

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

"ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA
SALINIDAD , TEMPERATURA , DENSIDAD Y OXI-
GENO DISUELTO EN EL GOLFO DE MEXICO DURAN-
TE ENERO DE 1984."



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTAN :
ENRIQUE SUAREZ ESTRADA
RICARDO MARCELINO MACÉIRAS ELIZALDE

ENSENADA, B. C. AGOSTO DE 1986. MEXICO.

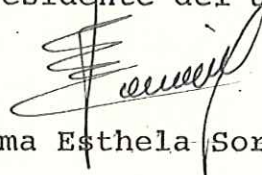
" ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA
SALINIDAD, TEMPERATURA, DENSIDAD Y OXIGENO
DISUELTO, EN EL GOLFO DE MEXICO DURANTE
ENERO DE 1984 ."

T E S I S

QUE PRESENTAN:
ENRIQUE SUAREZ ESTRADA
RICARDO MARCELINO MACEIRAS ELIZALDE

Aprobado por:

Presidente del Jurado

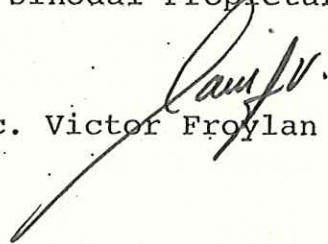


Quim. Irma Esthela Soria Mercado


Sinodal Propietario


Oc. Victoria Orozco Borbon

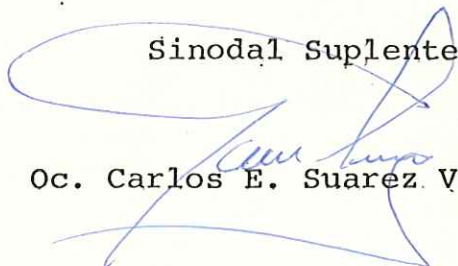
Sinodal Propietario


Oc. Victor Froylan Camacho Ibar

Sinodal Suplente


Ing. Armando Rodriguez Pinal

Sinodal Suplente


Oc. Carlos E. Suarez Vidal

I N D I C E

CAPITULO 1 INTRODUCCION

CAPITULO 2 AREA DE ESTUDIO

CAPITULO 3 METODOLOGIA

3.1	DATOS HIDROGRAFICOS	3-1
3.2	PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	3-1
3.2.1	Perfiles Verticales De Oxígeno Disuelto Y Densidad (s_t)	3-2
3.2.1.1	Distribución Superficial De Temperatura, Salinidad, Densidad (s_t) Y Oxígeno Disuelto	3-2
3.2.1.1.1	Diagramas T-S	3-2
3.2.1.1.1.1	Transectos De Temperatura, Salinidad, Densidad (s_t) Y Oxígeno Disuelto	3-3
3.3	EL METODO DINAMICO	3-3
3.3.1	Topografía Dinámica	3-3
3.3.1.1	Topografía De La Isotherma De 15°C	3-4
3.3.1.1.1	Topografía De La Isohalina De 36.5 O/oo	3-4

CAPITULO 4 ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

4.1	PERFILES VERTICALES DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD Y OXIGENO	4-1
4.1.1	Perfiles Verticales De Temperatura	4-1
4.1.1.1	Perfiles Verticales De Salinidad	4-2
4.1.1.1.1	Perfiles Verticales De Densidad	4-3
4.1.1.1.1.1	Perfiles Verticales De Oxígeno Disuelto	4-3
4.2	DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD Y OXIGENO DISUELTO	4-4
4.2.1	Temperatura Superficial	4-4
4.2.1.1	Salinidad Superficial	4-4
4.2.1.1.1	Densidad(s_t) Superficial	4-5
4.2.1.1.1.1	Oxígeno Superficial	4-5
4.3	DIAGRAMAS T-S	4-5
4.3.1	Agua Común Del Golfo, Agua Subtropical Subyacente Y Agua Antártica Intermedia	4-6
4.4	TRANSECTOS DE TEMPERATURA	4-7
4.5	TRANSECTOS DE SALINIDAD	4-8
4.6	BALANCE GEOSTROFICO	4-10
4.6.1	Topografía Dinámica.	4-10
4.6.1.1	Topografía De La Isotherma De 15°C	4-11
4.6.1.1.1	Topografía De La Isohalina De 36.5 O/oo	4-11

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

CAPITULO 6 RECOMENDACIONES

CAPITULO 7 BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 8 LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 9 TABLAS

RESUMEN

El presente trabajo forma una parte del proyecto de investigación sobre estudios oceanográficos regionales en el Golfo de México y constituye el análisis del procesamiento de las mediciones hidrográficas obtenidos en el crucero oceanográfico ARGOS 84-1 efectuado en enero de 1984. Los datos hidrográficos se obtuvieron via hidrocaldas convencionales y utilizando una sonda hidrográfica (CTD) de registro continuo vs. profundidad de los siguientes parametros: conductividad, temperatura, presión y oxígeno disuelto.

Del análisis hidrográfico, se identifican en la región noroccidental del Golfo de México dentro de la plataforma, aguas costeras de baja temperatura y salinidad originadas por el aporte fluvial continental. El regimen anemométrico de invierno induce un mezclamiento convectivo que origina que la capa de mezcla tenga un espesor mayor de 150 metros. La distribución del campo salino denota la presencia de dos núcleos de máxima salinidad ($S > 36.5$ 0/00) al norte y al sur del área de estudio, separados por una zona de divergencia. La presencia de estos núcleos es originada por la migración de giros anticiclónicos que se desprenden de la corriente del Lazo y que colisionan con la costa oeste del Golfo de México formando un giro anticiclónico al norte y ciclónico al sur del área de estudio. La distribución del campo dinámico, al igual que el campo térmico y salino, acusó una zona de divergencia frente a las costas de Tamiahua que bifurca el campo de circulación geostrofica en dirección norte y sur. Este campo de circulación es congruente con la translación de un giro anticiclónico que migra hacia el norte del Golfo de Mexico paralelo al talud continental con una velocidad > 50 cm/s. La zona de divergencia frente a Tamiahua demarca la región donde el giro colisiona contra la plataforma continental. El campo de circulación ciclónico, al sur de la divergencia y al igual que aquel localizado próximo a la costa en la región norte frente a Matamoros, son una consecuencia de la transferencia de vorticidad de signo opuesto del giro anticiclónico sobre la masa de agua que circunda su periferia. La circulación geostrofica que se infiere de la topografía dinámica no pudo haber sido originada por el regimen anemométrico de los Nortes. El campo de circulación geostrofico superficial es diametralmente opuesto al esfuerzo tangencial de los Nortes sobre la superficie oceánica de la región occidental del Golfo de Mexico. La evidencia hidrográfica recopilada durante la campana Argos 84-1 nos lleva a sugerir que existe un mecanismo de mezcla convectivo dentro del Golfo de México cuya disipación de energía cinética es superior y más eficiente que aquella transferencia a la superficie oceánica por un regimen anemométrico como es el de los Nortes. Este mecanismo de mezcla se origina del influjo y disipación de la energía cinética proveniente de la translación y colision de giros anticiclónicos sobre el talud y la plataforma continental del Golfo de México.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El Golfo de Mexico (GDM), constituye una gran cuenca de evaporación con dos características dominantes de circulación. La primera definida por el intenso sistema de corrientes de giro anticiclónico de la Corriente del Lazo en la región oriental del Golfo, y la segunda por una celda anticiclónica de circulación a lo largo de su frontera Oeste (Nowlin y McLellan, 1967). La Corriente del Lazo entra a la región oriental del GDM a través del Estrecho de Yucatán y sale de ésta por el Estrecho de Florida, caracterizada por un transporte geostrófico relativo al nivel de 1000 decibarios de por lo menos 30 Sverdrup ($1 \text{ Sv} = 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sg}$), (Nowlin, 1972). El giro situado en la región occidental del GDM está comunmente centrado alrededor de los $24^\circ 00 \text{ N}$ con un transporte geostrófico estimado de 10 Sv (Sturges y Blaha, 1976).

El sistema de circulación de la Corriente del Lazo en la región oriental del Golfo origina remolinos anticiclónicos que se separan de ésta corriente y emigran hacia el Oeste (Ichiye, 1962), con una velocidad promedio que oscila entre los 2.1 a 5.6 km/día (Cochrane, 1972; Elliott, 1982). Leipper (1970), propuso un ciclo anual de crecimiento, dispersión y decaimiento para los giros de la Corriente del Lazo basado en datos recaudados a lo largo de un periodo de dos años sugiriendo cautelosamente la posibilidad de que algunos cambios en la trayectoria de la Corriente del Lazo pudieran estar asociados con los cambios de estación. Maul (1976), corroboró ésto y encontró que la variabilidad anual de los patrones de formación y decaimiento de los giros es significativa y del orden de 7 a 16 meses (Behringer et al, 1977).

La evidencia sugiere que cuando se separa un giro de la Corriente del Lazo, su área disminuye conforme avanza hacia el suroeste del GDM (Vukovich et al, 1979). Los giros que se desprenden en la región oriental del GDM generalmente tienen diámetros del orden de 300 a 400 Km. Elliott (1982), mostró que

INTRODUCCION

el diámetro promedio de los giros en la región occidental del GDM es del orden de 185 Km. El proceso por el cual el área de los giros decrece no ha sido comprendido (Vukovich, 1986).

Dentro del concepto de distribución de propiedades de masas de agua en el GDM, los remolinos que se desprenden de la corriente del lazo, aparecen como cuerpos cálidos y de alta salinidad (22.5° C, 36.60 o/oo), que son claramente distinguibles del Agua Común del Golfo (22.5° C, 36.40 o/oo) (Nowlin, 1972). El calor y la sal añadida al GDM por la migración oeste de éstos remolinos juegan un papel importante en el presupuesto de sal y calor de la región occidental del Golfo, 175 gm./cm.^2 y $7 \times 10^9 \text{ J/m}^2$, respectivamente (Elliott, 1982). La intensidad de su circulación anticiclónica, que es del orden de 50-75 cm./sg., indica que los giros que se desprenden de la Corriente del Lazo, transportan también una considerable cantidad de momentum dentro de la región centro y occidental del GDM (Kirwan et al, 1984, A y B).

Mediciones de corrientes hechas por Brooks (1984), sobre la plataforma continental en el noroeste del GDM, indican que la influencia de corrientes inducidas por un huracán sobre la variabilidad hidrográfica y de corrientes en el occidente del Golfo, es considerablemente menor que aquella contribuida por un giro que migra hacia el norte a lo largo del límite oeste del GDM. Estos descubrimientos corroboran la hipótesis original de Ichiye (1962) acerca de la migración oeste de giros que se separan de la Corriente del Lazo y la importancia que reviste la migración de éstos giros en los presupuestos de calor, salinidad y momentum en la región occidental del GDM.

En 1983, Morrison y Merrel reportaron la distribución espacial de parámetros químicos (salinidad, temperatura, densidad, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y silicatos disueltos) en el GDM y mostraron que las variaciones de profundidad de las superficies de densidad potencial y la distribución de éstos parámetros químicos están estrechamente relacionadas con el régimen de circulación geostrofico descrito por Merrel y Morrison en 1981. A profundidades mayores de 250 metros en el GDM no se encontró variación significativa en las relaciones entre las propiedades de las masas de agua y las superficies de densidad potencial en el Oeste del Golfo o entre los datos colectados en la misma región en 1978 y los colectados en la región Este del Golfo por Nowlin (1972). (Morrison y Merrel, 1983).

Hasta la fecha, poco se conoce sobre la distribución espacial de parámetros químicos y sobre la influencia que tiene la migración de los giros provenientes de la Corriente del Lazo a la región occidental del GDM, por lo cual, es necesario conformar una base informática confiable que permita definir las características físico químicas de las masas de agua presentes,

INTRODUCCION

así como, en trabajos a futuro, definir también la variabilidad hidrográfica estacional del GDM.

OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El presente trabajo se encausó a medir la distribución espacial de la salinidad , temperatura , densidad y oxígeno disuelto, , durante el invierno de 1984 para dilucidar la influencia de la migración de los giros que se desprenden de la Corriente del Lazo hacia la región occidental del Golfo de México. Para ésto se recaudó sistemáticamente la información hidrográfica regional dentro y fuera de la Plataforma Continental Mexicana entre los Estados de Veracruz y Tamaulipas en el transcurso del crucero oceanográfico Argos 84-1 que se realizó del 6 al 30 de Enero de 1984.

CAPITULO 2

AREA DE ESTUDIO

Durante el desarrollo de la campaña Argos 84-1 se estudió la masa de agua marina comprendida dentro y fuera de la plataforma continental mexicana entre el puerto de Veracruz, Veracruz y Matamoros, Tamaulipas. La extensión de la frontera Este del área de estudio es en promedio de 80 millas náuticas (145 Kms.) en dirección perpendicular a la costa (vease figura 1 y 2). La extensión N-S del área de estudio fué definida en función de las necesidades del programa Nucleoeléctrico Nacional. La extensión E-W garantiza la ocurrencia de suficientes estaciones hidrográficas profundas, en cada transecto, para poder deducir el flujo geostrofico dentro del área de estudio con base al establecimiento de un nivel de no movimiento profundo. El área de estudio se subdividió en 11 transectos E-W perpendiculares a la costa y cuya localización se detalla en la figura 1 y tabla I. El número total de estaciones hidrográficas realizadas durante el crucero fué de 76 de 77 originalmente programadas. La estación hidrográfica No. 8 no se realizó debido a la incidencia de vientos con rachas de 90 km/h. La logística de navegación del crucero se detalla en la tabla II. La totalidad de millas náuticas navegadas fué aproximadamente de 1680.

CAPITULO 3

METODOLOGIA

3.1 DATOS HIDROGRAFICOS

Los datos hidrográficos fueron obtenidos de las estaciones hidrográficas cuya distribución se detalla en las figuras 1 y 2 y cuya posición se especifica en la tabla I. Las 77 estaciones están distribuidas en la región occidental del Golfo de México formando 11 transectos perpendiculares a la costa cuyo límite superior se localiza en Matamoros, Tamaulipas y el inferior frente a Veracruz, Veracruz.

Los lances hidrográficos fueron efectuados desde el B/O JUSTO SIERRA utilizando una sonda hidrográfica ó CTD (Neil Brown Instruments Systems) acoplada a un sistema de muestreo "in-situ" automático denominado Rosette. En éste se colocaron 12 botellas muestreadoras tipo Niskin de 1.5 litros (General Oceanics), dotadas de un par de termómetros reversibles, protegido y no protegido. Las botellas, mediante un disparador automático, se cierran a profundidades predeterminadas. Los datos registrados por el CTD fueron: profundidad (decibarios), temperatura (grados celsius), oxígeno disuelto (ml/l) y conductividad (mmhos/cm). Esta información fué grabada en diskettes vía una microcomputadora.

En las 76 estaciones hidrográficas se recolectaron muestras de agua a diferentes profundidades para análisis de oxígeno disuelto, y salinidad. Las máximas profundidades muestreadas no excedieron a los 2000 metros.

3.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos de las estaciones hidrográficas del crucero Argos

METODOLOGIA

84-1, fueron procesados en el sistema de computación VAX 11/780 del IIE. En éste se revisó la información obtenida para posteriormente iniciar la reducción de ésta. Para ello fue necesario elaborar programas de cómputo que facilitaran el manejo, graficación e interpretación de los datos hidrográficos obtenidos. La conversión de presión (decibarios) a profundidad en metros se realizó vía el método de Fofonoff y Millard Jr. (1983). Este incluye la variación de la gravedad en función de la latitud y profundidad. El cálculo de σ_t se efectuó utilizando la fórmula descrita por Lafond (1951). Otro tipo de análisis inicial incluyó la estructuración de diagramas T-S (temperatura-salinidad), la representación de los datos a través de transectos y el cálculo dinámico basado en la distribución del campo de densidad dentro del área de estudio.

3.2.1 Perfiles Verticales De Oxígeno Disuelto Y Densidad (σ_t)

En cada estación hidrográfica se recolectaron muestras de agua a diferentes profundidades para determinar su concentración de oxígeno disuelto. Las concentraciones se determinaron siguiendo el método Winkler (Strickland y Parsons, 1972).

3.2.1.1 Distribución Superficial De Temperatura, Salinidad, Densidad (σ_t) Y Oxígeno Disuelto -

De los valores superficiales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto de las estaciones hidrográficas, se dibujaron los mapas en vista de planta de la distribución de estos parámetros. Estos mapas describen sinópticamente el comportamiento de los parámetros mencionados en toda el área de estudio y de su distribución se puede inferir, como se explica más adelante, las características oceanográficas de la región occidental del Golfo de México como son su campo térmico, salino y dinámico, entre otros.

3.2.1.1.1 Diagramas T-S -

La relación gráfica entre temperatura y salinidad origina un diagrama T-S ó termohalograma, el cual sirve para caracterizar masas de agua en función de sus propiedades salinas y térmicas referidas a una atmósfera de presión. El procedimiento general es el siguiente: se gráfica como fondo la ecuación de estado del agua de mar (EEAM) la cual se representa comunmente por las isopícnas (contornos de igual densidad). El análisis de las relaciones T-S, junto con el campo que expresa la EEAM, nos

METODOLOGIA

permite considerar los factores más importantes que determinan la naturaleza de la transformación e interacción (mezcla) de diferentes masas de agua. En cada una de las curvas de σ_t se indicó su valor correspondiente de densidad donde:

$$\sigma_t = (\rho(t,s,0) - 1.0) \times 1000.$$

3.2.1.1.1.1 Transectos De Temperatura, Salinidad, Densidad (σ_t) Y Oxígeno Disuelto -

En los transectos de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, se resume la información de las 76 estaciones hidrográficas. Este tipo de representación constituye un corte transversal vs. profundidad a través de un transecto de constante latitud y nos proporciona un panorama sinóptico bidimensional de cada campo (temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto). En la parte superior de cada transecto se marca la ocurrencia de cada estación y en la parte inferior su localización geográfica. Así mismo se gráfica el perfil batimétrico de cada transecto y los cambios relativos en escala. 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.

3.3 EL METODO DINAMICO

3.3.1 Topografía Dinámica

El método dinámico o balance geostrofico es utilizado en oceanografía para la determinación indirecta de flujos oceánicos no acelerados. Este análisis se basa en la distribución del campo de densidad. Las corrientes geostroficas son generadas 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 geostrofico del

METODOLOGIA

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 interpolaron linealmente los valores de temperatura y salinidad a las profundidades estandar. Para esto se tomó como nivel de referencia o de no movimiento la profundidad de 500 decibarios (db). Por lo que las profundidades estandar en las cuales se interpola son:

0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150,
200, 250, 300, 400 y 500 metros.

Del cálculo dinámico se construye el mapa de topografía dinámica de la superficie del mar, relativa a 500 db. Este consiste en graficar contornos de igual valor de anomalía dinámica (a cada 0.01 metros dinámicos), como se muestra en la figura 3. 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, la dirección de flujo es desviada a la derecha en el hemisferio Norte y a la izquierda en el hemisferio Sur, por lo que el flujo de la corriente resultante es paralelo a los contornos de constante topografía dinámica. En el mapa de topografía dinámica que se presenta en la figura 3 la escala de velocidad está referida a 20° de latitud Norte.

3.3.1.1 Topografía De La Isotherma De 15°C -

La topografía de cualquier superficie isotérmica entre 10 y 22°C , puede ser usada para aproximar el régimen geostrofico en el Golfo de México (Merrel y Morrison, 1981). Por esto se ha determinado la topografía de la isoterma de 15°C misma que presentamos en la figura 4.

3.3.1.1.1 Topografía De La Isohalina De 36.5 O/oo -

En los perfiles de salinidad de las estaciones hidrográficas encontramos máximos salinos mayores a 36.5 o/oo que corresponden y caracterizan al Agua Subtropical Subyacente (SUW) del Mar Caribe cuya salinidad es 36.6 o/oo y su temperatura de 22.5°C (Wust, 1964). La ocurrencia de este núcleo de alta salinidad se identifica definiendo la capa superior e inferior de la topografía de la isohalina de 36.5 o/oo como se muestra en las figuras 5 y 6. En la figura 7 se presenta la distribución del núcleo de máxima salinidad ($S > 36.6$ o/oo) que esta circunscrito por la isohalina superior e inferior de 36.5 o/oo.

CAPITULO 4

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

4.1 PERFILES VERTICALES DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD Y OXIGENO

4.1.1 Perfiles Verticales De Temperatura

El perfil térmico se puede dividir en tres zonas: 1-. capa de mezcla, 2-. termoclina y 3-. capa profunda. En la figura 8 se muestra un perfil típico de temperatura de una estación profunda. En éste la temperatura disminuye de aproximadamente 22-23°C en la superficie a aproximadamente 4°C en el fondo. El espesor de la capa de mezcla varía dependiendo de la localización de la estación hidrográfica dentro del área de estudio. En algunas de éstas la capa de mezcla tiene un espesor de hasta 160 m. El espesor promedio es de 100 m. La termoclina define aquella zona donde el gradiente de temperatura vs. profundidad es máximo y se encuentra bien definida en cada perfil por debajo de la capa de mezcla. Por último el gradiente térmico tiende a un mínimo conforme entramos a la capa profunda, por debajo de los 900 m de profundidad.

En las estaciones someras, el perfil térmico es bastante homogéneo debido al intenso mezclamiento vertical derivado del régimen anemométrico de invierno (Nortes) que incide sobre la región occidental del Golfo de México. Asimismo se encontró una inversión térmica en las estaciones 1, 13 y 25. En estas la temperatura en la superficie es menor que en el fondo. La ocurrencia de este fenómeno es atribuido al aporte continental de los ríos en la zona de estudio durante la estación de invierno y al gradiente térmico que se suscita entre la masa continental terrestre y la oceánica durante esta época del año (Figuras 9, 10 y 11).

4.1.1.1 Perfiles Verticales De Salinidad -

En la figura 8 podemos observar un perfil típico de salinidad de una estación profunda. Este está formado de: 1-. capa de mezcla, 2-. máximo salino, 3-. haloclina y 4-. capa profunda. La ocurrencia de la zona de mezcla en los perfiles de salinidad debe coincidir con la capa de mezcla descrita por los perfiles de temperatura y el espesor de estas dos capas debe ser similar como se muestra en la figura 8. En ocasiones la coincidencia en el espesor de la capa de mezcla descrito por el perfil salino y térmico puede ser similar mas no idéntico, como es el caso de la figura 8. Analizando detalladamente la figura 8 podemos observar que el espesor de la zona de mezcla descrito por la temperatura es de 81 m, mientras que el de la salinidad es de 65 m. Los 15 m de diferencia entre el espesor de la capa de mezcla térmica y salina indica que para condiciones físico-ambientales similares el coeficiente de difusión de calor es mayor que el coeficiente de difusión de sal, por lo tanto, el perfil térmico describe un mayor mezclamiento vertical que el perfil salino y es a su vez un mejor indicador de la magnitud de la capa de mezcla.

En las estaciones oceánicas, aquellas fuera de la plataforma continental, el máximo salino ocurre inmediatamente abajo de la zona de mezcla. Su profundidad promedio fue de 150 m y su salinidad máxima fue de 36.7 o/oo (Figura 8). Por debajo del máximo salino, la salinidad disminuye rápidamente formando la haloclina ó gradiente máximo de salinidad. Obsérvese que la haloclina y la termoclina son prácticamente paralelas una a otra desde la base de la capa de mezcla hasta los 400 m aproximadamente. Por debajo de esta profundidad el gradiente salino disminuye hasta alcanzar un punto de inflexión localizado aproximadamente a los 750 m donde la salinidad de la masa de agua alcanza un mínimo de 34.89 o/oo representado por el remanente de la masa de agua conocida como Agua Antártica Intermedia (AIW) (Wust, 1964; Nowlin y McLellan, 1967). A partir de esta zona de inflexión el gradiente salino es inverso y la salinidad de la columna de agua se incrementa muy gradualmente hasta llegar a un valor máximo profundo de 34.98 o/oo a los 1500 m de profundidad. La salinidad de esta masa de agua es similar a aquella localizada en el estrecho de Yucatán y Mar Caribe occidental a 1500 m de profundidad (Wust, 1964; Nowlin y McLellan, 1967). La similitud de características entre las masas de agua subsuperficiales (125 a 200m) y profundas (1000 a 1500m) del Golfo de México, del Mar Caribe occidental y del Estrecho de Yucatán indica que las características físico-químicas de las masas de agua del Golfo de México provienen del Mar Caribe occidental através el Estrecho de Yucata'n.

Con el objeto de visualizar de una manera clara y resumida los perfiles verticales de salinidad representamos puntualmente en una sola gráfica de salinidad versus profundidad todos los

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

datos de las estaciones de cada transecto. A esta representación gráfica la llamamos diagrama de dispersión de salinidad ya que nos muestra la dispersión de los datos en cada uno de los transectos. De la figura 12 a la 22 se presentan los diagramas de dispersión de salinidad para los 11 transectos. En los diagramas de dispersión de los transectos 1, 2, 3, 4 y 7 encontramos valores de baja salinidad de hasta 31.5 o/oo. Estos valores mínimos de salinidad superficial son originados por la descarga de los ríos a la zona costera.

En los diagramas de dispersión se observa que a distancias progresivamente mayores, perpendiculares a la costa, la salinidad aumenta en cada perfil dentro de la capa de mezcla y en el máximo salino, mientras que la localización de la haloclina incrementa su profundidad. En los diagramas se puede observar como el SUW, que está definida por salinidades mayores ó iguales a 36.6 o/oo, va siendo erosionada conforme nos acercamos a la costa a causa de los procesos de mezcla. Un hecho importante a resaltar es que no se detectó la presencia del SUW en los transectos 4, 5 y 6, mientras que al norte y al sur de éstos sí se identificó su ocurrencia.

4.1.1.1.1 Perfiles Verticales De Densidad -

En los perfiles de densidad (σ_t) de las estaciones hidrográficas la densidad aumenta hacia el fondo, siendo casi homogénea en la capa de mezcla para después incrementarse rápidamente formando la pícnoclina y estabilizarse en la capa profunda, donde el gradiente de densidad vs. profundidad decrece y el gradiente de densidad se incrementa muy gradualmente. Las densidades bajas ($\sigma_t = 23.9$) observadas en las estaciones costeras son una consecuencia del aporte fluvial continental. En las estaciones profundas localizadas fuera de la plataforma continental la densidad en la capa de mezcla varía entre 24.5 y 25.2 mientras que en la capa profunda la densidad observada llega a 27.7.

4.1.1.1.1.1 Perfiles Verticales De Oxígeno Disuelto -

En los perfiles verticales de oxígeno disuelto encontramos que los valores máximos ocurren en la superficie y en el fondo, siendo éstos mayores en la superficie (4.5-6.0 ml/l) que en el fondo (4.0-5.0 ml/l). Los valores de oxígeno decrecen conforme aumenta la profundidad alcanzando un mínimo promedio de 2.5 ml/l a una profundidad que oscila entre 300 y 350 m. Una vez alcanzada la capa mínima de oxígeno disuelto su concentración se incrementa nuevamente hacia el fondo. Los datos de oxígeno se sintetizan en el diagrama de dispersión de oxígeno disuelto

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

versus sigma theta (s_h = densidad potencial) en la figura 23. Este diagrama resume los 382 datos de oxígeno disuelto medidos en las estaciones hidrográficas y nos indica que el cúmulo a la izquierda de la gráfica, centrado en $s_h = 25.0$ y oxígeno = 5.0 ml/l, corresponde a valores superficiales de los cuales observamos su dispersión. En la parte inferior central de la gráfica de dispersión observamos los valores mínimos, centrando la ocurrencia de éstos, en $s_h = 27.0$ y oxígeno = 2.5 ml/l. Este mínimo corresponde a una profundidad entre los 300 y 350 metros. La profundidad se determinó a partir del perfil de densidad potencial vs. profundidad que se presenta en la figura 24. Por ultimo el cúmulo superior derecho centrado en $s_h = 27.7$ y oxígeno = 4.3 ml/l corresponde a valores de las estaciones profundas.

4.2 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD Y OXIGENO DISUELTO

4.2.1 Temperatura Superficial

El campo sinóptico superficial de temperatura se presenta en la figura 25. El rango de temperatura es de 11.2°C , siendo 12.3°C el mínimo y 23.5°C el máximo de temperatura observado. Los valores mínimos de temperatura se localizan frente a la costa, en la parte norte del área de estudio desde la desembocadura del Río Bravo hasta Laguna Madre. El gradiente horizontal de temperatura es máximo dentro de la plataforma continental (12 a 22°C) y mínimo en la zona oceánica. Este gradiente tan marcado en la plataforma continental es inducido por el aporte continental de agua dulce de los ríos que desembocan en el área v.gr. Río Bravo, Soto la Marina y Pánuco, cuyas aguas en el invierno tienen una baja temperatura y se dispersan a lo largo de la costa hacia el sur. En la región oceánica el gradiente horizontal térmico es de solo 1.5°C localizándose al noreste de la zona de estudio.

4.2.1.1 Salinidad Superficial -

El campo sinóptico superficial de salinidad se presenta en la figura 26. Su comportamiento es semejante al de temperatura. El rango salino es de 4.3 o/oo, siendo el mínimo de 32.0 o/oo y el máximo de 36.3 o/oo. Los valores mínimos son observados en la costa noroccidental del área de estudio. El gradiente salino es máximo dentro de la plataforma continental y mínimo en la región oceánica. El máximo salino superficial de 36.3 o/oo se localiza en la zona occidental oceánica. Las bajas salinidades a lo largo de la costa son atribuidas al aporte continental fluvial.

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

4.2.1.1.1 Densidad(s_t) Superficial -

El campo sinóptico superficial de densidad se presenta en la figura 27. El rango de densidad es de 1.2, el mínimo es de 24.0 y es encontrado en la costa frente a Matamoros. El máximo es de 25.2 y lo encontramos frente a Laguna Madre a unos 50 Km. de la costa. En la parte oceánica los cambios de densidad son muy pequeños. La densidad superficial es casi uniforme (25.0) en gran parte del área de estudio.

4.2.1.1.1.1 Oxígeno Superficial -

El campo sinóptico superficial de oxígeno disuelto se presenta en la figura 28. El rango de oxígeno es de 1.5 ml/l, el mínimo y el máximo son observados en la zona norte del área de estudio. El mínimo de 4.5 ml/l se localiza en la zona oceánica y el máximo de 6.0 ml/l se localizó cercano a la costa frente a la costa de Matamoros.

La distribución superficial de oxígeno disuelto concuerda con las características de mezcla y distribución térmica dentro de la zona de estudio. El máximo costero obedece a la mínima temperatura superficial costera (13°C) y mínima salinidad (31 o/oo) medida frente a Matamoros. La solubilidad del oxígeno de esta masa de agua de mar en equilibrio con una atmósfera que contiene 20% de oxígeno, una humedad relativa del 100% y una presión atmosférica total de 760 mm de Hg es de 6.07 ml/l de oxígeno disuelto (Riley y Skirrow, 1975). Las concentraciones costeras que reportamos reflejan que la masa de agua superficial costera se encuentra en equilibrio dinámico con la atmósfera. De igual forma, la distribución de los valores de concentración superficial de oxígeno disuelto en la región oceánica acusa un estado de equilibrio con la atmósfera, considerando una temperatura y salinidad superficial de 23°C y 36 o/oo respectivamente. Bajo estas condiciones la concentración de saturación de oxígeno disuelto en equilibrio con la atmósfera es de 4.87 ml/l.

4.3 DIAGRAMAS T-S

Los diagramas T-S de las estaciones hidrográficas se resumen mediante diagramas de dispersión para cada transecto en las figuras 29 a la 39. En éstos encontramos que hay una mayor dispersión de los datos en la superficie de la región costera debido a que en la capa superficial la temperatura y salinidad son extremadamente variables a causa del aporte fluvial continental y procesos de mezcla derivados del régimen anemométrico de invierno (Nortes).

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

En los diagramas de dispersión de T-S encontramos que ciertos puntos se separan de la gráfica principal. Estos corresponden a aguas de baja salinidad y baja temperatura originadas por el aporte fluvial continental existente en cada transecto.

4.3.1 Agua Común Del Golfo, Agua Subtropical Subyacente Y Agua Antártica Intermedia

Una de las características primordiales de la masa de agua oceánica en el Golfo de México, dentro de la zona de mezcla, es la ocurrencia 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). Aparentemente el origen de esta masa de agua tiene lugar dentro del Golfo de México durante la estación de invierno. En esta época del año, la presencia de los frentes anemométricos continentales incidentes del Norte, sobre el Golfo de México, incrementan el mezclamiento vertical convectivo. Este mecanismo origina una capa de mezcla dentro de la cual la distribución de la salinidad y temperatura se homogeniza desde la superficie hasta aproximadamente 175 m. de profundidad (Figura 40). Este proceso convectivo destruye la estabilidad dinámica de la termoclina estacional de verano, permitiendo así la dilución del núcleo del SUW con agua de menor salinidad proveniente de la zona superior de la termoclina permanente (Figura 40). El producto final de esta mezcla es el GCW. Esta es a su vez diluida por el aporte fluvial continental dentro de la zona de la plataforma continental del Golfo de México. Los diagramas de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) que se muestran en las figuras 29 a la 39 ejemplifican claramente este fenómeno.

Con el propósito de esclarecer la interpretación de estas gráficas y el proceso de mezcla que éstas denotan analizemos una de ellas, la figura 29. En ésta podemos observar una tricotomía en el diagrama T-S a partir de $s_t = 26.5$ (1 en la figura 29). El valor de $s_t = 26.5$ se localiza en la base de la capa de mezcla en el inicio de la termoclina permanente. En esta zona y para el caso específico del transecto 1, la salinidad y temperatura de la masa de agua son de 36.16 o/oo y 16.5°C. La mezcla de esta masa de agua con el núcleo del SUW (2 en la figura 29; $s_t = 25.5$) diluye la salinidad de ésta y origina un patrón de dilución que va de 1 a 2 en la figura 38. La dilución progresiva del SUW se mezcla con agua cálida superficial y origina el GCW (3 en la figura 29). Conforme el GCW se aproxima a la costa occidental del Golfo ésta es diluida por el aporte continental de baja salinidad y temperatura. Esta mezcla da lugar a un patrón dilutivo, que va de 3 a 4 en la figura 29 caracterizado por un incremento gradual de la densidad de la mezcla debido a la baja temperatura de la masa de agua costera no obstante su baja salinidad.

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

El SUW definida por altas salinidades ($S = 36.6$ o/oo a $T = 22.5^{\circ}\text{C}$) es observada en los diagramas T-S de los transectos 1, 2, 3, 7, 8, 9, y 10. El núcleo de esta masa de agua lo encontramos a una profundidad de 215 metros en la parte norte y a 140 metros en la parte sur del Golfo. La línea recta del diagrama de dispersión T-S entre $s_t = 26.5$ y $s_t = 27.3$, nos indica el mezclamiento entre el SUW y el remanente del Agua Antártica Intermedia (AIW) que está definida por el mínimo de salinidad (34.89 o/oo a 6.3°C). La profundidad del núcleo del remanente de AIW lo encontramos a una profundidad de 750 a 800 m (Figura 29).

4.4 TRANSECTOS DE TEMPERATURA

En las figuras 41 a 51 se representa la distribución del campo térmico vertical, perpendicular a la costa, dentro de la zona de estudio. El aspecto más sobresaliente de esta distribución es la presencia, en todos los transectos, de un lente de agua cálida ubicado en la región oceánica dentro de la capa de mezcla (0-150m) y cuya temperatura es de 22 a 23.3°C .

En contraste con lo anterior, tenemos la presencia de agua costera cuya temperatura es fría (12 a 18°C) en comparación con la de la masa de agua oceánica. El aporte continental fluvial de invierno origina la ocurrencia del agua costera fría, la cual se concentra en la región noroccidental del Golfo primordialmente al norte de Tamiahua en los transectos 1 a 4. Dentro de esta zona el agua costera tiene una temperatura de 12°C frente a Matamoros y de 15.5°C en la estación 25 que inicia el transecto 4 inmediatamente al norte de Tampico.

En los transectos 5 y 6 entre Tuxpan y Tampico, la temperatura del agua costera se incrementa drásticamente a casi 22°C para posteriormente bajar a 17°C en la estación 30 que inicia el transecto 7. En los transectos 8 al 11 el agua costera es cálida v.gr. 22°C pero aún así esta temperatura es inferior a la de la masa oceánica ($T > 22^{\circ}\text{C}$).

La distribución del campo térmico superficial costero orienta las isotermas paralelas a la costa donde el gradiente térmico entre los transectos 1 a 4 es de solo 3.5°C a través de una distancia de 400 km (Figura 25).

De esta distribución se infiere cualitativamente que el patrón de circulación costero es predominantemente hacia el sur. Aparentemente, el aporte fluvial continental se dispersa hacia el sur como una consecuencia del régimen anemométrico de los Nortes que impulsa a la circulación costera, durante el invierno continental, hacia el sur. Esta observación tiende a ser corroborada por la distribución del campo salino superficial

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

costero. Al igual que el campo térmico, las isohalinas se orientan paralelas a la costa manteniendo un lente de baja salinidad superficial desde Matamoros hasta la estación 25 al norte de Tampico (Figura 26).

Una característica sobresaliente de la distribución de la temperatura en la zona de estudio es el abrupto incremento térmico de la masa de agua costera en los transectos 5 y 6. Como se mencionó anteriormente, la temperatura de las estaciones costeras en estos dos transectos es de 21.85°C en la estación 26 y 21.25°C en la estación 38, mientras que inmediatamente al sur en la estación 39, que inicia el transecto 7, la temperatura superficial costera es de 16.85°C similar a la de la estación 25 del transecto 4 localizada al norte de Tampico. La distribución térmica costera en los transectos 5 y 6 demarca una gran zona de divergencia térmica donde el gradiente térmico entre la masa de agua costera y la oceánica es de solo 1.0 a 1.5°C mientras que al sur y al norte de la divergencia, en las estaciones costeras de los transectos 7 y 4, el gradiente térmico es de 6.0 y 7.5°C respectivamente. La distribución térmica en los transectos 5 y 6 indica que la masa de agua oceánica invade la plataforma continental frente a Tamiahua y consecuentemente determina el campo térmico en la región costera de estos transectos (Figuras 45 y 46). Como se explicará más adelante, la divergencia térmica en los transectos 5 y 6 coincide con zonas de divergencia del campo salino y dinámico localizadas frente a Tamiahua.

4.5 TRANSECTOS DE SALINIDAD

En las figuras 52 a 62 se representa la distribución del campo salino vertical dentro de la zona de estudio. Los transectos 1, 2, 3, 7, 8, 9 y 10 revelan la presencia del SUW. Esta masa de agua no ocurre en los transectos 4, 5, 6, y 11. La ausencia del SUW en esta zona indica la ocurrencia de un mayor mezclamiento vertical convectivo el cual origina que el SUW se diluya.

La ausencia del SUW en los transectos 4, 5 y 6 no se puede explicar arguyendo que la dilución de esta masa de agua es una consecuencia del mezclamiento vertical inducido por el régimen anemométrico, incidente del norte, sobre la región occidental del Golfo de México. Si esto fuese así la ausencia del SUW estaría generalizada dentro de la totalidad de la zona de estudio.

La presencia del SUW al norte y al sur de los transectos 4, 5, y 6 y la ausencia de ésta dentro de éstos transectos indica la ocurrencia de una intensa divergencia horizontal en esta zona. Esta divergencia horizontal tiene que ser compensada por una convergencia vertical ascendente. Este mecanismo divergente y

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

convergente induce un intenso mezclamiento advectivo que conlleva a la dilución del núcleo del SUW. La dilución del SUW en los transectos 4, 5 y 6 origina una nueva masa de agua cuya salinidad y temperatura de 36.3 a 36.4 o/oo y 22 a 23.3°C tiene todas las características del Agua Común del Golfo (Figuras 32 a 34 y 55 a 57).

