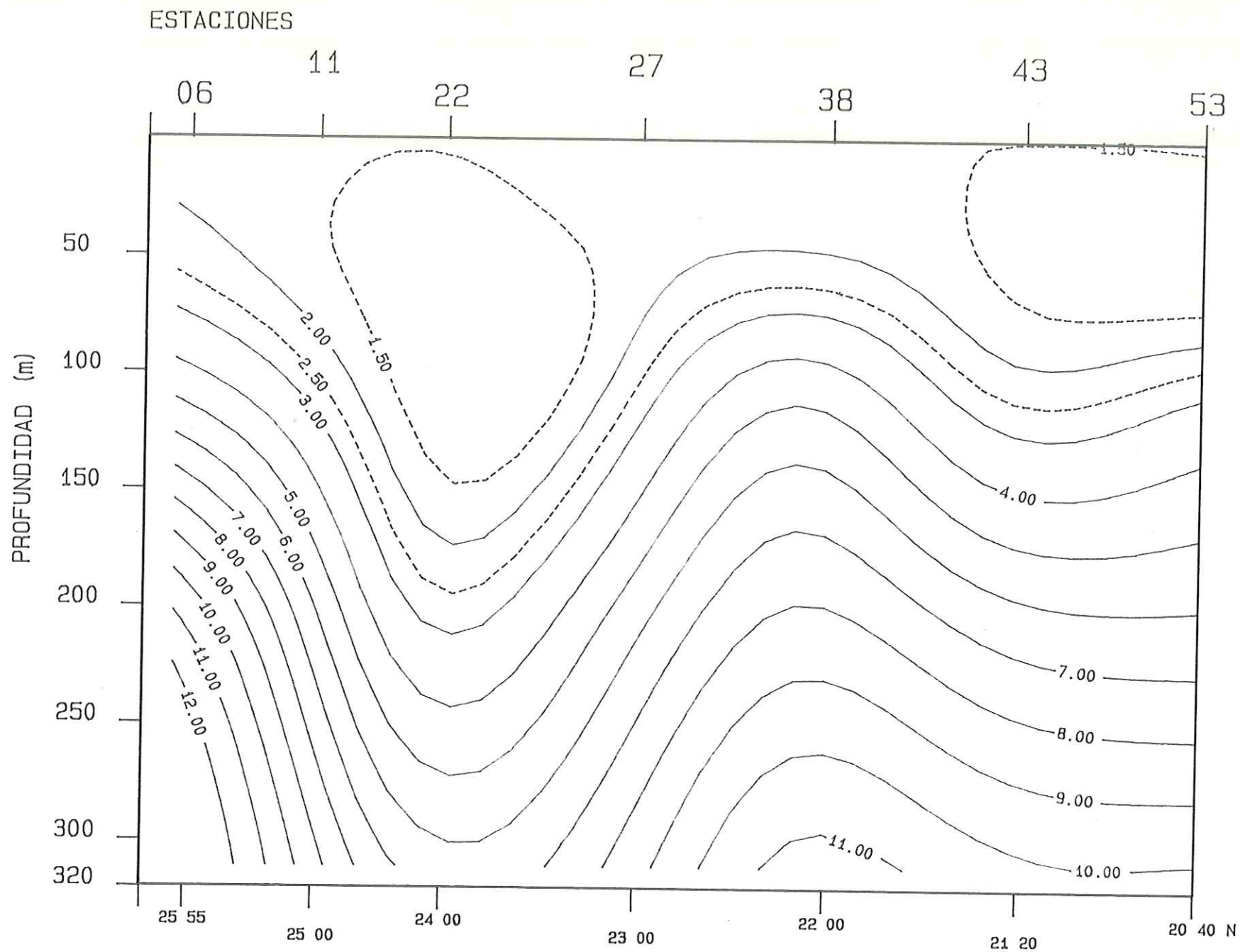


Fig.123 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de Silicato disuelto (ug-at/l). Longitud 95 00.0 W

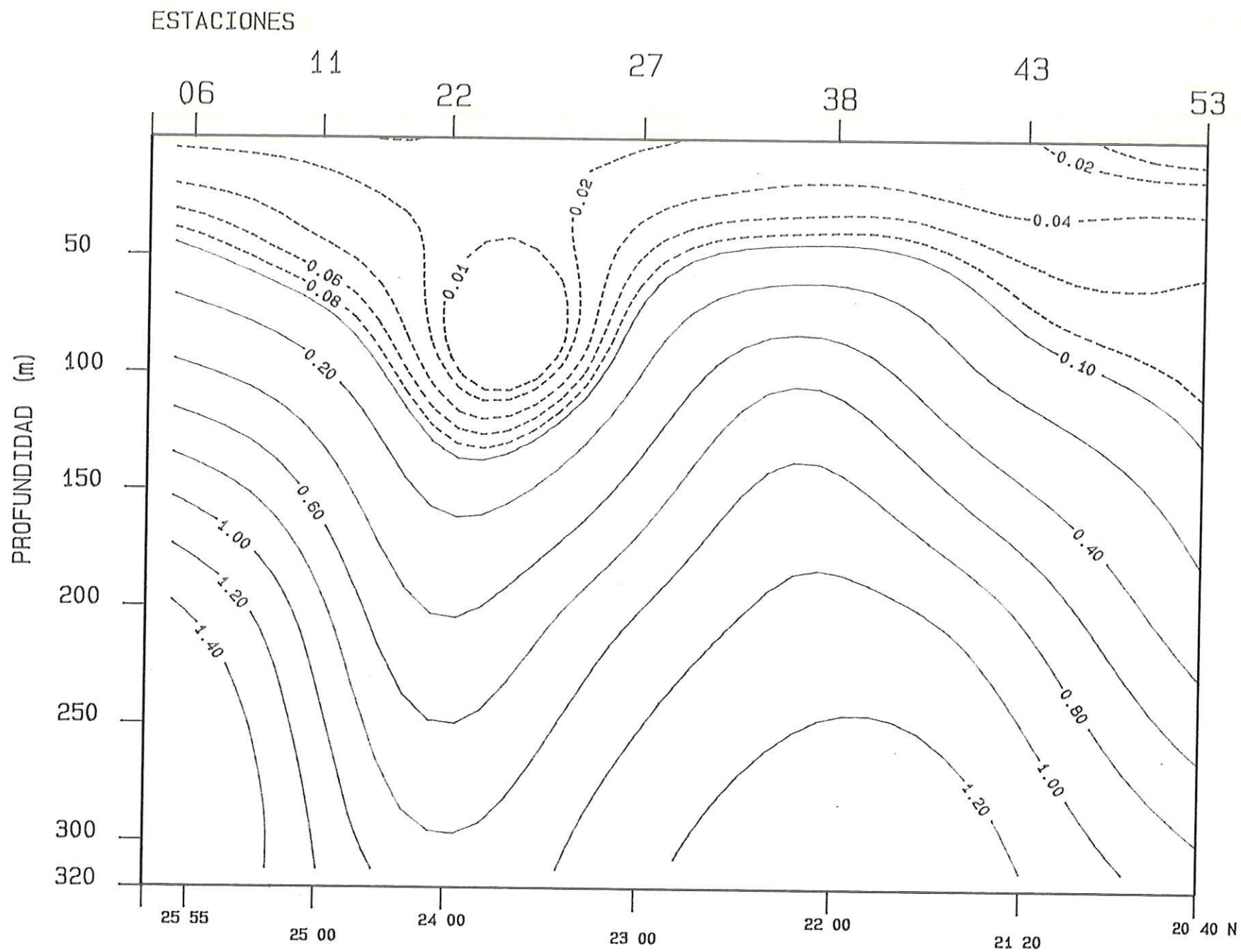


Fig.124 Transecto 8. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
Campo de Ortofosfato disuelto (ug-at/l). Longitud 95 00.0 W

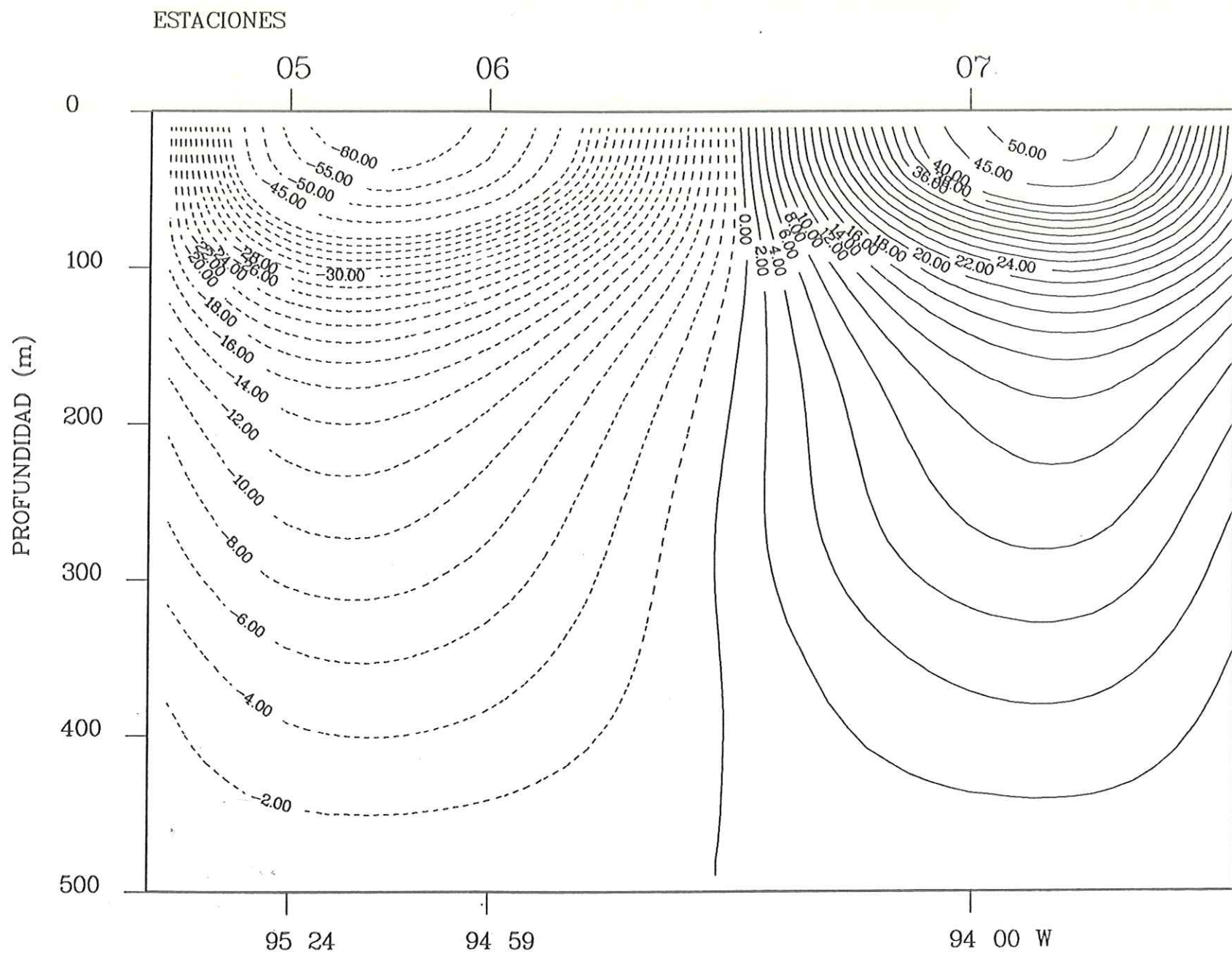


Fig.125 Transecto 1. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 25 55.0 N

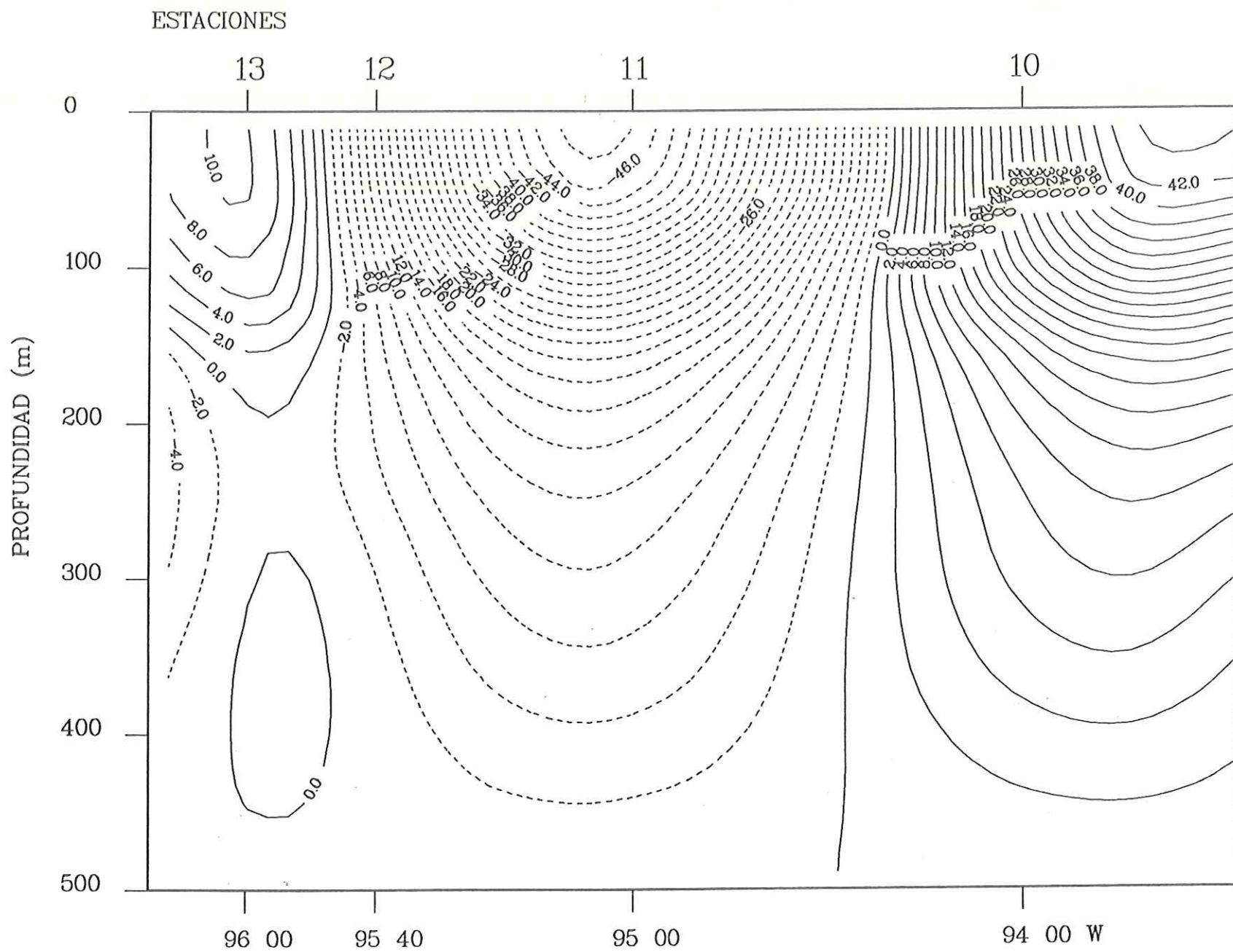


Fig.126 Transecto 2. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 25 00.0 N

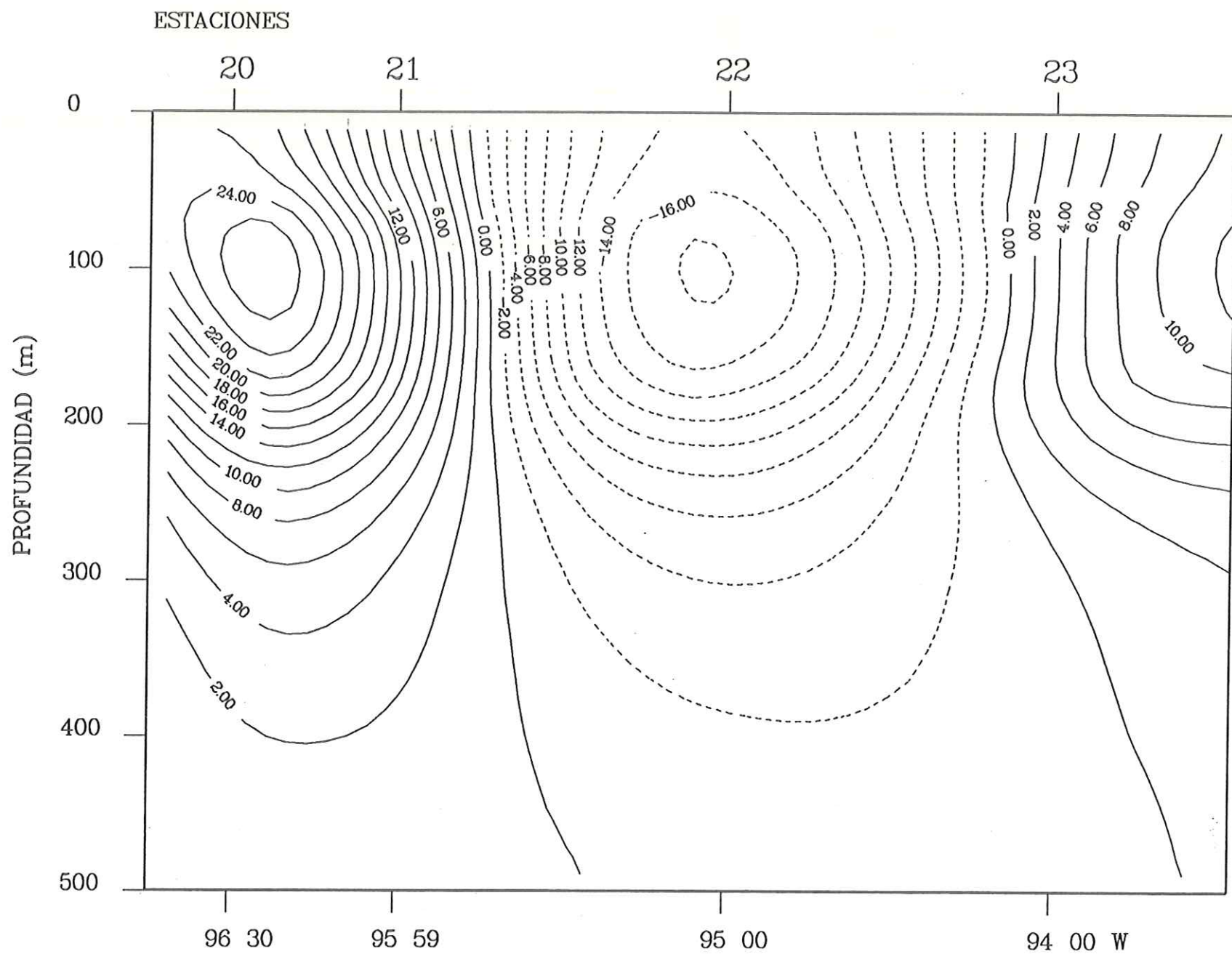


Fig. 127 Transecto 3. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 24 00.0 N

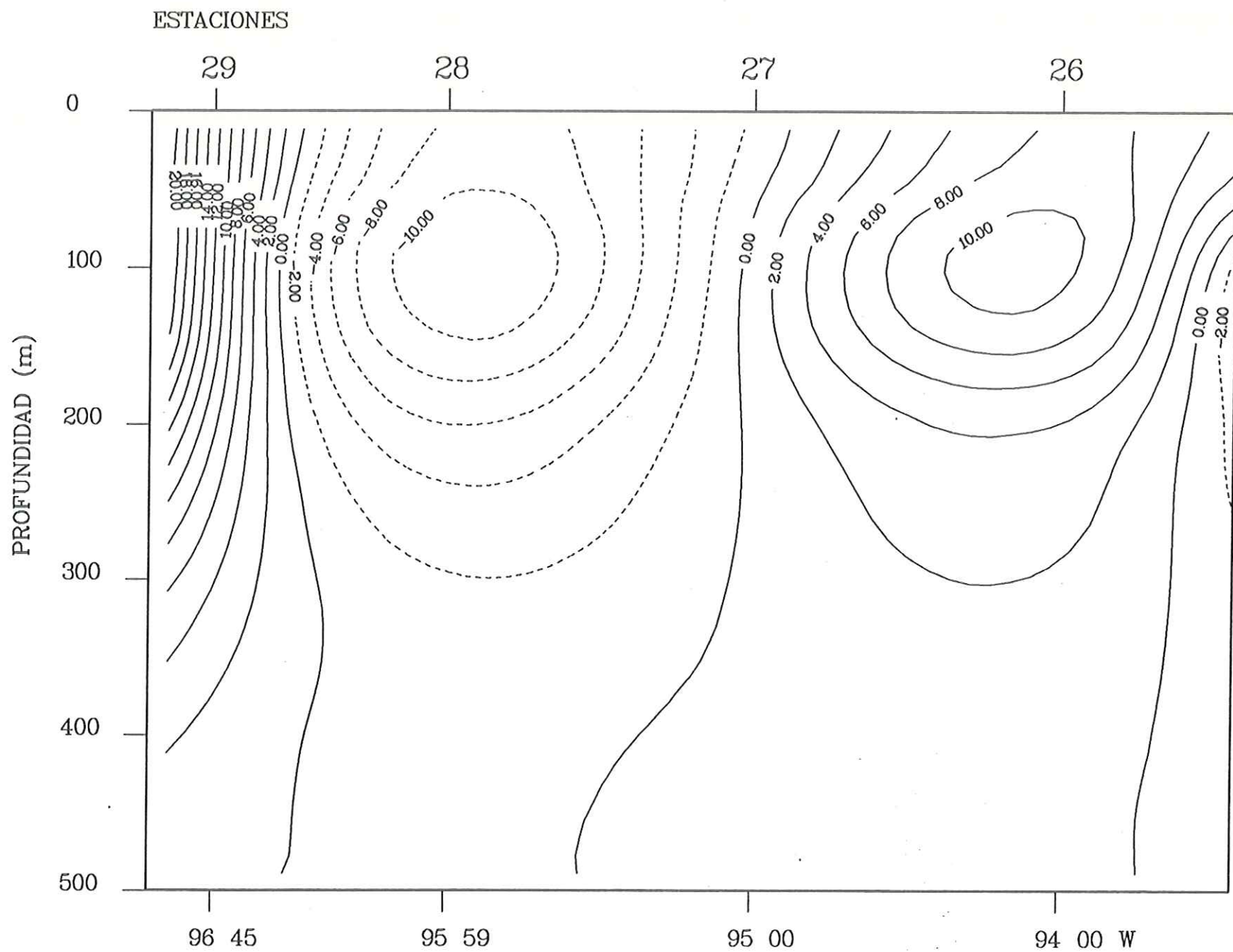


Fig.128 Transecto 4. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 23 00.0 N

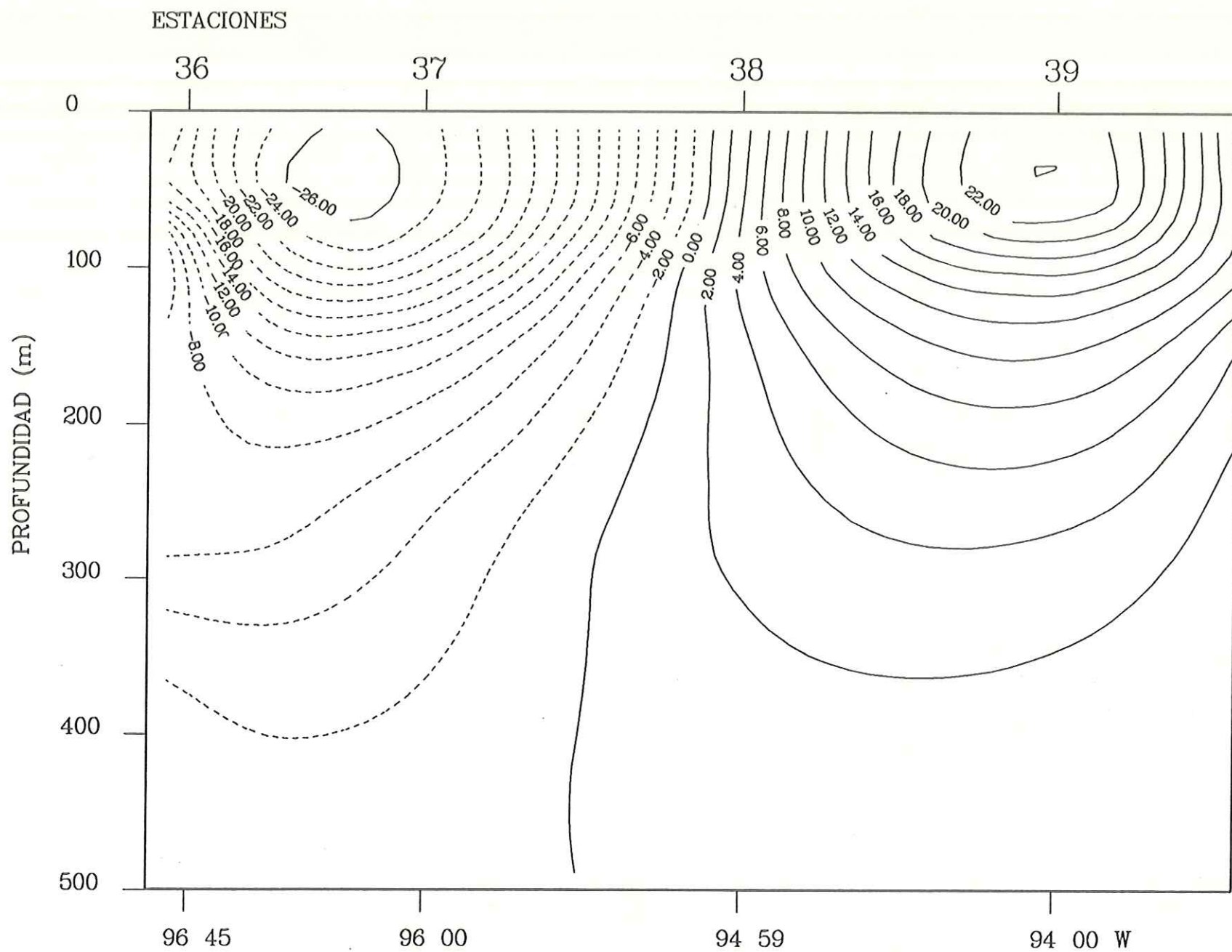


Fig.129 Transecto 5. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 22 00.0 N

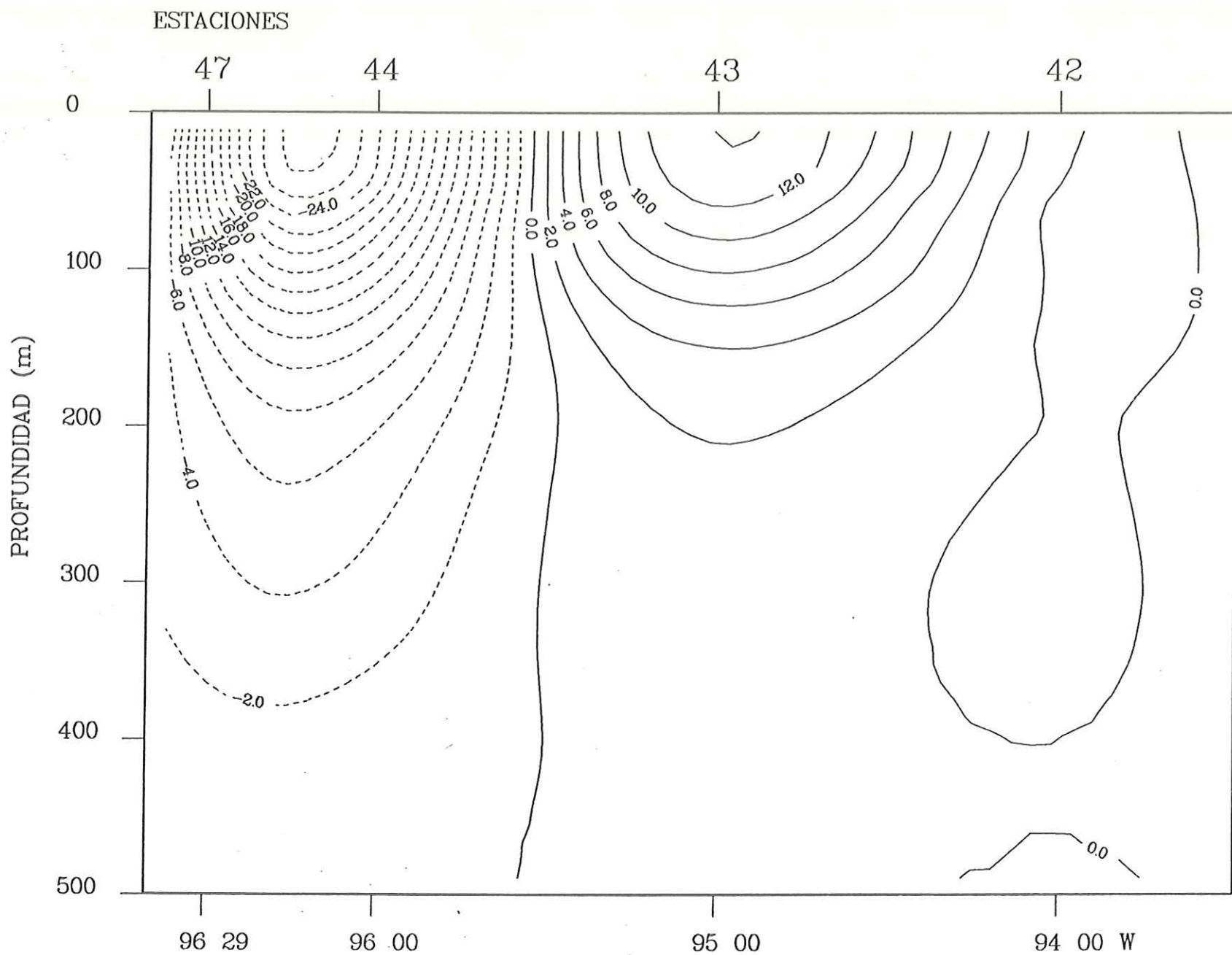


Fig. 130 Transecto 6. Crucero Argos 85-2 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 21 20.0 N

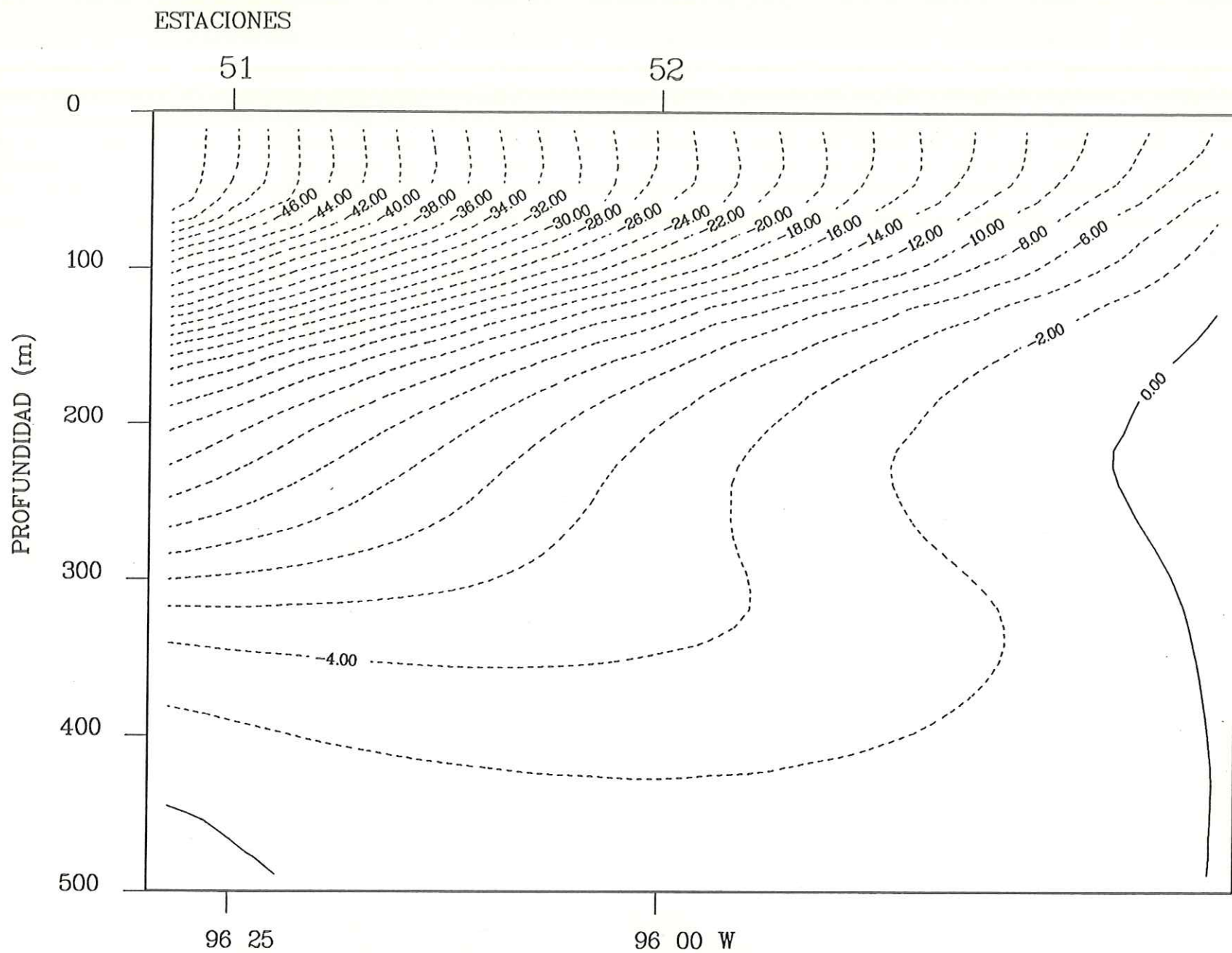


Fig. 131 Transecto 7. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Latitud 20 40.0 N