La presencia del SUW dentro del Golfo de México se debe a la migración 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 migración incida hacia la región occidental del Golfo de México donde chocan con la talud continental. La consecuencia hidrodinámica de éstas colisiones no se conoce, por lo que los resultados de nuestras mediciones cobran relevancia ya que dan indicios de que los giros al chocar con el talud y la plataforma continental originan enormes zonas de divergencia horizontal y convergencia vertical como una respuesta a la disipación de energía cinética que se desprende de su colisión. Una vez que estos giros chocan contra la plataforma continental sus líneas de flujo deben estrecharse por lo que su vorticidad anticiclónica tiene que incrementarse y, consecuentemente, el giro emigra hacia el norte, paralelo a la plataforma, para conservar su vorticidad.

Consideramos que la distribución del campo salino dentro de la zona de estudio, donde la ocurrencia del SUW está truncada dentro de los transectos 4, 5 y 6, se debe a la colisión de un giro anticiclónico contra la plataforma continental frente a Tamiahua. Los transectos 1, 2, 3, 7, 8, 9 y 10 delimitan claramente la frontera oeste del SUW. La ocurrencia simultánea del SUW al norte y al sur de la zona de divergencia es el resultado de la bifurcación del giro como una consecuencia de su colisión contra la plataforma y talud continental.

La colisión del giro origina una zona de divergencia de aproximadamente 153 km. ó sea la distancia entre el transecto 4 y 6 donde no se localiza el SUW. Obsérvese que esta zona de divergencia en el campo salino coincide con la divergencia del campo térmico descrito en la sección anterior. La divergencia horizontal tiene que ser compensada por una convergencia vertical que incrementa marcadamente el mezclamiento convectivo en el talud y la plataforma continental frente a Tamiahua desde la superficie hasta los 350 m. de profundidad. Este intenso mezclamiento vertical diluye completamente el núcleo del SUW y origina una masa de agua cuyo rango de salinidad es de 36.3 a 36.4 o/oo similar al rango salino del GCW. La ocurrencia de este fenómeno sugiere que la formación del GCW esta controlada primordialmente por la colisión de giros anticiclónicos sobre la plataforma continental occidental del Golfo de México. La energía cinética que difunden estos giros durante su colisión en

la región occidental del Golfo de México es mayor que aquella difundida por el régimen anemométrico de los Nortes sobre la superficie oceánica en la región occidental del Golfo de México. Como se verá más adelante, esta interpretación es congruente con el campo de circulación geostrófico derivado de la topografía dinámica de la superficie del mar en la zona de estudio. Este campo de circulación geostrófico no pudo haber sido originado por el régimen anemométrico de los Nortes. El esfuerzo tangencial de estos vientos incidentes del norte sobre la superficie del Golfo de México origina un campo de circulación superficial de flujo sur diametralmente opuesto a la circulación geostrófica calculada.

4.6 BALANCE GEOSTROFICO

4.6.1 Topografía Dinámica.

En el mapa de la topografía dinámica encontramos una zona de divergencia frente a Tamiahua que bifurca el campo de circulación en dirección norte y sur (Figura 3). La magnitud de la corriente es mayor al norte que en el sur; las corrientes al norte son mayores de 50 cm/s mientras que en el sur éstas alcanzan hasta 30 cm/s. En el mapa se pueden definir dos zonas, una de alta presión ubicada al norte, aproximadamente a $24^{\circ} 00' N$ y $94^{\circ} 00' W$ y otra de baja presión ubicada al sur, aproximadamente al $20^{\circ} 00' N$ y $95^{\circ} 00' W$.

La distribución de la topografía dinámica en la zona de estudio es diametralmente opuesta a partir de la zona de divergencia localizada frente a Tamiahua. Al norte, la altura dinámica decrece de la región oceánica hacia la costa; mientras que al sur, se observa lo contrario, la altura dinámica es mínima en la región oceánica. Este campo de circulación geostrófico es congruente con el campo de circulación de un giro anticiclónico que migra hacia el norte del Golfo de México paralelo al talud continental. La zona de divergencia frente a Tamiahua demarca la región donde el giro choca contra la plataforma continental. El campo de circulación ciclónico al sur de la divergencia, al igual que aquel localizado próximo a la costa en la región norte ($26^{\circ} 00.0' N$ y $96^{\circ} 00' W$) son una consecuencia de la colisión del giro frente a Tamiahua y la migración de éste hacia el norte respectivamente. La circulación anticiclónica del giro es tan energética que a su paso origina circulaciones ciclónicas en su periferia. Cabe finalmente recalcar que la circulación geostrófica que se infiere de la topografía dinámica no puede ser originada por el régimen anemométrico de los Nortes. El campo de circulación geostrófico es diametralmente opuesto a la incidencia de los Nortes sobre la superficie oceánica de la región occidental del Golfo de México.

4.6.1.1 Topografía De La Isotherma De 15°C -

El mapa de la topografía de la isoterma de los 15°C es semejante al de la topografía dinámica (Figura 4). En éste encontramos la misma zona de divergencia identificada por la topografía dinámica al igual que el campo de circulación anticiclónico al norte de la divergencia y ciclónico al sur de ésta. Esto último se infiere por la orientación de la pendiente de la topografía de la isoterma de 15°C. Obsérvese como en la región norte de la zona de estudio, el rango entre la mínima y la máxima profundidad de la isoterma de 15°C es de 150 metros. La mínima profundidad (180 m.) se localizó frente a Matamoros en 26° 00' N y 96° 00' W, la máxima profundidad (330 m.) se encontró en 25° 00' N y 95° 00' W.

Al sur de la divergencia, la orientación de la pendiente de la topografía de la isoterma de 15°C es diametralmente opuesta a aquella de la región norte; el máximo topográfico (240 m.) se localiza en el borde de la plataforma continental, al noreste de Veracruz, y el mínimo (200 m.) en la región oceánica de esa misma zona. Esta configuración topográfica solo se puede explicar aludiendo a la presencia de un intenso giro anticiclónico en la región norte y a la ocurrencia de un giro ciclónico de menor intensidad en la región sur de la zona de estudio.

4.6.1.1.1 Topografía De La Isohalina De 36.5 O/oo -

Las figuras 5 y 6 muestran la topografía de las capas superior e inferior de la isohalina de 36.5 o/oo. Dentro de estas dos capas se localiza el núcleo de alta salinidad del SUW caracterizado por salinidades ≥ 36.6 o/oo (Figura 7). Este núcleo ocurre tanto al norte como en el sur de la zona de estudio, más no en la región central, en concordancia con la distribución del campo dinámico y salino descrito en las secciones anteriores.

En la zona norte (25° 00' N; 95° 00' W), el espesor del núcleo del SUW es de aproximadamente 70 metros y se estrecha hasta desaparecer en la zona del talud continental. En la zona sur (20° 30' N; 96° 00' W), el espesor del núcleo del SUW es de aproximadamente 50 metros (Figura 6). La orientación de la pendiente topográfica de la isohalina de 36.5 o/oo en la región norte es inversa a aquella en la región sur. En el primer caso, las isóbatas ascienden en el talud continental mientras que en la región sur las isóbatas tienden a hundirse (Figura 6). Esta distribución topográfica del campo salino denota la ocurrencia de dos regímenes de circulación, uno anticiclónico al norte y uno ciclónico en el sur. Esta observación es congruente con la distribución de la salinidad dentro del área de estudio que se muestra en la figura 7. En ésta se observan dos núcleos de

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS DATOS HIDROGRAFICOS

máxima salinidad, al norte y al sur, separados por una zona central de baja salinidad ($S = 36.4$ o/oo). Los núcleos de alta salinidad ($S > 36.5$ o/oo) corresponden a los giros anticiclónicos y ciclónico respectivamente y la región de baja salinidad ($S = 36.4$ o/oo) a la zona de divergencia de aproximadamente $49.5 \times 10^3, \text{km}^2$, que separa los dos giros, donde la salinidad y temperatura predominantes son características del GCW.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Una de las características sobresalientes del Golfo de México en invierno es la predominancia y gran intensidad de los vientos incidentes del norte v.gr. Nortes. El gradiente térmico que se origina entre la cálida masa oceánica del Golfo de México y el invierno continental de Norte América origina la formación de centros de alta presión continental y baja presión oceánica. Esta inestabilidad barométrica es equilibrada vía la formación de frentes anemométricos continentales que inciden del norte sobre el Golfo de México. El esfuerzo tangencial que ejercen los Nortes sobre la masa oceánica del Golfo de México origina una capa de mezcla cuyo espesor vertical, a partir de la superficie, es de más de 150 metros. Este mecanismo convectivo homogeniza la distribución térmica y salina dentro de la capa de mezcla en la región oceánica del Golfo de México.

Dentro de la plataforma continental, en la región noroccidental del Golfo de México y durante el invierno, se identifican aguas costeras de baja temperatura (12°C) y salinidad (31 o/oo) originadas por el aporte fluvial continental. La ocurrencia simultanea de los Nortes, aguas costeras de baja temperatura ($T < 18^{\circ}\text{C}$) y baja salinidad ($S < 34.0$ o/oo) y el agua oceánica ($S > 36.0$ o/oo), origina intensos gradientes de mezcla a lo largo de la plataforma y talud continental. Este mezclamiento convectivo se maximiza cuando inciden sobre la región occidental del Golfo de México giros anticiclónicos provenientes de la Corriente del Lazo.

Durante el invierno el agua oceánica de la capa de mezcla del Golfo de México está homogeneamente mezclada. Su salinidad es de 36.3 a 36.4 o/oo, y su temperatura es de 22 a 23.5°C . A esta masa de agua se le conoce como el Agua Común del Golfo (GCW) y su origen tiene lugar dentro del Golfo de México aparentemente en el invierno, durante el período de incidencia de los Nortes cuando el mezclamiento convectivo se maximiza (Nowlin y Mclellan, 1967).

CONCLUSIONES

El análisis de los datos hidrográficos de la campaña Argos 84-1 permite corroborar parcialmente esta observación. Evidentemente el espesor de la capa de mezcla medido durante la campaña ($Z > 150\text{m}$) acusa un intenso mezclamiento convectivo inducido por los Nortes, pero este mecanismo de mezcla por si solo no es lo suficientemente energético para originar el campo térmico, salino y dinámico medido durante el desarrollo de la campaña.

Con respecto al campo térmico, su distribución muestra una gran discontinuidad en los transectos 5 y 6, frente a Tamiahua. La distribución térmica costera, en la plataforma y en el talud continental en esa zona demarca una gran zona de divergencia térmica donde el gradiente térmico entre el agua oceánica y la costera es de solo 1 a 1.5°C mientras que al sur y al norte de la divergencia el gradiente es aproximadamente 6 veces mayor. La localizada ocurrencia de la divergencia térmica frente a Tamiahua acusa un influjo de agua oceánica hacia la plataforma continental y la región costera de esa zona más no al norte y al sur, como se esperaría que ocurriese si el fenómeno estuviese asociado al régimen anemométrico de los Nortes, donde el transporte neto de Ekman es hacia la costa.

La distribución del campo salino indica la presencia de dos núcleos de máxima salinidad ($S > 36.5$ o/oo) al norte y al sur del margen continental occidental del Golfo de México. Estos dos núcleos están separados por una extensa zona de divergencia salina de aproximadamente $49.5 \times 10^3 \text{ km}^2$, correspondiente a una cuarta parte del área de estudio y localizada en los transectos 4, 5 y 6 donde prevalece el Agua Común del Golfo. En esta zona no se detectó la presencia del Agua Subtropical Subyacente (SUW) pero al norte y al sur de la divergencia el SUW fue claramente identificada.

La ausencia del SUW en la región central del área de estudio y su ocurrencia al norte y al sur de la divergencia no puede ser atribuida al mezclamiento convectivo inducido por los Nortes. Durante nuestro período de mediciones de enero de 1984, la presencia del SUW no estuvo uniformemente distribuida en la región occidental del Golfo de México. En contraste con esto, el esfuerzo tangencial de los Nortes, sobre la masa superficial oceánica y costera en el occidente del Golfo sí fue un fenómeno generalizado. Cabe añadir también, que la profundidad de ocurrencia del SUW se localizó en promedio a los 200m, por debajo de la capa de mezcla, fuera del alcance del mezclamiento convectivo inducido por los Nortes.

La distribución del campo dinámico, al igual que el campo térmico y salino, acusó una zona de divergencia frente a Tamiahua que bifurca el campo de circulación geostrofico en dirección norte y sur. Este campo de circulación es congruente con la translación de un giro anticiclónico que migra hacia el norte del

CONCLUSIONES

Golfo de México paralelo al talud continental con una velocidad >50 cm/s. La zona de divergencia frente a Tamiahua demarca la región donde el giro colisiona contra la plataforma continental. El campo de circulación ciclónico, al sur de la divergencia y al igual que aquel localizado proximo a la costa en la región norte frente a Matamoros, son una consecuencia de la transferencia de vorticidad de signo opuesto del giro anticiclónico sobre la masa de agua que circunda su periferia. La circulación geostrófica que se infiere de la topografía dinámica no pudo haber sido originada por el régimen anemométrico de los Nortes. El campo de circulación geostrófico superficial es diametralmente opuesto al esfuerzo tangencial de los Nortes sobre la superficie oceánica de la región occidental del Golfo de México.

La evidencia hidrográfica recopilada durante la campaña Argos 84-1 nos lleva a concluir que existe un mecanismo de mezcla convectivo dentro del Golfo de México cuya disipación de energía cinética es superior y más eficiente que aquella transferencia a la superficie oceánica por un régimen anemométrico como es el de los Nortes. Este mecanismo de mezcla se origina del influjo y disipación de la energía cinética proveniente de la translación y colisión de giros anticiclónicos sobre el talud y la plataforma continental del Golfo de México.

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia obtenida durante el desarrollo de la campaña Argos 84-1 y del análisis de la información hidrográfica recolectada se hace la siguiente recomendación :

El área de estudio se debe incrementar de manera que se puedan realizar más mediciones hidrográficas costeras. En la figura 74 se presenta la localización geográfica de las estaciones hidrográficas dentro de la nueva área de estudio que sugerimos rija el desarrollo de las próximas campañas ARGOS. Esta nueva distribución de las estaciones de medición garantiza la ocurrencia de 31 estaciones costeras, de las cuales 19 se localizan entre los puertos de Tuxpan y Veracruz, y permitirá una mejor caracterización hidrográfica de la plataforma continental frente a los sitios Laguna Verde y Cazonas. La distribución de las estaciones oceánicas permitirá se determine con más precisión: (1) el campo de circulación geostrofico en la región occidental del Golfo de México y (2) la distribución oceanográfica de giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo y emigran y colisionan en el margen continental occidental del Golfo de México. El análisis de los datos de la campaña ARGOS 84-1 indica que el influjo y disipación de la energía cinética proveniente de la translación y colisión de giros anticiclónicos sobre el talud y la plataforma continental del Golfo de México constituye un mecanismo de mezcla convectivo más eficiente que aquel derivado de los Nortes.

CAPITULO 7
BIBLIOGRAFIA

- Behringer, W. D. Molinari, R. L. and Festa, F. J.. 1977 .
The variability of anticyclonic current patterns
in the Gulf of Mexico. Jour. Geophys. Res. 82(34):
5469-5478.
- Brooks, D. A. 1984 . Current and hydrographic variability
in the northwestern Gulf of Mexico. Jour. Geophys.
Res. 89(C5):8022-8032.
- Cochrane, J. D.. 1972 . Separation of an anticyclonic and
subsequent developments in the Loop Current. (1969).
Texas A and M. University Oceanographic Studies,
Capurro, L.R.A. and Ried, J.L. Eds., Gulf Publ. Co.,
Houston, (2):91-106.
- Elliott, A. B.. 1982 . Anticyclonic rings in the Gulf
of Mexico. Jour. Phys.Ocean.(12):1292 1295.
- Fofonoff, N.P. y R.C. Millard Jr. (1983). Algorithms for
Computation of Fundamental Properties of Seawater,
Unesco Technical Paper in Marine Science No. 44,
Paris, Francia
- Ichiye, T.. 1962 . Circulation and water mass distribution
in the Gulf of Mexico. Geophys. Int.. (2):47-76.
- Kirwan, A D., Merrel, W. J. Jr., Lewis, J. K.
and Witaker, R. E.. 1984 a. Lagrangian observations
of an anticyclonic ring in the western Gulf of
Mexico. Jour. Geophys. Res. 89(C3):3417-3424.
- Kirwan, D. A., Merrel, J. K. Jr., Lewis, J. K.,
Witaker, R. E. and Legeckis, R.. 1984 b.
A model for the analysis of drifter data with
an application to a warm core ring in the Gulf

BIBLIOGRAFIA

- of México. Jour. Geophys. Res. 89(C3):3425-3438.
- Lafond, E.C. (1951). Processing Oceanographic Data, U.S. Navy hydrographic Office, Pub No. 614, Washington, D.C.
- Leipper, D. F.. 1970 . A sequence of Current patterns in the Gulf of Mexico. Jour. Geophys. Res. (75):637-657.
- Maul.A. G.. 1976 . The annual cycle of the Gulf Loop Current. Part I:Observations during one year time series. Jour. Mar. Res. (35):29-47.
- Merrel J.W. and Morrison M.J.. 1981. On the circulation of the western Gulf of Mexico with observations from April 1978. Jour. Geophys. Res. 86(C5):4181-4185.
- Morrison M. J. and Merrel J. W.. 1983 . Property Distributions and Deep Chemical Measurements Within the western Gulf of Mexico. Jour. Geophys. Res. 88(C4): 2601-2608.
- Nowlin, W. D. and McLellan, H. J.. 1967 . A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. Jour. Mar. Res. 25(1):29-59.
- Nowlin, W. D.. 1972 . Winter circulation patterns and property distributions. Texas A and M University Oceanographic Stududies, Capurro, L.R.A. and Reid, J.L. Eds., Gulf Publ. Co., Houston (2): 119-138.
- Riley J. P. and Skirrow G. 1975. Chemical Oceanography. 2nd ed. Academic Press. Vol. 2, pp. 603.
- Strickland, J. D. and Parsons , R. T.. 1972 . A practical handbook of seawater analysis. Fis. Res. Board of Canada. Bull. 167. Second Ed. pp. 21-192.
- Sturges, W. and Blaha, J. P.. 1976 . A western boundary current in the Gulf of Mexico. Science. 192(4237):308-317.
- Vukovich, F. M., Crissman, B. W., Bushnell, M. and King, W. J. 1979 . Some aspects of the oceanography of the Gulf of Mexico using satellite and in situ data. Jour. Geophys. Res. 84(C12):7749-7768.

BIBLIOGRAFIA

- Vukovich, F.M. y Crissman, B. W. 1986 . Aspects of warm ring in the Gulf of Mexico. Jour. Geophys. Res. 91(C2):2645-2660.
- Wust,G., Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean.
Basins,I. Spreading and mixing of the water types with an Oceanographic atlas, Vema Res. Ser., Vol. 2. 201 pp. University Press, New York. 1964.

CAPITULO 8

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Area de estudio del crucero Argos 84-1 y distribución de las estaciones hidrográficas.
- Fig. 2 Transectos del crucero Argos 84-1 e identificación de las estaciones hidrográficas.
- Fig. 3 Topografía dinámica (en metros dinámicos) de la superficie del mar Relativa a 500 db. crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 4 Topografía (metros) de la isoterma de los 15°C durante el crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 5 Profundidad (metros) de la frontera superior de la isohalina de 36.5 o/oo durante el crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 6 Profundidad (metros) de la frontera inferior de la isohalina de 36.5 o/oo durante el crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 7 Distribución de máxima salinidad (o/oo) durante el crucero argos 84-1. Enero de 1984, Salinidades ≥ 36.6 o/oo. definen la ocurrencia del agua Subtropical Subyacente del Mar Caribe (SUW).
- Fig. 8 Distribución vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de México.
- Fig. 9 Distribución vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de México.
- Fig. 10 Distribución vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de México.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 11 Distribución vertical de temperatura, salinidad y σ_t en el Golfo de México.
- Fig. 12 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 1.
- Fig. 13 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 2.
- Fig. 14 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos de CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 3.
- Fig. 15 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 4.
- Fig. 16 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 5.
- Fig. 17 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 6.
- Fig. 18 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 7.
- Fig. 19 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero argos 84-1. Transecto 8.
- Fig. 20 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 9.
- Fig. 21 Diagrama de dispersión de salinidad vd profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 10.
- Fig. 22 Diagrama de dispersión de salinidad vs profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 11.
- Fig. 23 Diagrama de dispersión de oxígeno vs σ_θ de todos los datos colectados de las botellas durante el crucero Argos 84-1.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 24 Diagrama de dispersión de sigma theta versus profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1.
- Fig. 25 Distribución superficial de temperatura grados centígrados en el Golfo de México. Crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 26 Distribución superficial de salinidad (o/oo) en el Golfo de México. Crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 27 Distribución superficial de densidad (σ_t) en el Golfo de México. Crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 28 Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/l) en el Golfo de México. Crucero Argos 84-1. Enero de 1984.
- Fig. 29 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 1.
- Fig. 30 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 2.
- Fig. 31 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 3.
- Fig. 32 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 4.
- Fig. 33 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 5.
- Fig. 34 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 6.
- Fig. 35 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 7.
- Fig. 36 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 8.
- Fig. 37 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 9.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 38 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 10.
- Fig. 39 Diagrama de dispersión de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1. Transecto 11.
- Fig. 40 Distribución vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de México.
- Fig. 41 Transecto 1 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $25^{\circ} 55.0'$ Norte
- Fig. 42 Transecto 2 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $20^{\circ} 00.0'$ Norte
- Fig. 43 Transecto 3 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $23^{\circ} 46.0'$ Norte
- Fig. 44 Transecto 4 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $22^{\circ} 45.0'$ Norte
- Fig. 45 Transecto 5 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $21^{\circ} 50.0'$ Norte
- Fig. 46 Transecto 6 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $21^{\circ} 20.0'$ Norte
- Fig. 47 Transecto 7 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $20^{\circ} 50.0'$ Norte
- Fig. 48 Transecto 8 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $20^{\circ} 20.0'$ Norte
- Fig. 49 Transecto 9 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $20^{\circ} 00.0'$ Norte
- Fig. 50 Transecto 10 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $19^{\circ} 44.0'$ Norte
- Fig. 51 Transecto 11 crucero Argos 84-1 Golfo de México Campo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 0-300 m. latitud $19^{\circ} 20.0'$ Norte
- Fig. 52 Transecto 1 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud $25^{\circ} 55.0'$ Norte
- Fig. 53 Transecto 2 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud $25^{\circ} 00.0'$ Norte

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 54 Transecto 3 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 23° 46.0' Norte
- Fig. 55 Transecto 4 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 22° 45.0' Norte
- Fig. 56 Transecto 5 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 21° 50.0' Norte
- Fig. 57 Transecto 6 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 21° 20.0' Norte
- Fig. 58 Transecto 7 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 20° 50.0' Norte
- Fig. 59 Transecto 8 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 20° 20.0' Norte
- Fig. 60 Transecto 9 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 20° 00.0' Norte
- Fig. 61 Transecto 10 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 19° 44.0' Norte
- Fig. 62 Transecto 11 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de salinidad (o/oo) latitud 19° 20.0' Norte
- Fig. 63 Transecto 1 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.). latitud 25° 55' Norte
- Fig. 64 Transecto 2 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt) latitud 25° 00' Norte
- Fig. 65 Transecto 3 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.) latitud 23° 46.0' Norte
- Fig. 66 Transecto 4 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt) latitud 22° 45.0' Norte
- Fig. 67 Transecto 5 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt) latitud 21° 50.0' Norte
- Fig. 68 Transecto 6 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.) latitud 21° 20.0' Norte
- Fig. 69 Transecto 7 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt) latitud 20° 50.0' Norte
- Fig. 70 Transecto 8 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt) latitud 20° 20.0' Norte

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 71 Transecto 9 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.) latitud $20^{\circ} 00.0'$ Norte
- Fig. 72 Transecto 10 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.) latitud $19^{\circ} 44.0'$ Norte
- Fig. 73 Transecto 11 crucero Argos 84-01 Golfo de México Campo de oxígeno disuelto (ml./lt.) latitud $19^{\circ} 20.0'$ Norte.
- Fig. 74 Localización de las Estaciones hidrográficas para las próximas campañas ARGOS.

CAPITULO 9

TABLAS

TABLAS

TABLA I

COORDENADAS DE LOCALIZACION
DE LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ESTACION	LATITUD	LONGITUD
1	25 55'	96 55'	43	20 50'	96 30'
2		96 35'	44		96 19'
3		96 13'	45		96 07'
4		95 50'	46	20 20'	95 40'
5		95 25'	47		96 01'
6		95 00'	48		96 12'
7	25 00'	95 00'	49		96 21'
8		95 25'	50		96 26'
9		95 55'	51		96 31'
10		96 15'	52		96 39'
11		96 36'	53		96 46'
12		97 03'	54	20 00'	96 32'
13		97 21'	55		96 24'
14	23 46'	97 40'	56		96 17'
15		97 27'	57		96 13'
16		97 14'	58		96 11'
17		97 00'	59		96 03'
18		96 44'	60		95 53'
19		96 30'	61		95 41'
20	22 45'	96 49'	62		95 25'
21		97 03'	63	19 44'	95 20'
22		97 13'	64		95 39'
23		97 24'	65		95 47'
24		97 33'	66		95 55'
25		97 43'	67		96 03'
26	21 50'	97 31'	68		96 07'
27		97 22'	69		96 15'
28		97 12'	70		96 21'
29		97 02'	71	19 20'	96 11'
30		96 50'	72		96 00'
31		96 39'	73		95 50'
32	21 20'	96 19'	74		95 45'
33		96 31'	75		95 34'
34		96 43'	76		95 14'
35		96 51'	77		95 00'
36		97 00'			
37		97 07'			
38		97 17'			
39	20 50'	97 09'			
40		96 59'			
41		96 47'			
42		96 39'			

TABLAS

TABLA II

LOGISTICA DE NAVEGACION PARA ONCE
TRANSECTOS DEL CRUCERO "ARGOS 84-1"

		MILLAS NAUTICAS

		300. NAV. NORTE
		120
TRANS.	25 55'	60. NAV. SUR
		130
TRANS.	25 00'	76. NAV. SUR
		70
TRANS.	23 46'	65. NAV. SUR
		50
TRANS.	22 45'	56. NAV. SUR
		50
TRANS.	21 50'	35. NAV. SUR
		55
TRANS.	21 20'	32. NAV. SUR
		60
TRANS.	20 50'	25. NAV. SUR
		63
TRANS.	20 20'	18. NAV. SUR
		58
TRANS.	20 00'	26. NAV. SUR
		68
TRANS.	19 44'	
		165. NAV. NORTE
TRANS.	19 20'	
		1680. MILLAS NAVEGADAS

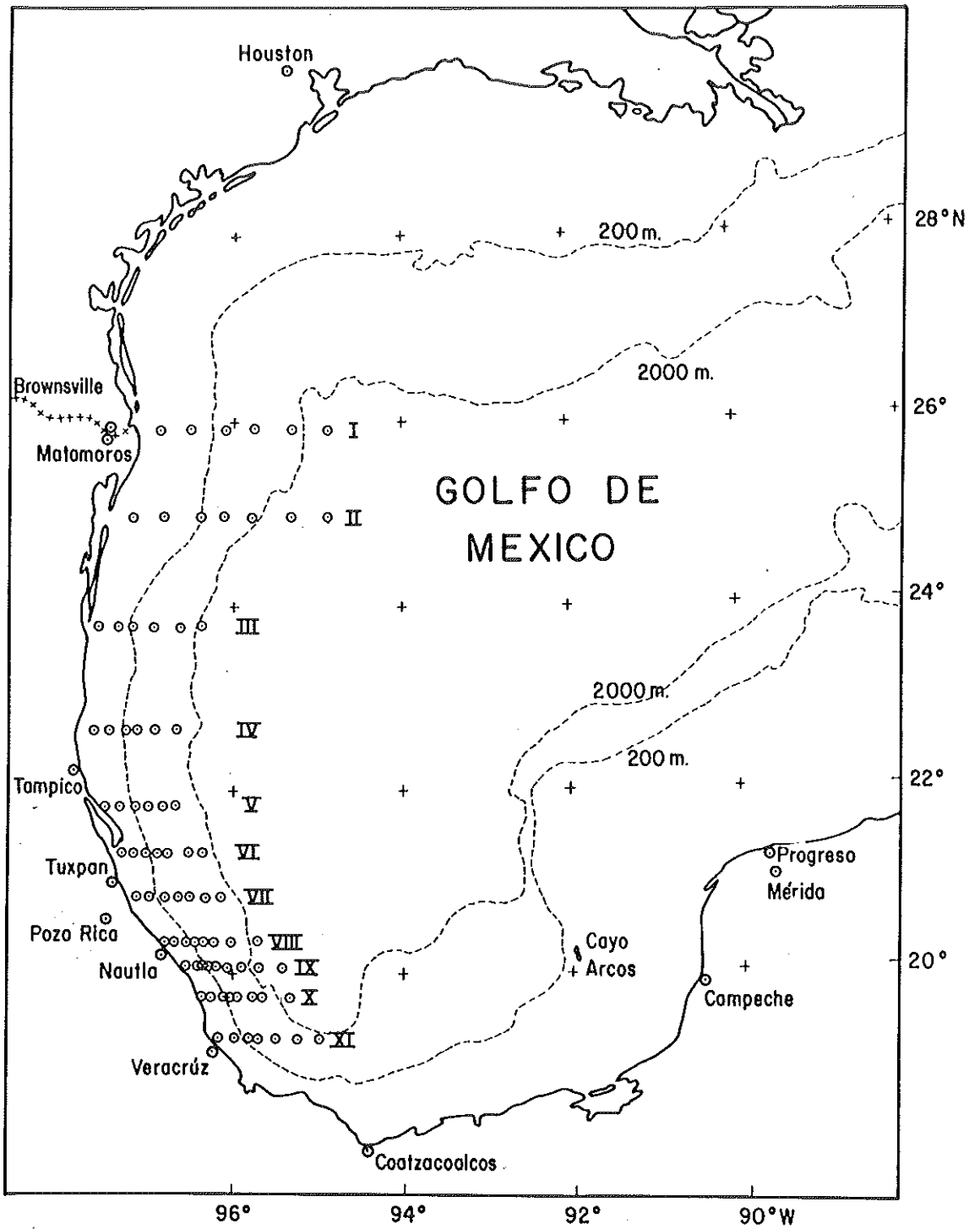


FIG. 1 AREA DE ESTUDIO DEL CRUCERO ARGOS 84-1 Y DISTRIBUCION DE LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS

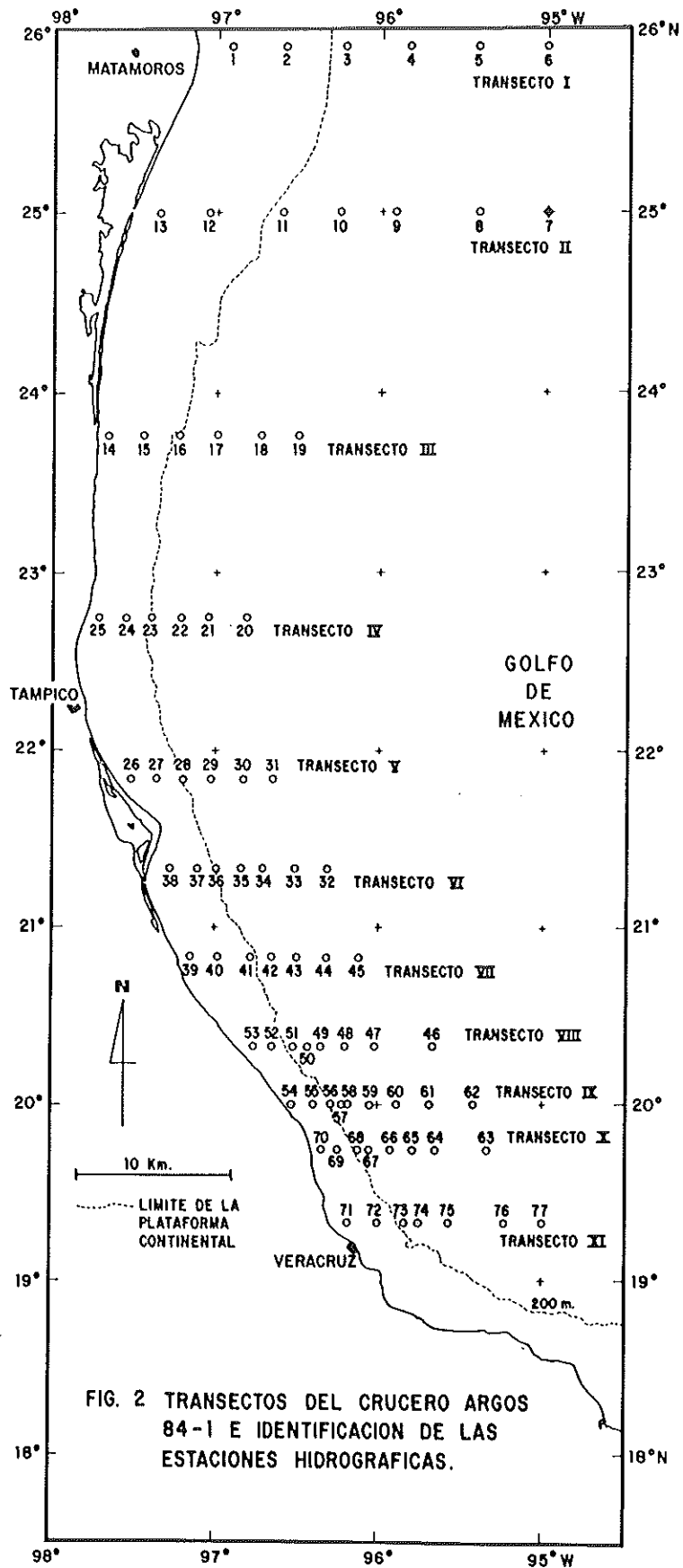


FIG. 2 TRANSECTOS DEL CRUCERO ARGOS 84-1 E IDENTIFICACION DE LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS.

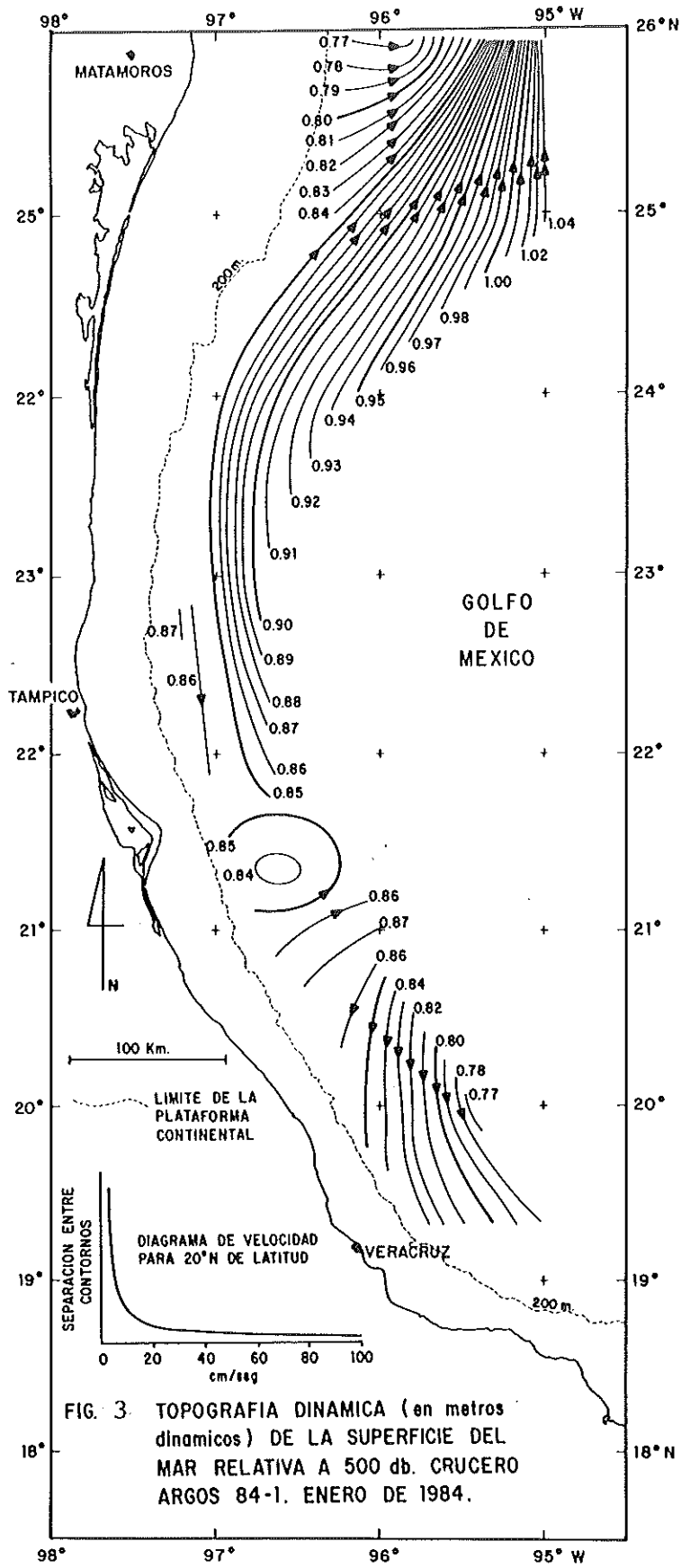


FIG. 3. TOPOGRAFIA DINAMICA (en metros dinamicos) DE LA SUPERFICIE DEL MAR RELATIVA A 500 db. CRUCERO ARGOS 84-1. ENERO DE 1984.