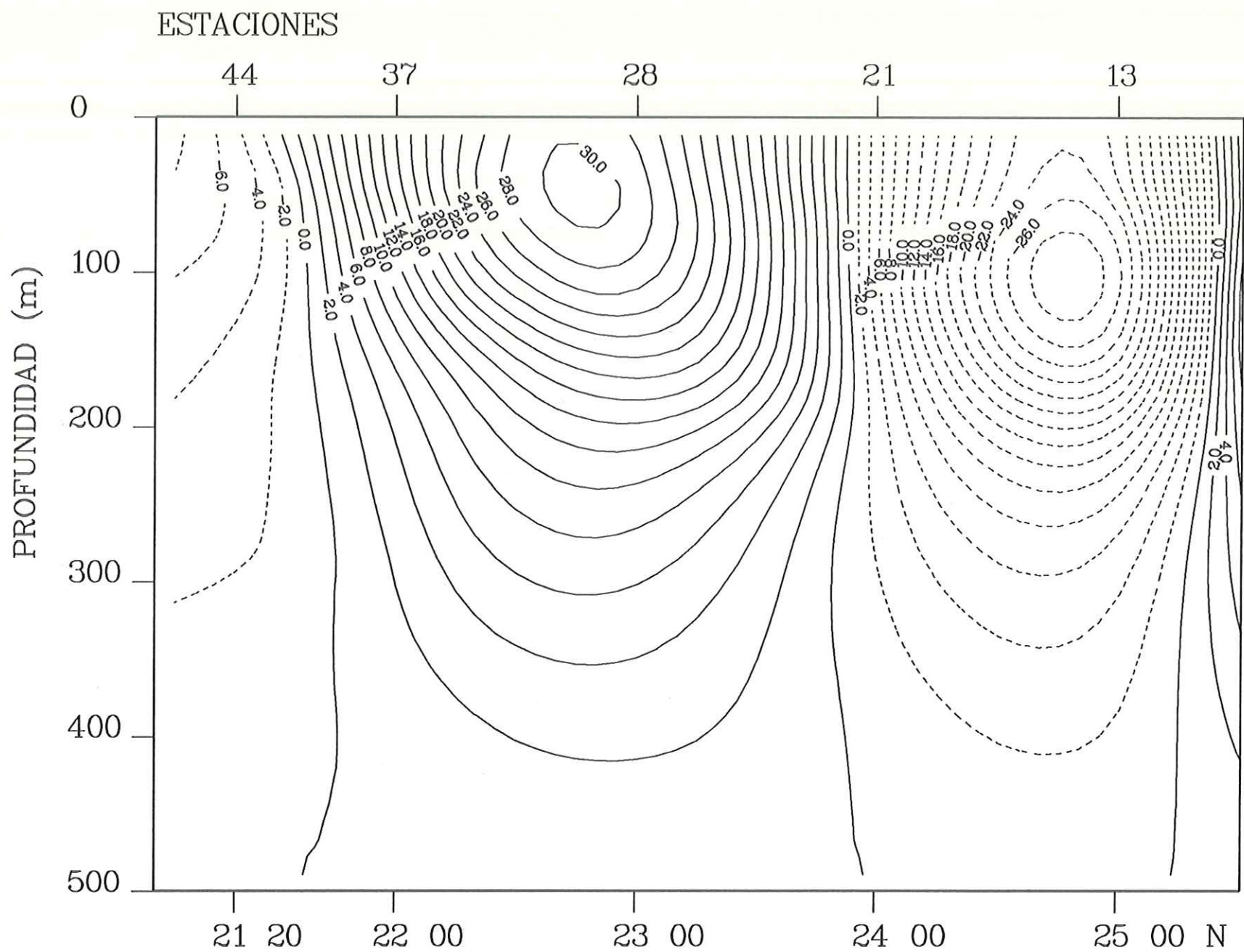


Fig.132 Transecto 96. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de velocidad relativa (cm/seg). Longitud 96 00.0 W

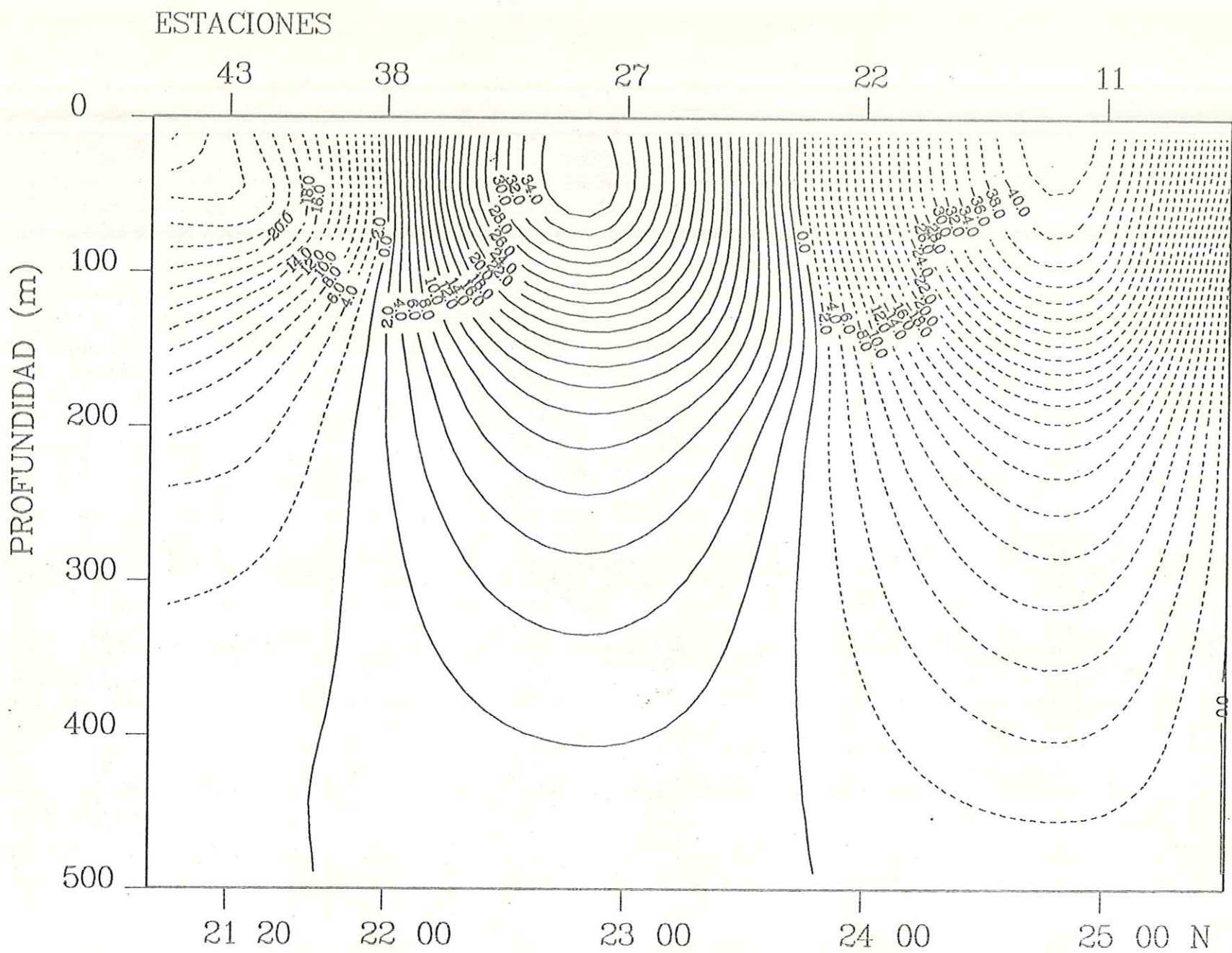


Fig.133 Transecto 95. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Longitud 95 00.0 W

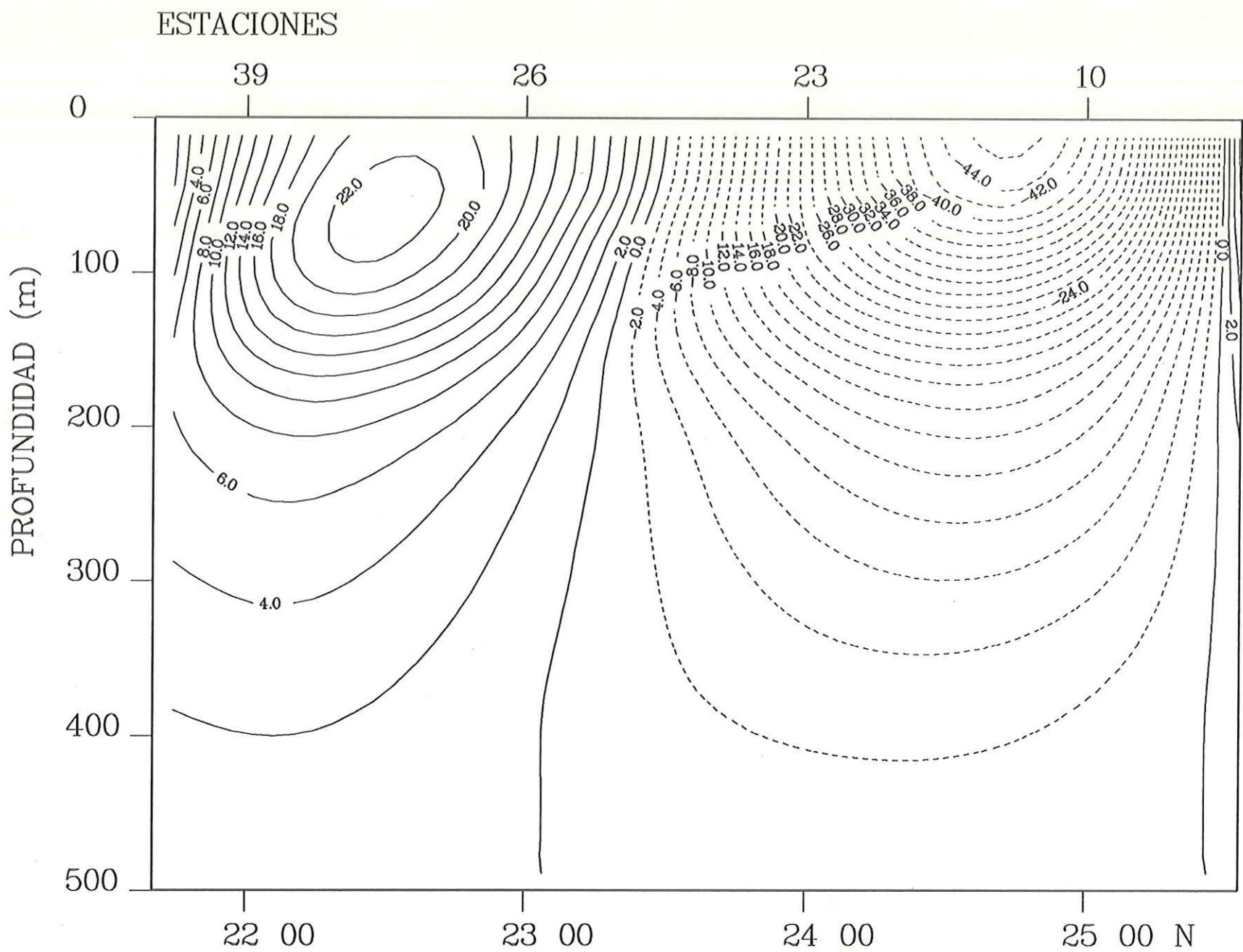


Fig. 134^TTransecto 94. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.
 Campo de velocidad relativa (cm/seg). Longitud 94 00.0 W

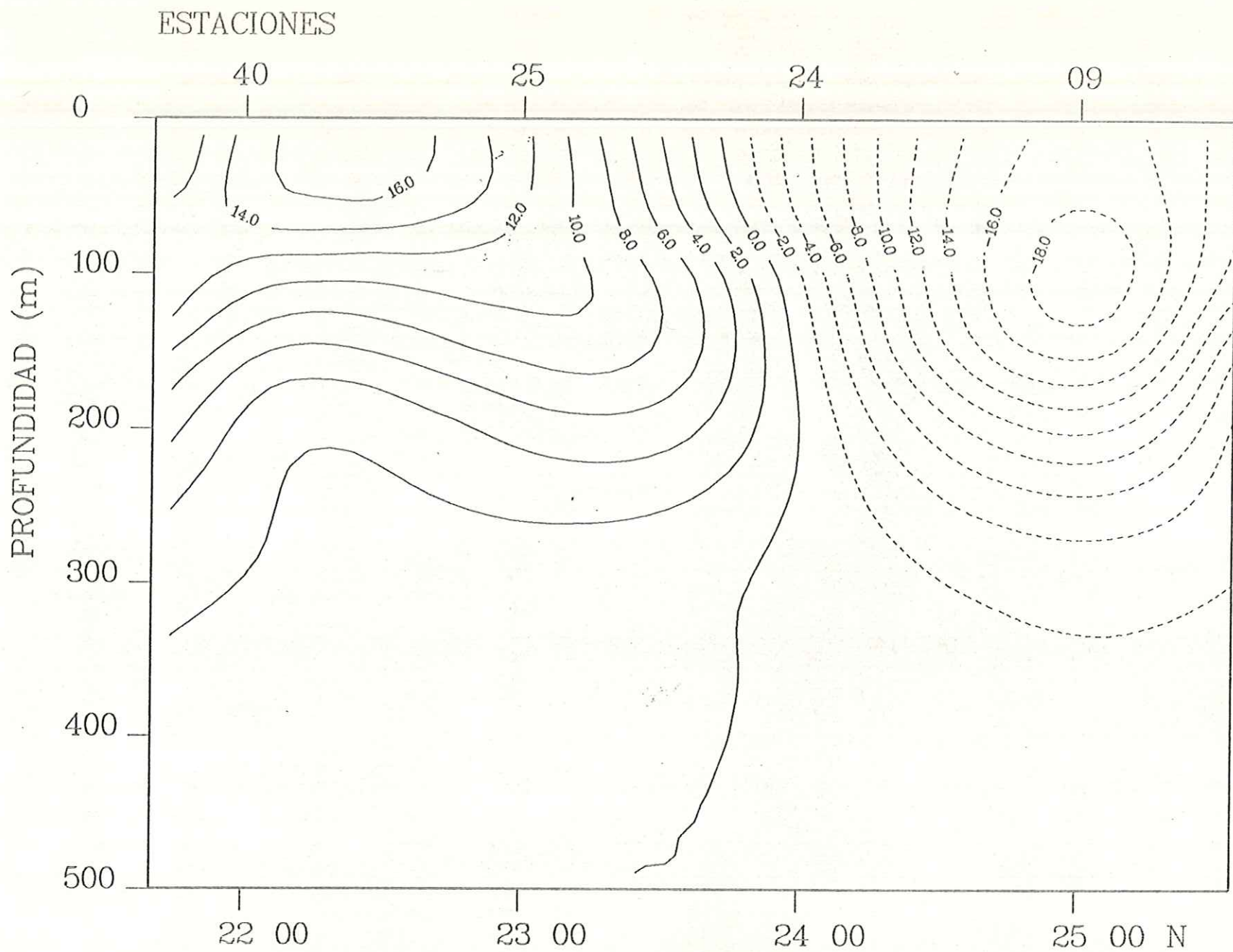


Fig.135 Transecto 93. Crucero Argos 86-1 Golfo de Mexico.

Campo de velocidad relativa (cm/seg). Longitud 93 00.0 W

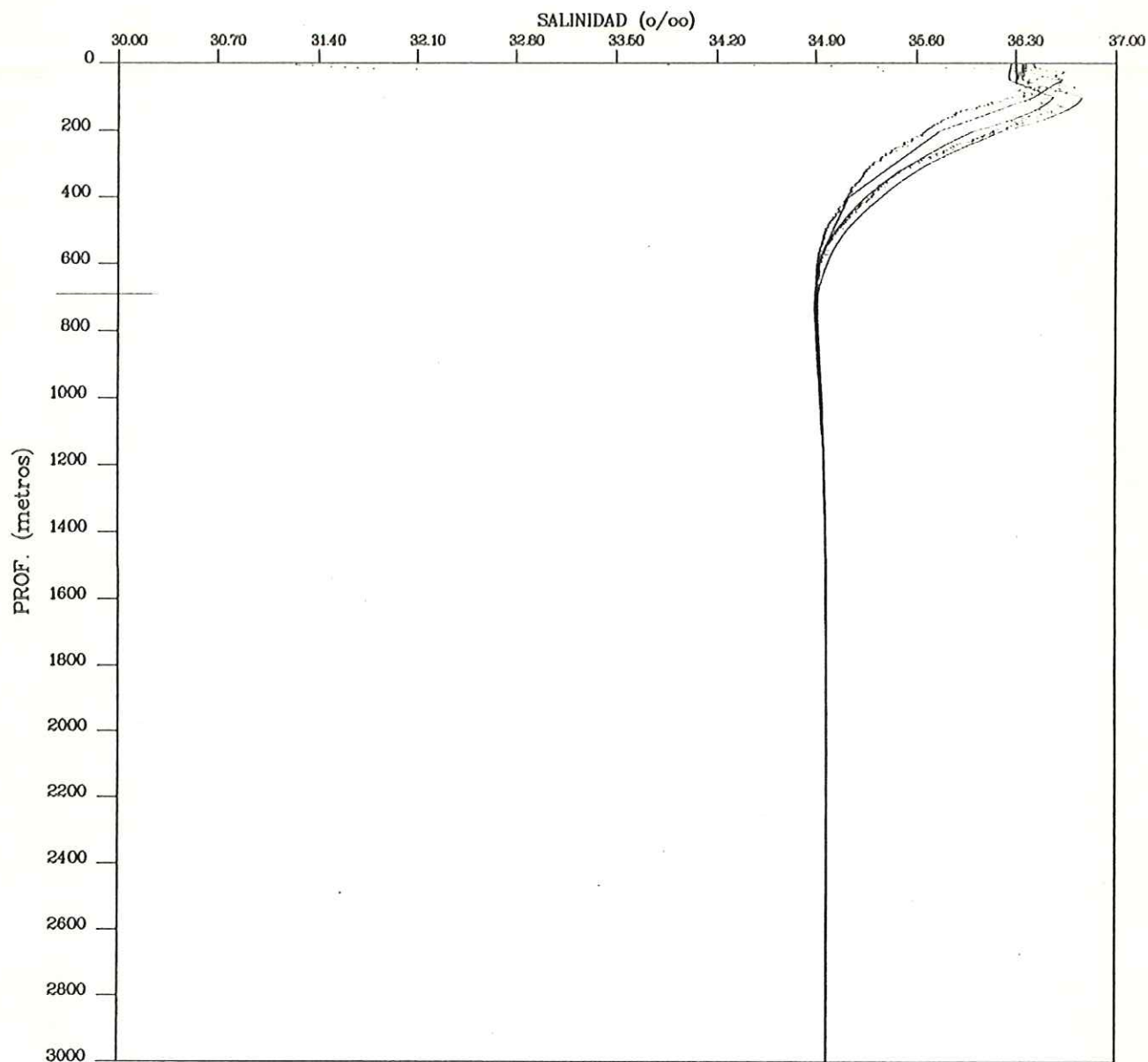


Fig. 136 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 1

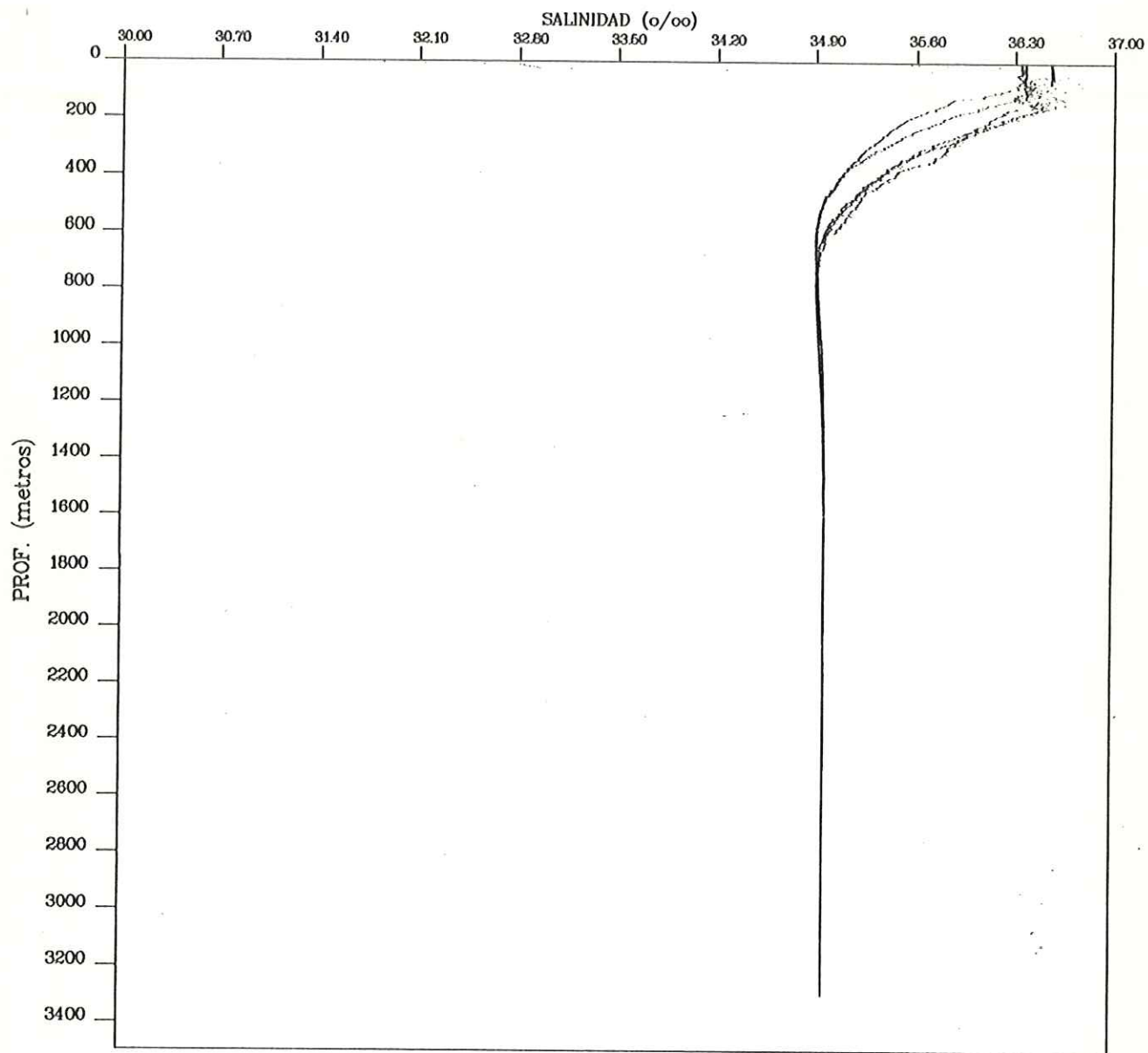


Fig. 137 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 2

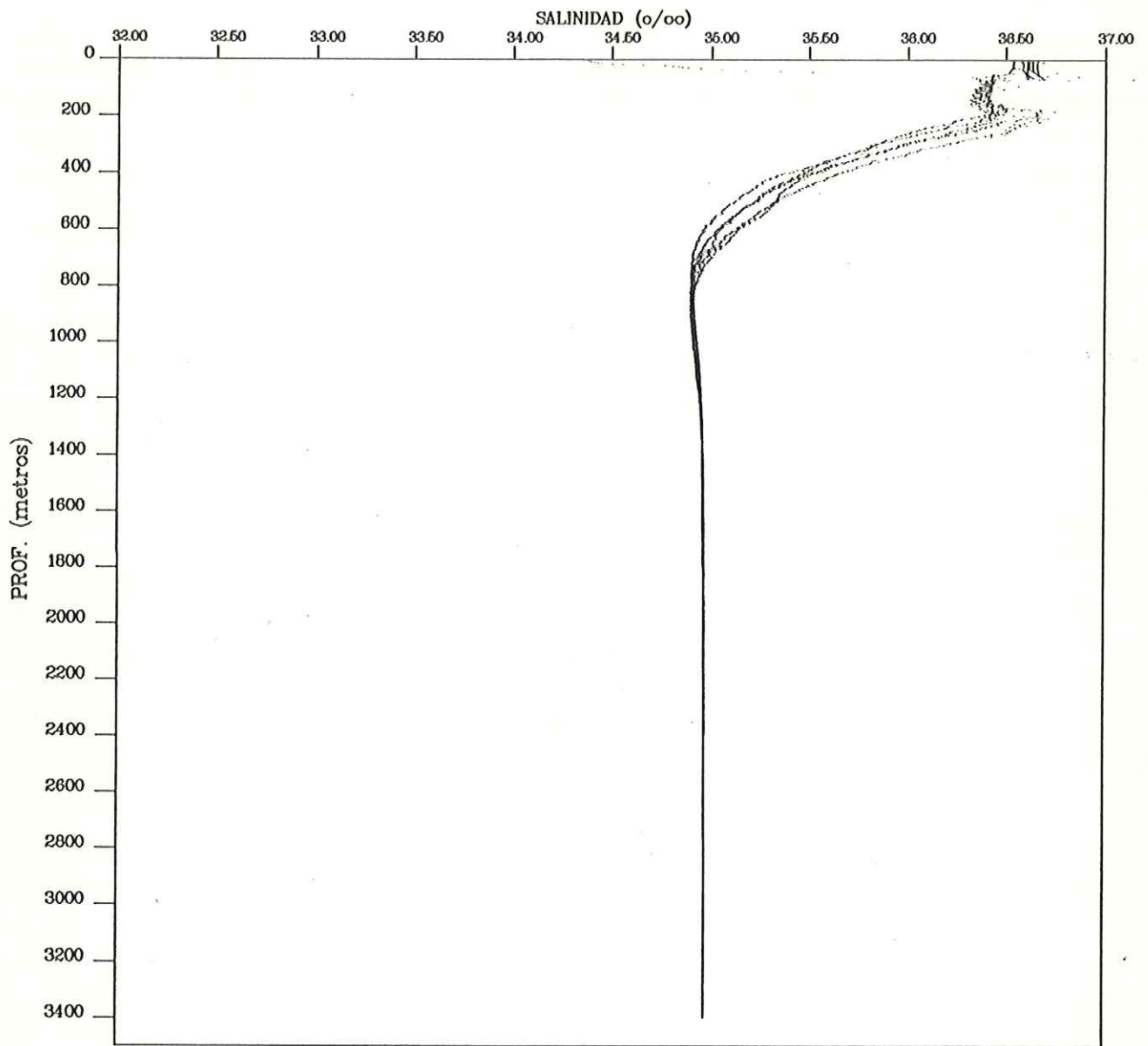


Fig.138 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 3

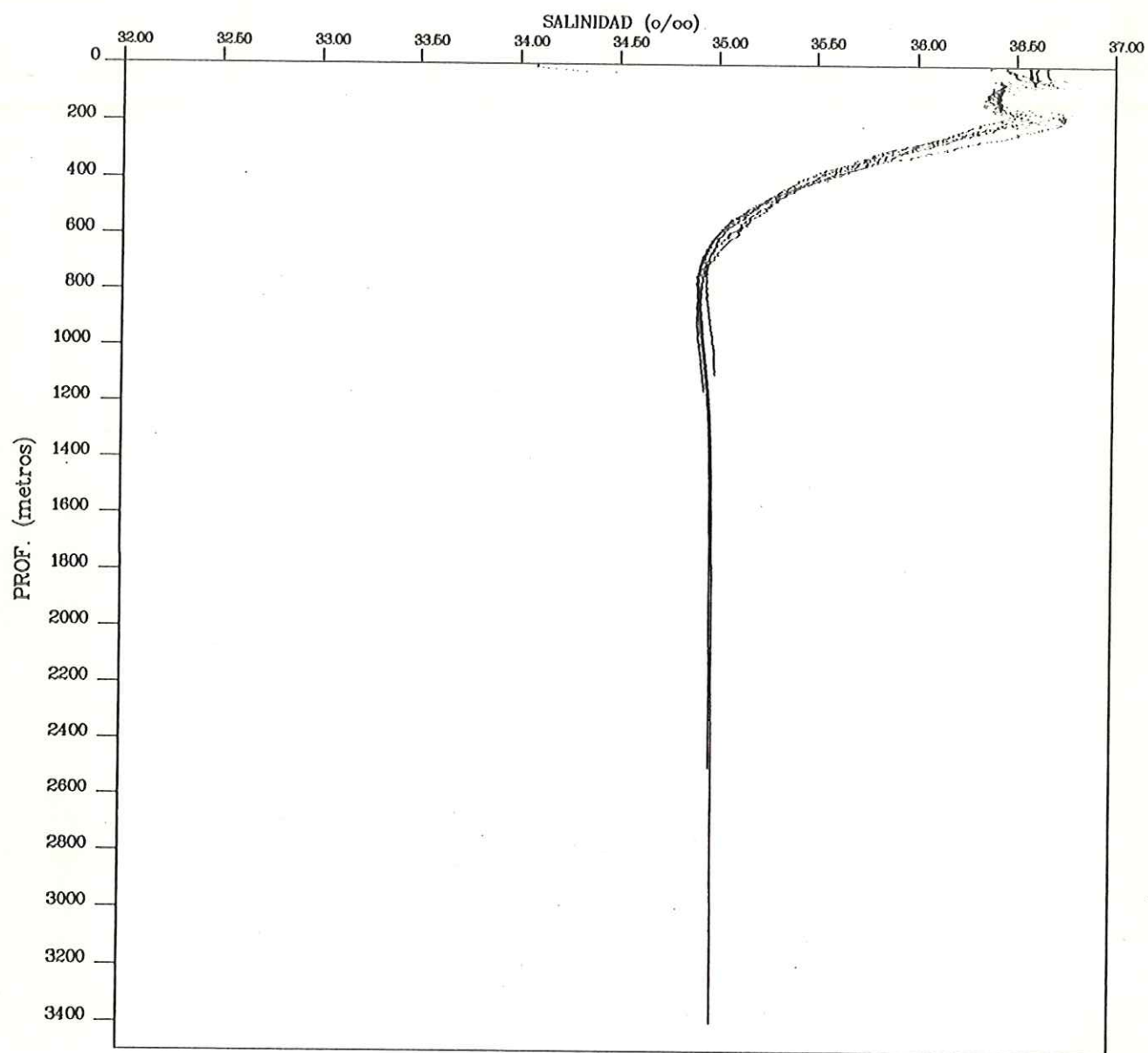