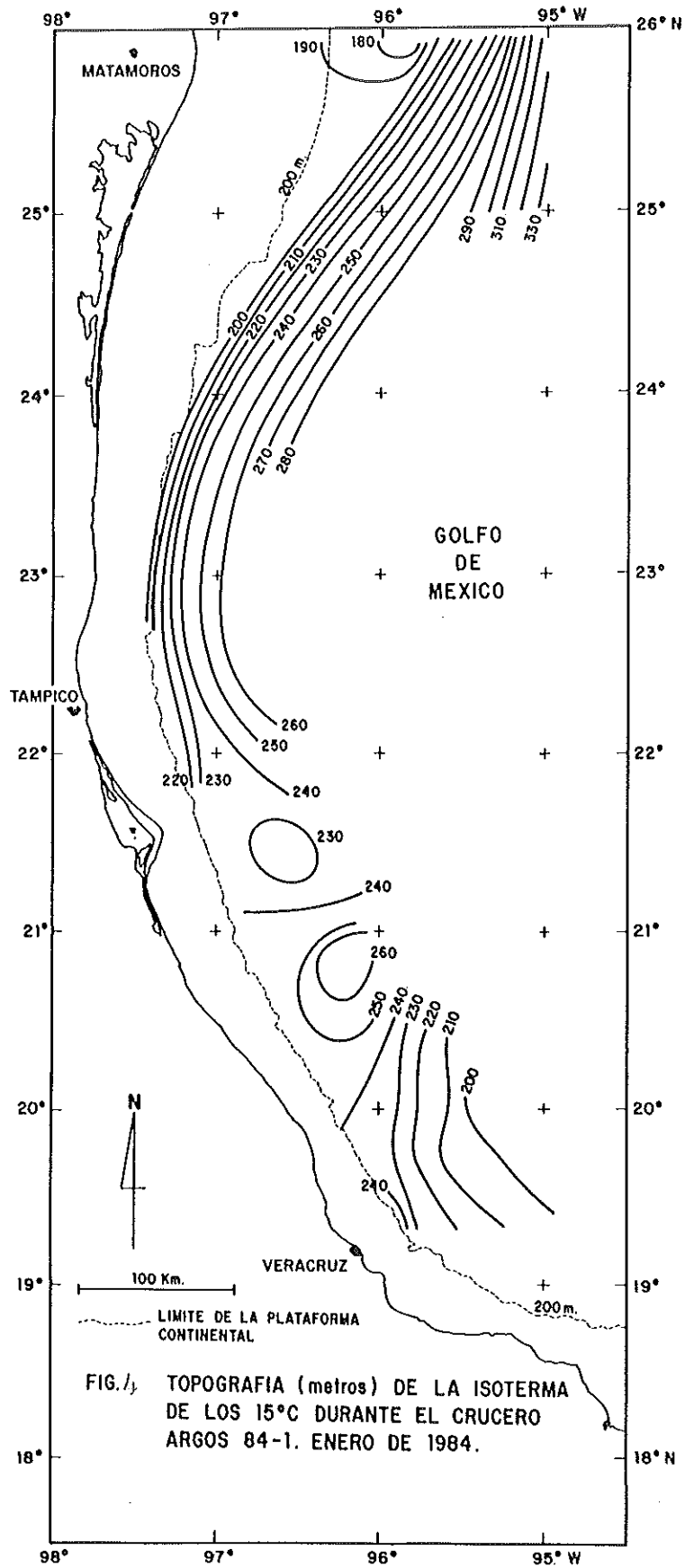
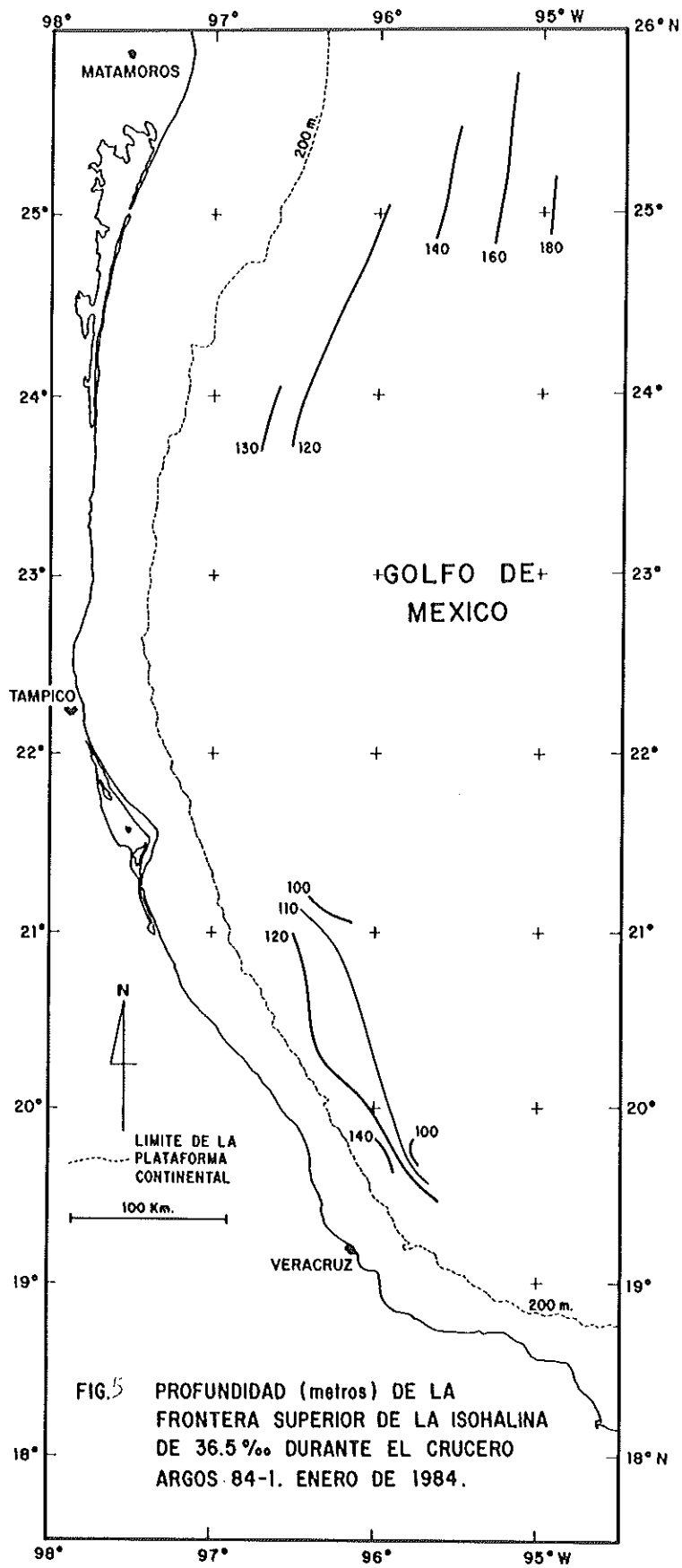
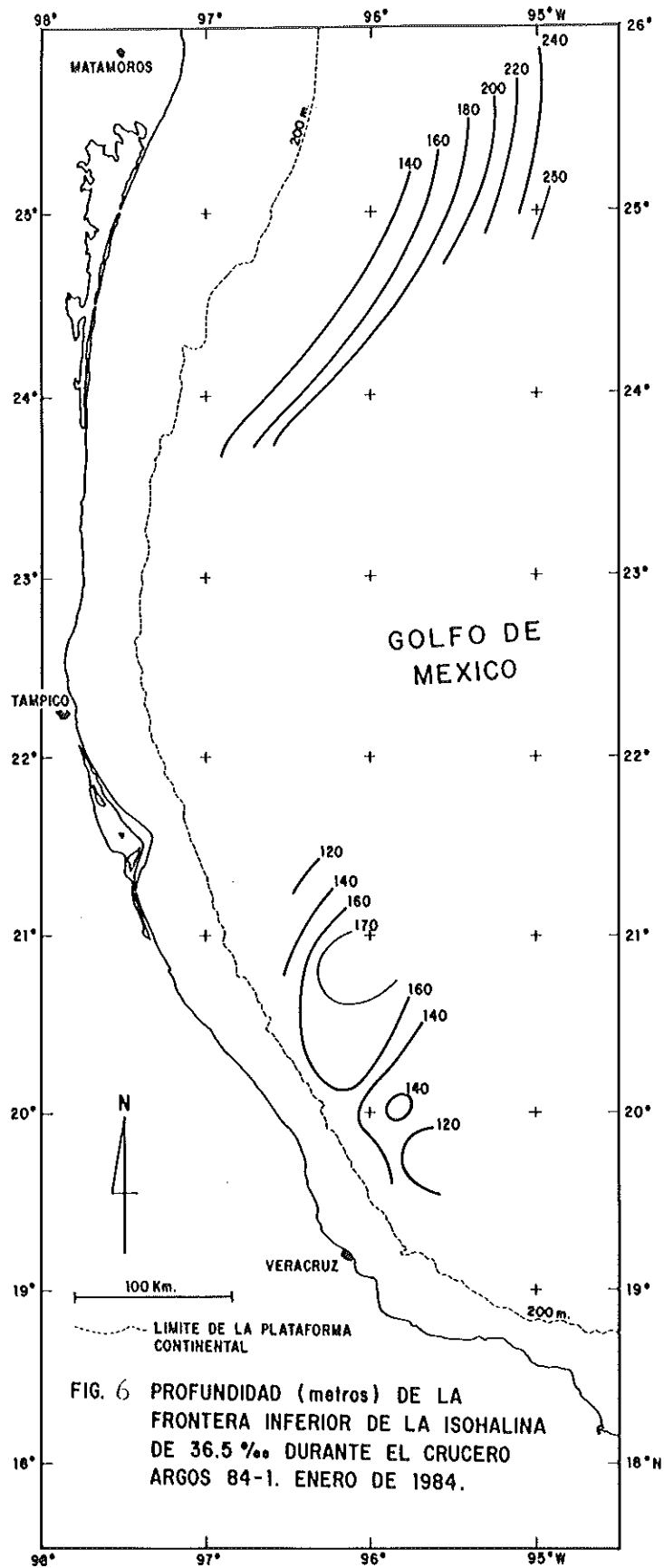


FIG. 1. TOPOGRAFIA (metros) DE LA ISOTERMA DE LOS 15°C DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1. ENERO DE 1984.





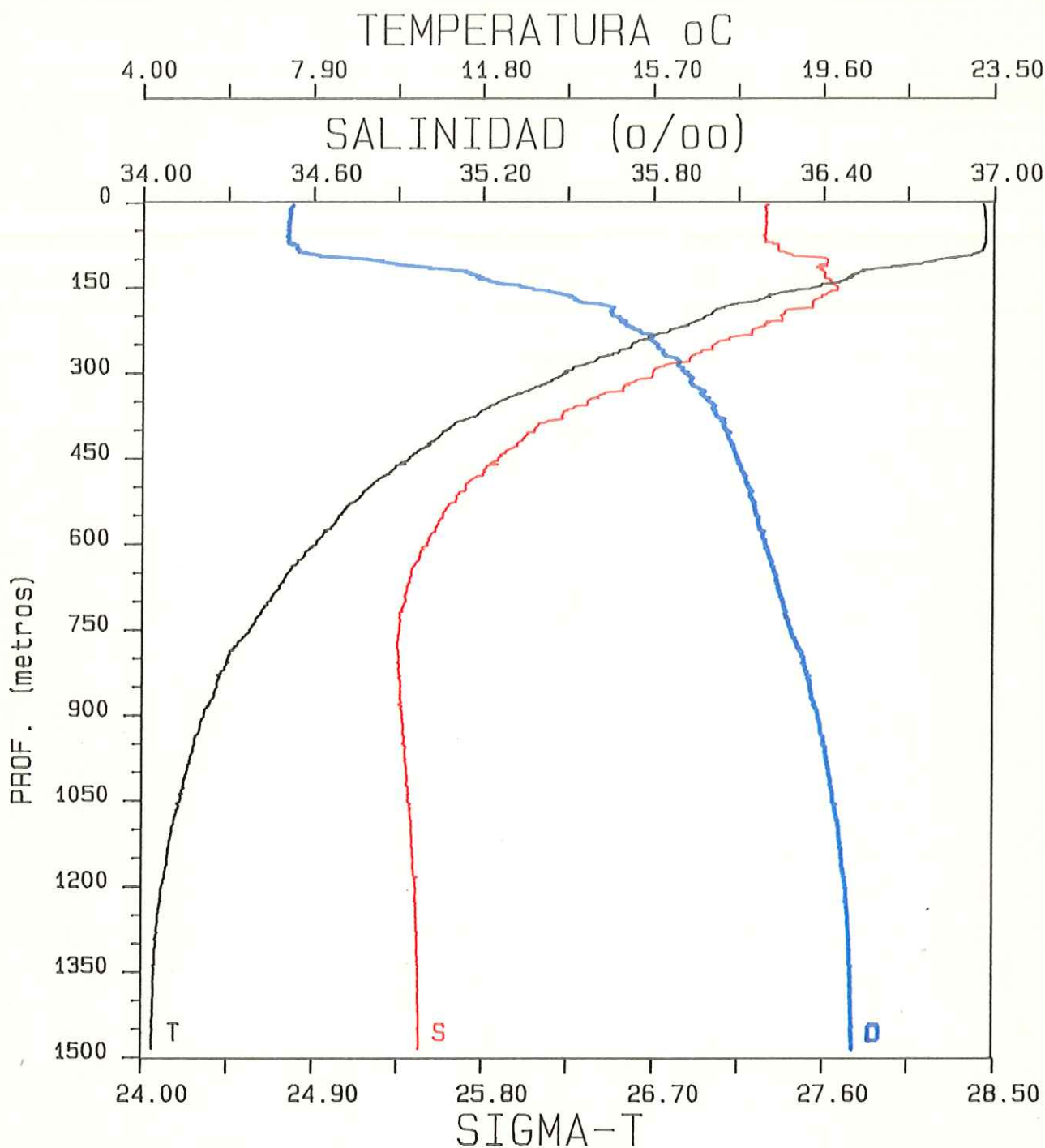


Fig. 8 Distribucion vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de Mexico.

CRUCERO ARGOS 84-01

ESTACION 21 FECHA (DMA) 140184 HORA 18: 01

LAT. 22 44.0 N LONG. 097 03.1 W PROF. 1650 M.

T=TEMPERATURA S=SALINIDAD D=SIGMA-T

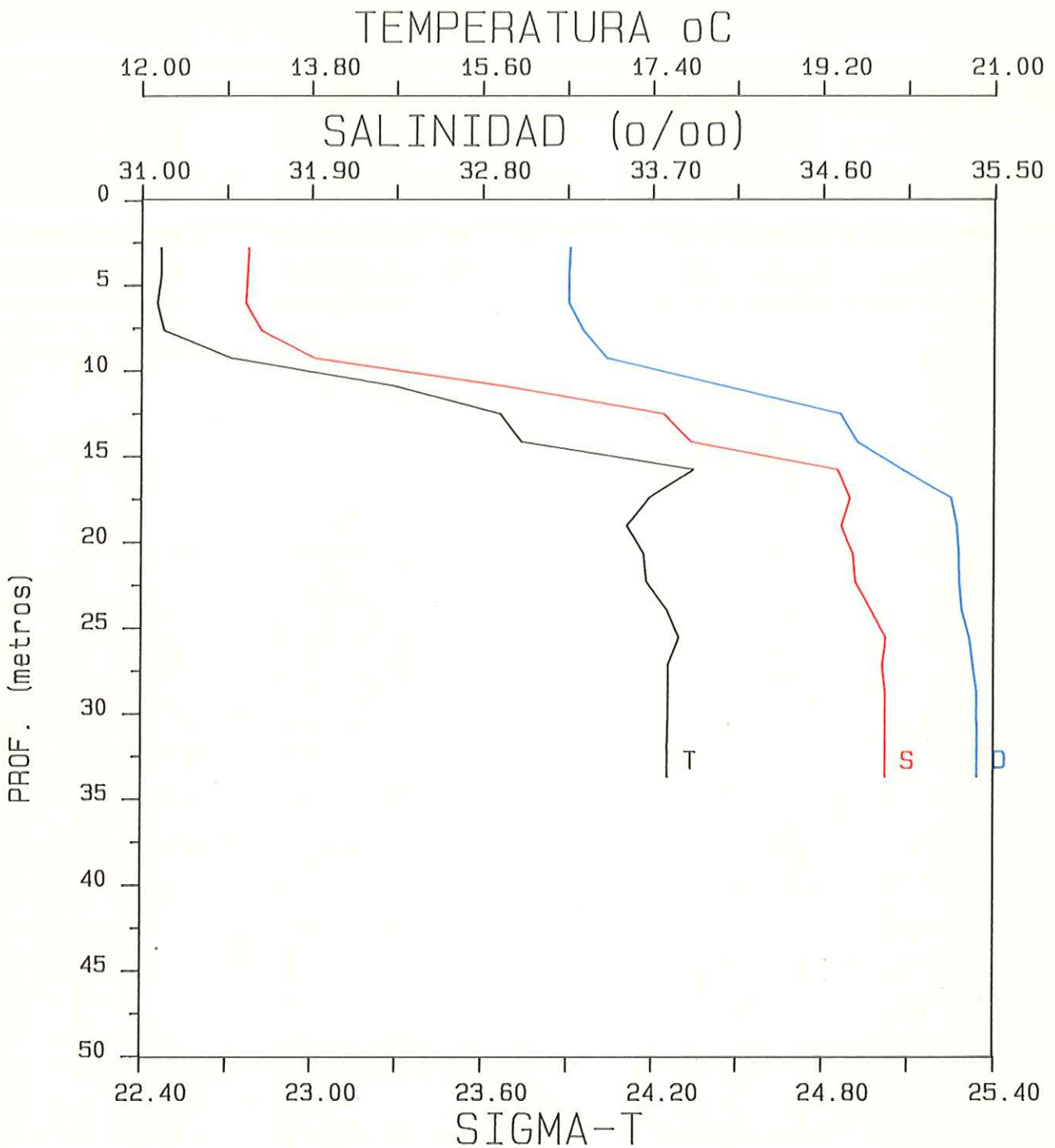


Fig. 9 Distribucion vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de Mexico.

CRUCERO ARGOS 84-01

ESTACION 01	FECHA (DMA) 080184	HORA 18:52
LAT. 25 55.0 N	LONG. 096 55.0 W	PROF. 35 M.
T=TEMPERATURA	S=SALINIDAD	D=SIGMA-T

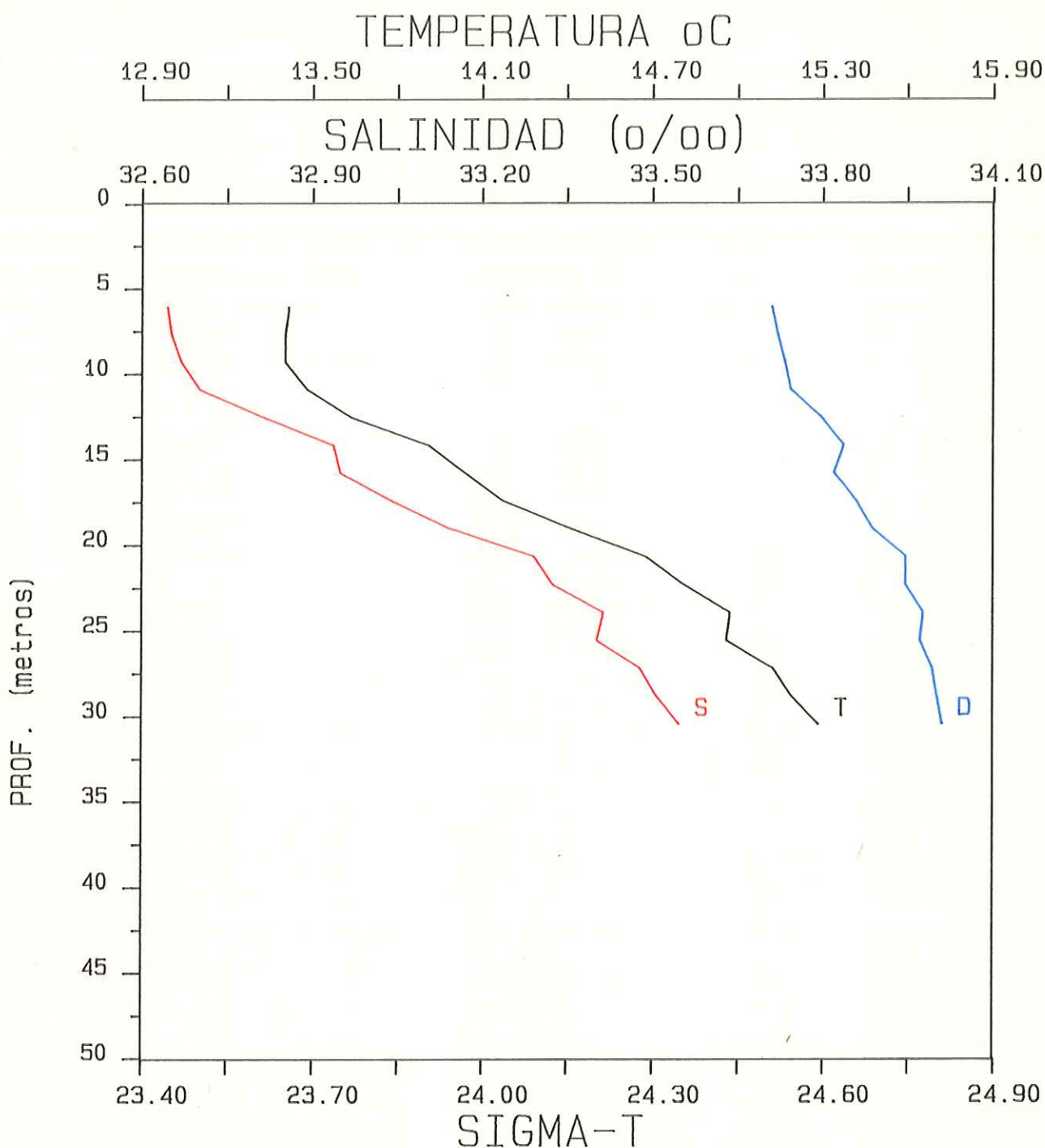


Fig. 10 Distribucion vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de Mexico.

CRUCERO ARGOS 84-01

ESTACION 13 FECHA (DMA) 110184 HORA 14: 13

LAT. 24 59.6 N LONG. 097 21.1 W PROF. 31.3 M.

T=TEMPERATURA S=SALINIDAD D=SIGMA-T

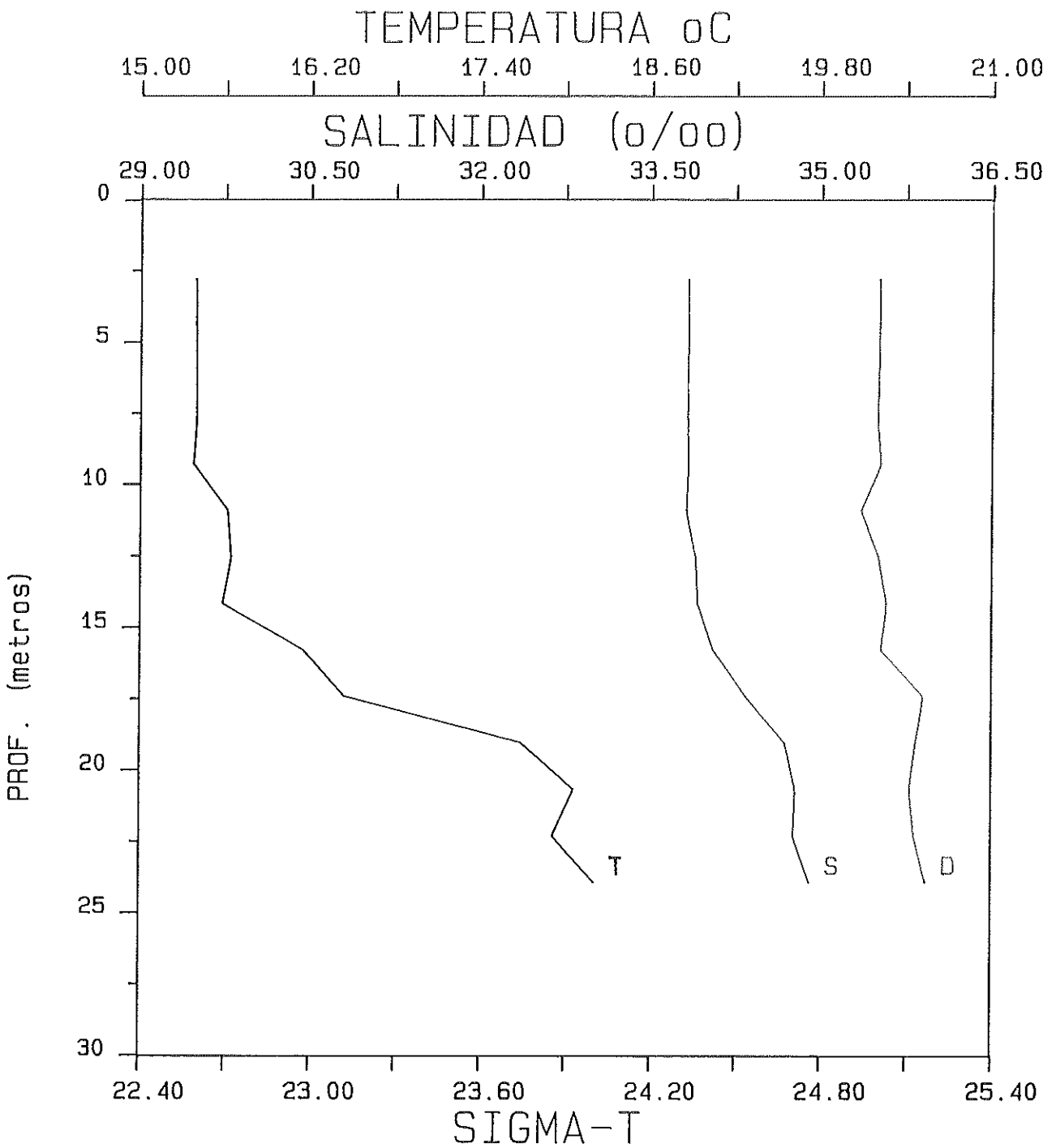


Fig. II Distribucion vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de Mexico.

CRUCERO ARGOS 84-01

ESTACION 25 FECHA (DMA) 130184 HORA 09: 35

LAT. 22 45.0 N LONG. 097 43.1 W PROF. 25 M.

T=TEMPERATURA S=SALINIDAD D=SIGMA-T

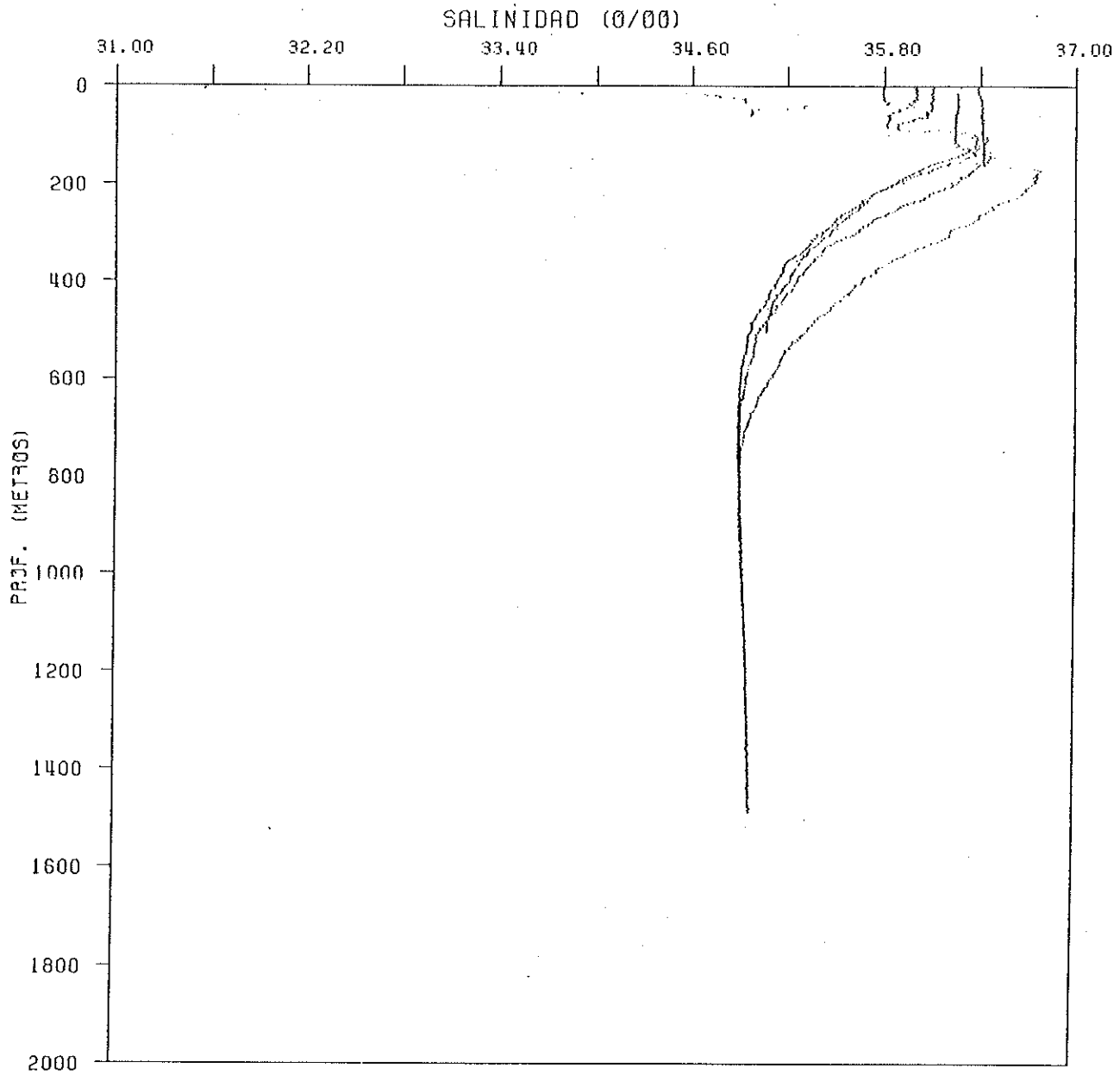


FIG. 12 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO I

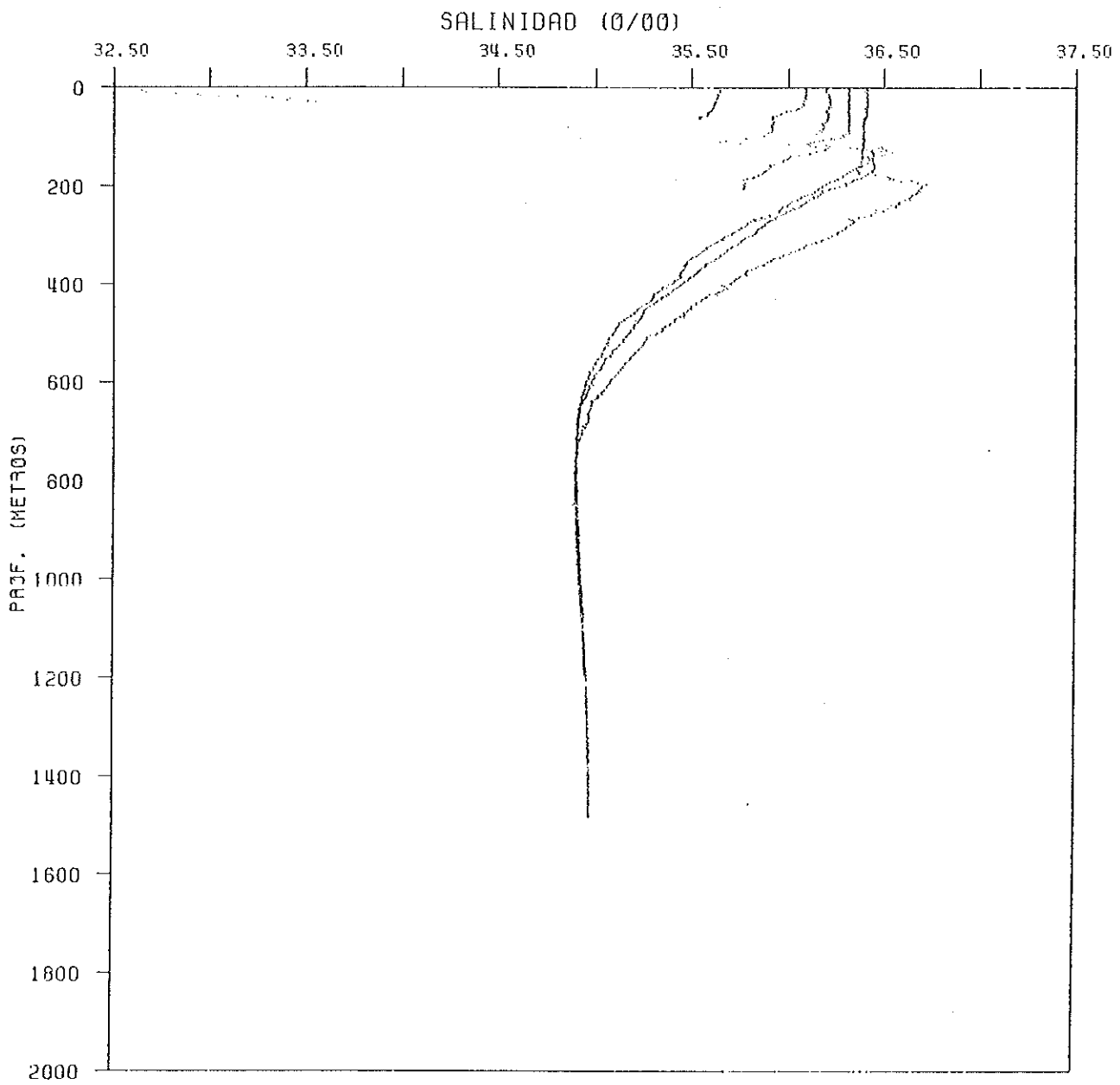


FIG. 13 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 2

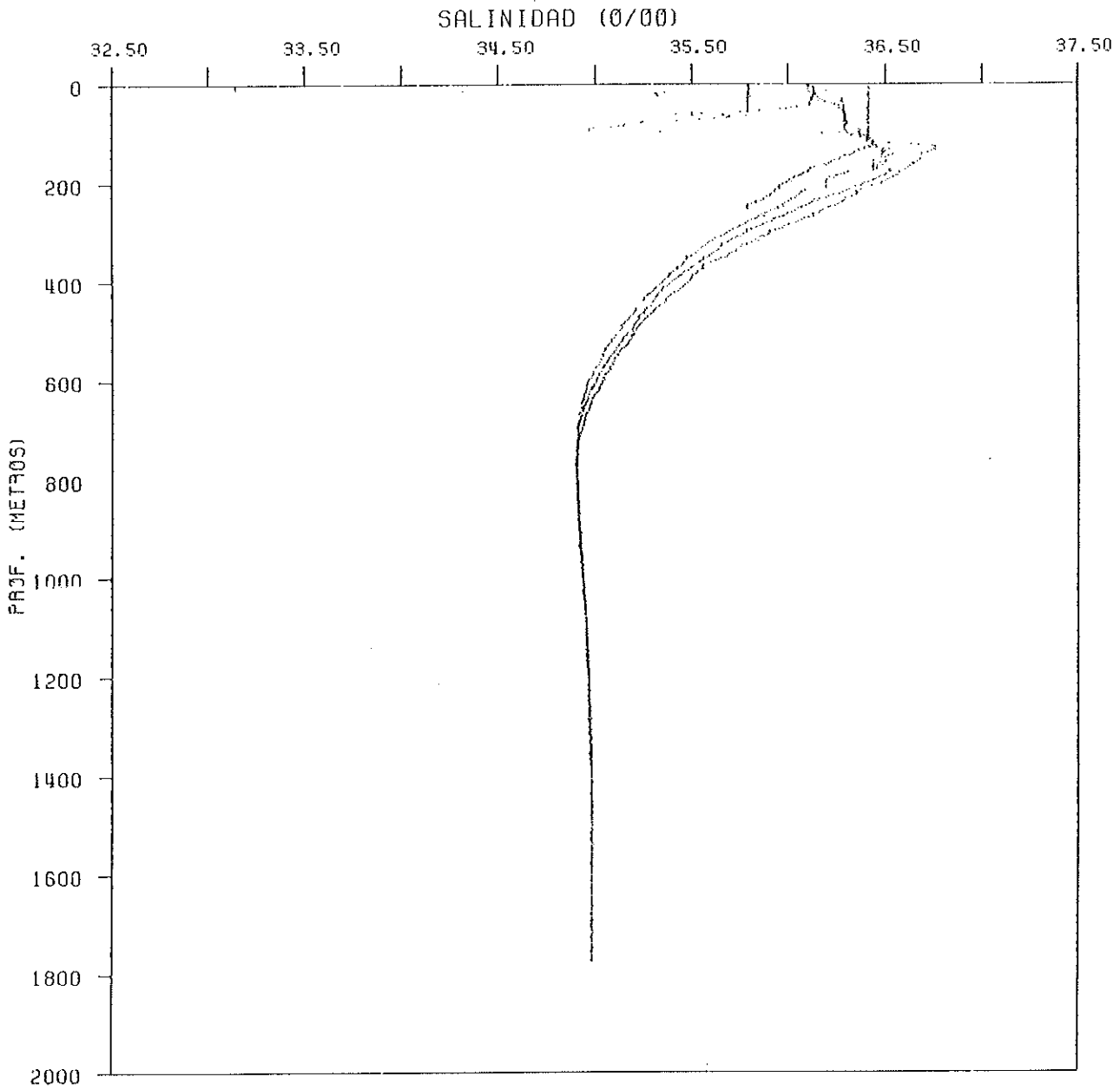


FIG. 14 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 3

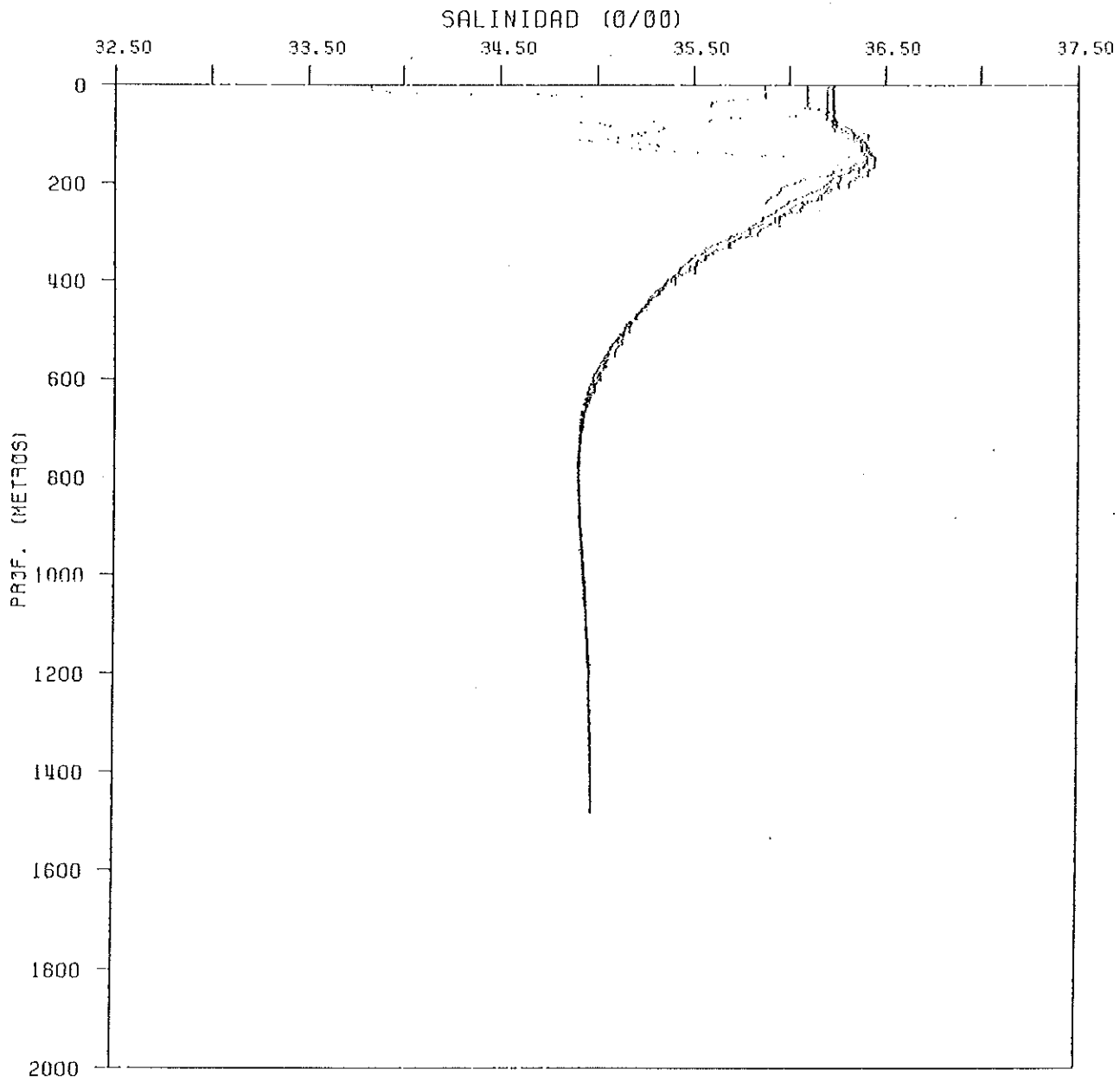


FIG. 15 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 4

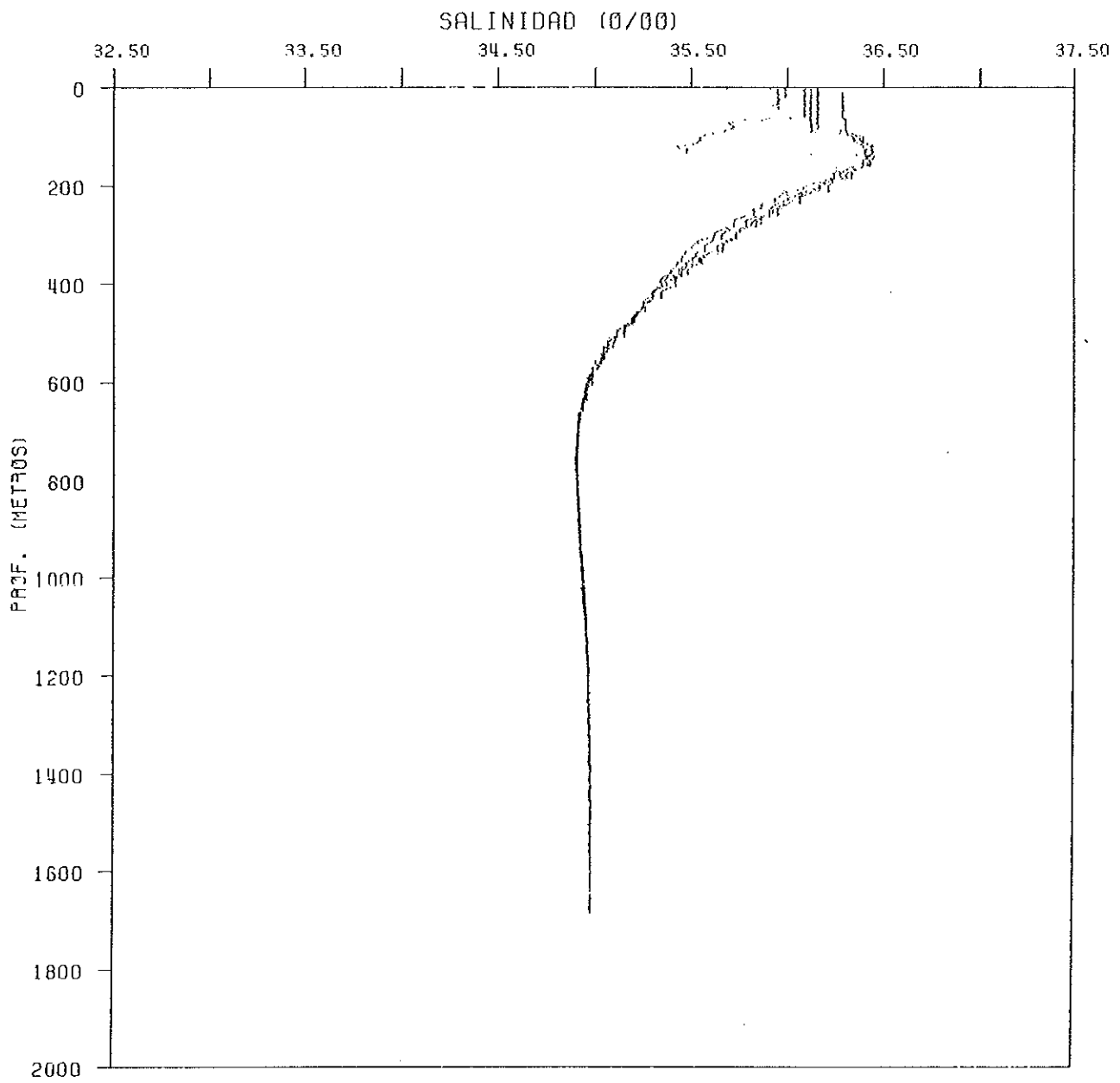


FIG.16 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CAUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 5