Fig.139 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 4

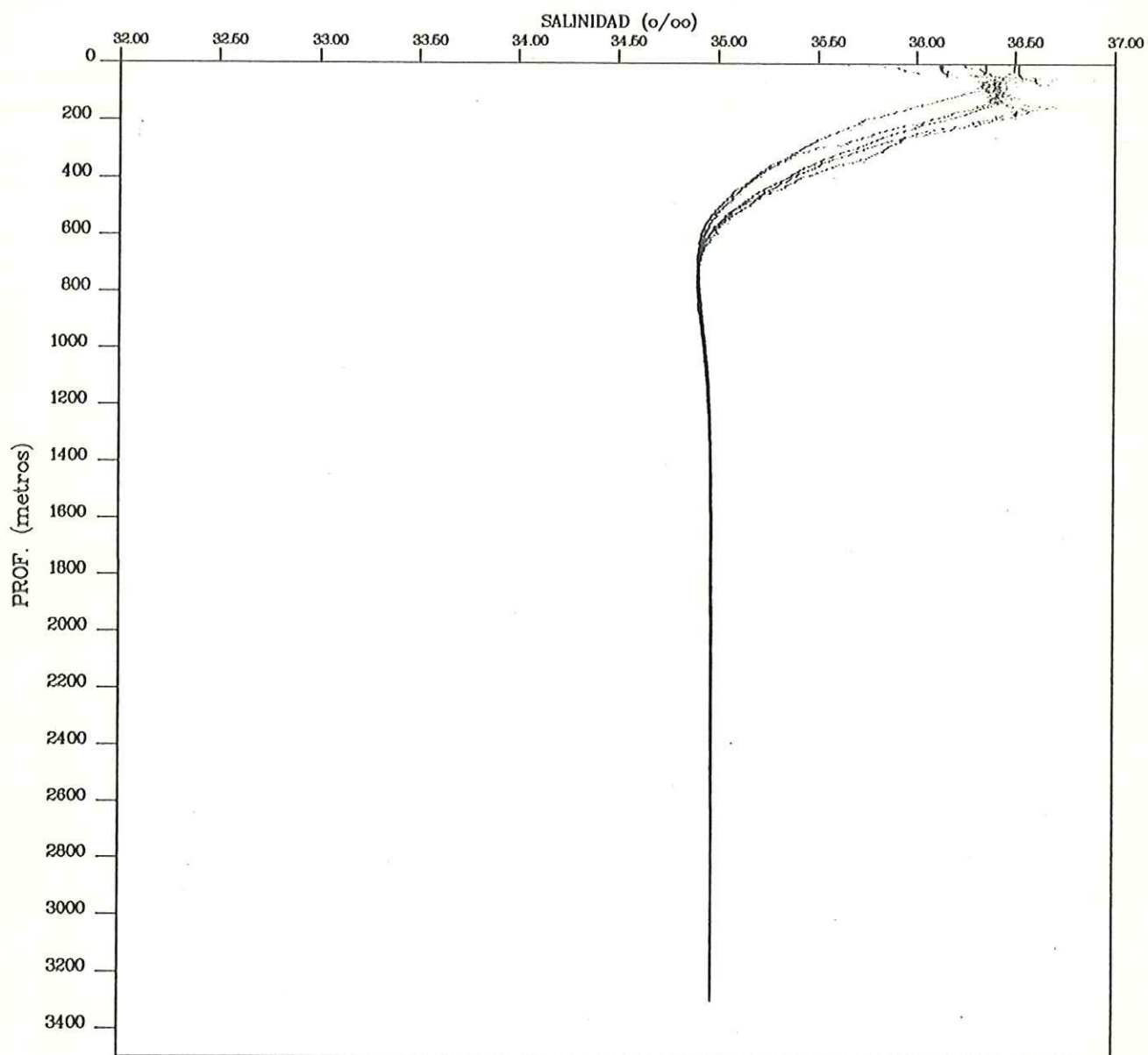


Fig.140 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 5

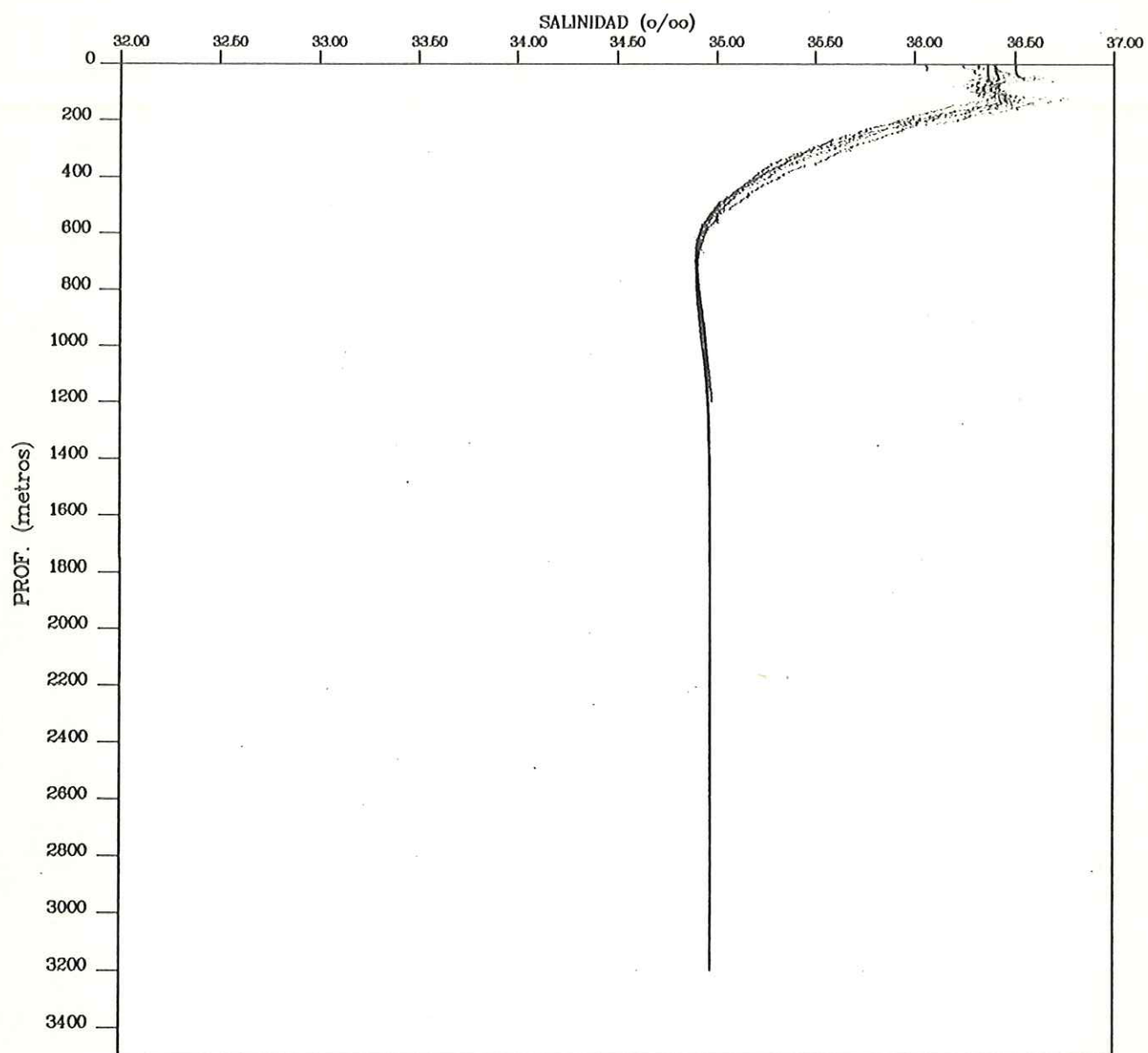


Fig.141 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 6

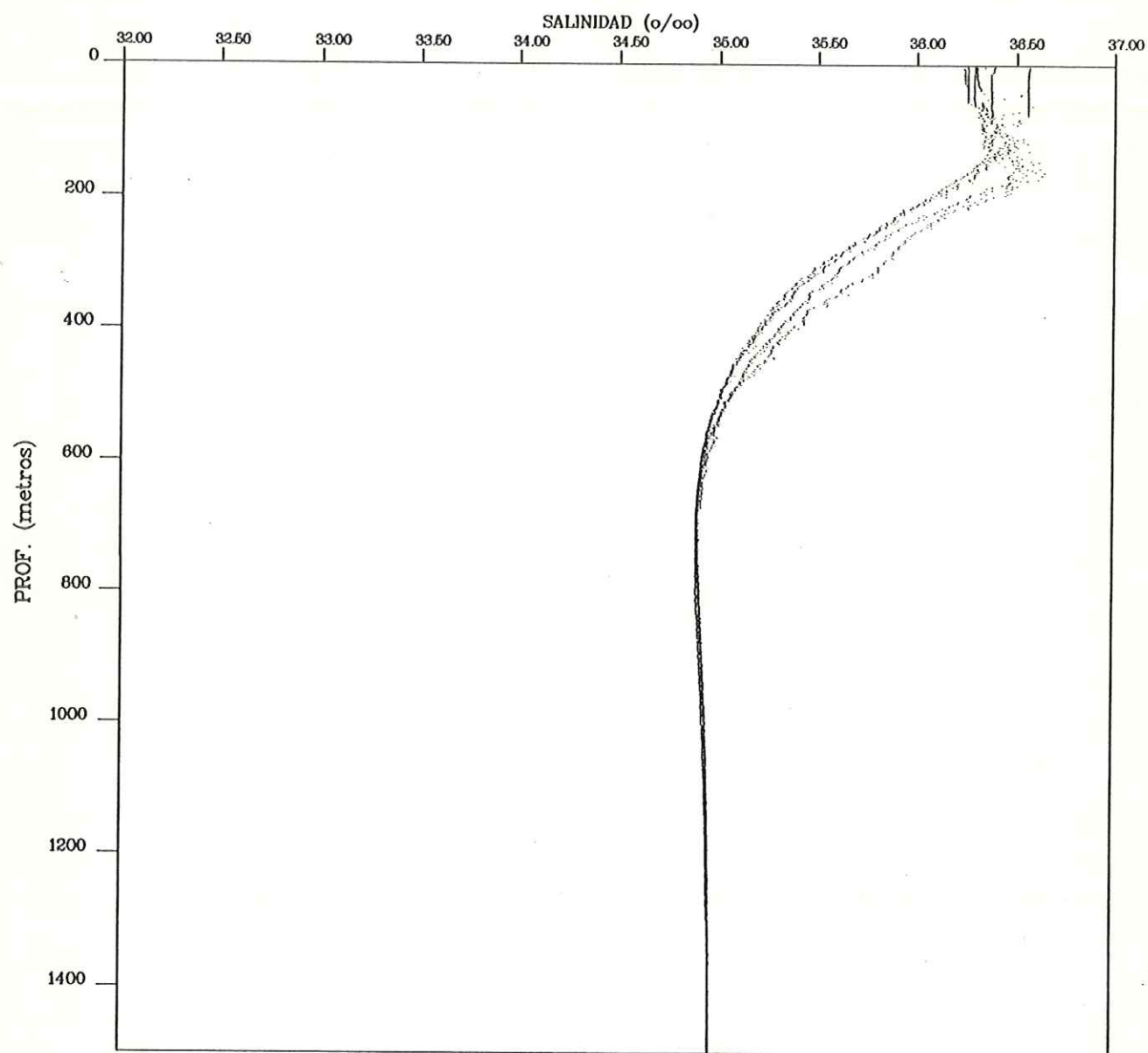


Fig.142 Diagrama de dispersion de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 7