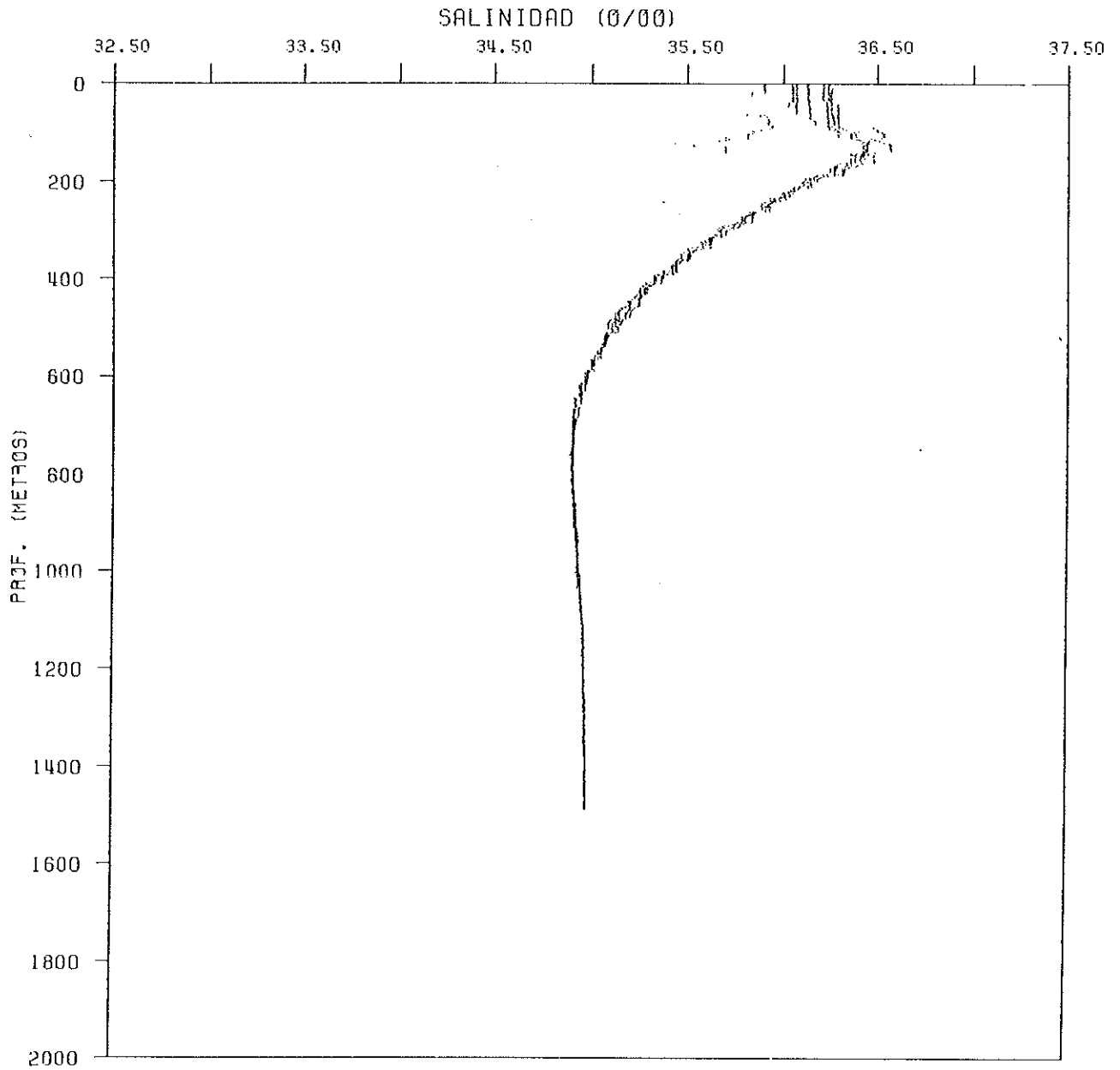


FIG. 17 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 6

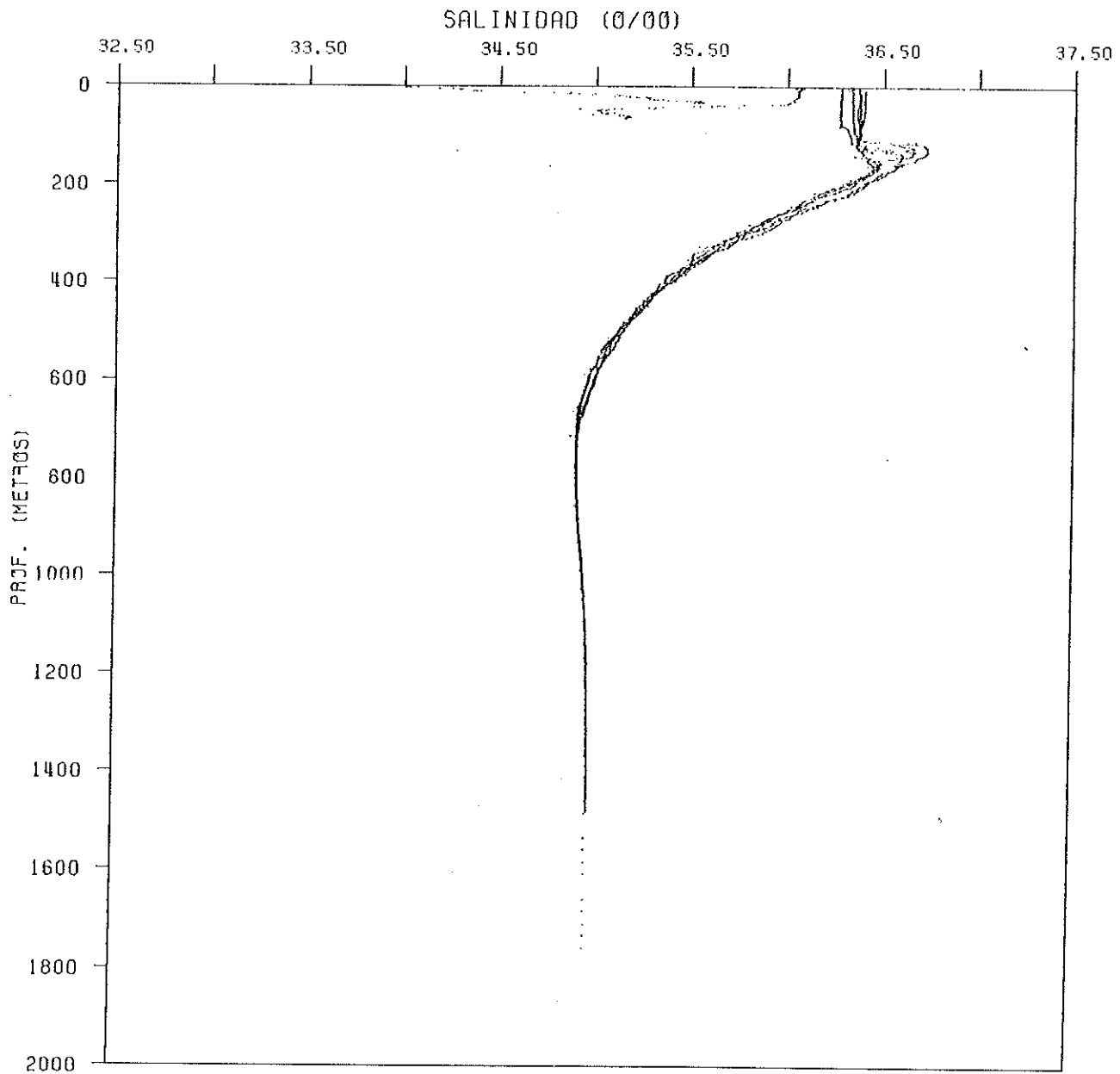


FIG.18 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 7

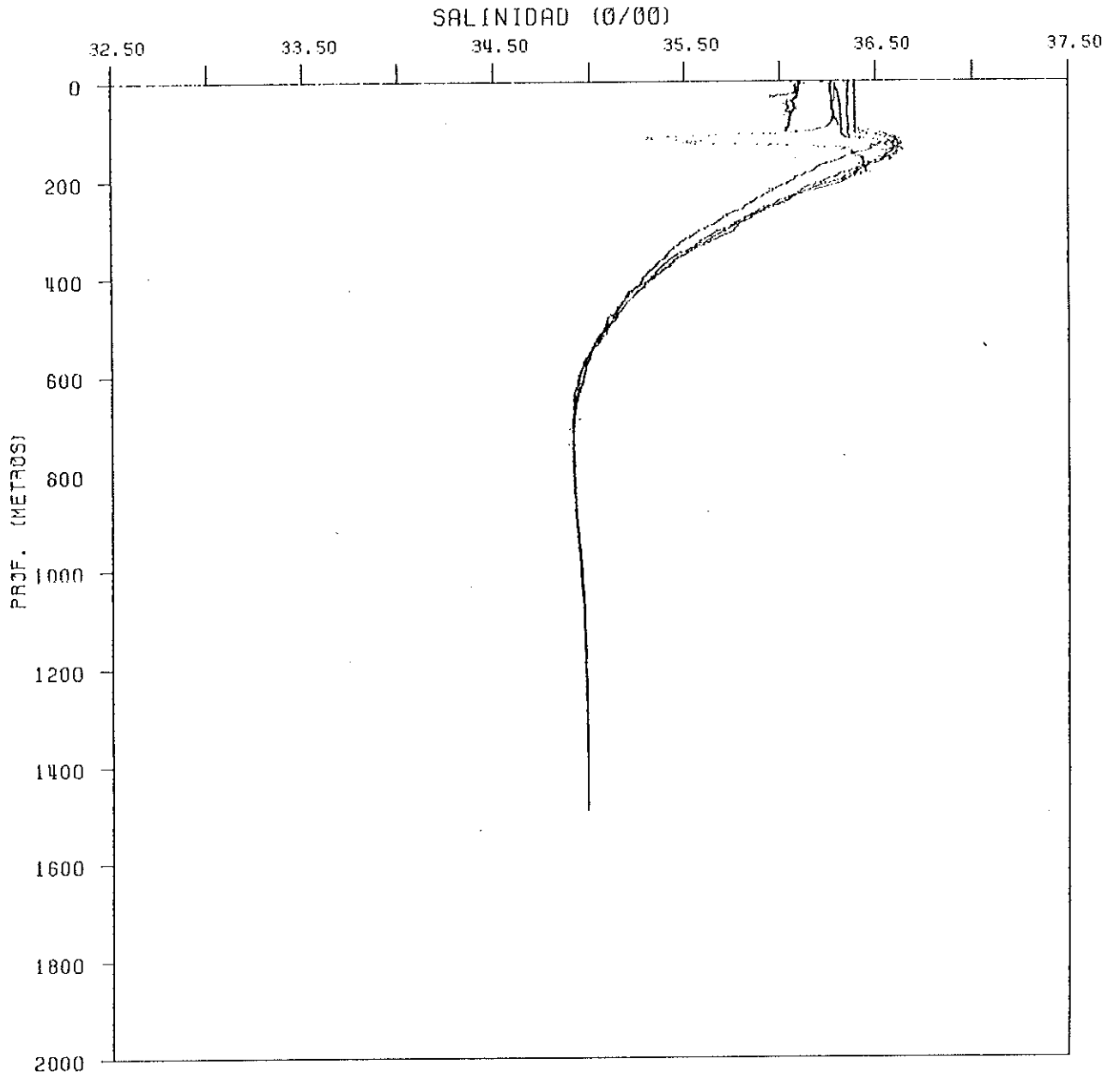


FIG.19 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 8

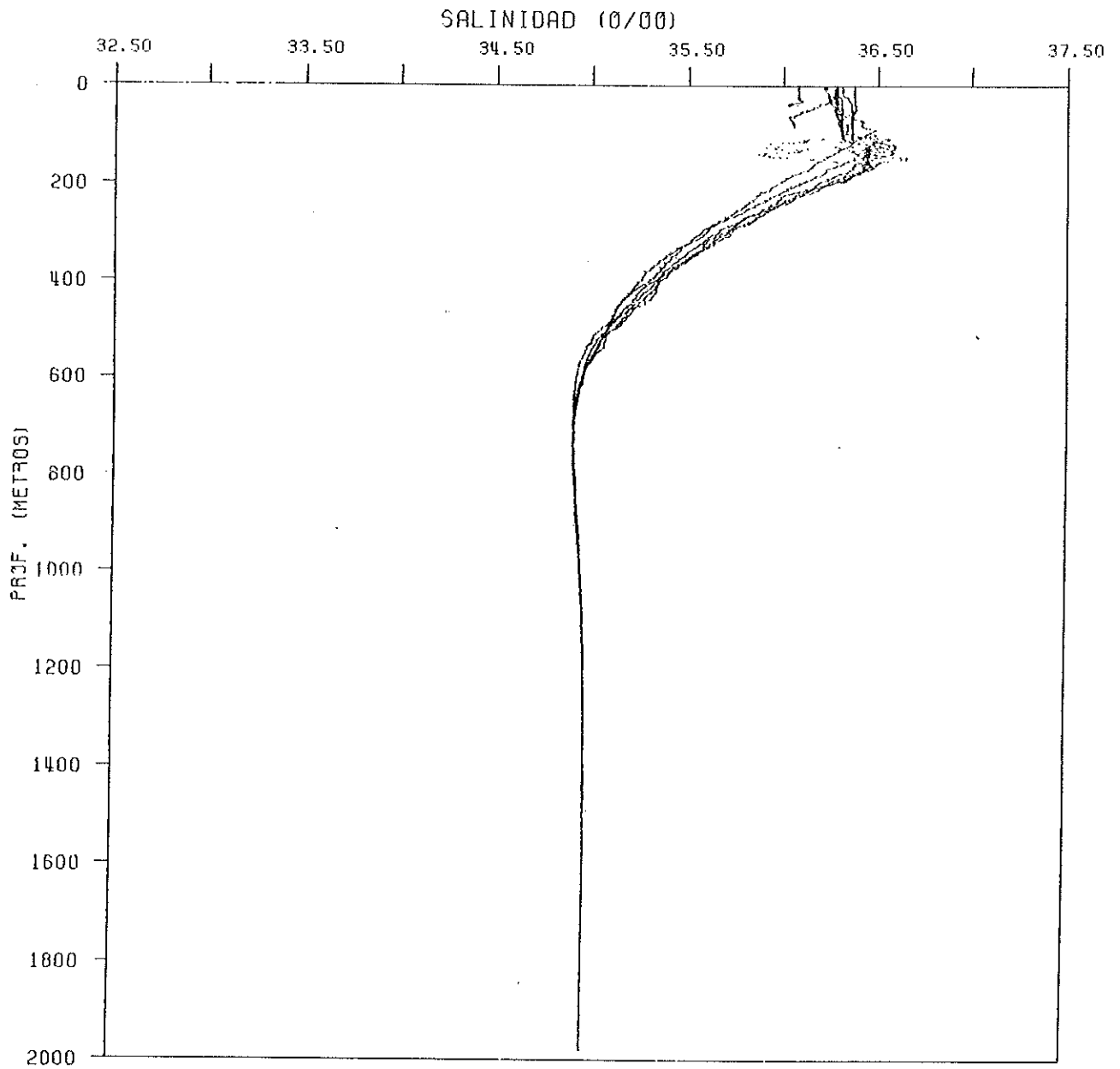


FIG. 20 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 9

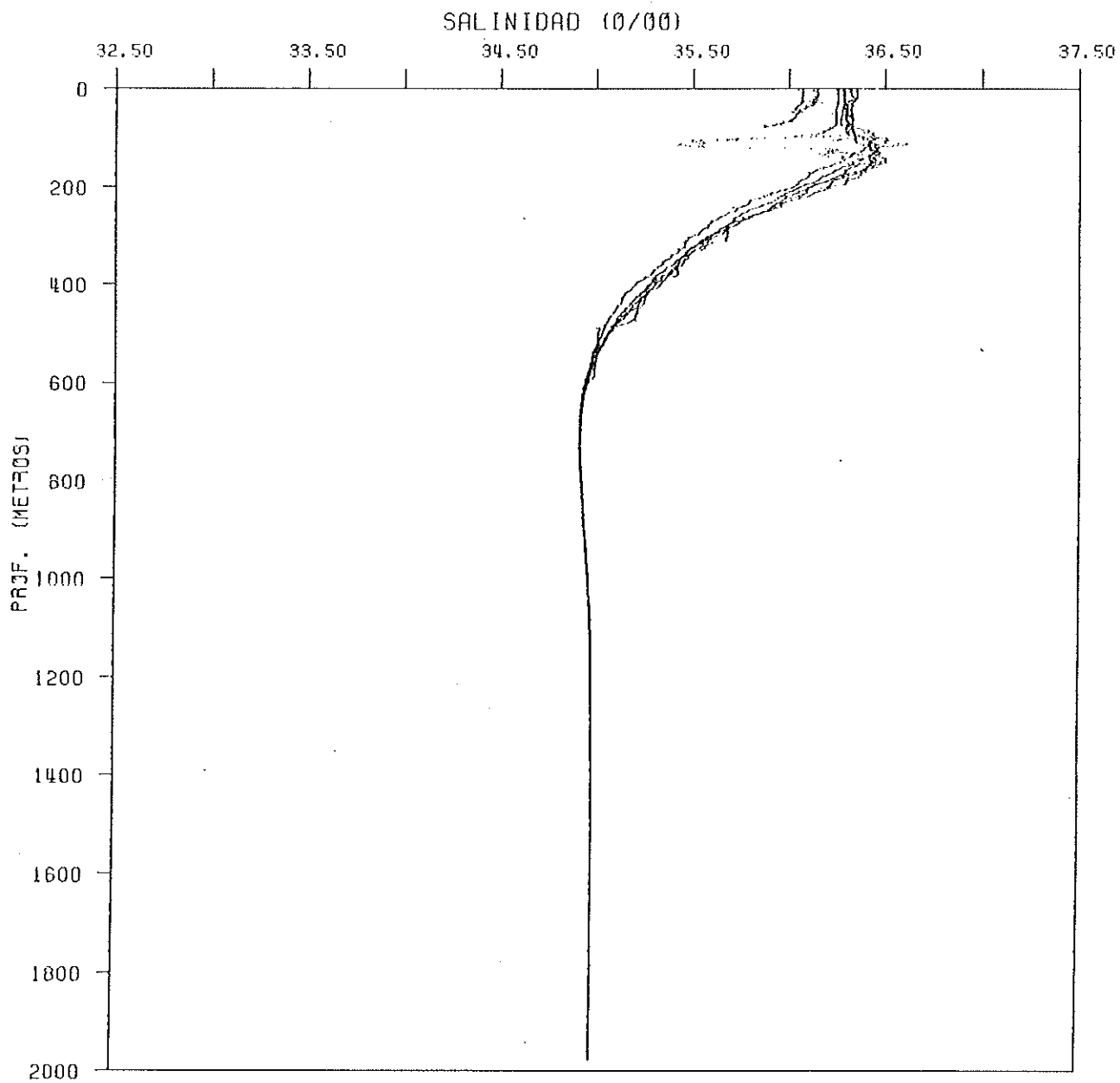


FIG. 21 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD
DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
TRANSECTO 10

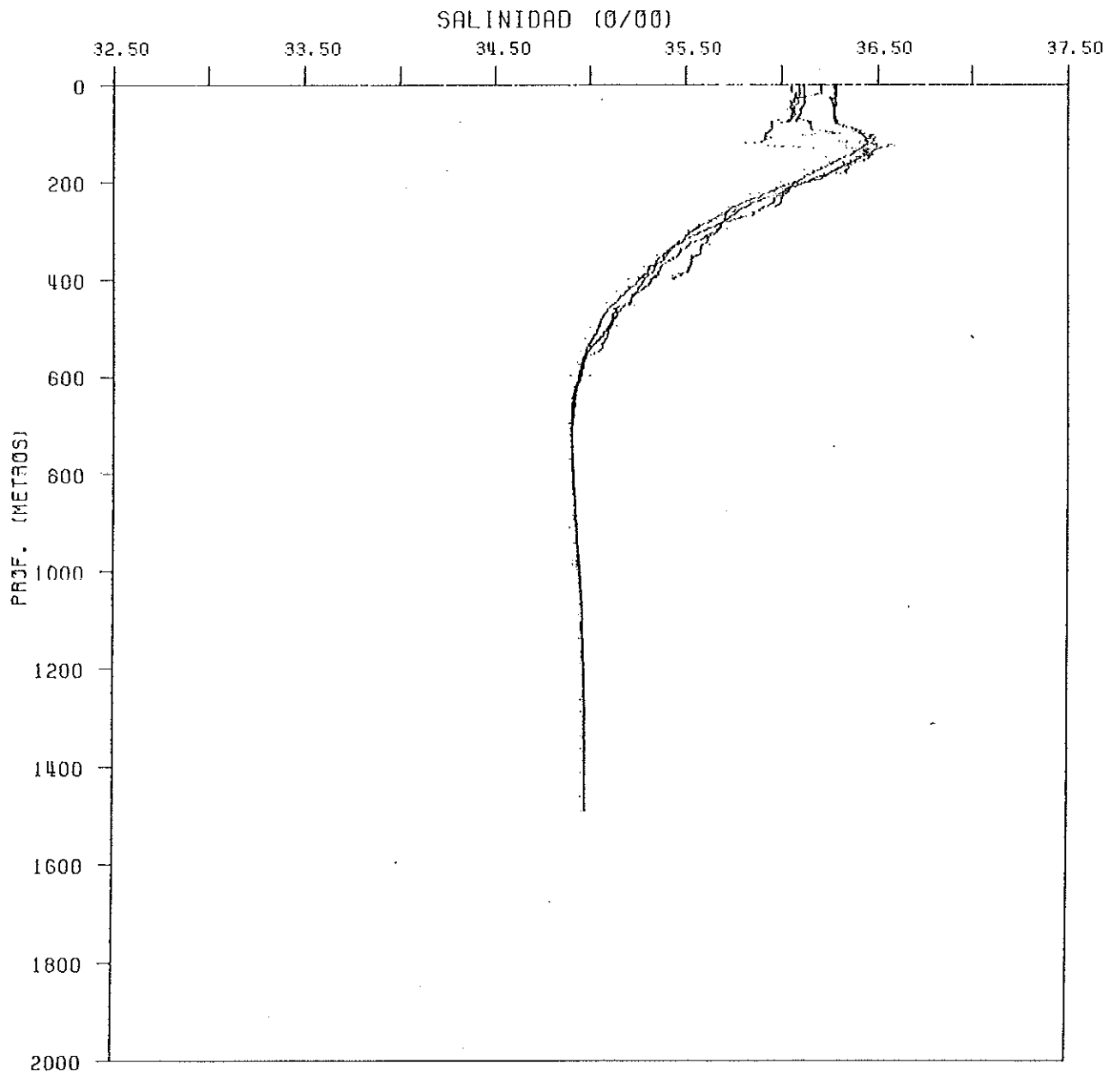


FIG. 22 DIAGRAMA DE DISPERSION DE SALINIDAD VS PROFUNDIDAD DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 11

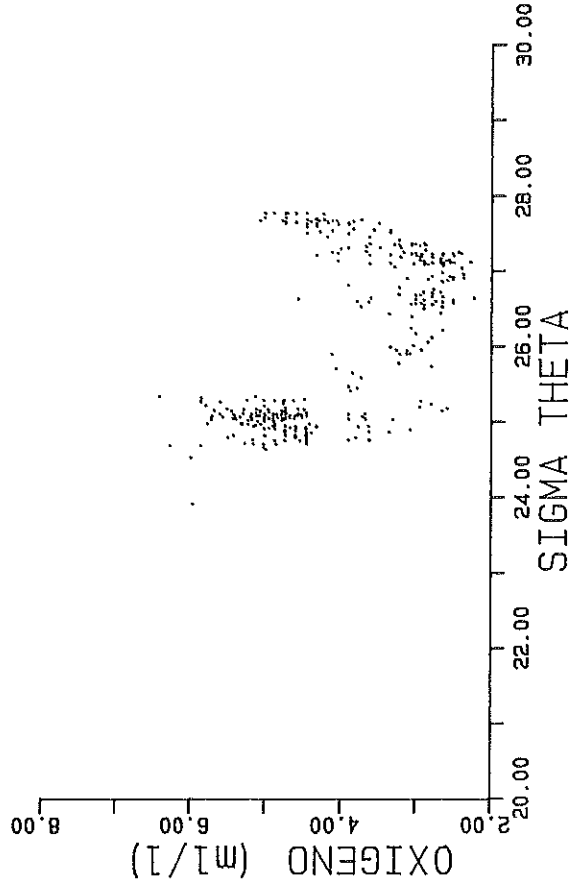


Fig. 23 Diagrama de dispersion de oxigeno vs sigma theta de todos los datos colectados de las botellas durante el crucero Argos 84-1

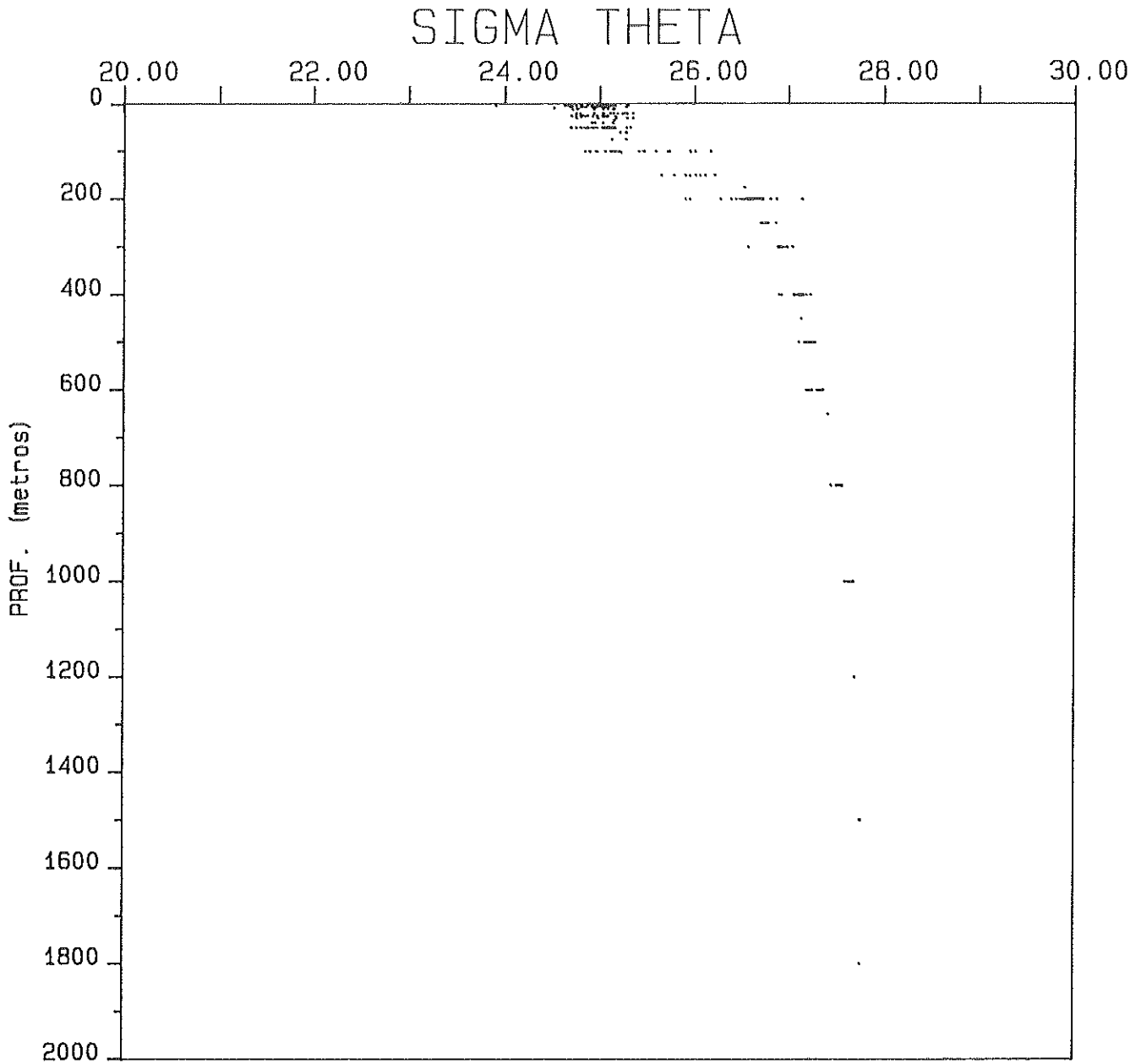
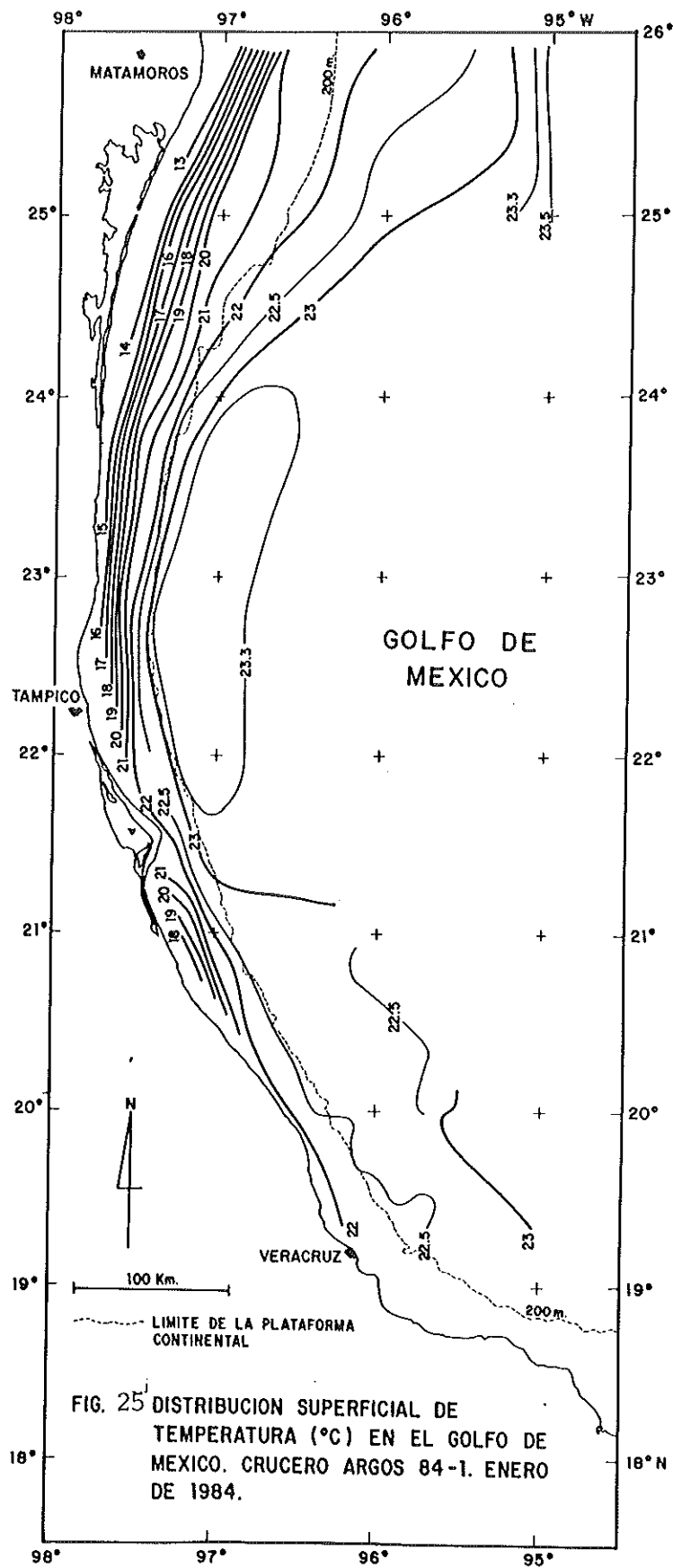
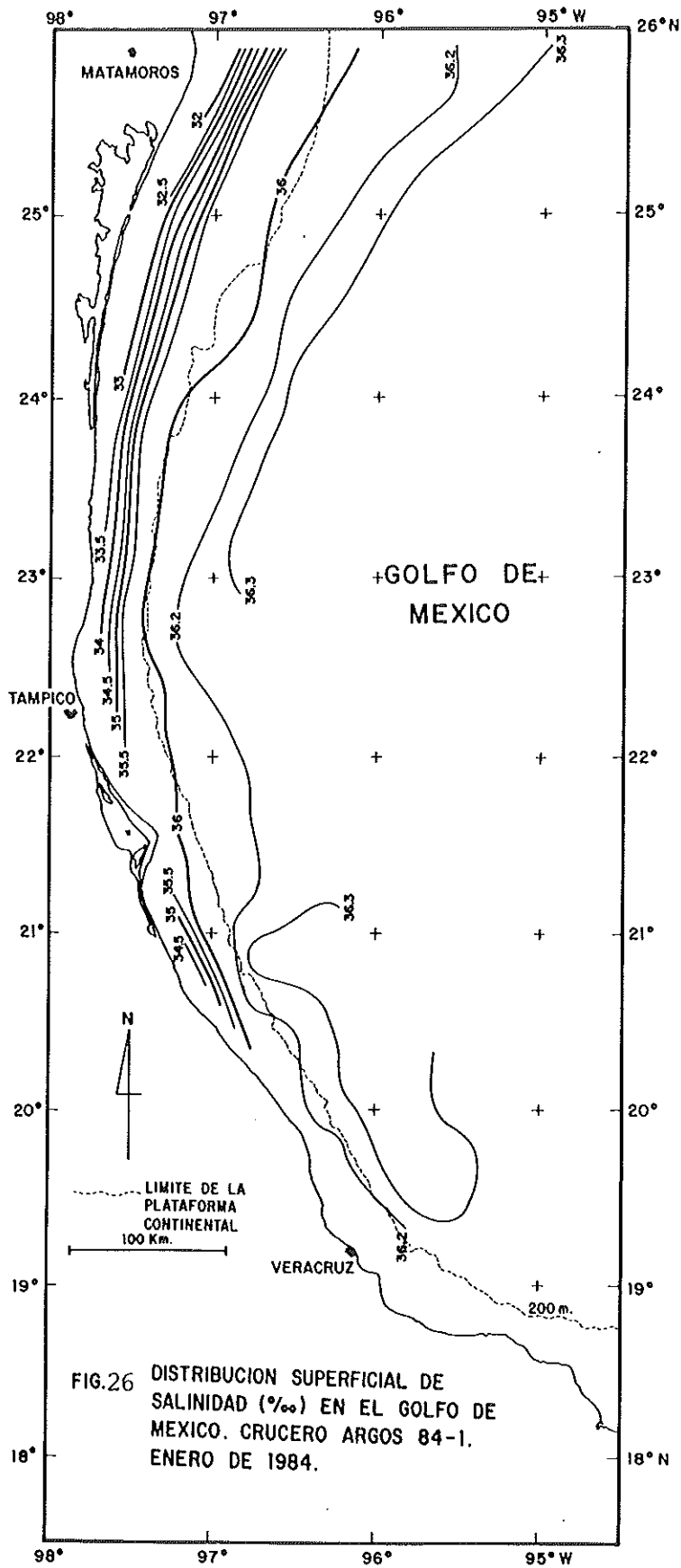


Fig. 24 Diagrama de dispersion de sigma theta versus profundidad de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1





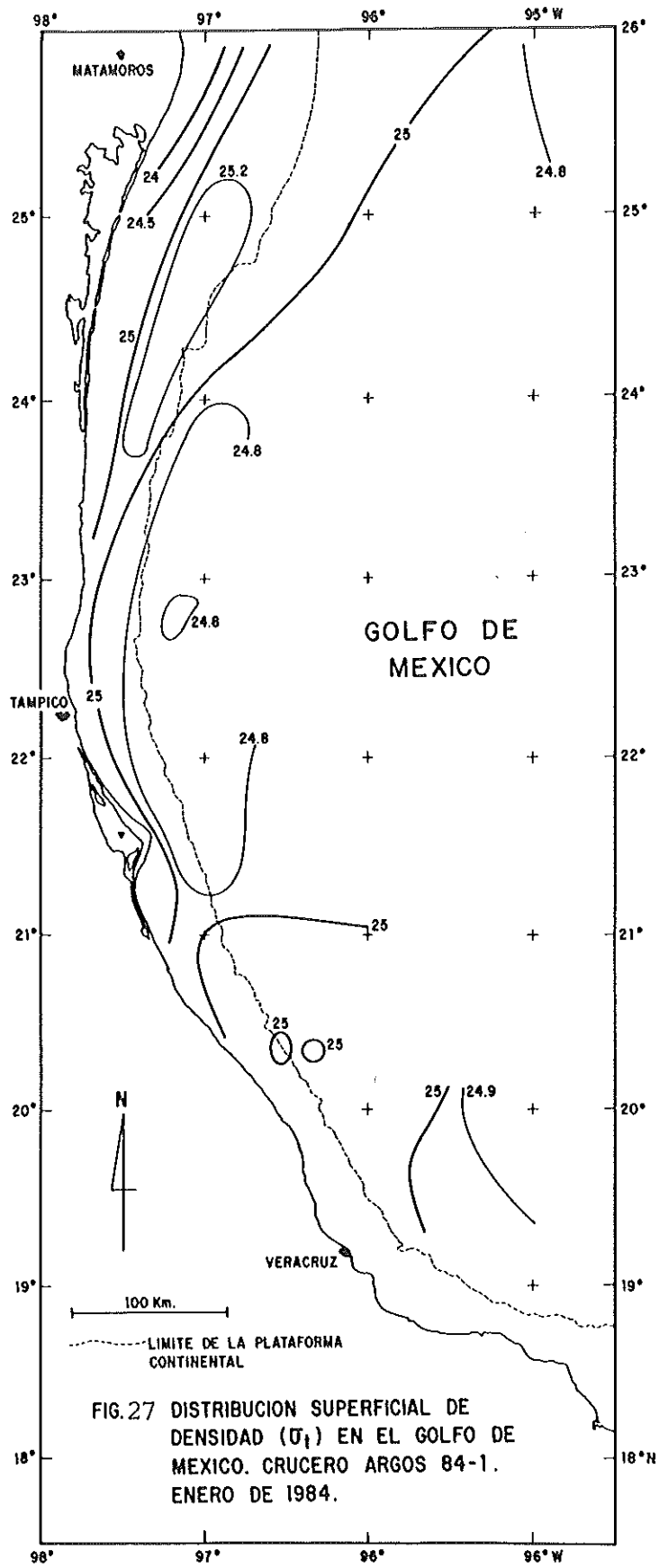


FIG.27 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE DENSIDAD (σ_t) EN EL GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS 84-1. ENERO DE 1984.