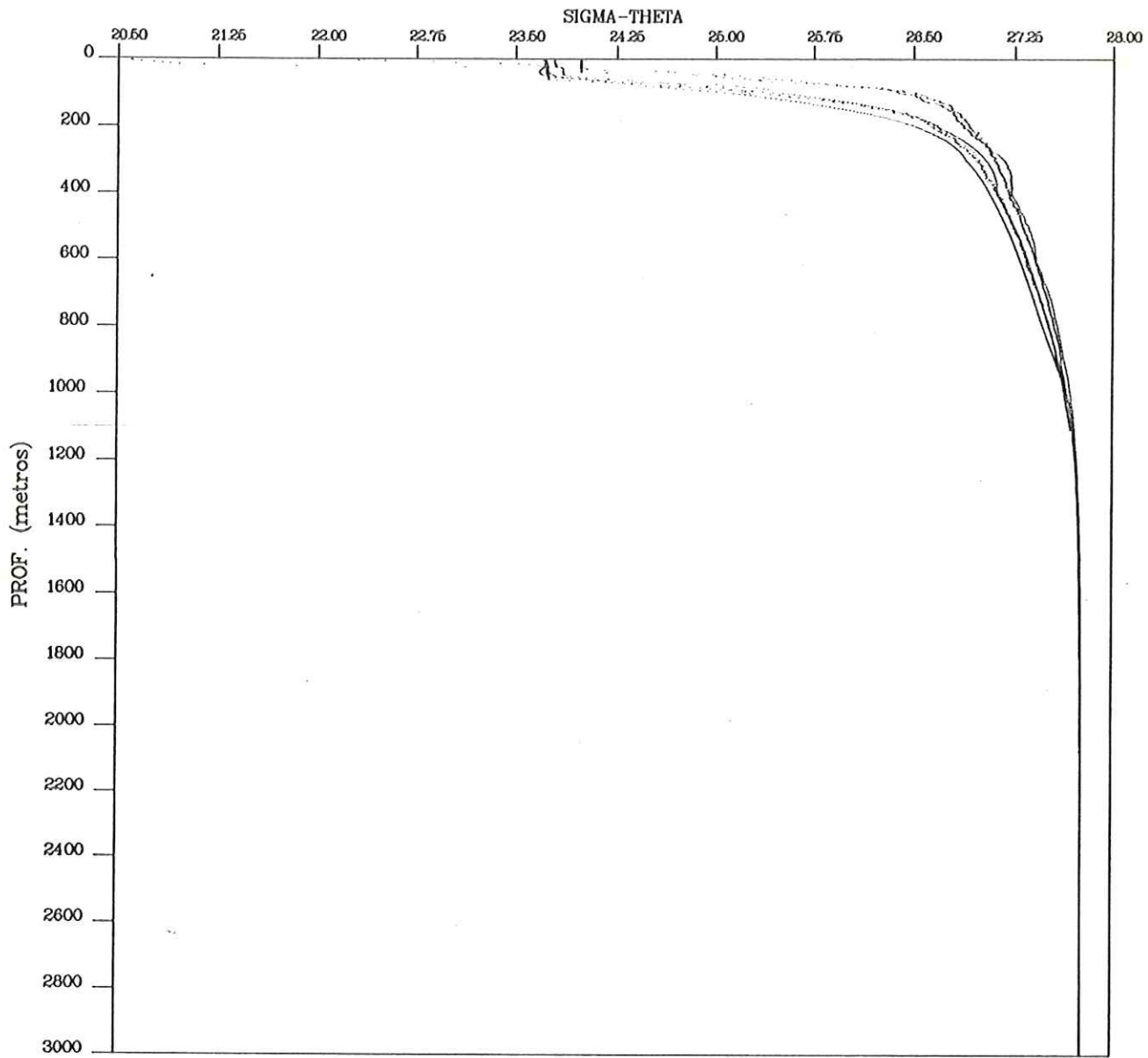


Fig.143 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 1

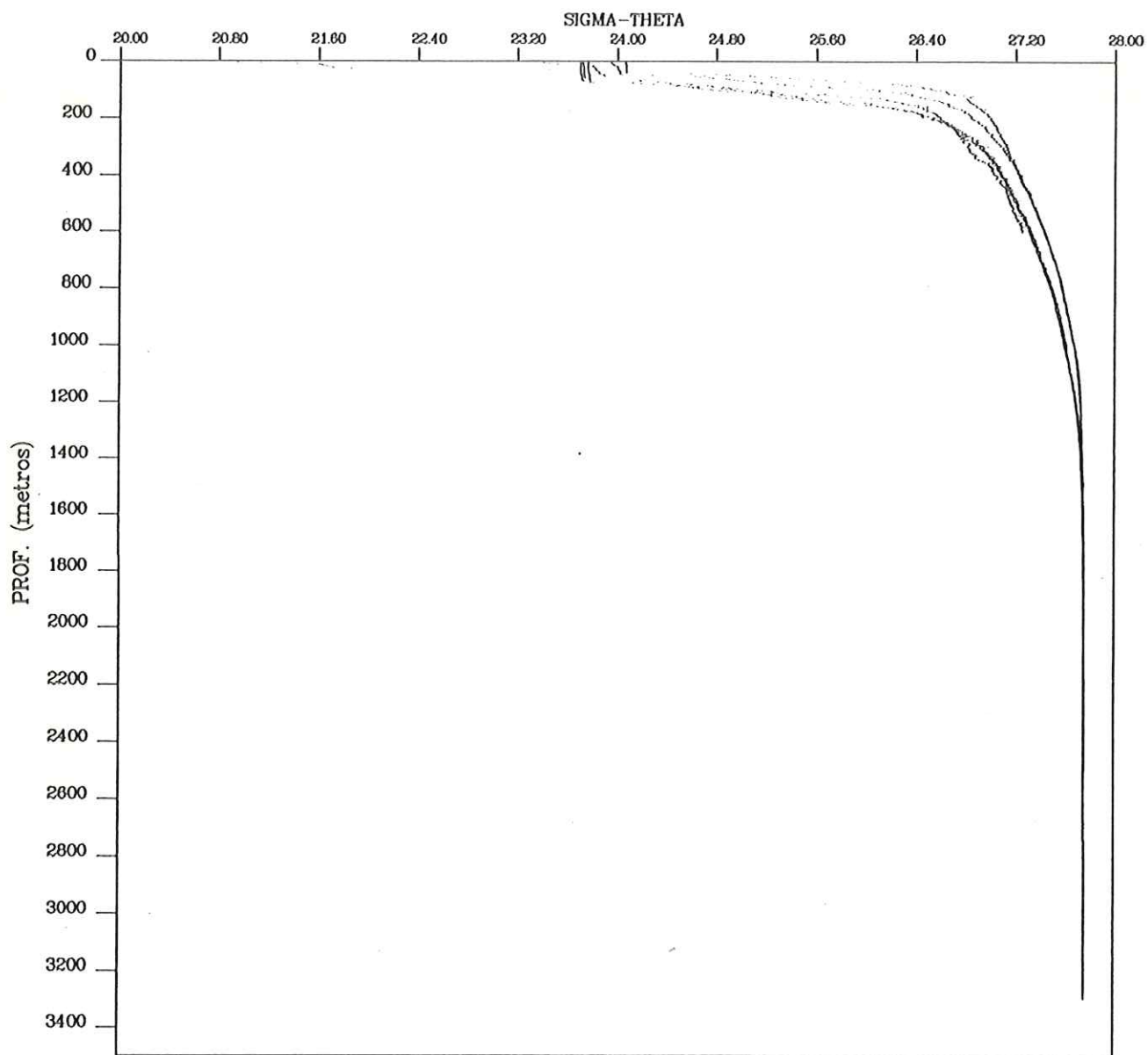


Fig.144 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 2

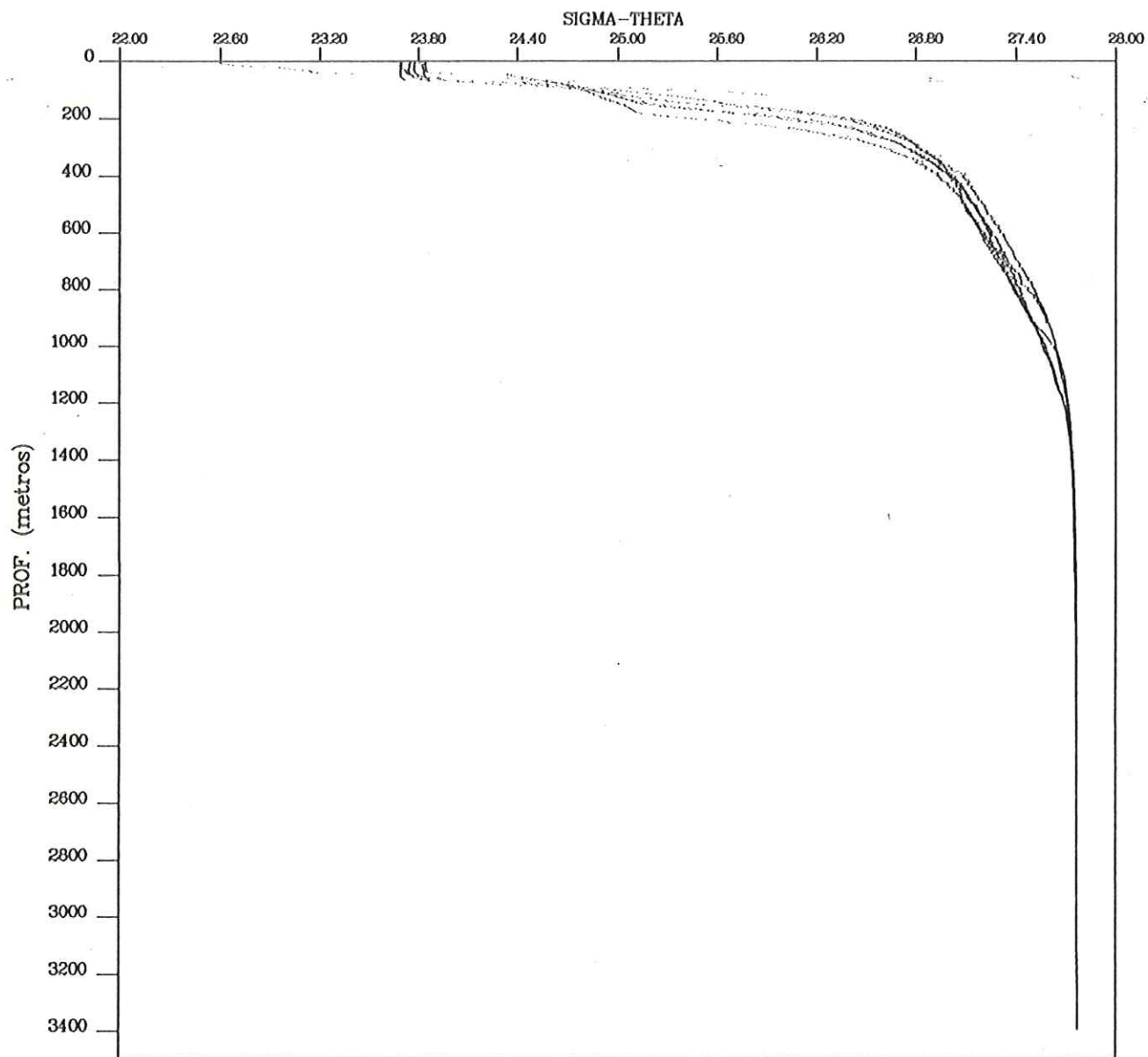


Fig.145 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1.