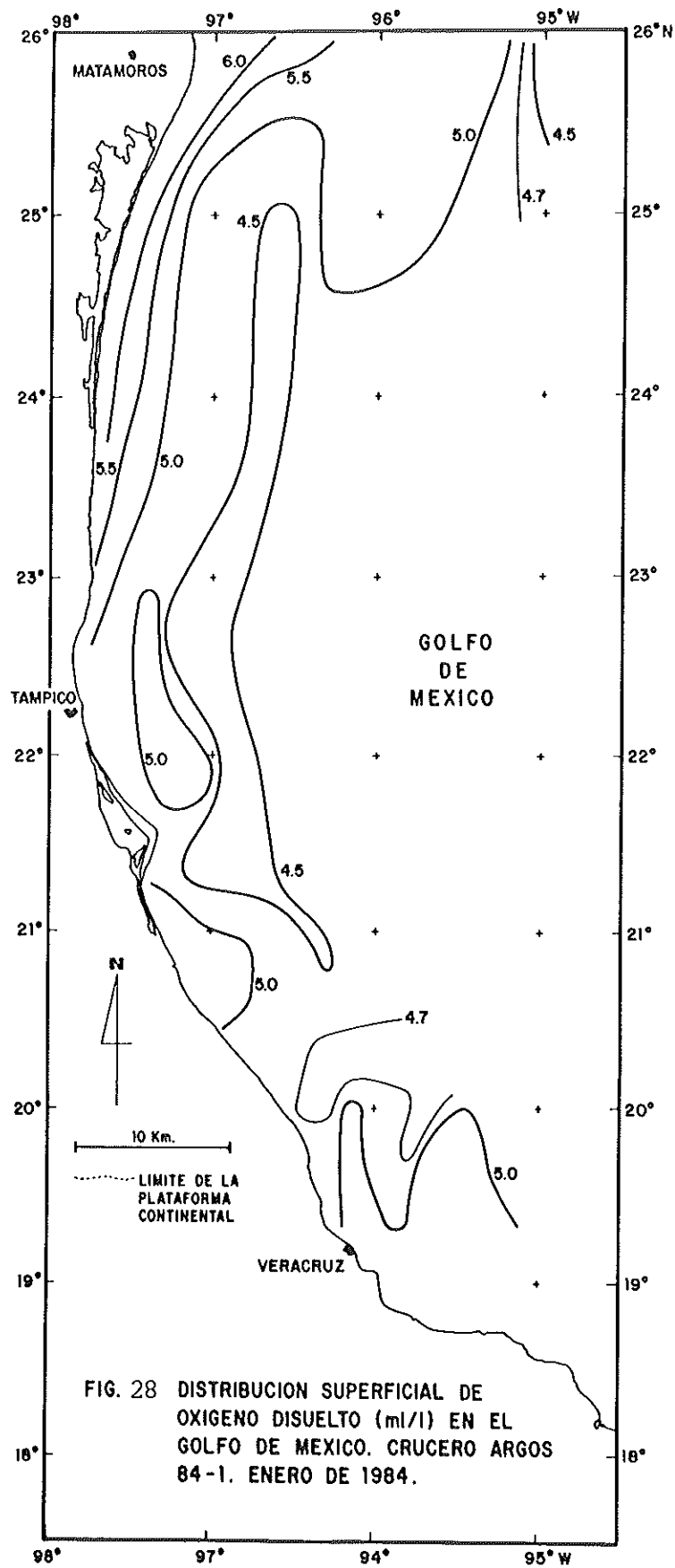


FIG. 28 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE
 OXIGENO DISUELTO (ml/l) EN EL
 GOLFO DE MEXICO. CRUCERO ARGOS
 84-1. ENERO DE 1984.

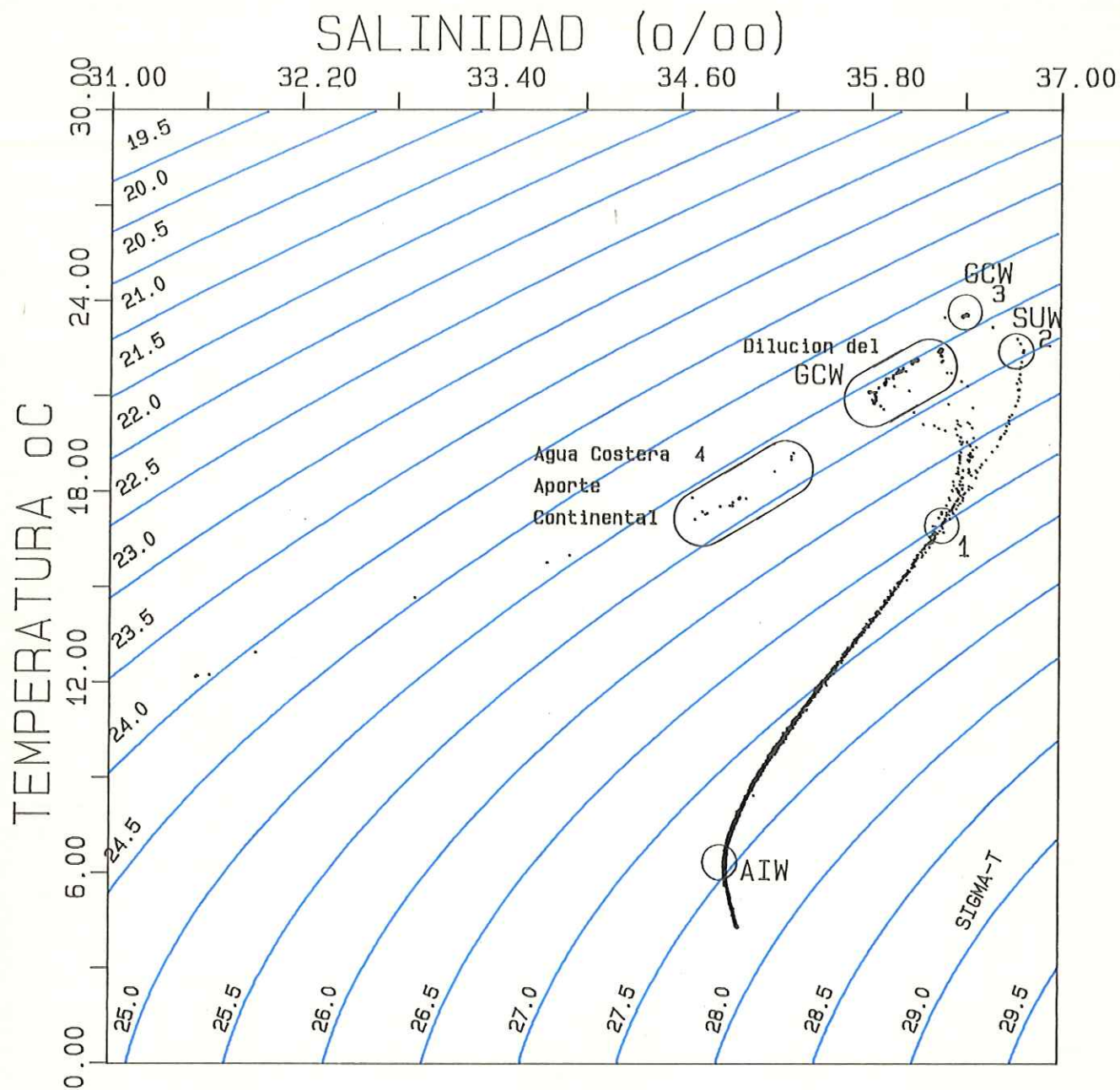


Fig.29 Diagrama de dispersion de temperatura-salinidad (T-S) de datos del CTD colectados durante el crucero Argos 84-1 Transecto 1

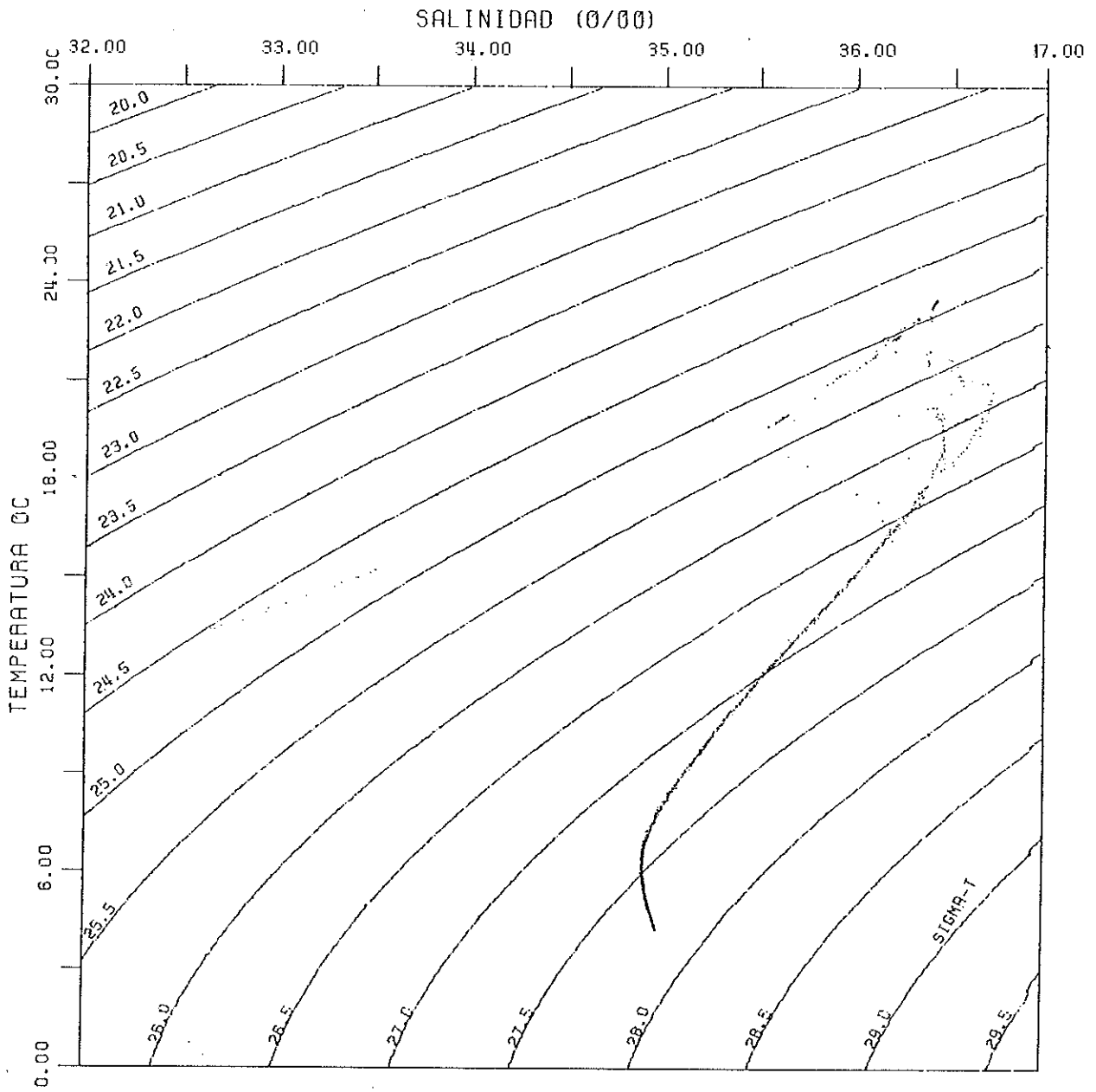


FIG. 30 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S) DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1 TRANSECTO 2

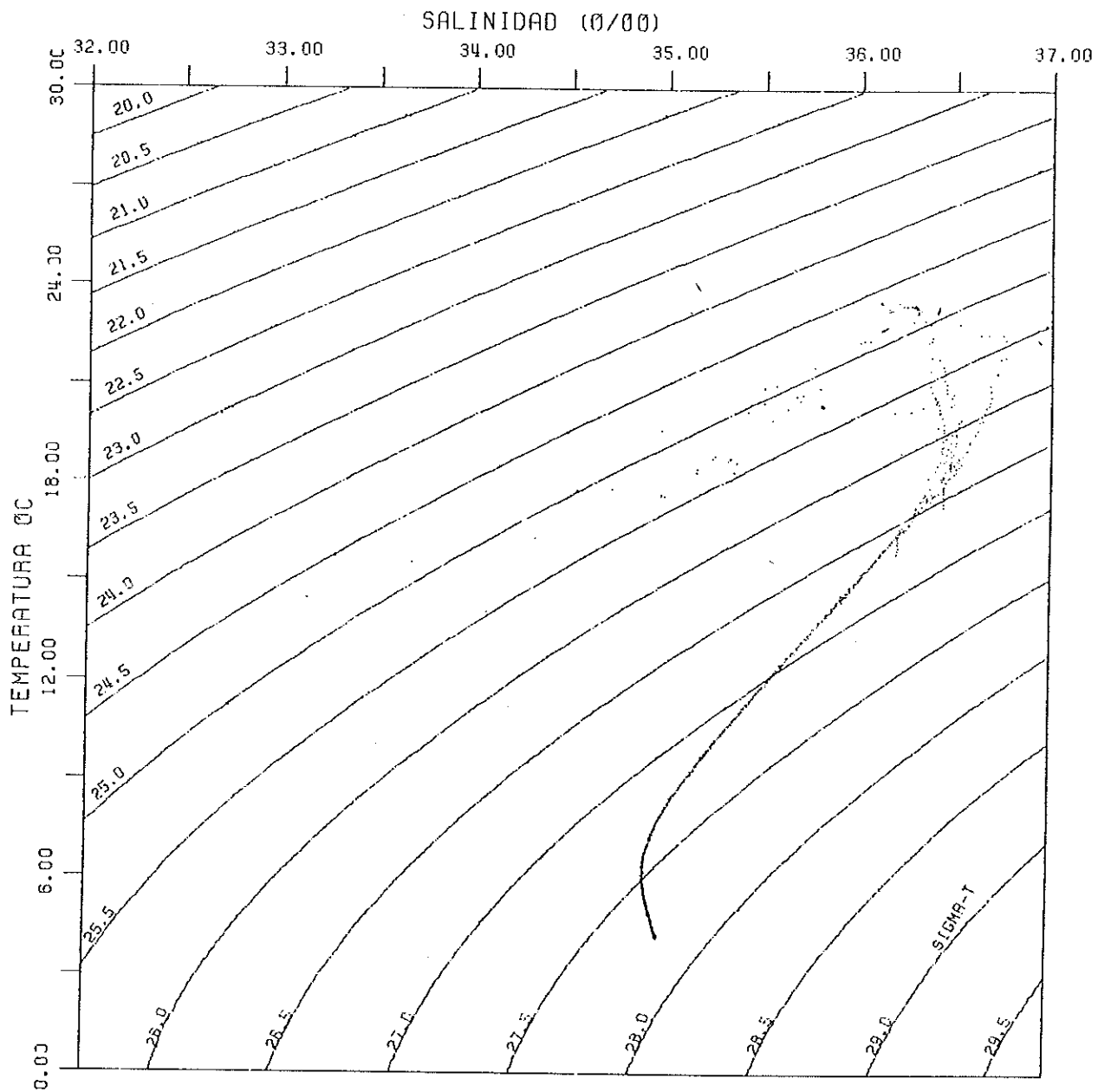


FIG. 31 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 3

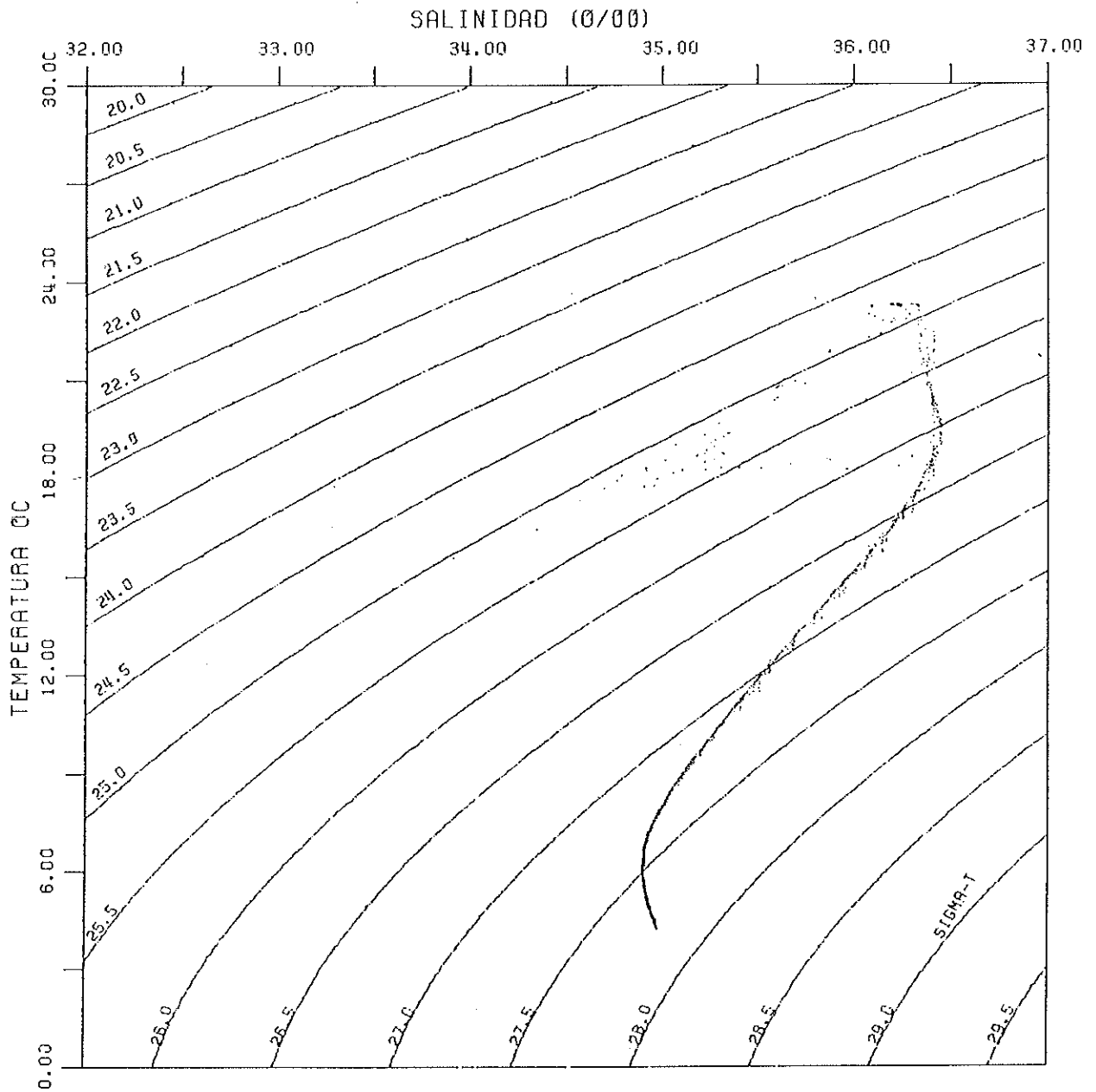


FIG. 32 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 4

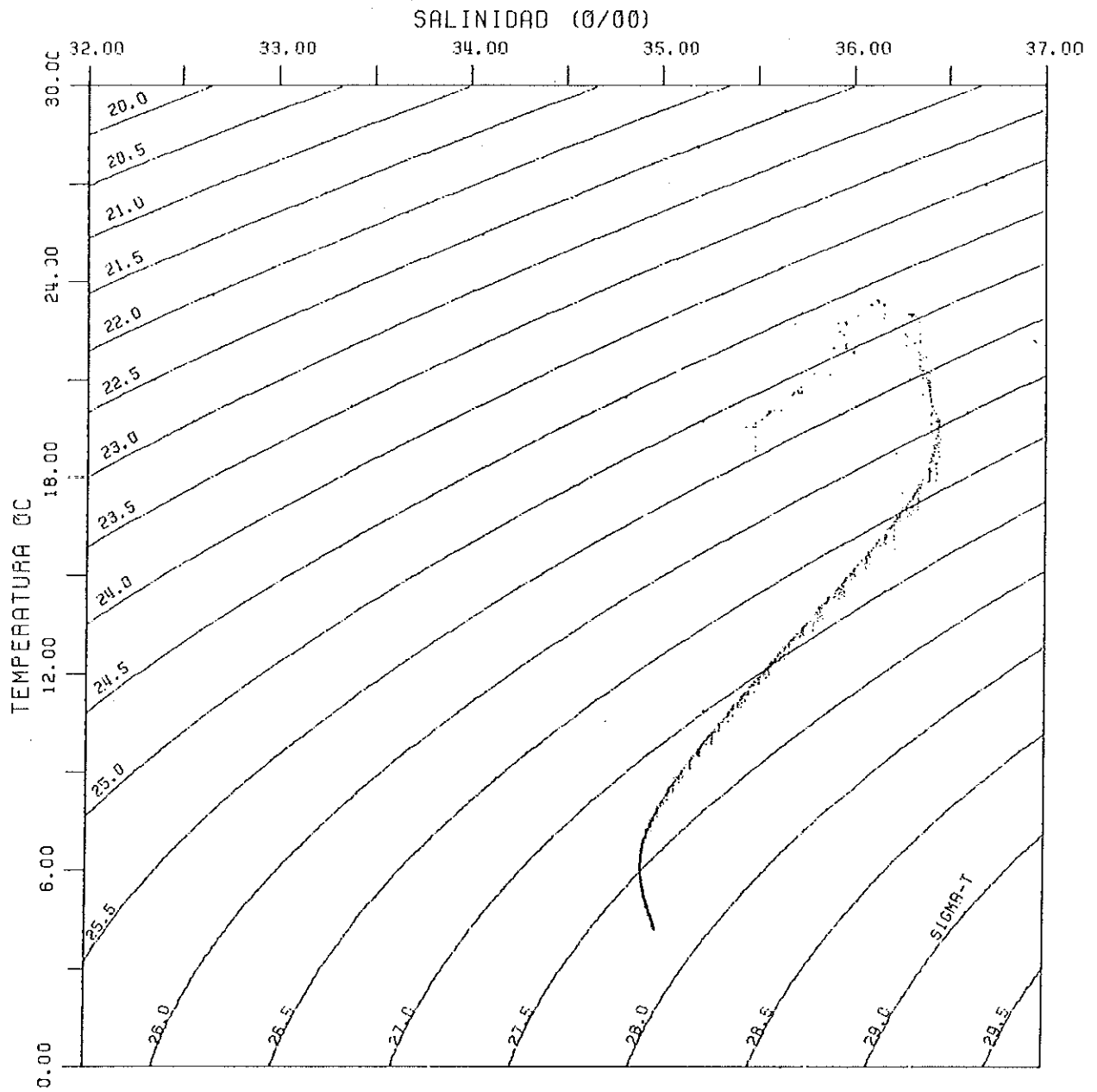


FIG. 33 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCEO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 5