Transecto 3

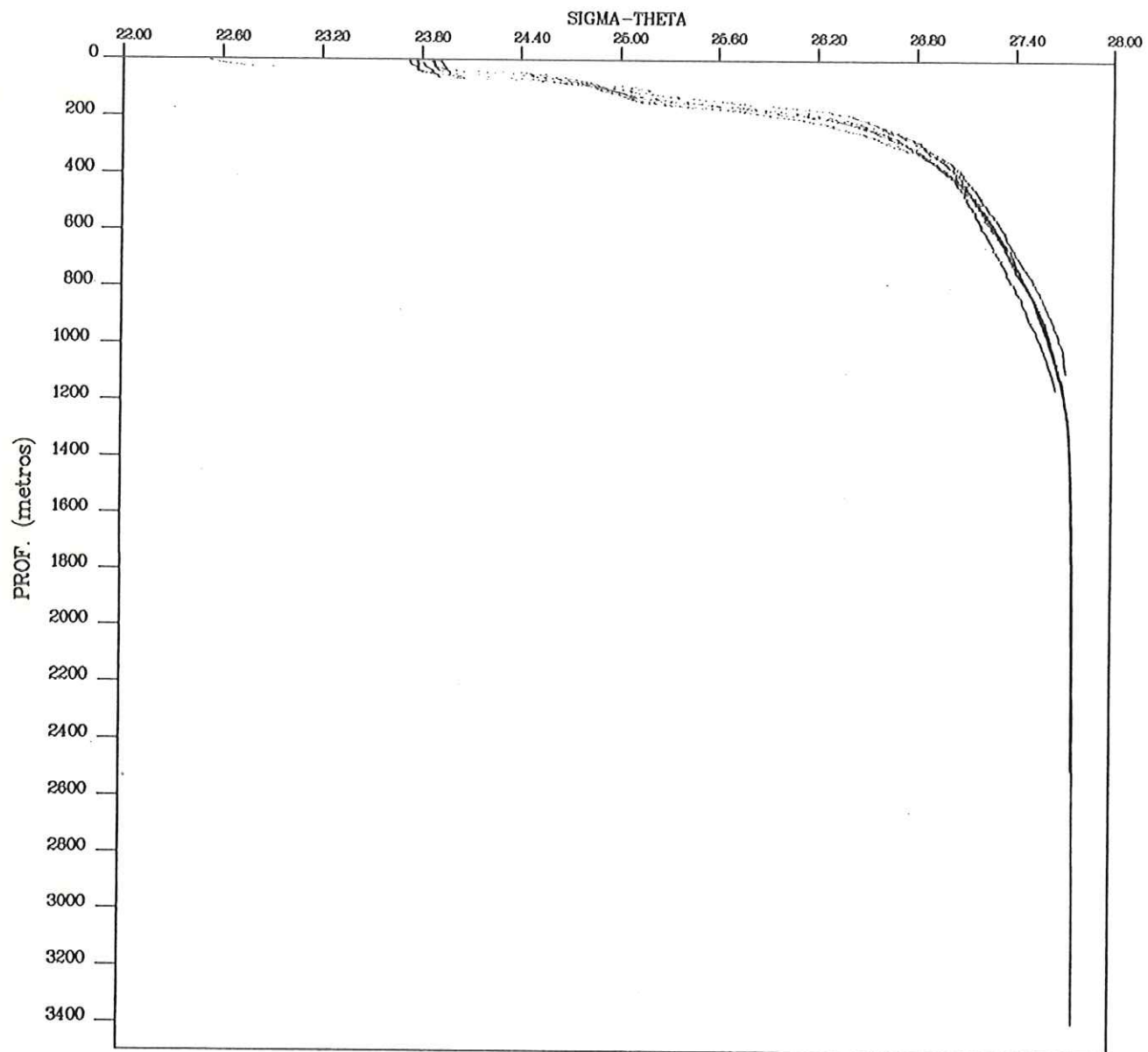


Fig.146 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 4

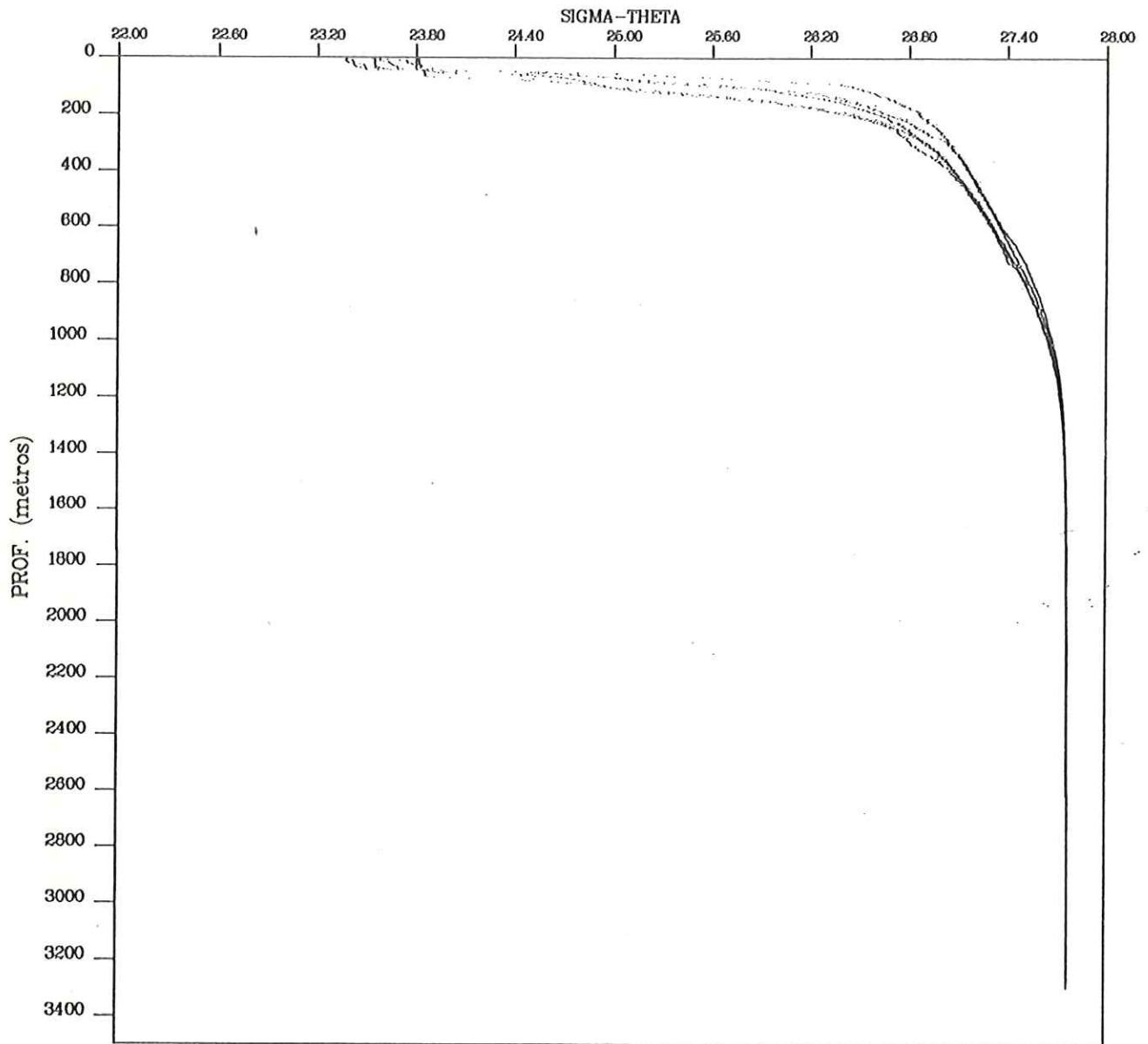


Fig.147 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 5

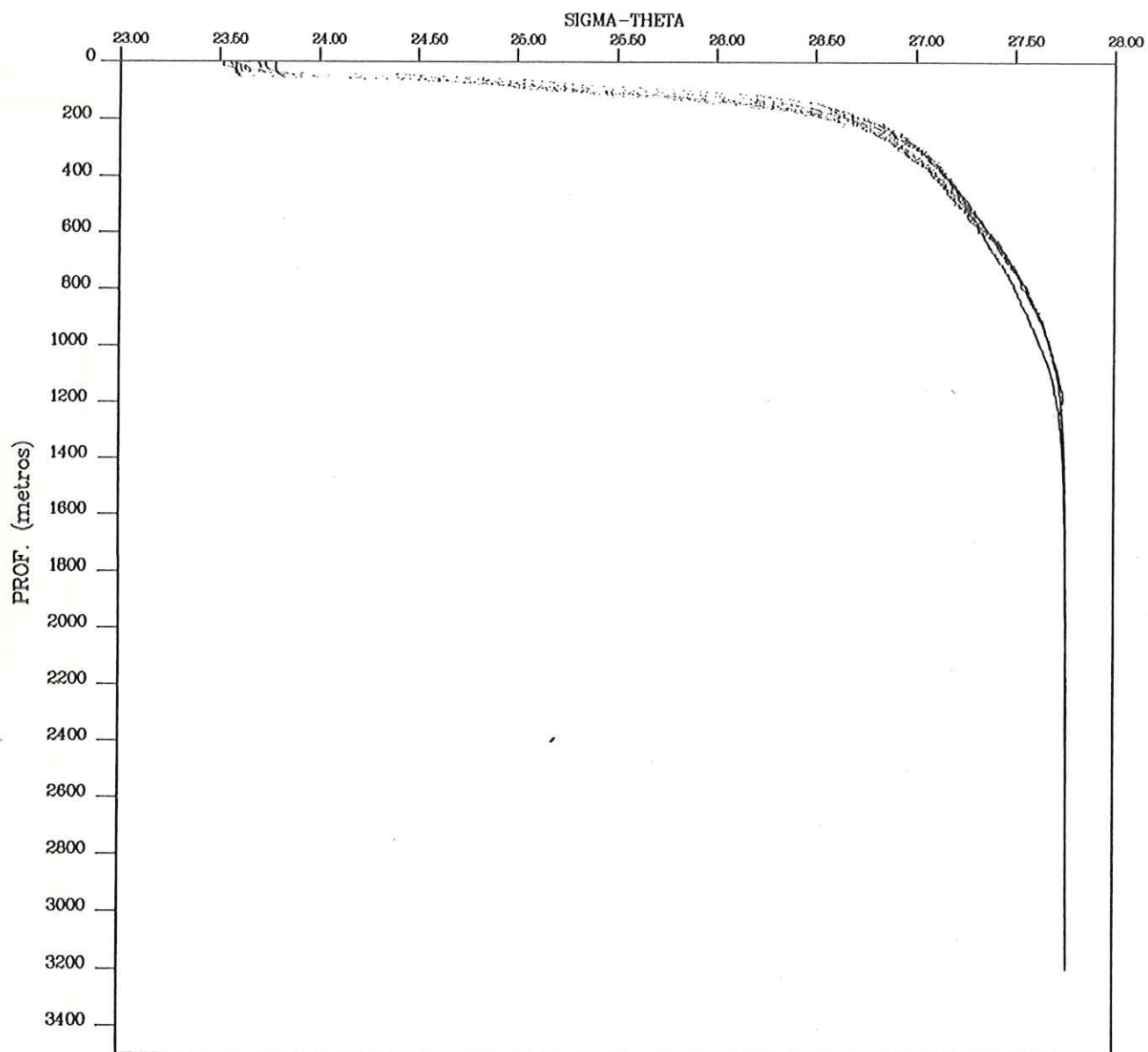


Fig.148 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 6

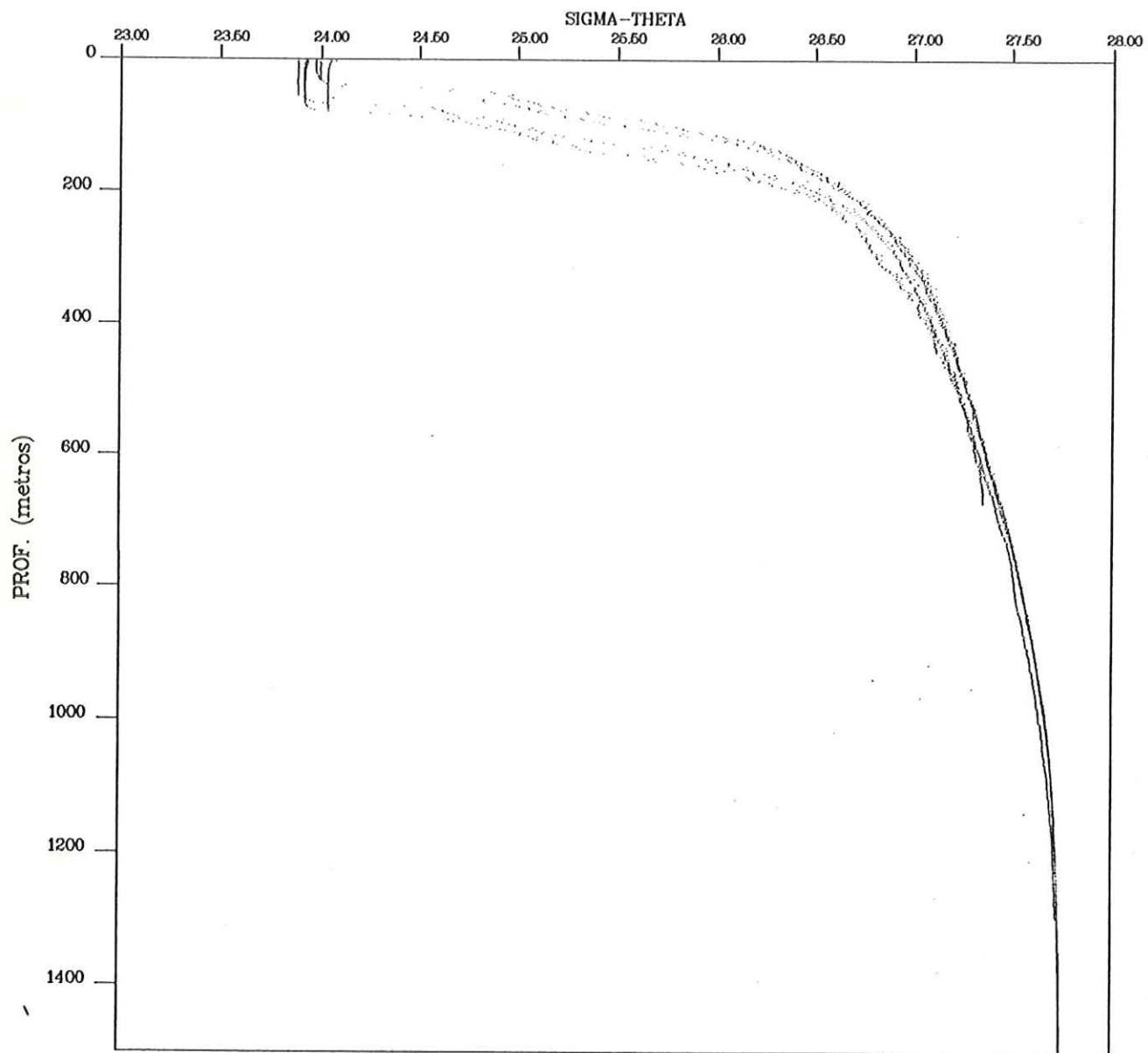


Fig.149 Diagrama de dispersion de sigma theta vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 86-1. Transecto 7

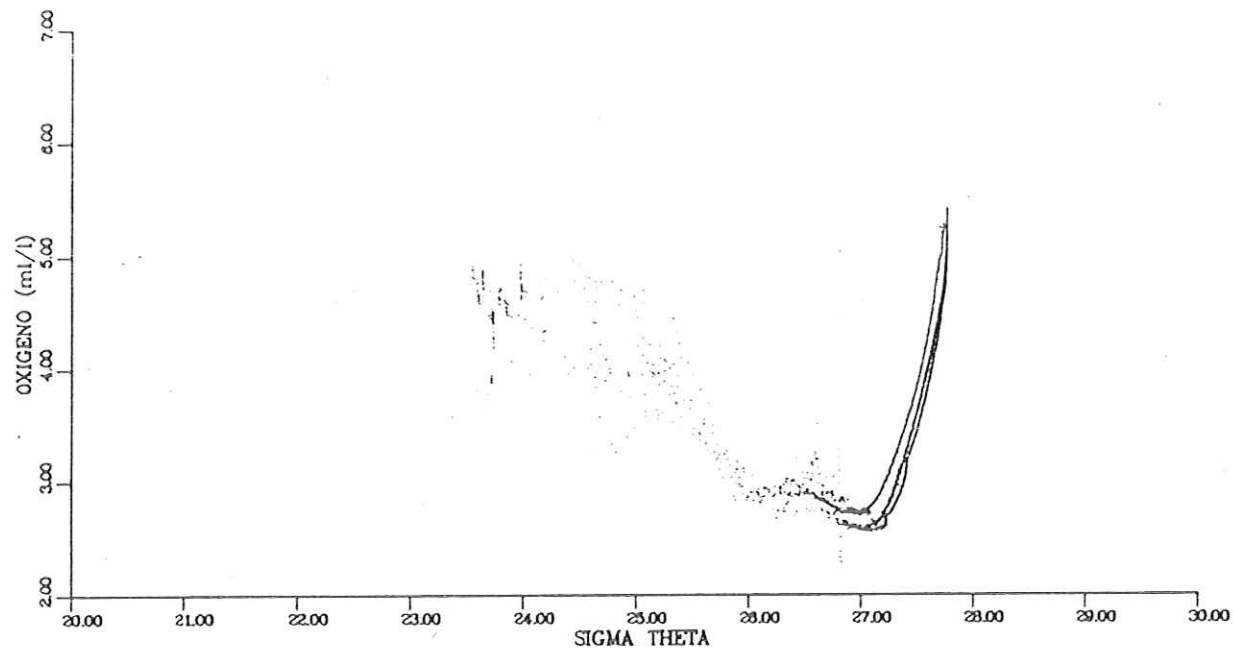


Fig.150 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta
de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 1