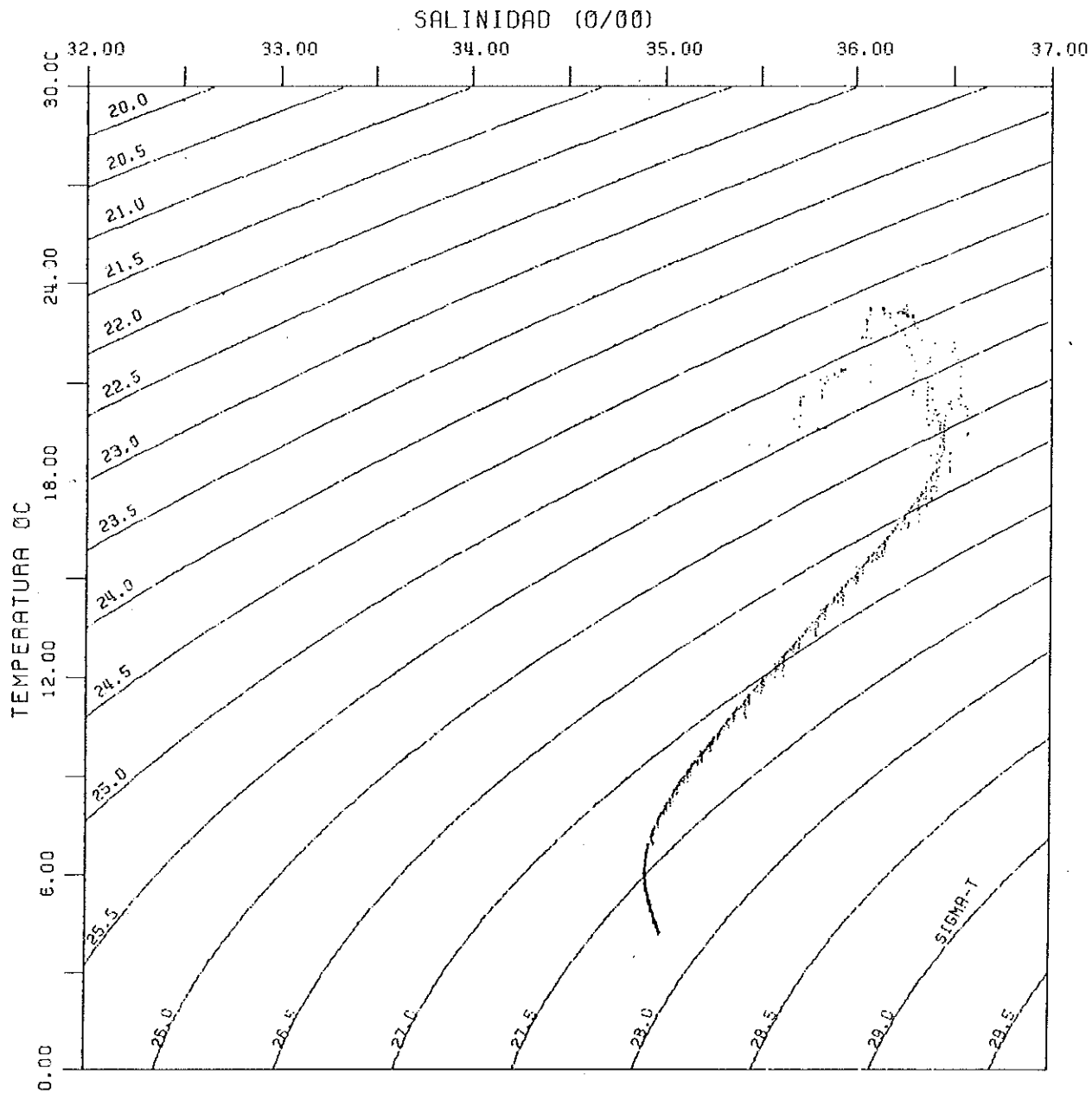


FIG. 34 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 6

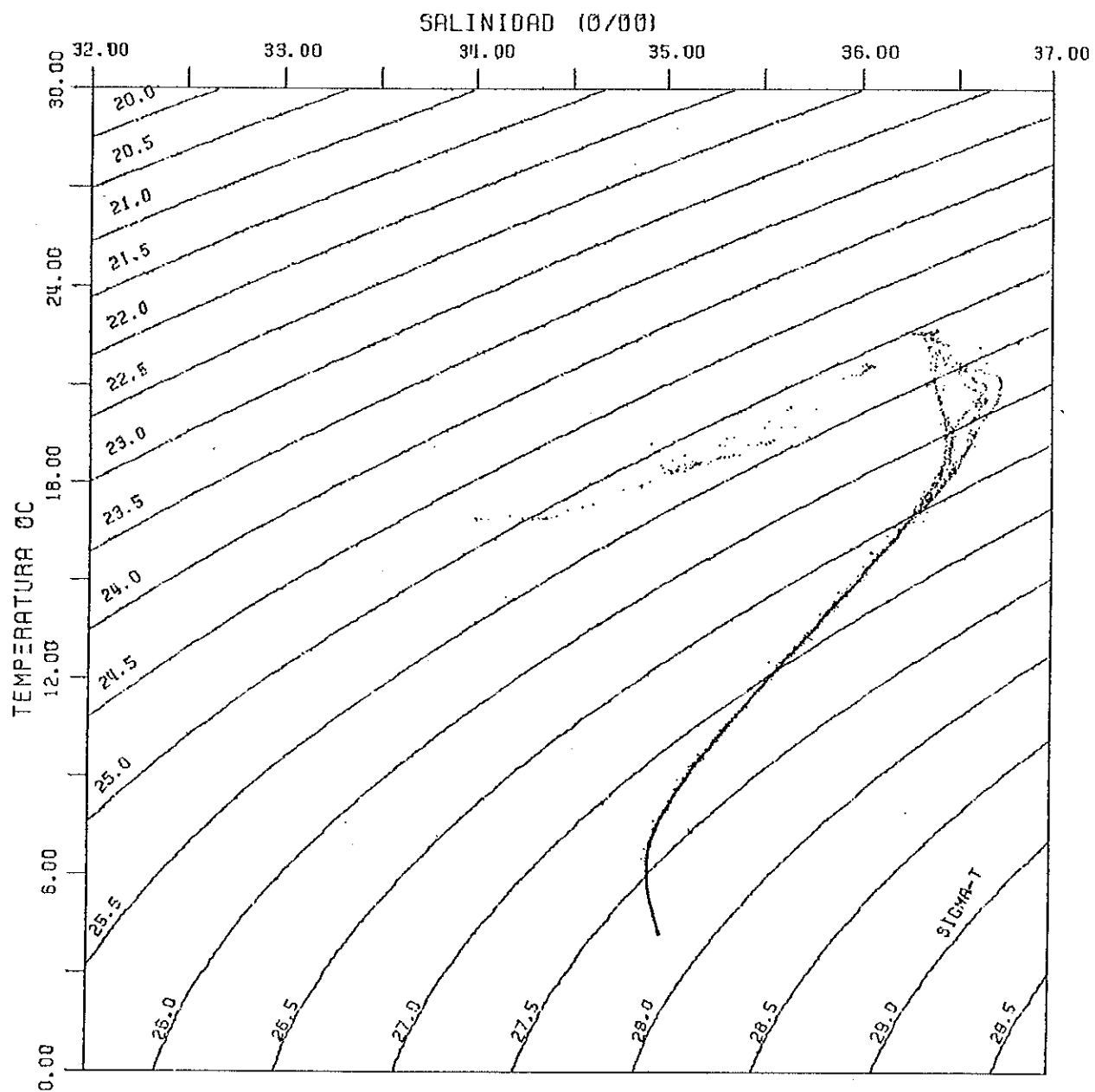


FIG. 35 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 8
 TRANSECTO 7

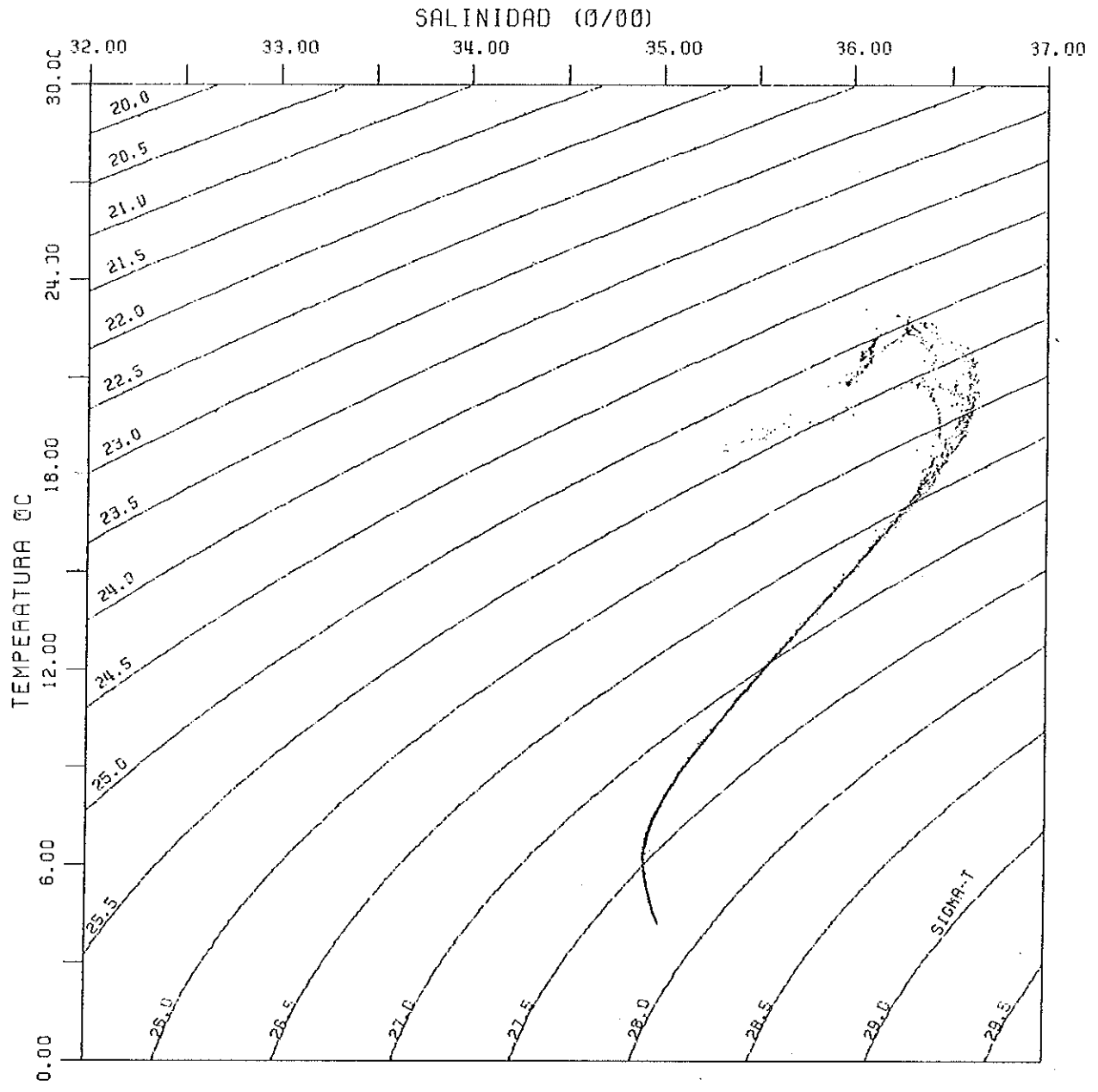


FIG. 36 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 8

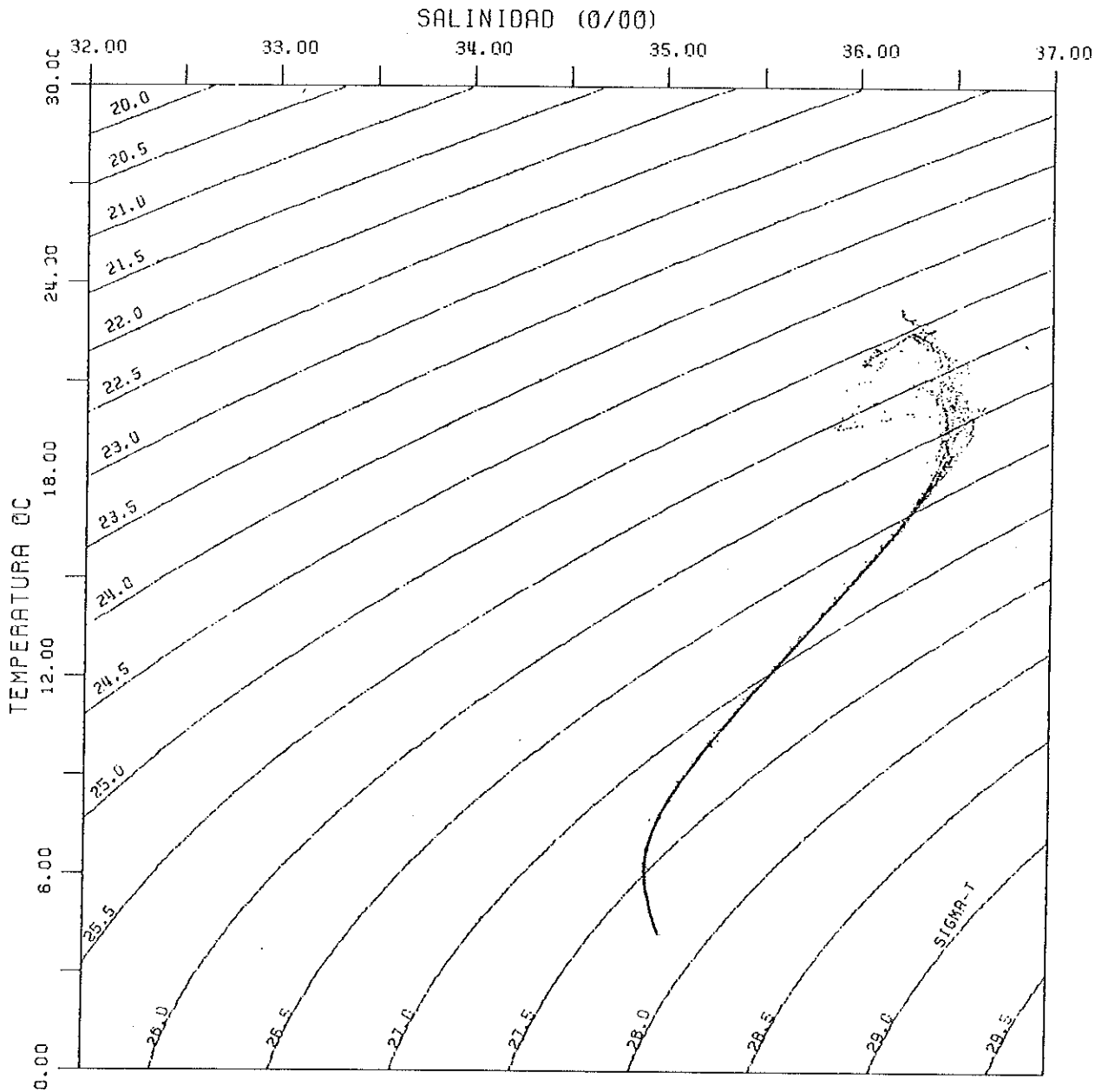


FIG.37 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 9

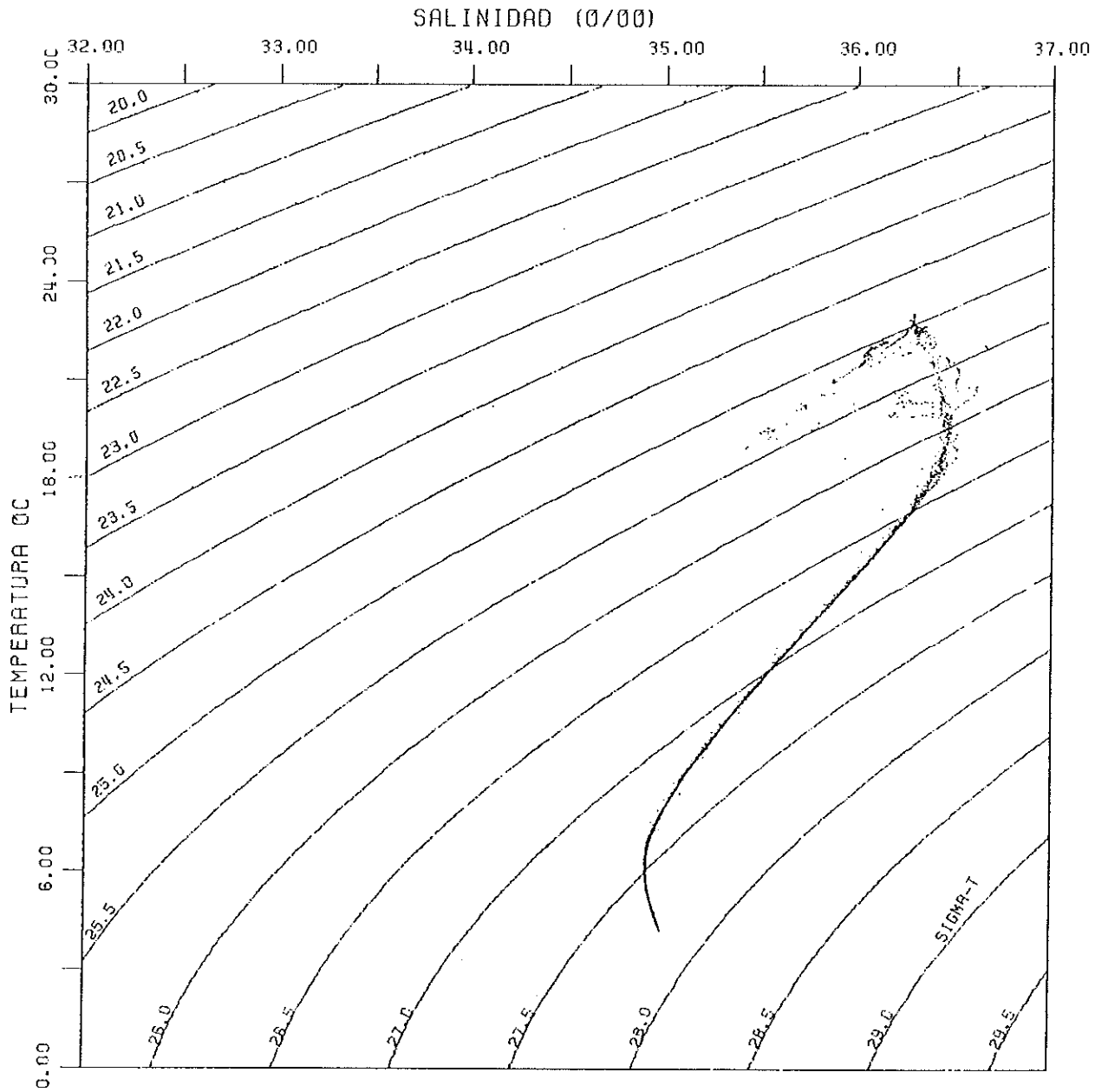


FIG.38 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 10

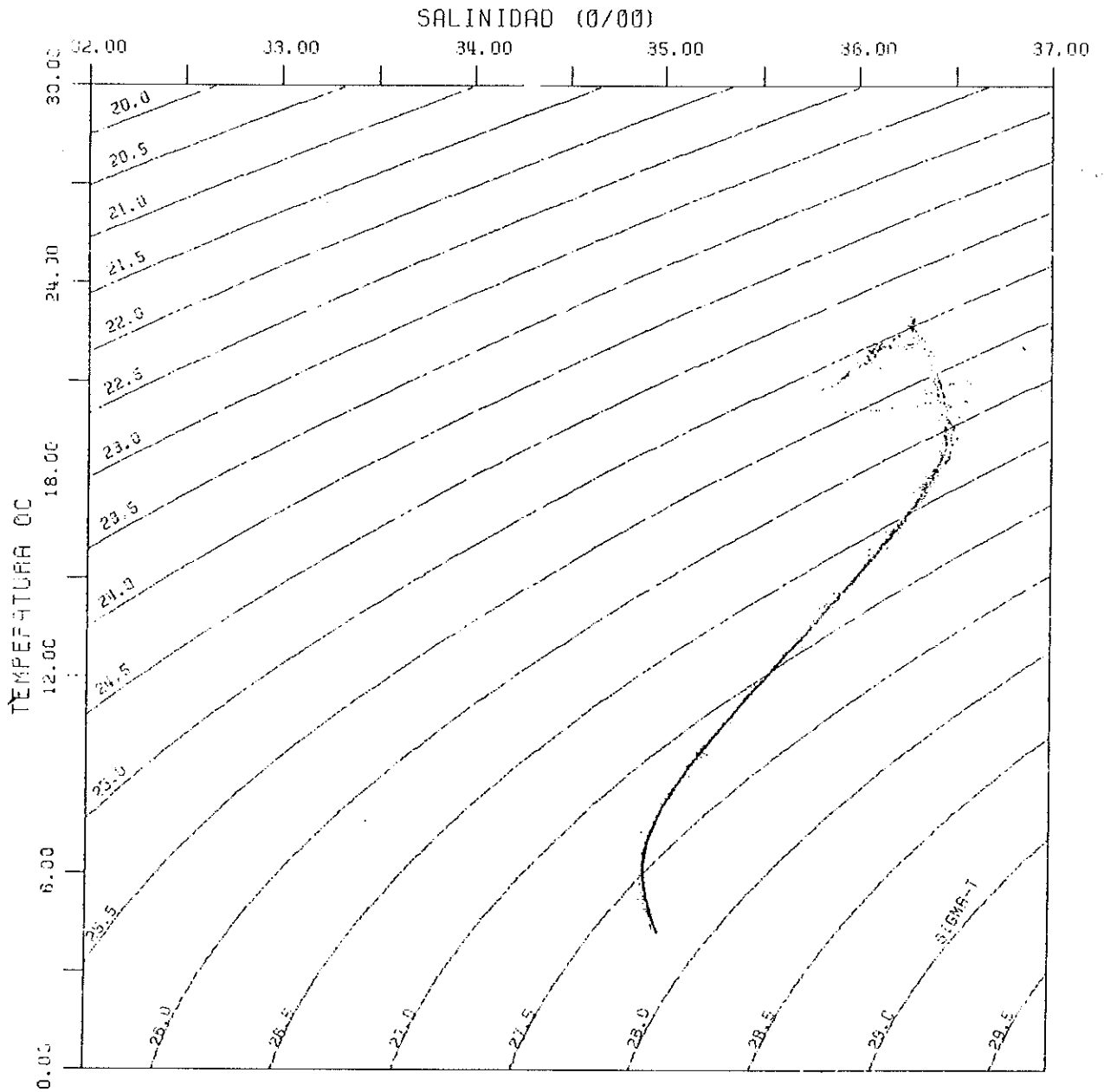


FIG.39 DIAGRAMA DE DISPERSION DE TEMPERATURA-SALINIDAD (T-S)
 DE DATOS DEL CTD COLECTADOS DURANTE EL CRUCERO ARGOS 84-1
 TRANSECTO 11

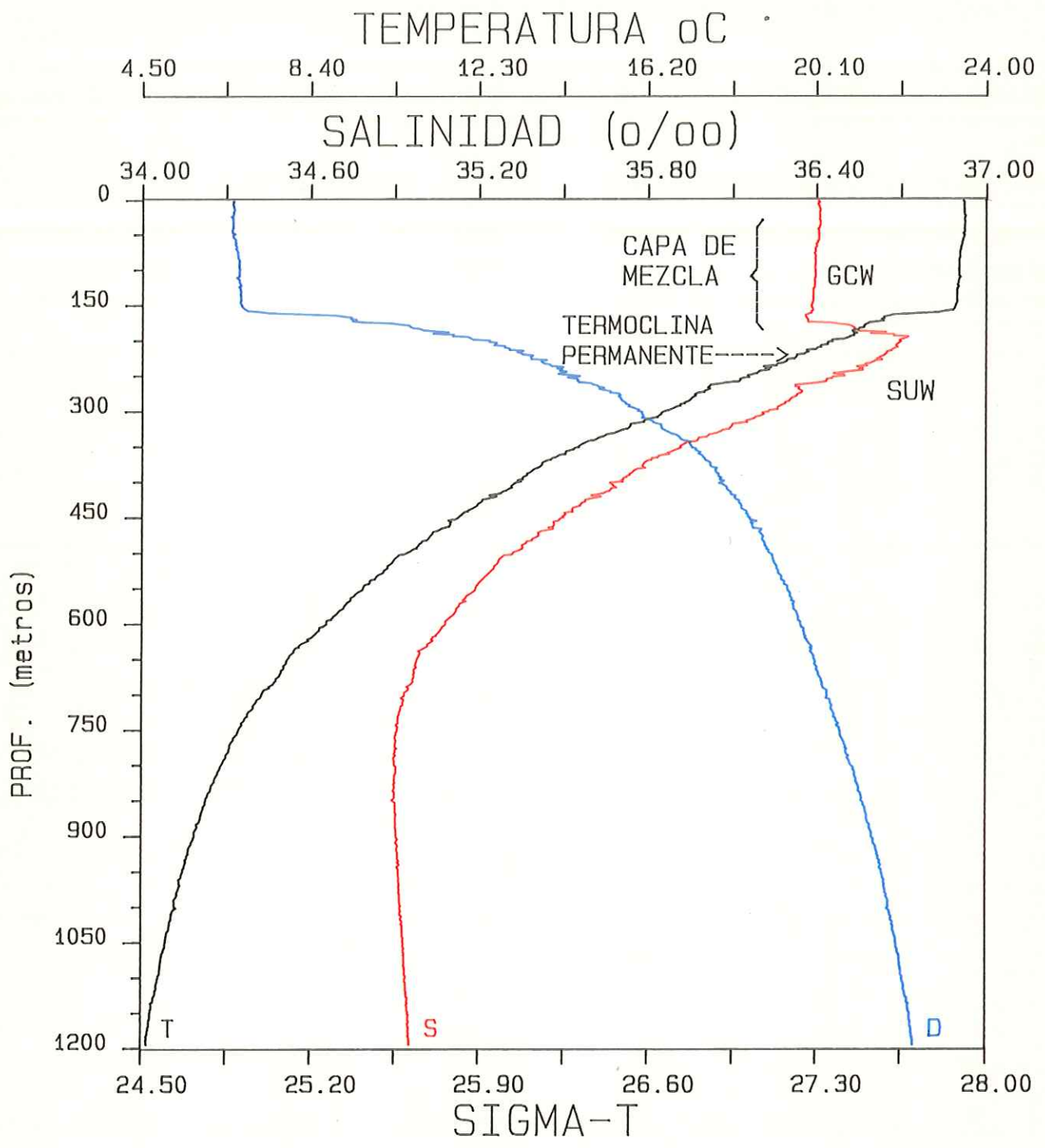


Fig.40 Distribucion vertical de temperatura, salinidad y sigma-t en el Golfo de Mexico.

CRUCERO ARGOS 84-01

ESTACION 07	FECHA (DMA) 100184	HORA 05:54
LAT. 24 59.0 N	LONG. 095 00.0 W	PROF. 1250 M.
T=TEMPERATURA	S=SALINIDAD	D=SIGMA-T

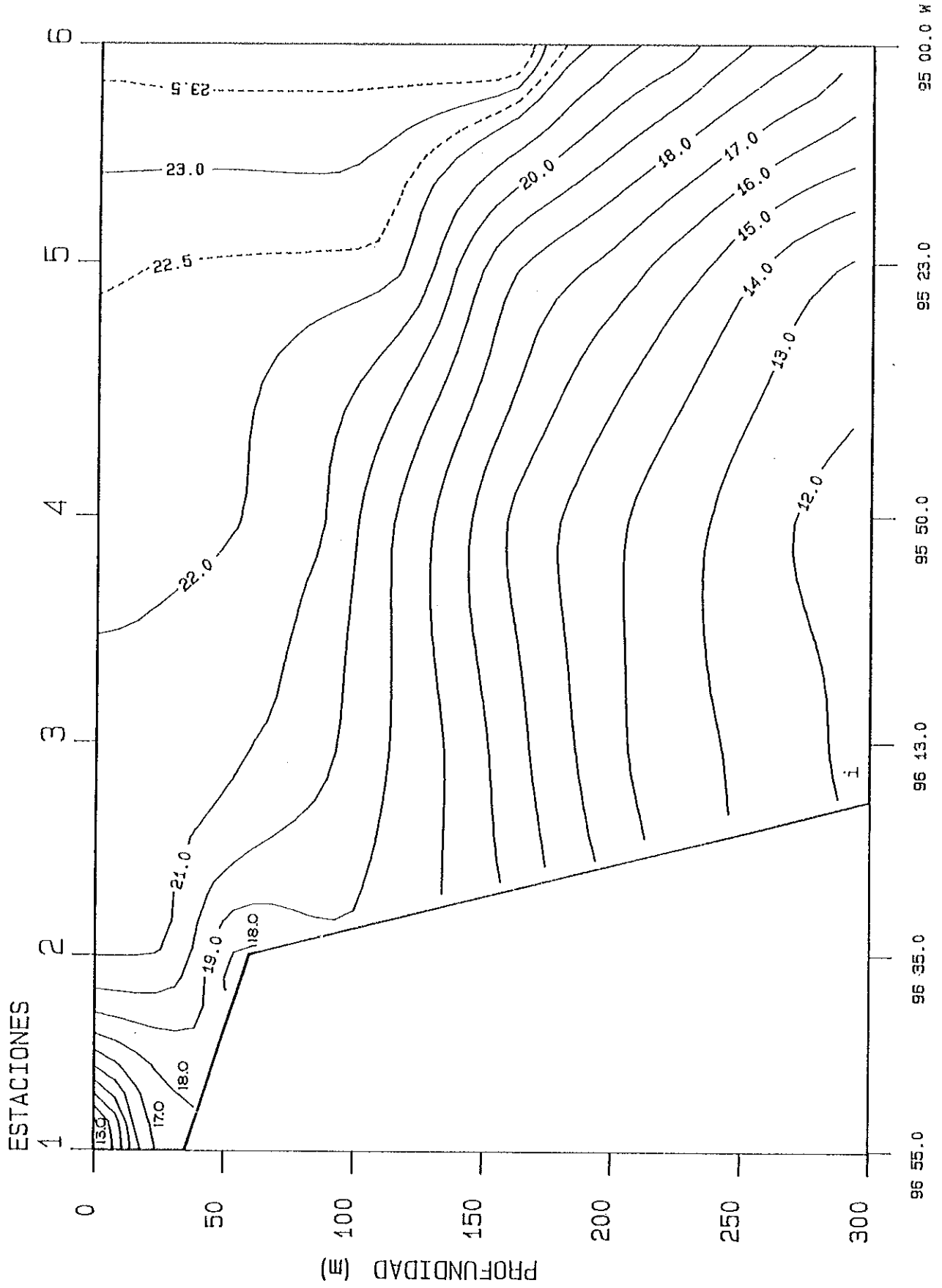


Fig.41 Transecto 1. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 25 55.0

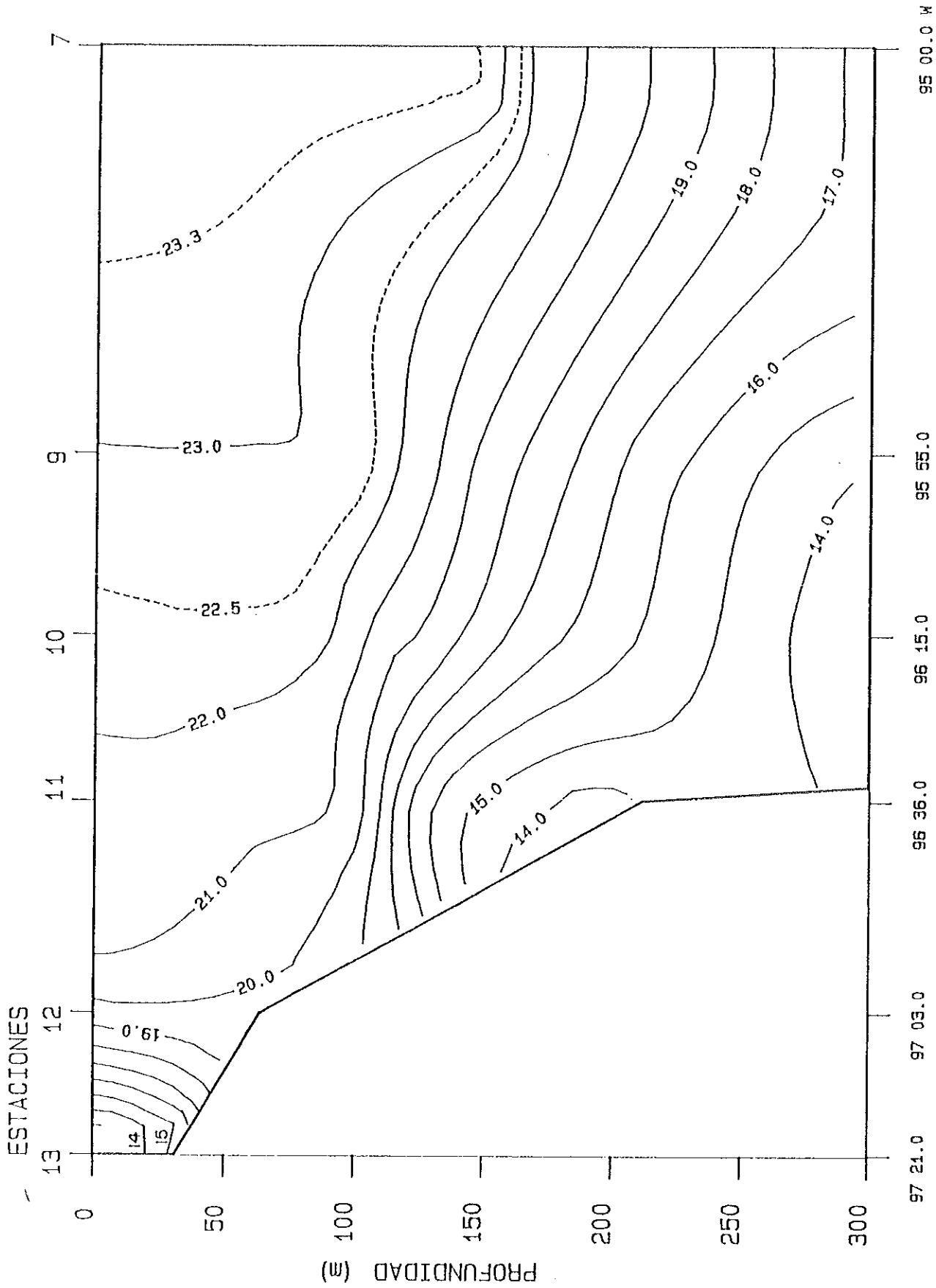


Fig.42 Transecto 2. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 25 00.0 N.

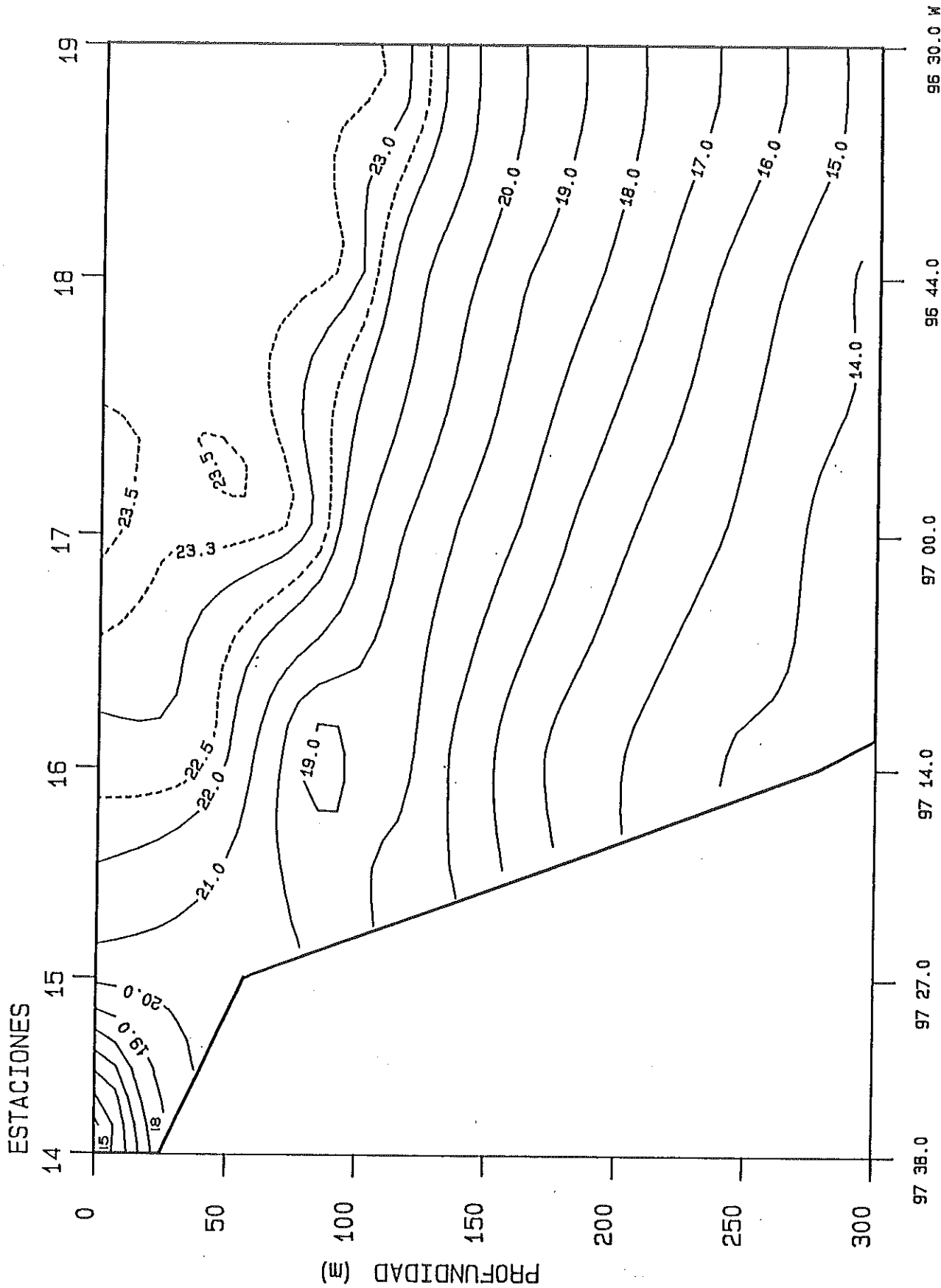


Fig. 43 | Transecto 3. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 23 46.0 N.

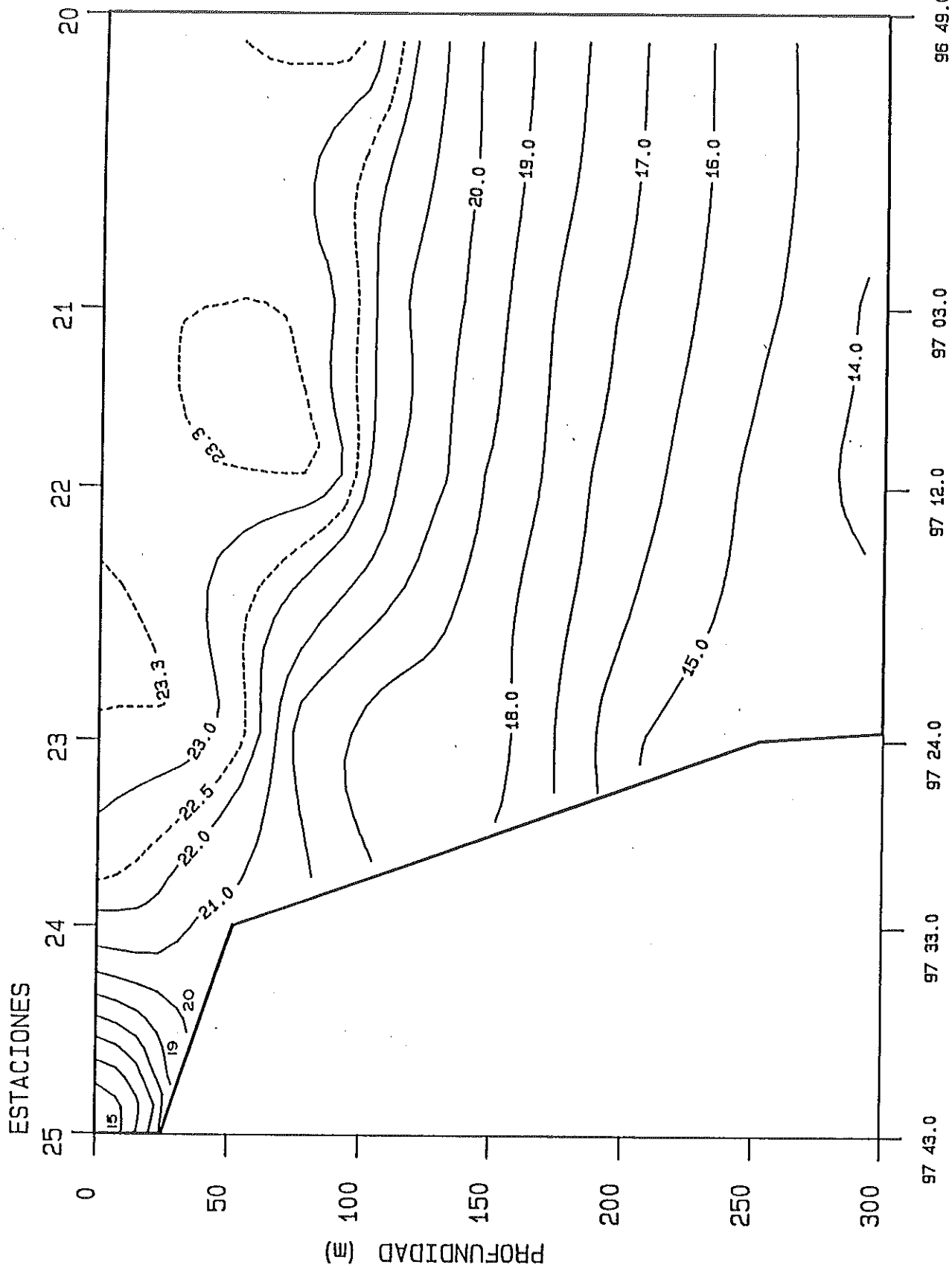


Fig. 44) Transecto 4. Crucero Argos 84-1 Golfo de México.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 22 45.0 N.

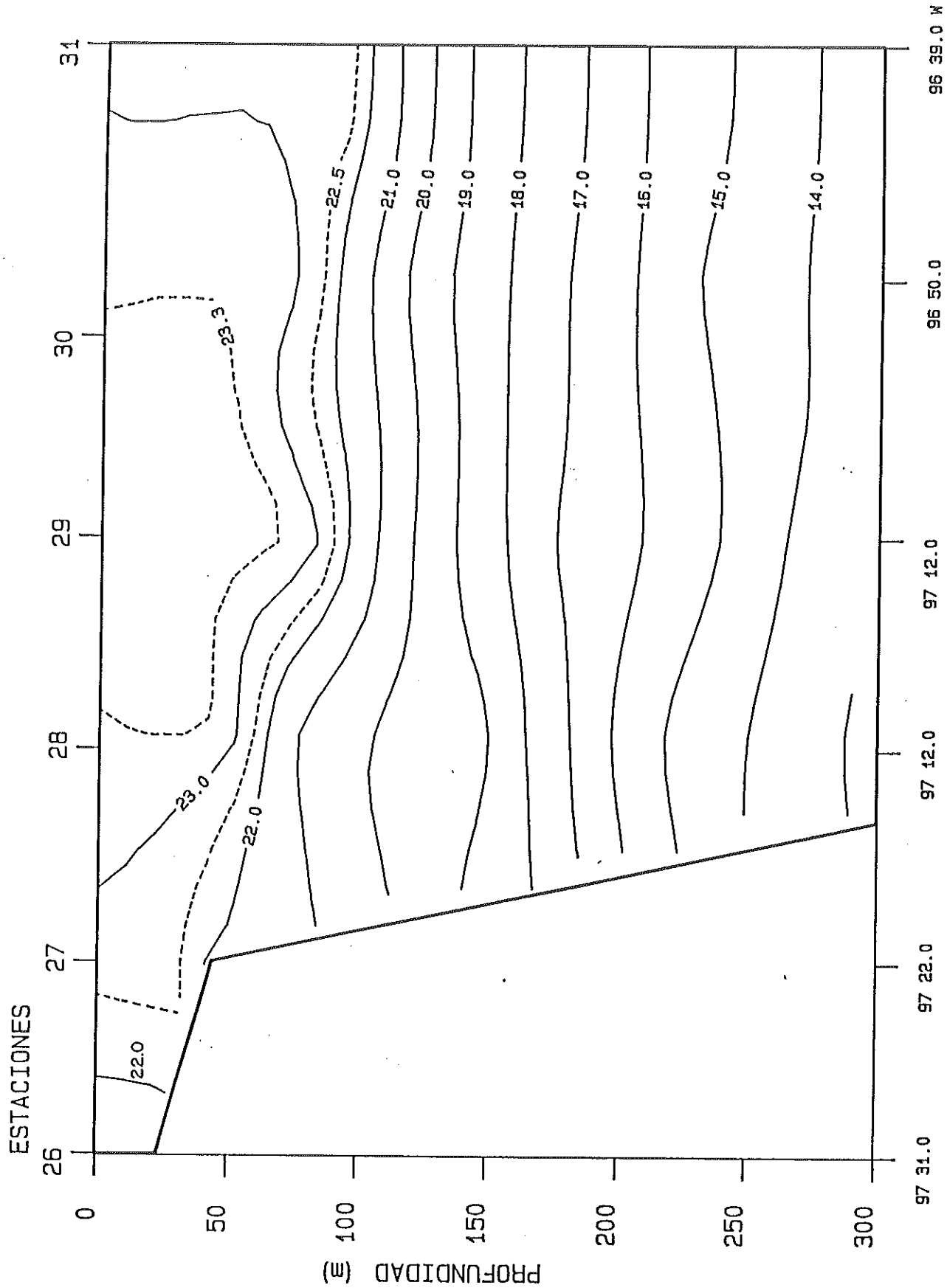


Fig. 45 Transecto 5. Crucero Argos 84-1 Golfo de México.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 21 50.0 N.

97 31.0 97 22.0 97 12.0 96 50.0 96 39.0 W

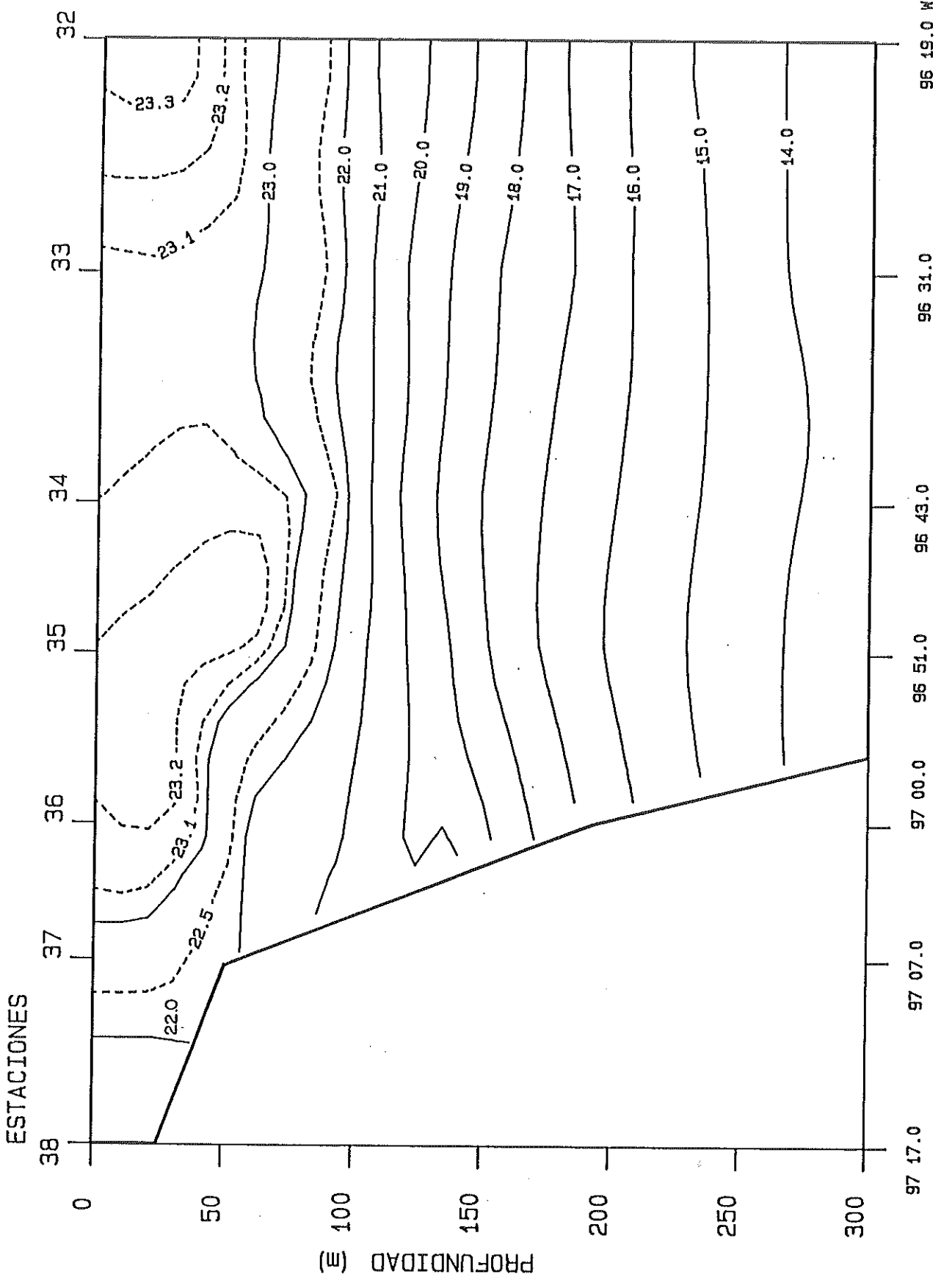


Fig. 46 Transecto 6. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 21 20.0 N.

97 17.0 97 07.0 97 00.0 96 51.0 96 43.0 96 31.0 96 19.0 W

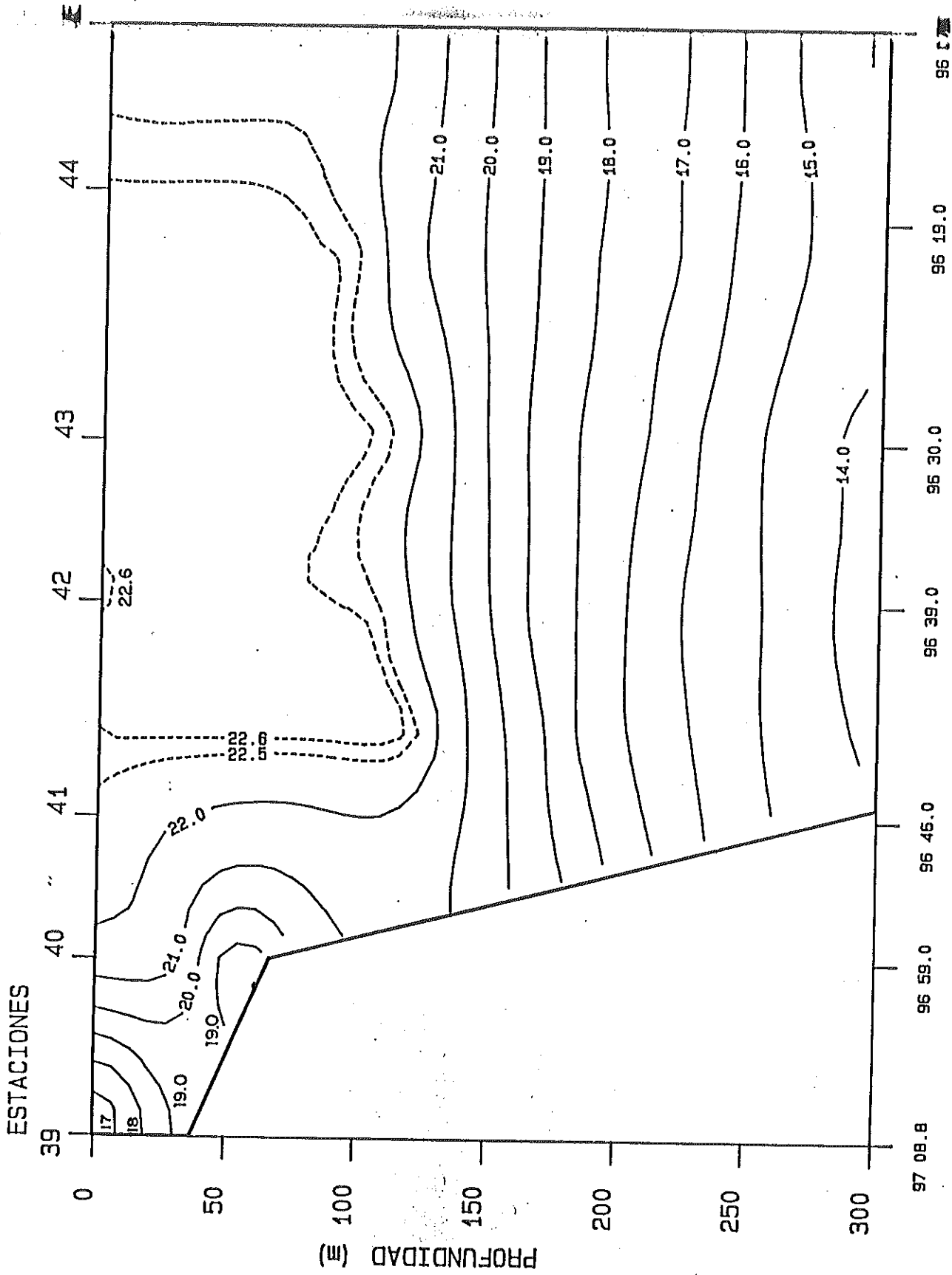


Fig. 47 Transecto 7. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico. Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 20 50.0 N.

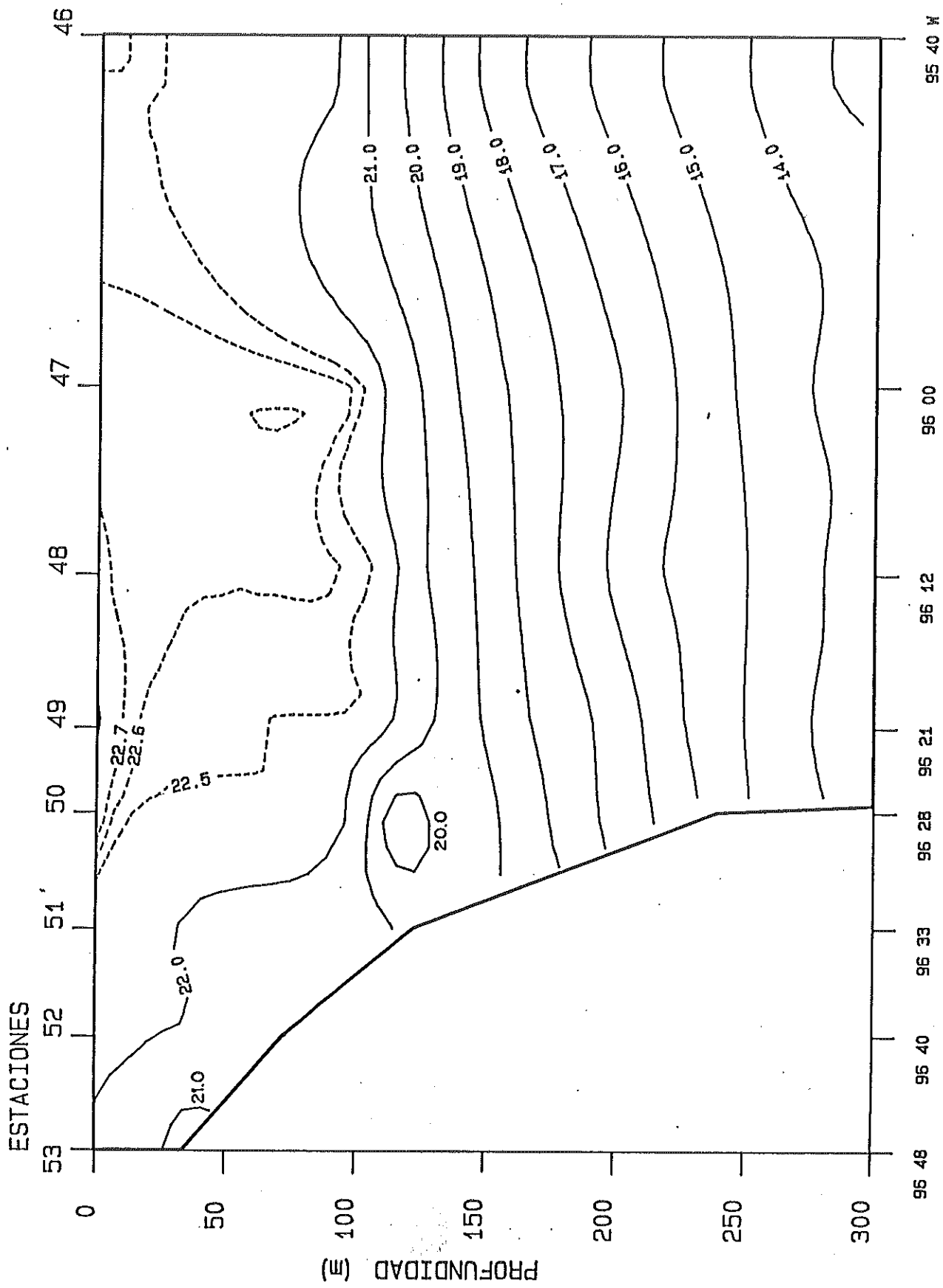


Fig. 46 Transecto 8. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico. Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 20 20.0 N.

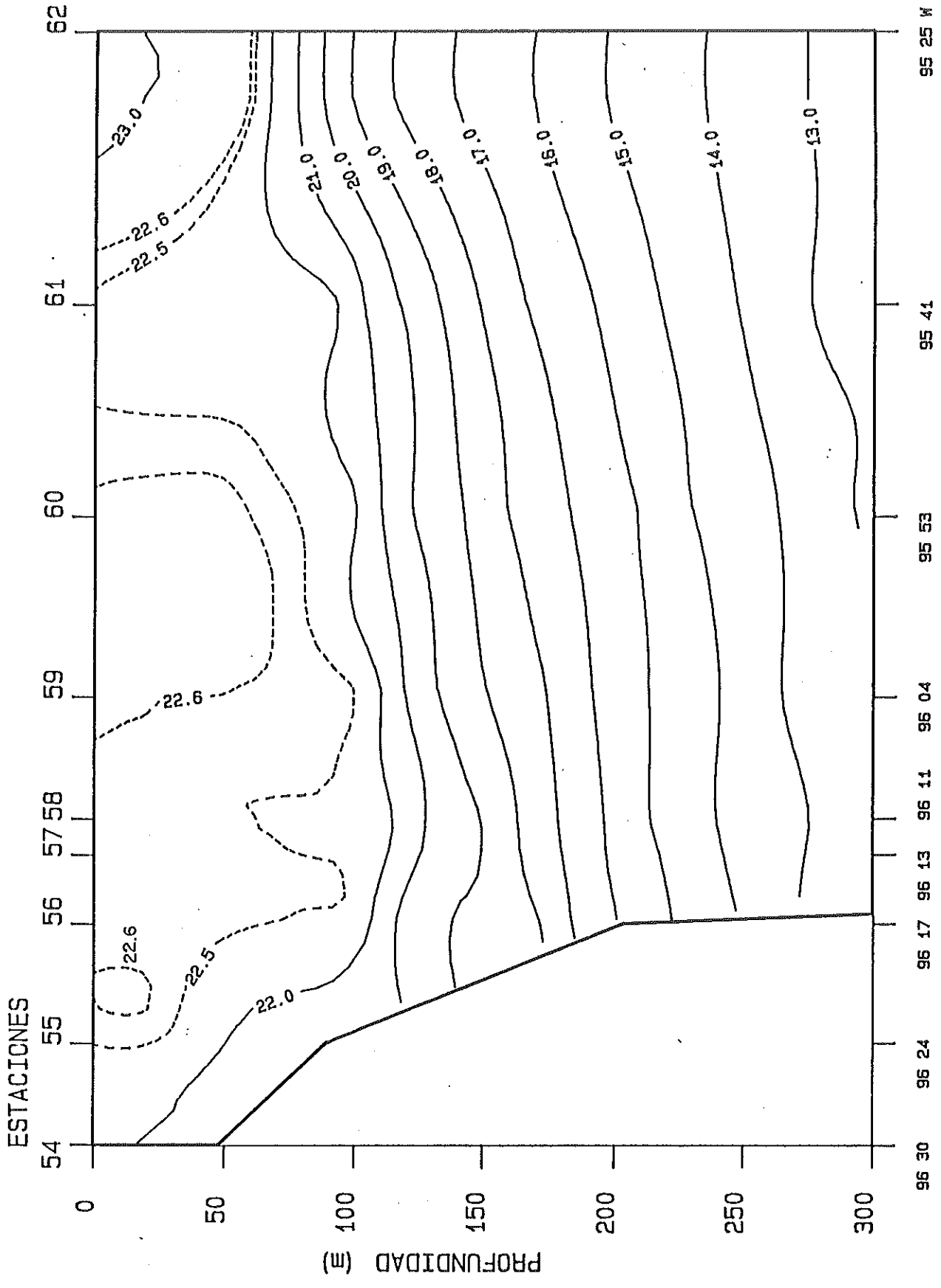


Fig. 49 Transecto 9. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico. Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 20 00.0 N.

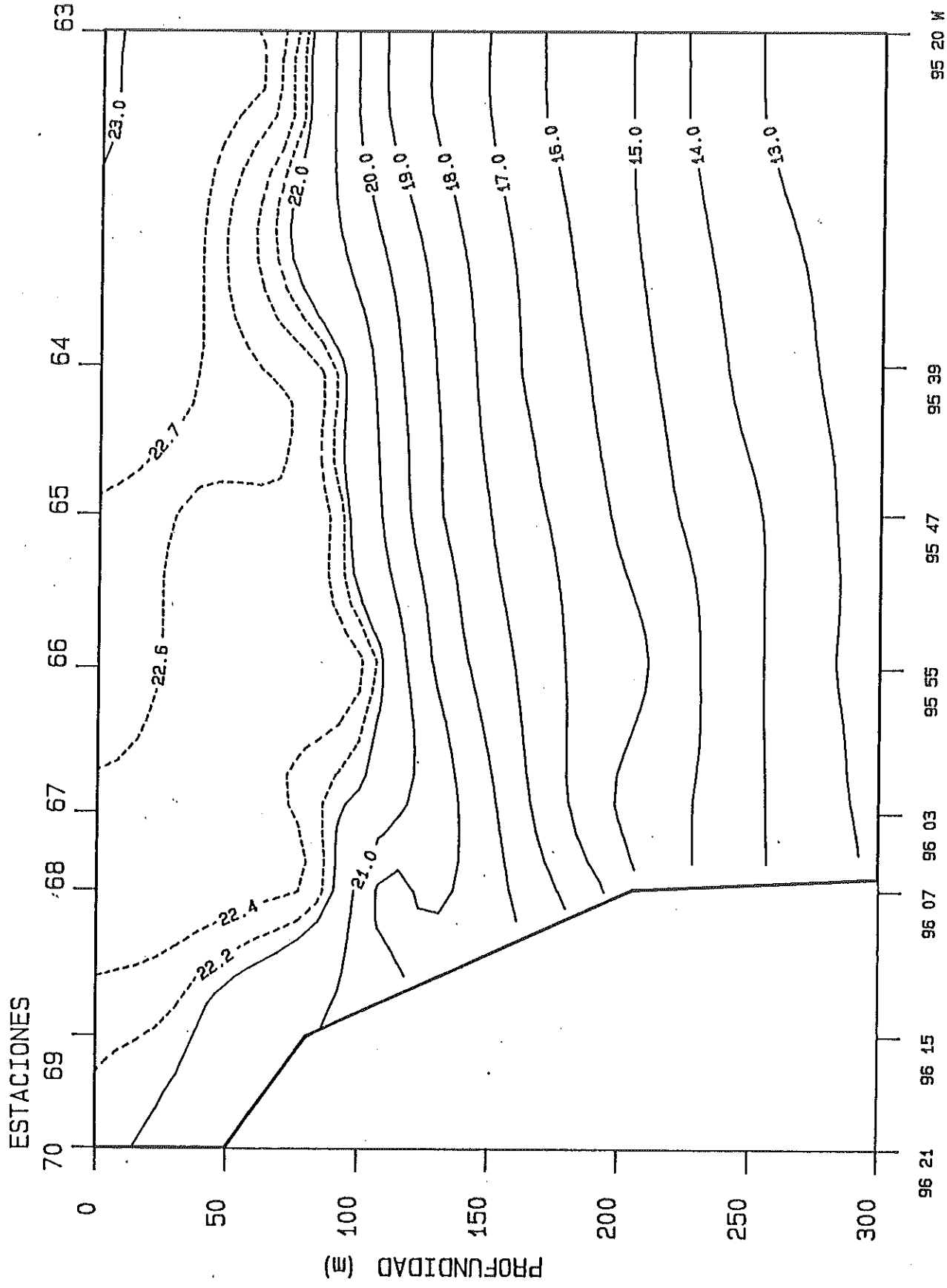


Fig.50 Transecto 10. Crucero Argos 84-1 Golfo de Mexico. Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 19 44.0 N.

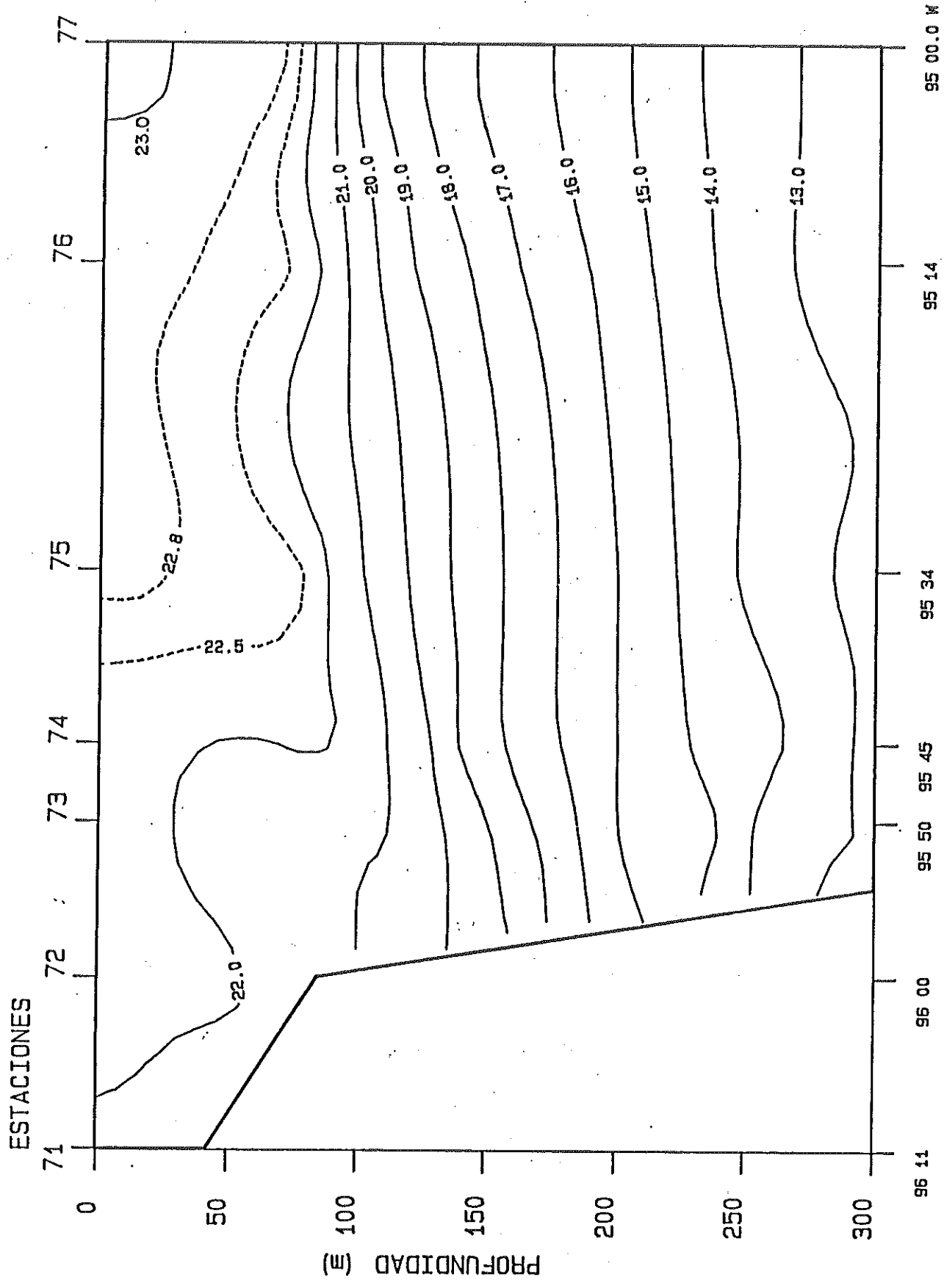


Fig. 51/ Transecto 11. Crucero Argos 84-1 Golfo de México.
 Campo de temperatura de 0-300 m. Latitud 19 20.0 N.

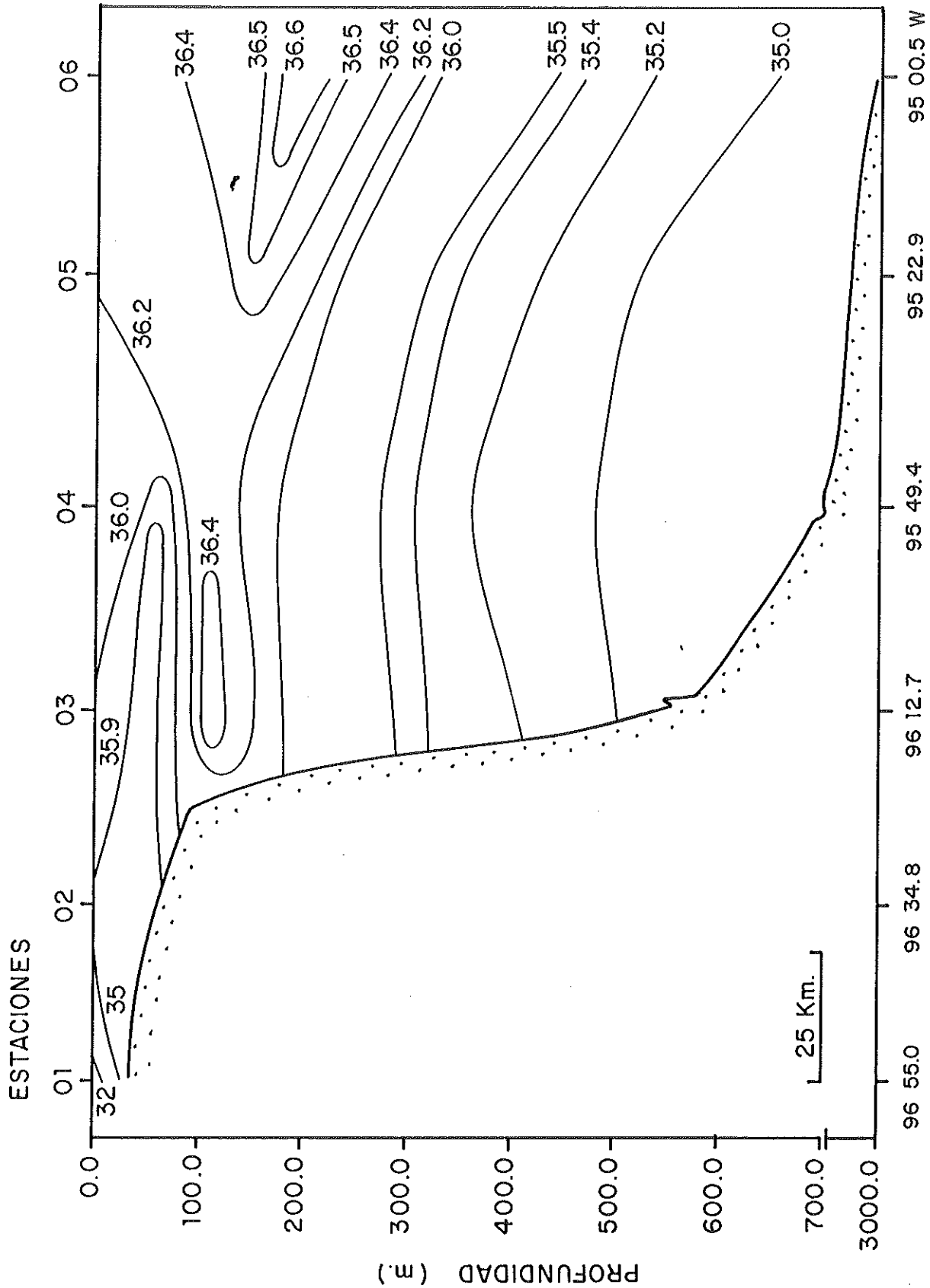


FIG. 52 TRANSECTO 1 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 25° 55.0

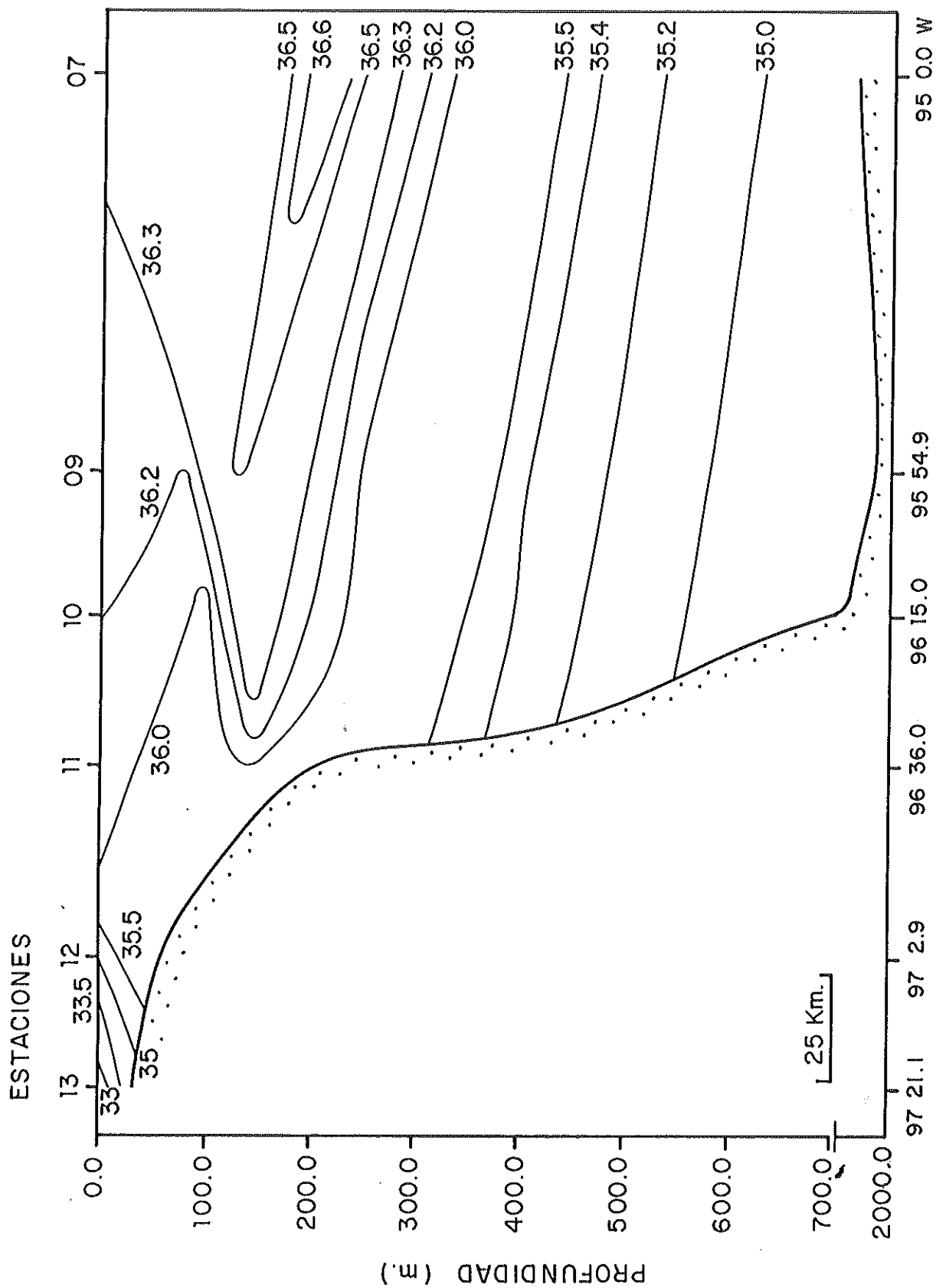


FIG. 53 TRANSECTO 2 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 25° 00.0

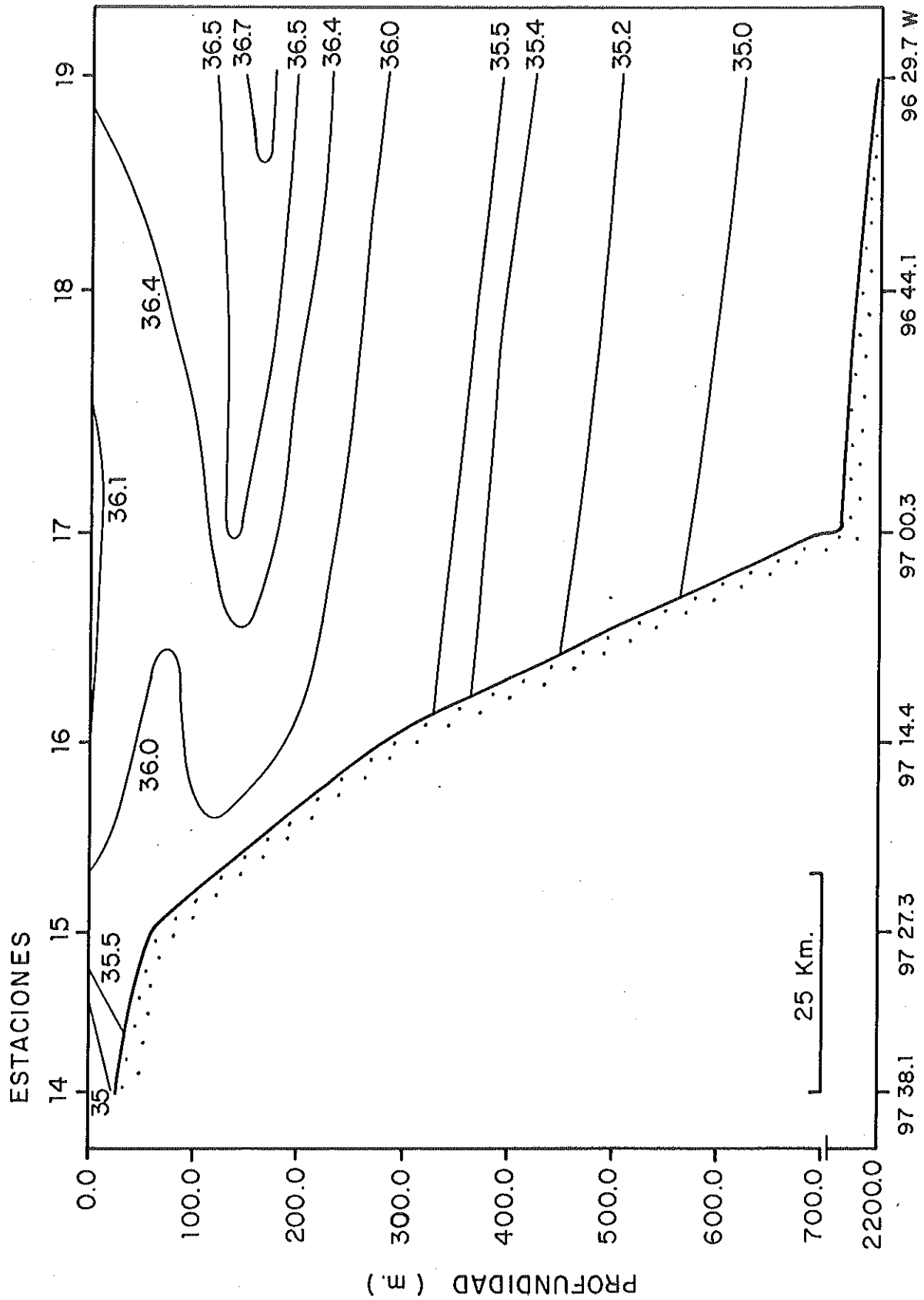


FIG. 54 TRANSECTO 3 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 23° 46.0

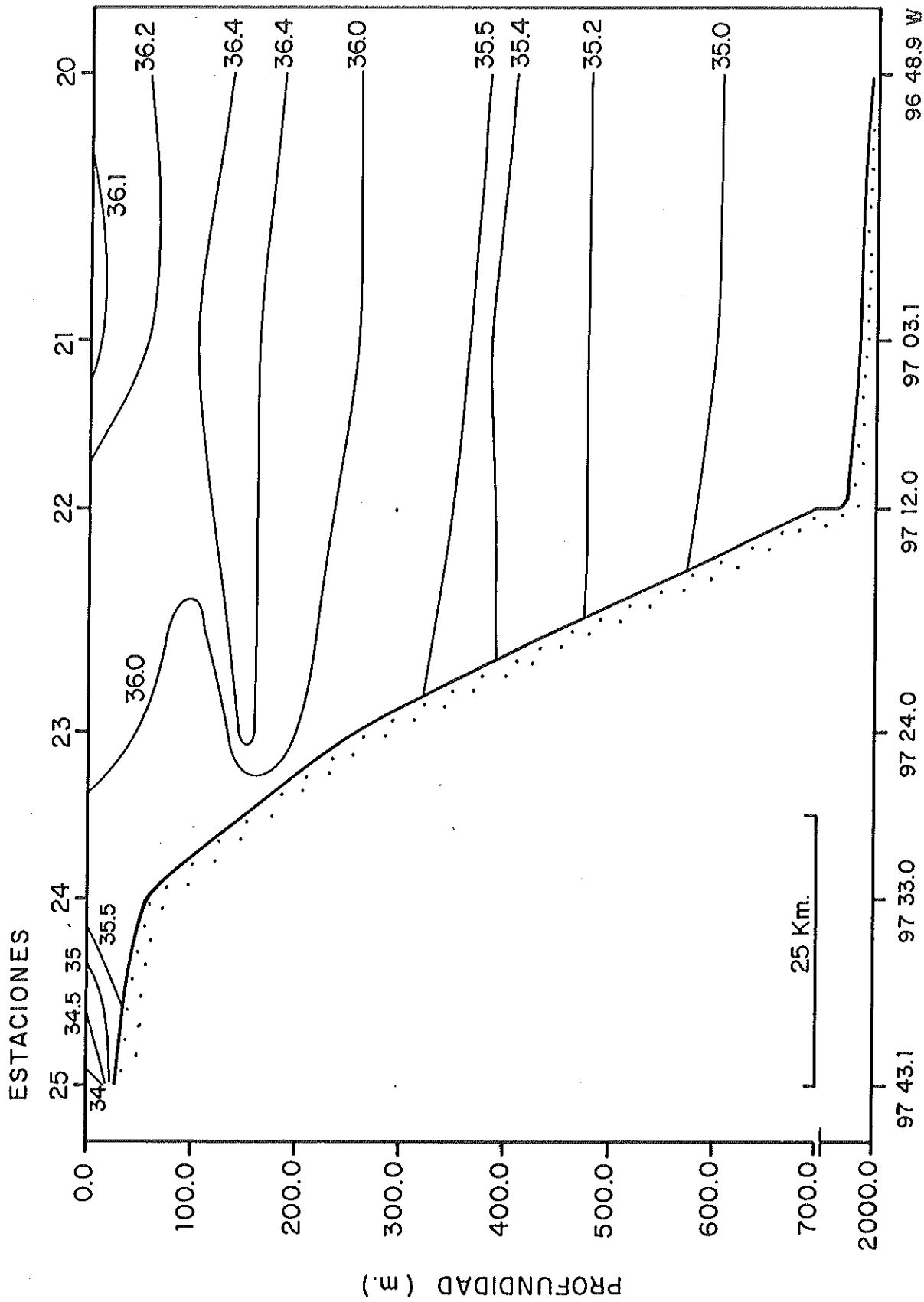


FIG.55 TRANSECTO 4 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 22° 45.0

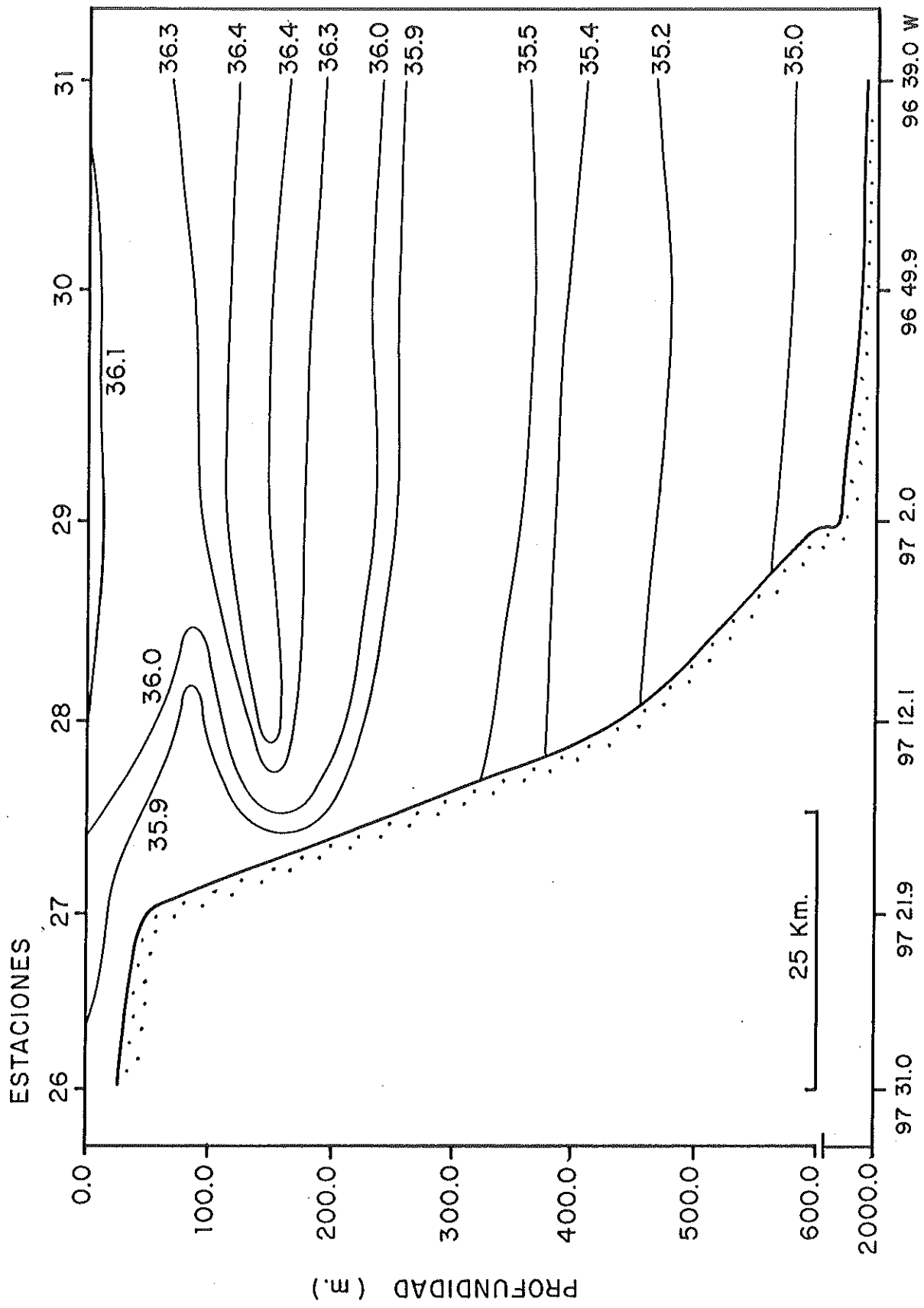


FIG.56 TRANSECTO 5 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 21° 50.0

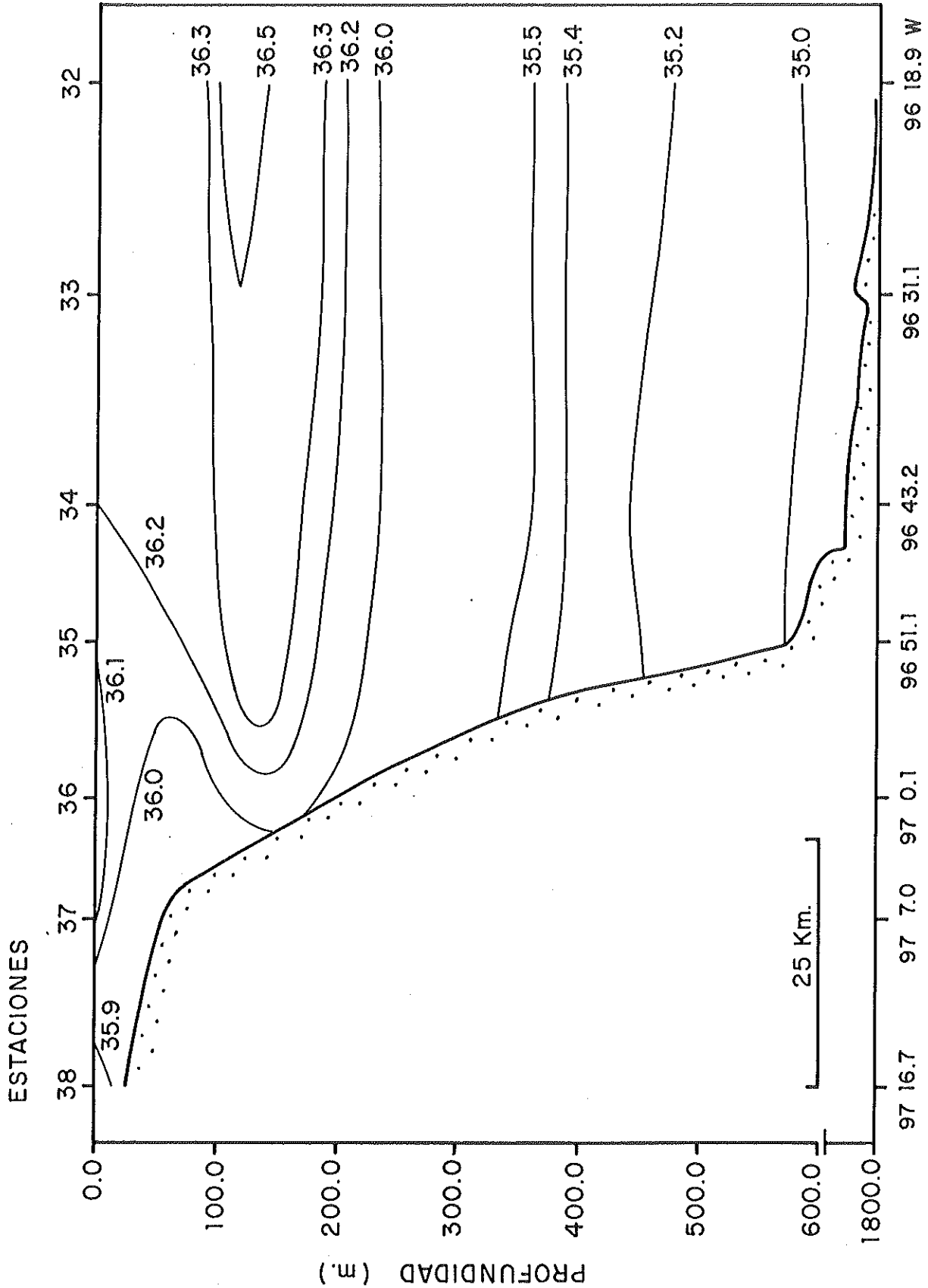


FIG. 57 TRANSECTO 6 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 21° 20.0

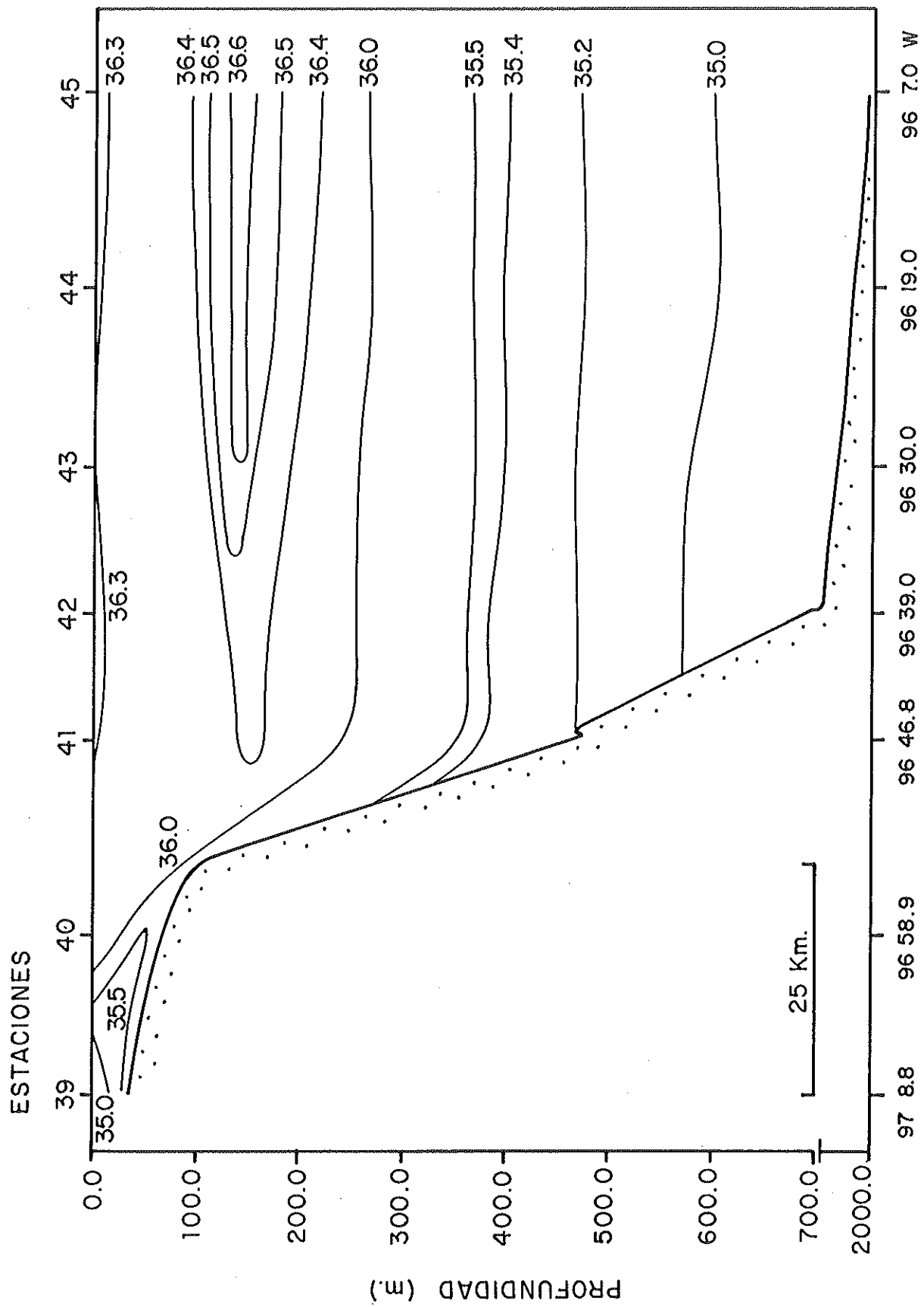


FIG. 58 TRANSECTO 7 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 20°50.0