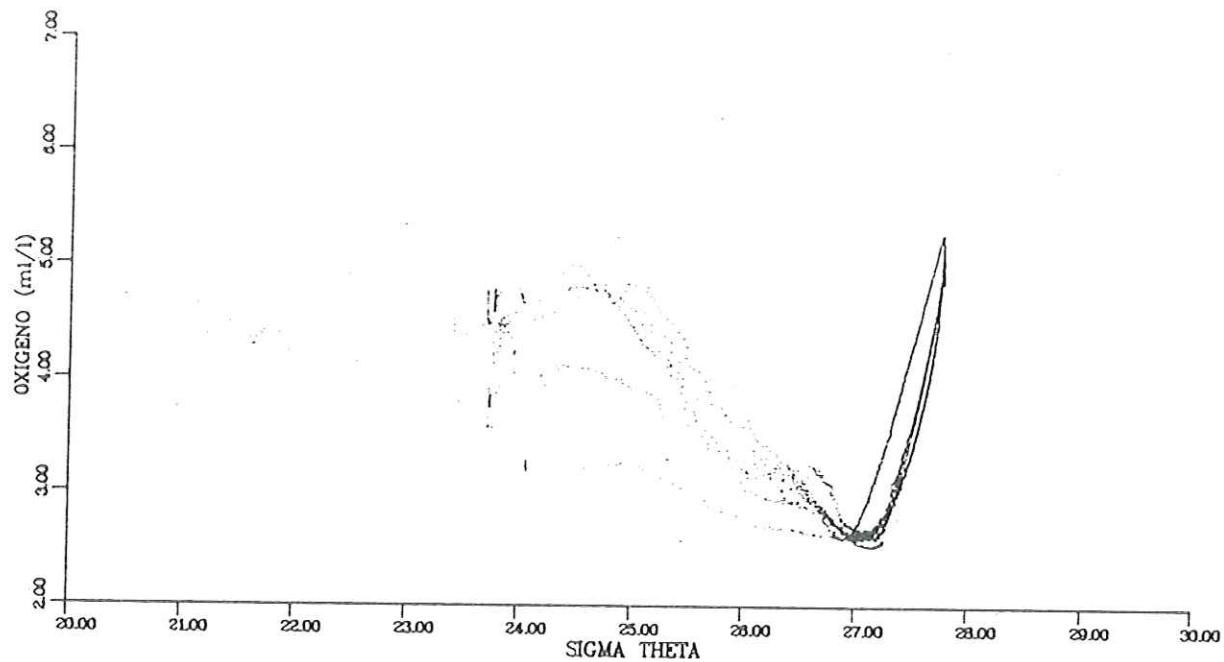


Fig.151 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 2

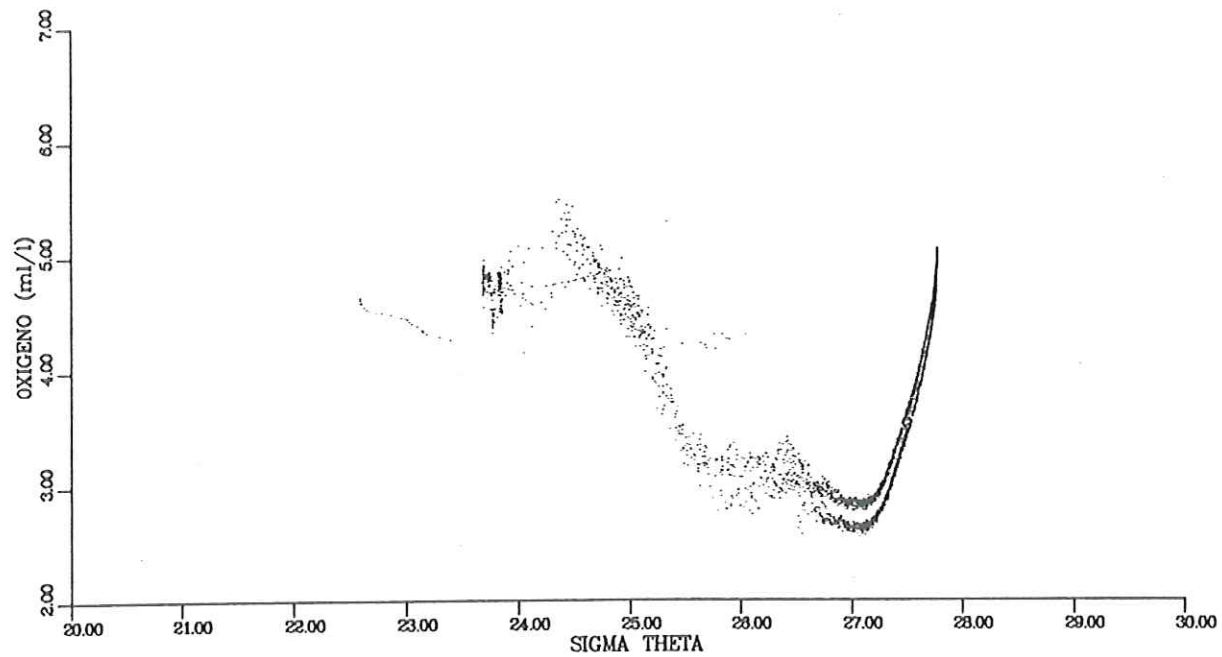


Fig. 152 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.
Transecto 3

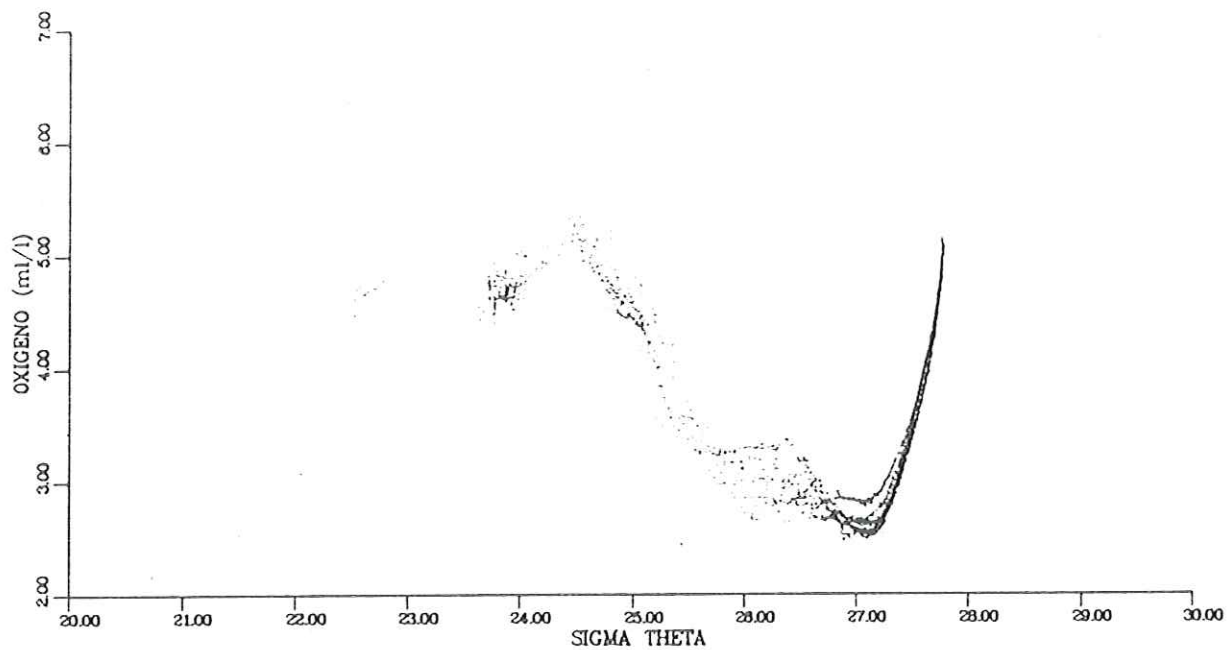


Fig.153 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 4

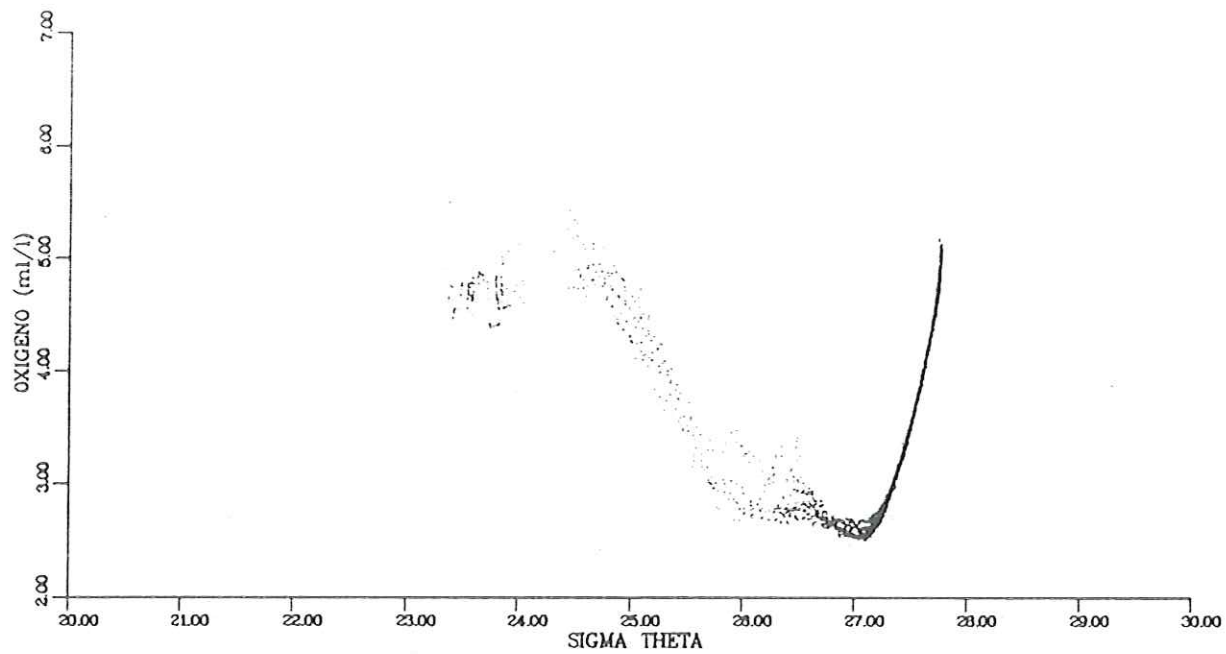


Fig.154 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 5

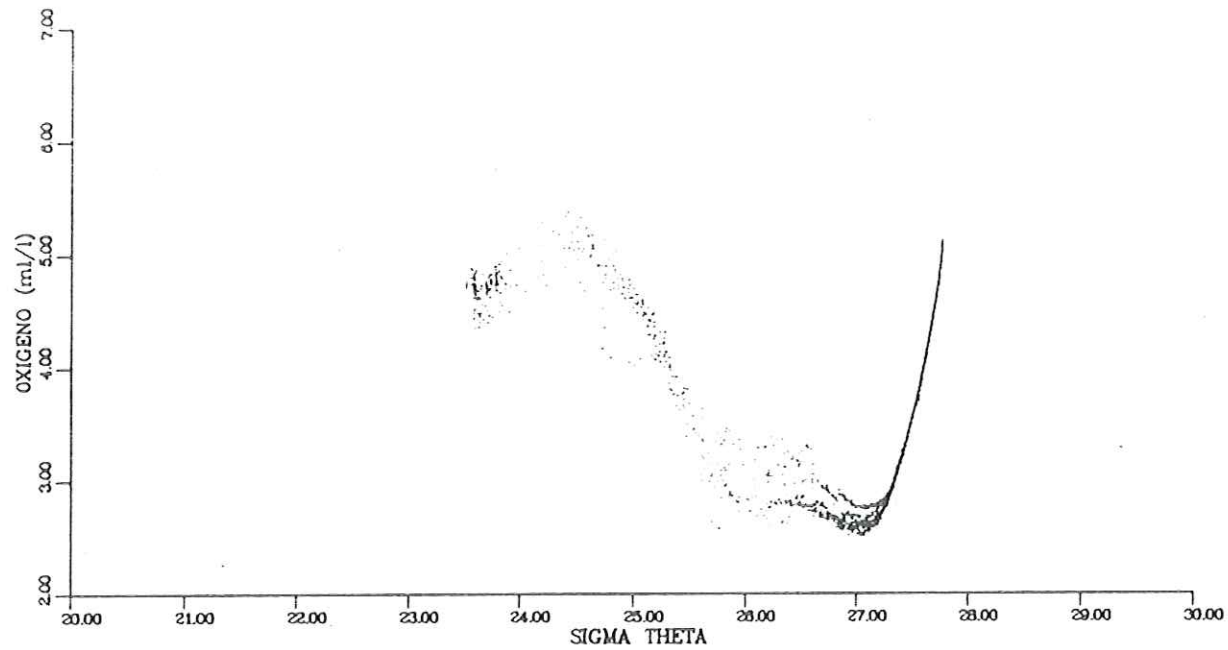


Fig.155 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 6

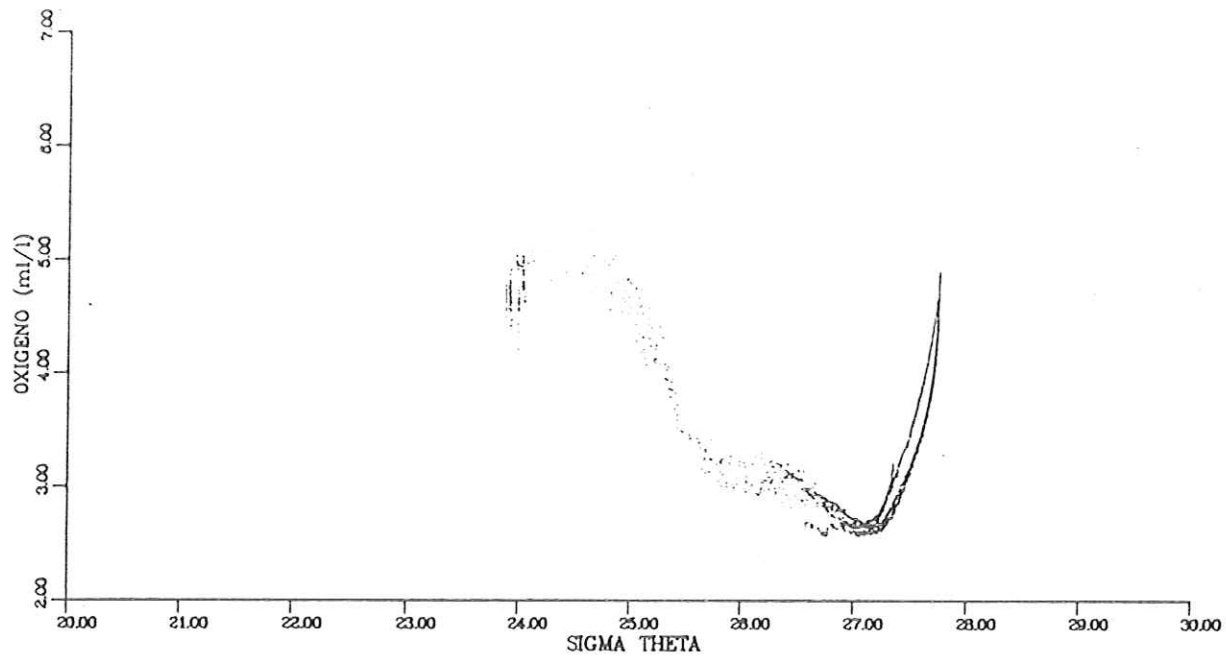


Fig. 156 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Transecto 7

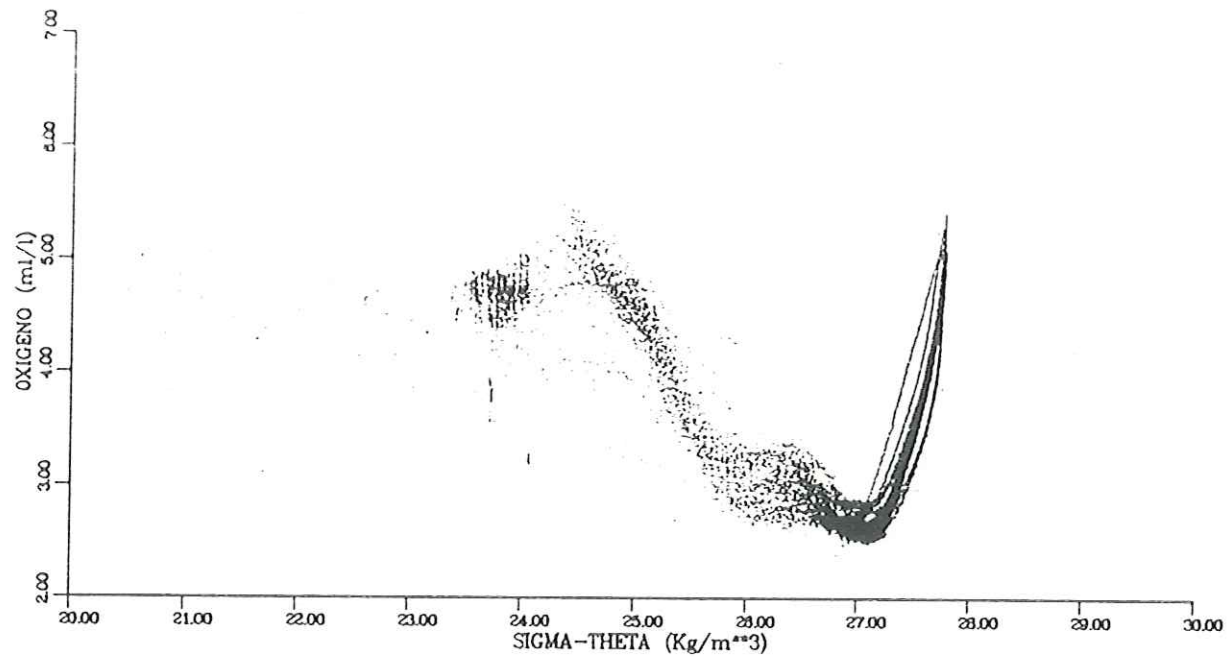


Fig.157 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de todos los datos del CTD del crucero Argos 86-1.

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	25° 55'	97° 00'	33	22° 00'	97° 35'
2		96° 45'	34		97° 20'
3		96° 25'	35		97° 00'
4		96° 00'	36		96° 45'
5		95° 25'	37		96° 00'
6		95° 00'	38		95° 00'
7		94° 00'	39		94° 00'
8		93° 00'	40		93° 00'
9	25° 00'	93° 00'	41	21° 20'	93° 00'
10		94° 00'	42		94° 00'
11		95° 00'	43		95° 00'
12		95° 40'	44		96° 00'
13		96° 00'	45	21° 20'	96° 50'
14		96° 30'	46		97° 00'
15		97° 00'	47		96° 30'
16		97° 20'	48	20° 40'	97° 00'
17	24° 00'	97° 30'	49		96° 50'
18		97° 15'	50		96° 35'
19		97° 00'	51		96° 25'
20		96° 30'	52		96° 00'
21		96° 00'	53		95° 00'
22		95° 00'	100		97° 15'
23		94° 00'			
24		93° 00'			
25	23° 00'	93° 00'			
26		94° 00'			
27		95° 00'			
28		96° 00'			
29		96° 45'			
30		97° 10'			
31		97° 25'			
32		97° 40'			

Tabla 1: Localización geográfica de las estaciones hidrográficas del crucero Argos 86-1.

No. de transecto	Latitud norte	Distancia en millas nauticas	Rumbo navegado	Distancia entre transectos
1	25° 55'	300.0 ¹ 216.0	norte este sur ²	54.0
2	25° 00'	235.0	oeste sur ²	60.0
3	24° 00'	247.0	este sur ²	60.0
4	23° 00'	255.0	oeste sur ²	60.0
5	22° 00'	251.0	este sur ²	42.0
6	21° 20'	235.0	oeste sur ²	40.0
7	20° 40'	115.0	este oeste ³	130.0

TOTAL DE MILLAS NAVEGADAS 2,300.0

Tabla 2: LOGISTICA DE NAVEGACION DEL CRUCERO ARGOS 86-1. OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 1986.

¹ navegación de Tuxpan a la 1a. estación

² navegación de norte a sur al siguiente transecto

³ navegación rumbo a Tuxpan

Tabla 3. Parámetros cinemáticos de los giros ciclónicos y anticiclónicos ocurrentes en la región centro-occidental del Golfo de México. Crucero Argos 86-1 (oct-nov de 1986).

	Giro Ciclónico Norte	Giro Ciclónico Sur	Giro Anticiclónico
Velocidad tangencial (cm/s)	60.0	28.0	22.0
Radio de giro (km)	56.0	57.4	79.0
Velocidad angular (rad/s)	1.07×10^{-5}	4.88×10^{-6}	2.78×10^{-6}
Período de revolución (días)	6.8	14.9	26.3
$\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial y}$ (s^{-1})	1.07×10^{-6}	4.01×10^{-7}	-4.45×10^{-7}
$\frac{\partial w}{\partial z}$ (s^{-1})	-1.07×10^{-6}	-4.01×10^{-7}	4.45×10^{-7}
ω^* (cm/s)	1.60×10^{-2} hacia arriba	6.00×10^{-3} hacia arriba	-6.66×10^{-3} hacia abajo
$\frac{\partial v}{\partial x}$ (s^{-1})	1.23×10^{-5}	5.18×10^{-6}	3.60×10^{-6}
$\frac{\partial u}{\partial y}$ (s^{-1})	-0.97×10^{-5}	-4.34×10^{-6}	3.49×10^{-6}
Vorticidad relativa $\zeta(s^{-1})$	2.20×10^{-5}	9.52×10^{-6}	-7.09×10^{-6}
Vorticidad planetaria (s^{-1})	6.39×10^{-5}	5.30×10^{-5}	5.93×10^{-5}
Vorticidad absoluta $(\zeta + f)(s^{-1})$	8.59×10^{-5}	6.25×10^{-5}	5.22×10^{-5}

* calculada en función a una capa homogénea cuyo espesor se extiende desde la superficie hasta 150m de profundidad.

ITINERARIO Y DESARROLLO DEL CRUCERO ARGOS 86-1 DURANTE OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 1987.

	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
O C T U B R E	19	20	21 Arribo a Tuxpan del personal del SM-UNAM 04:00 Horas.	22 Inicia Crucero 10:00 Horas.	23 Arribo Est. 1 Falló el CTD 15:00 Horas.	24 Comunicación con NBIS. Se solicitó un técnico de NBIS	25 Arribó a Tampico 09:00 Horas. Arribó del téc nico 20:00 Ho- ras. Maletas extraviadas.
E	26 En Tampico se inició repara ción de equi- po CTD 20:00 Horas.	27 Se continuó con reparación del equipo 10:00 Horas. Viaje a la Cd. de México para recuperar male tas 17:00 Hrs.	28 Regreso del técnico a Tampi- co con maletas 19:15 Horas. Se terminó repara - ción CTD 22:00 Horas.	29 Reinicio del crucero saliendo de Tampico a las 10:00 Horas, lan- zamiento del per- filador horizon - tal 13:40 Horas.	30 Est. 1 (I) Est. 2 (I) Est. 3 (III) Est. 4 (III) Est. 5 (II)	31 Est. 6 (III) Est. 7 (I) Est. 8 (III)	1 Est. 9 (III) Est.10 (I) Est.11 (I, II)
N O V I E M B R E	2 Est. 12 (III) Est. 13 (II) Est. 14 (I) Est. 15 (III) Est. 16 (III) Est. 17 (I) Est. 18 (I)	3 Est. 19 (III) Est. 20 (II) Est. 21 (I) Est. 22 (II)	4 Est. 23 (III) Est. 24 (II, I) Est. 25 (III,II) Est. 26 (I, II)	5 Est. 27 (II, I) "NORTE" Buque en refugio en Isla Lobos.	6 Buque en Isla Lobos has ta 15:00 Horas reinicio de es taciones hidro gráficas. Est. 10 (III) Est. 35 (II) Est. 36 (I)	7 Est. 28 (II,I) Est. 29 (III) Est. 30 (I) Est. 31 (II) Est. 32 (I)	8 Est. 33 (III) Est. 34 (II) Est. 37 (III) Est. 38 (I)
	9 Est. 39 (III, II) Est. 40 (III) Est. 41 (II, I)	10 Est. 42 (III, II) Est. 43 (I) Est. 44 (II) Est. 45 (I,III)	11 Est. 46 (III) "NORTE" Buque en refugio en Isla Lobos.	12 "NORTE" Buque en refugio en Isla Lobos.	13 "NORTE" Buque en refugio en Isla Lobos.	14 Reinicio de me diciones hidro gráficas 09:00 Horas. Est. 48 (III) Est. 49 (III) Est. 50 (I)	15 Est. 51 (I,III) Est. 52 (II,I) Est. 53 (II)
	16 Arribo al Puerto de Tuxpan, Ver. Fin de cruce ro.						