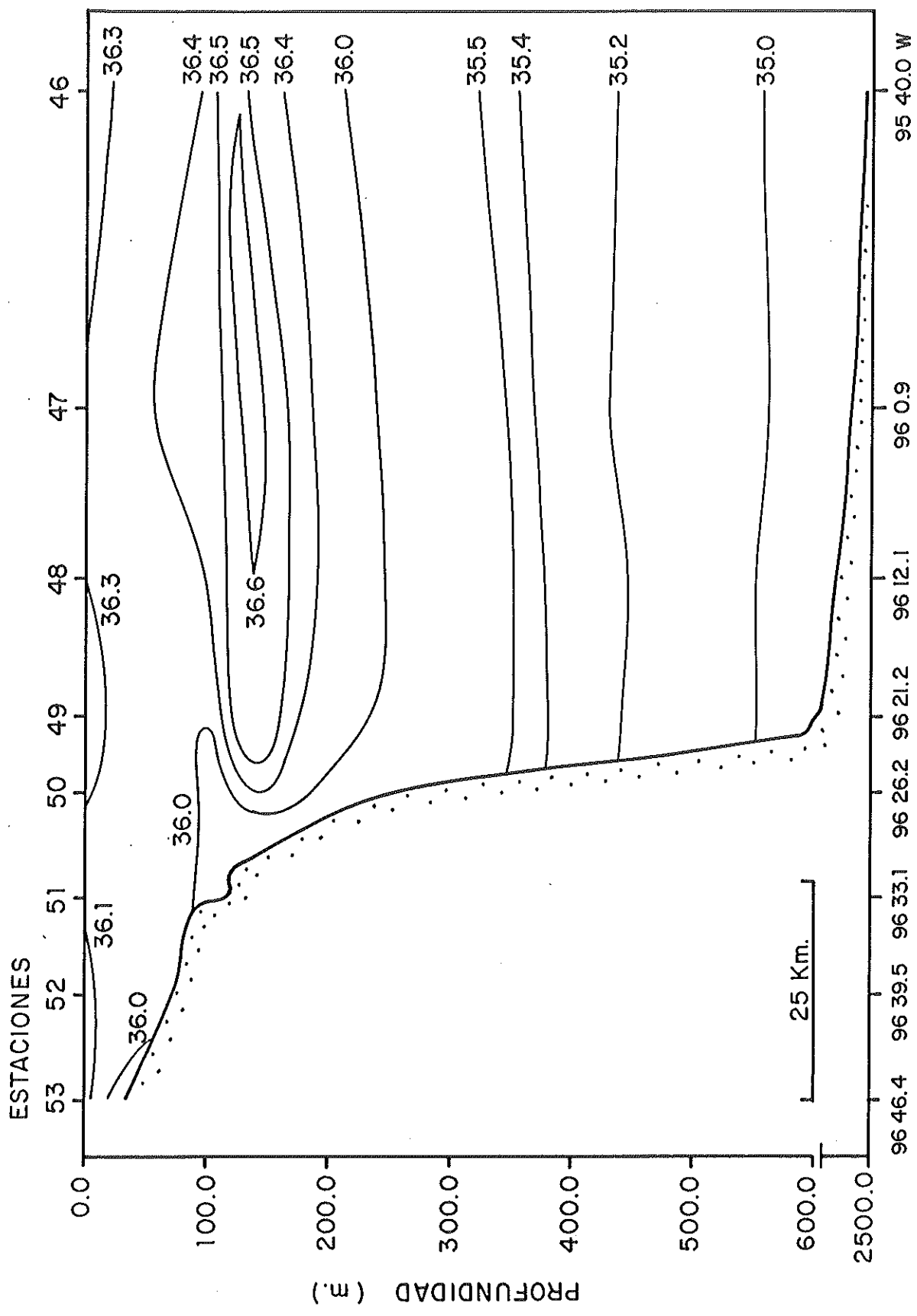


FIG. 59 TRANSECTO 8 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 20° 20.0

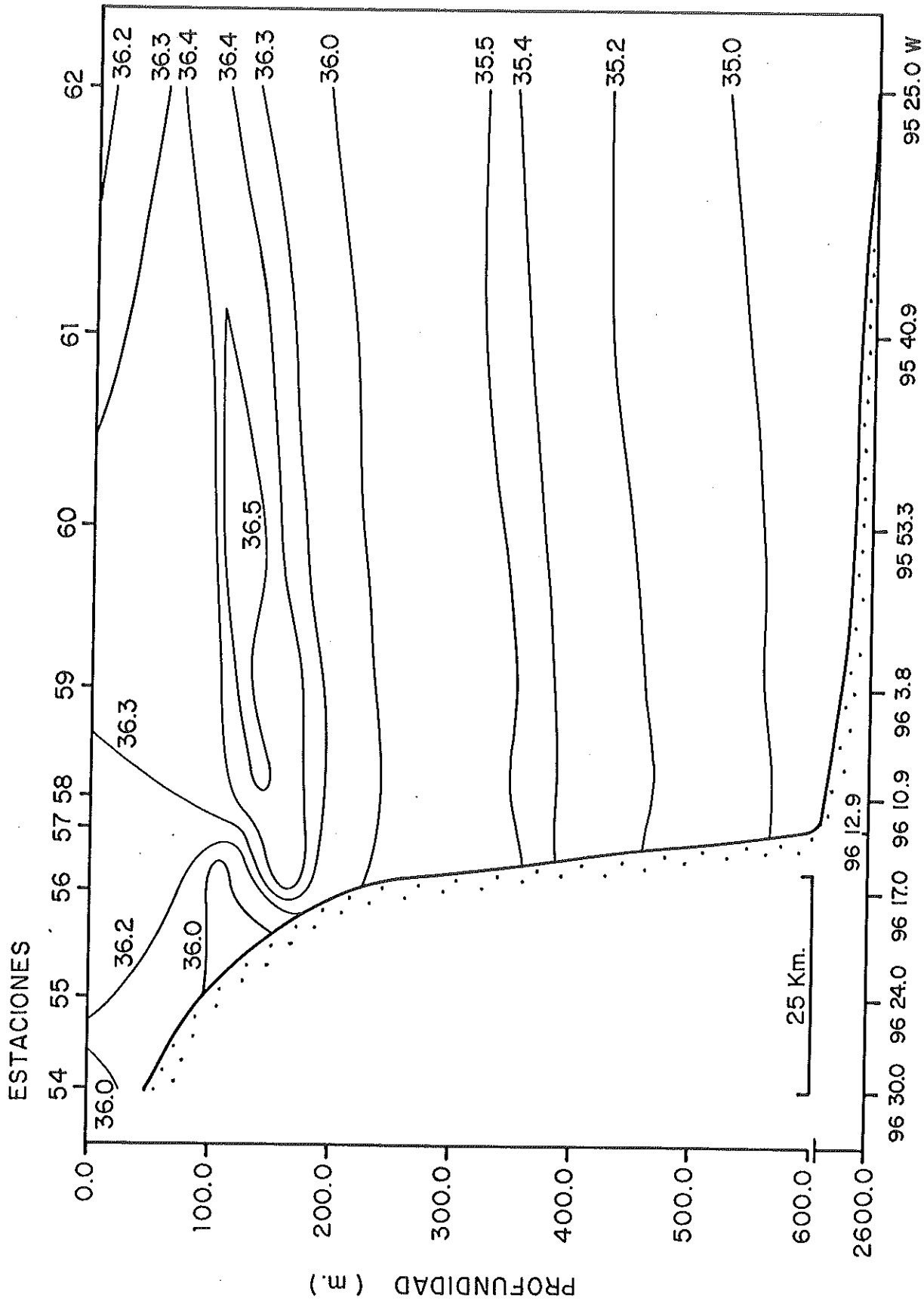


FIG. 60 TRANSECTO 9 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 20°00.0

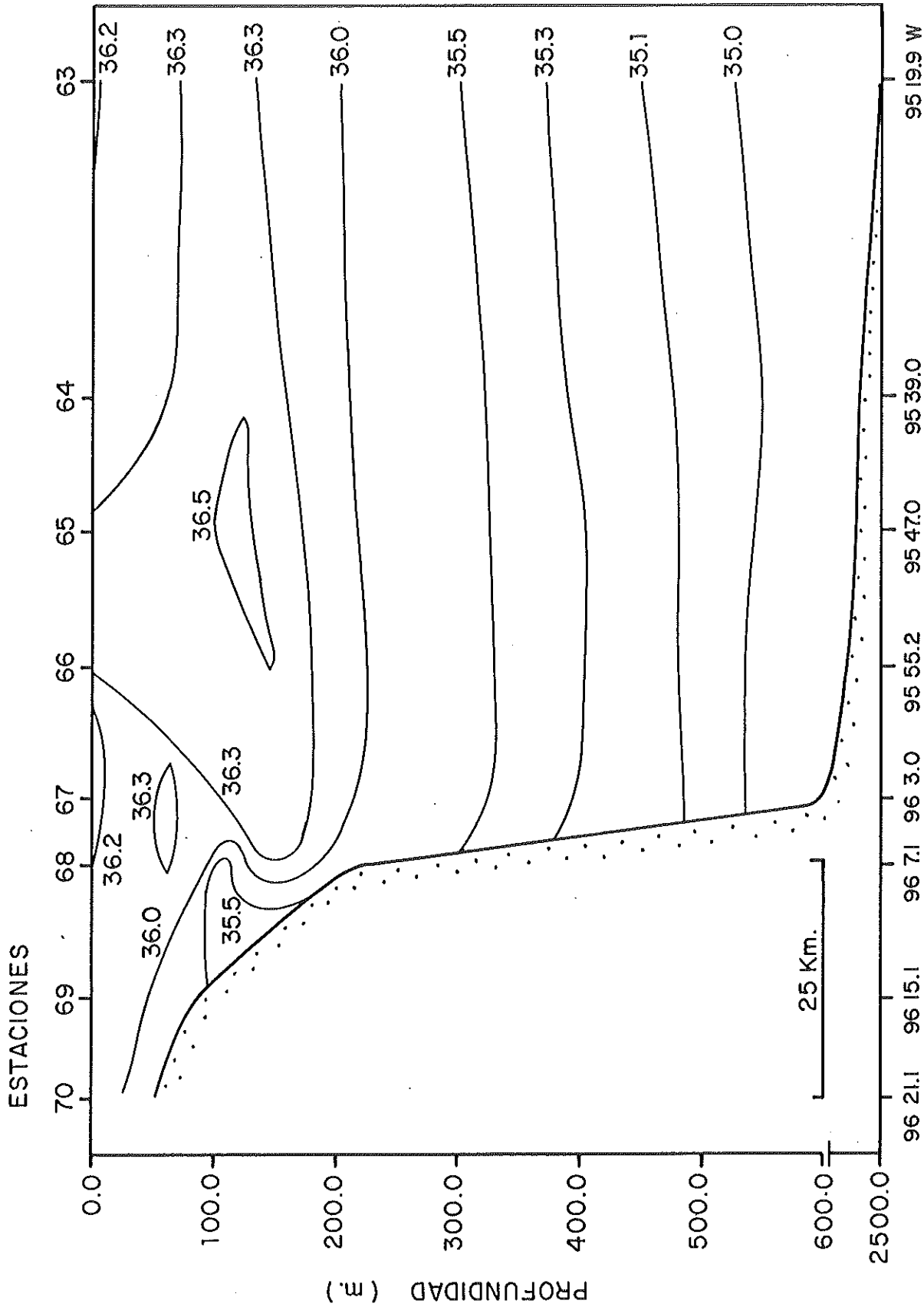


FIG. 61 TRANSECTO 10 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 19° 44.0

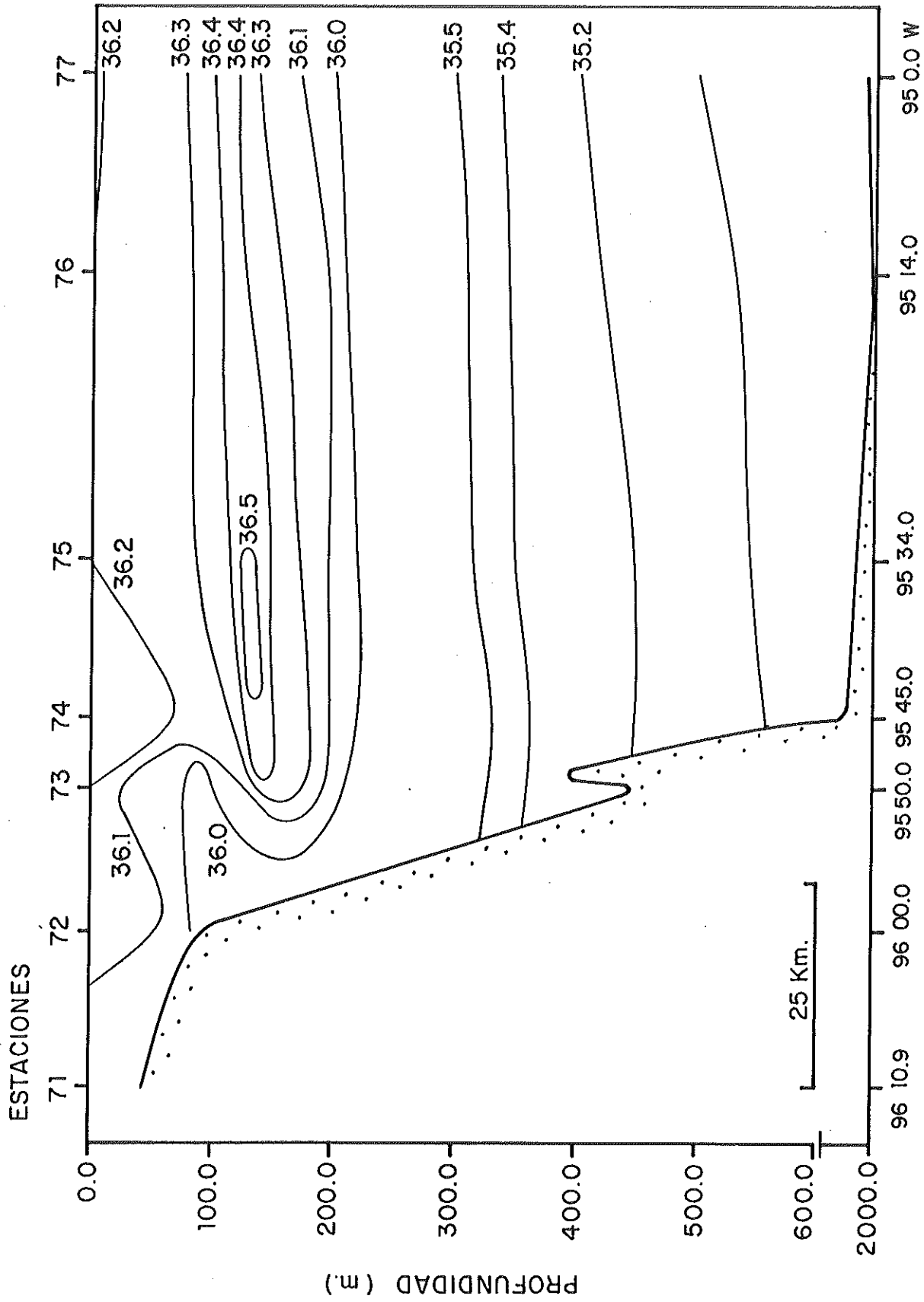


FIG. 62 TRANSECTO 11 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE SALINIDAD (‰) LATITUD 19° 20.0

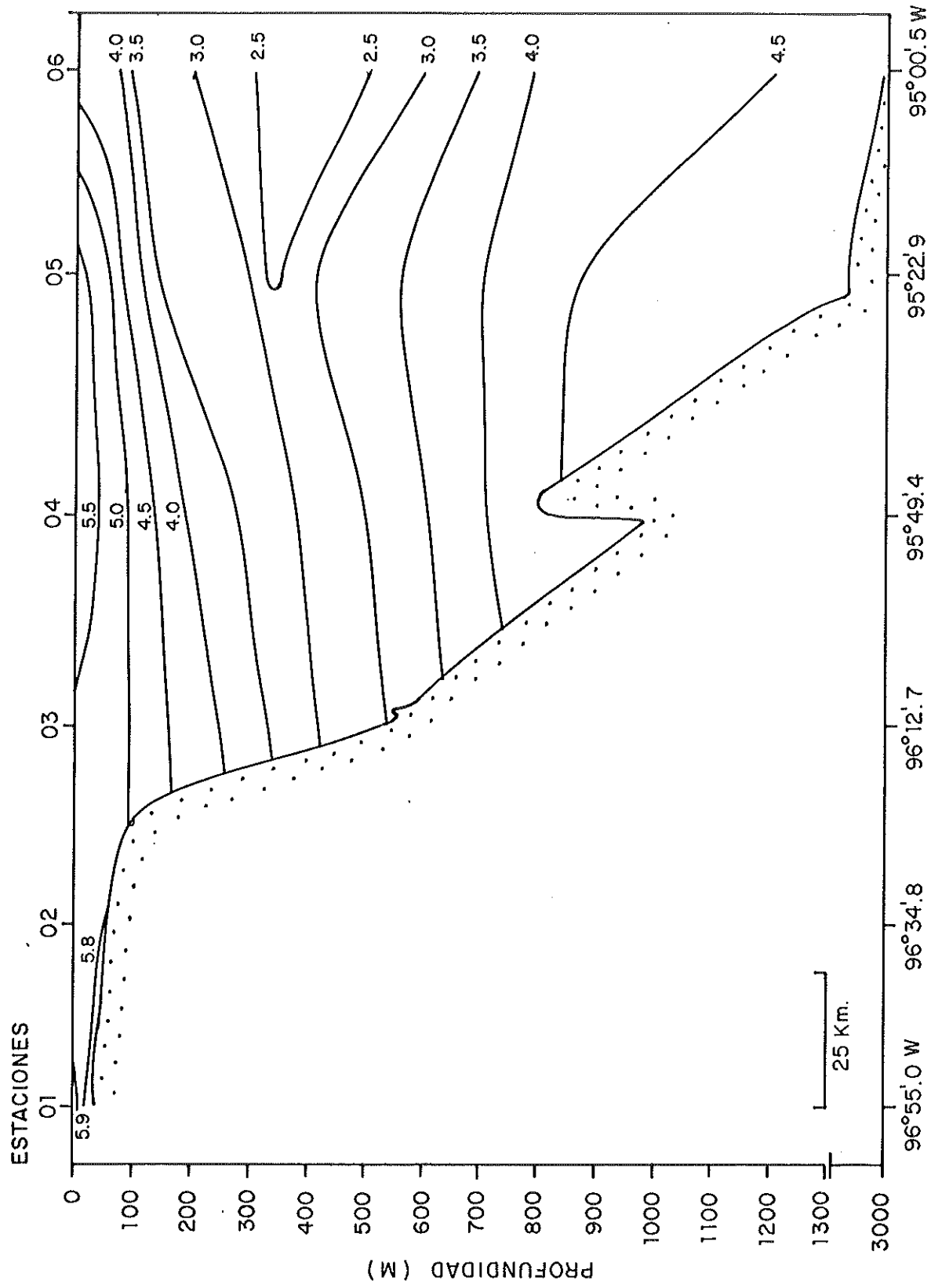


FIG. 63 TRANSECTO 1 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 25° 55' 0 N

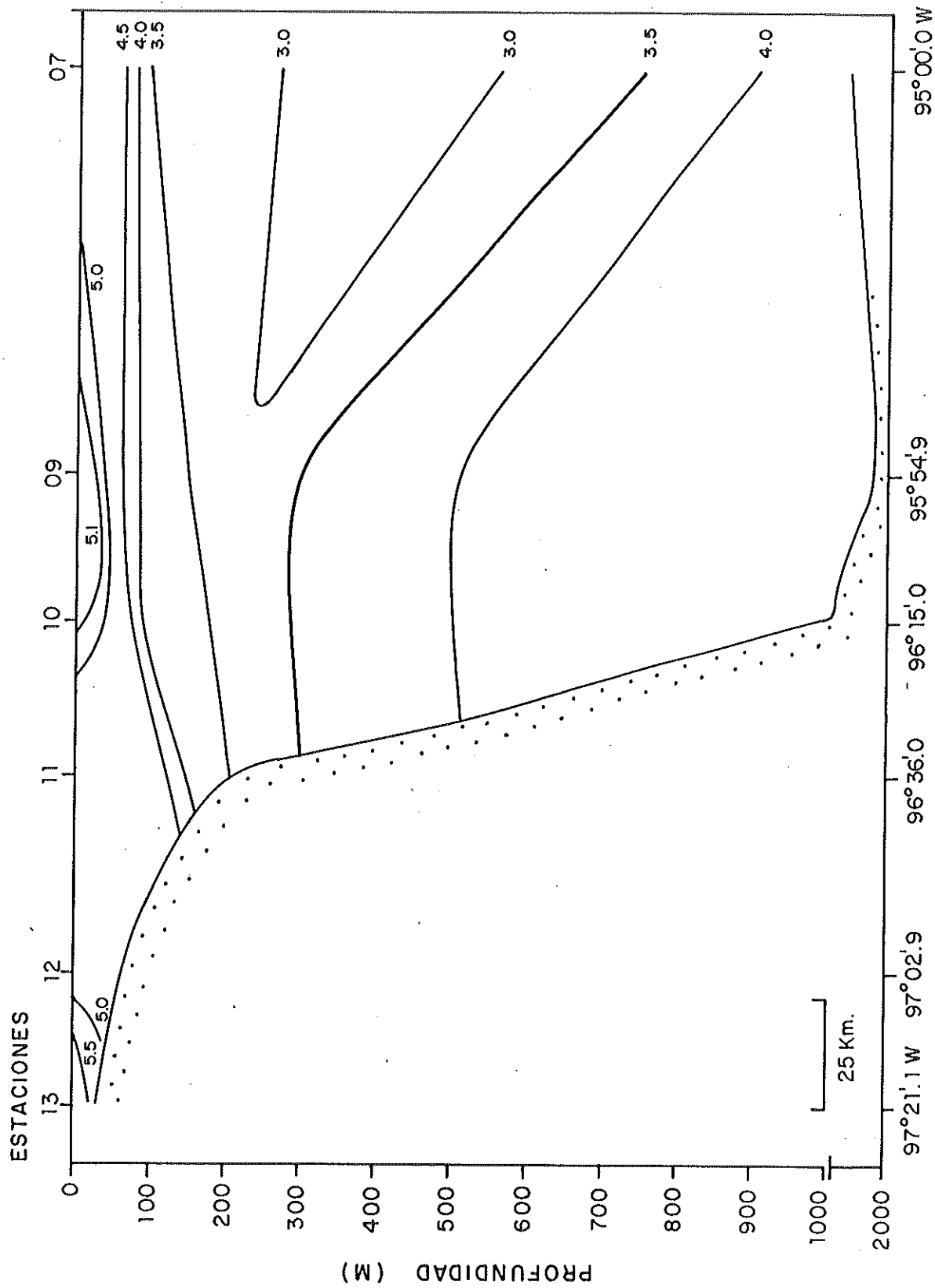


FIG. 64 TRANSECTO 2 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 25° 00' 0 N.

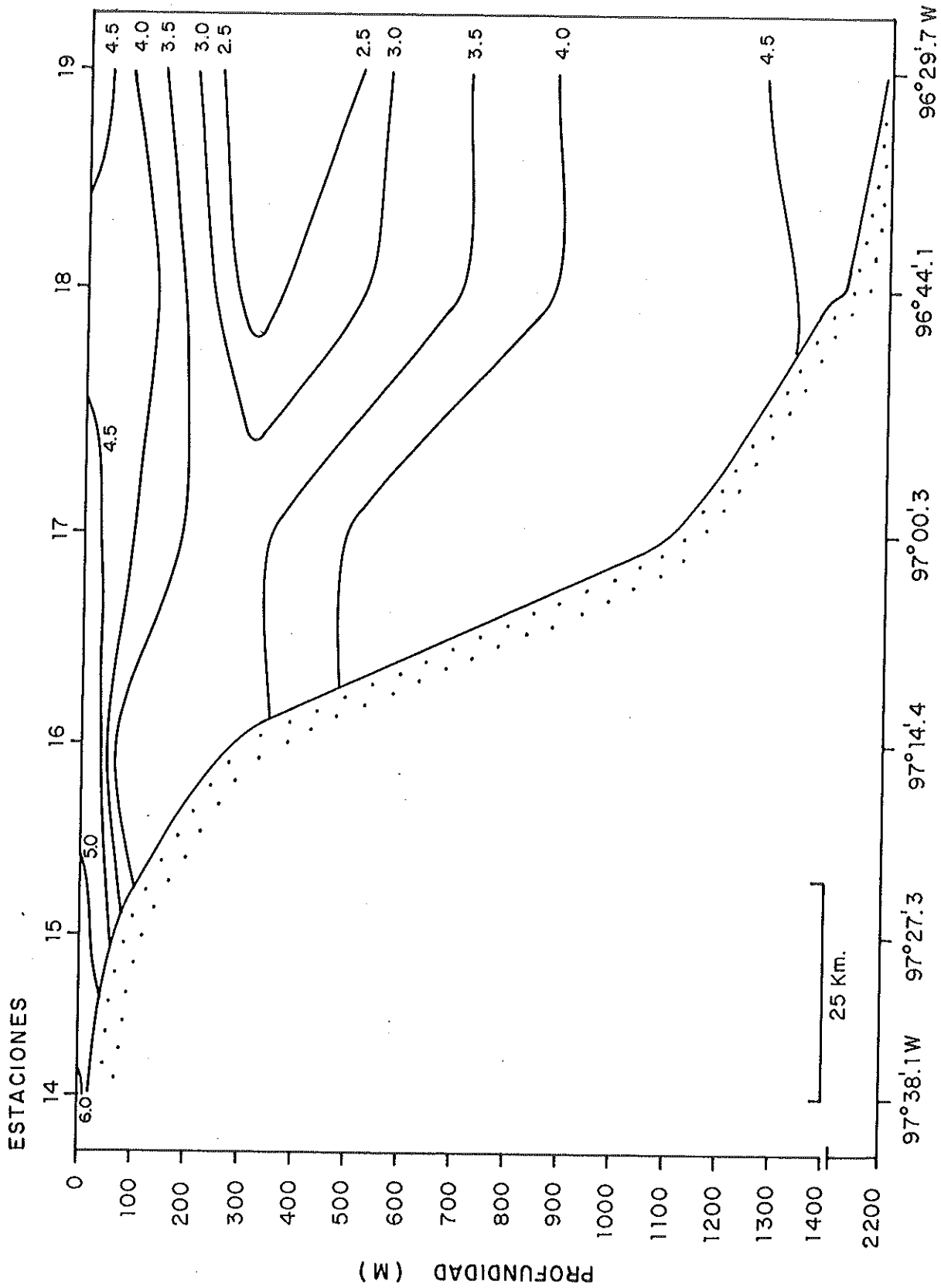


FIG. 65 TRANSECTO 3 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 23°46'.0 N.

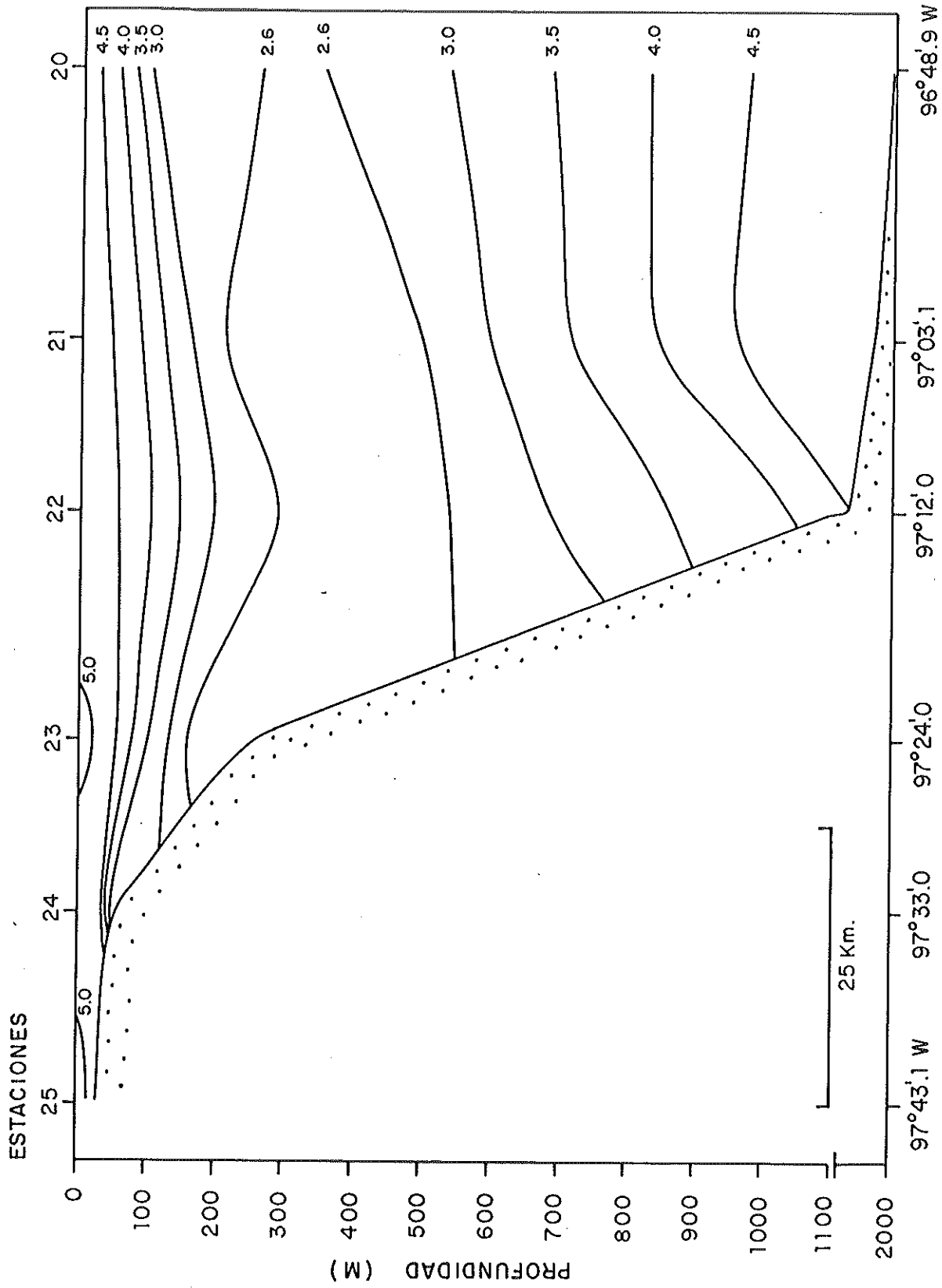


FIG. 66 TRANSECTO 4 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 22° 45'.0 N.

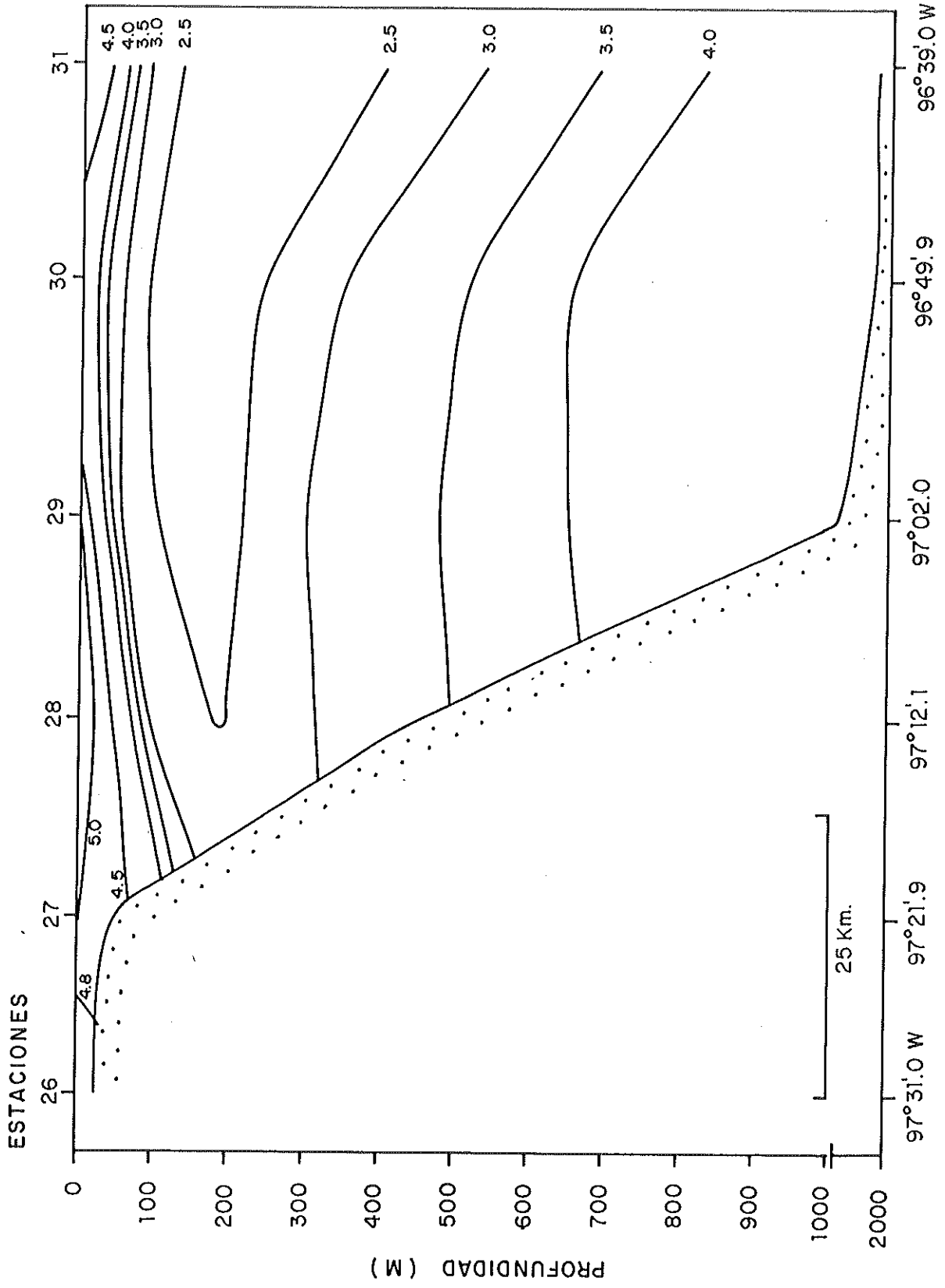


FIG. 67 TRANSECTO 5 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 21°50'0 N.

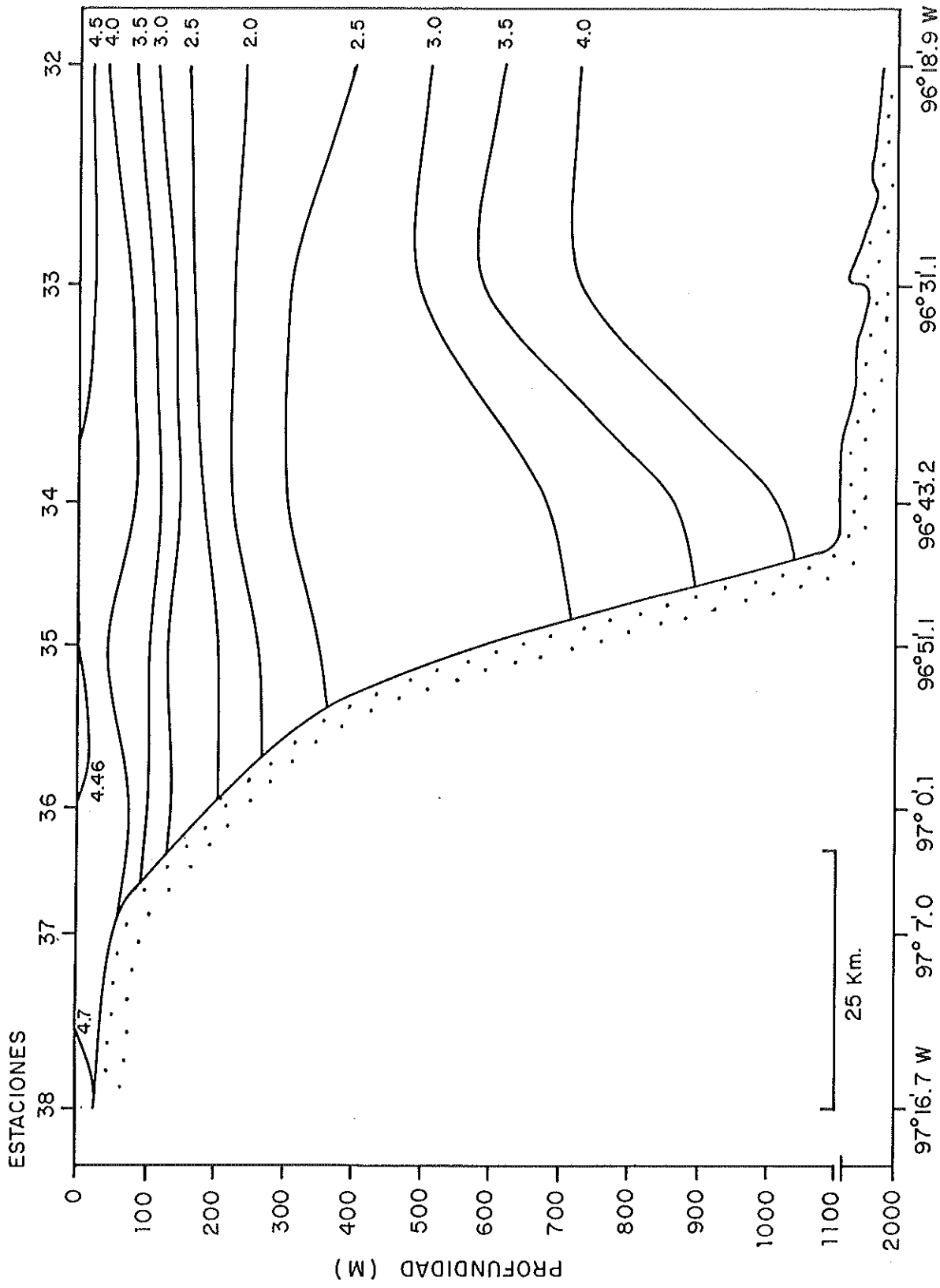


FIG.68 TRANSECTO 6 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 21° 20.0 N.

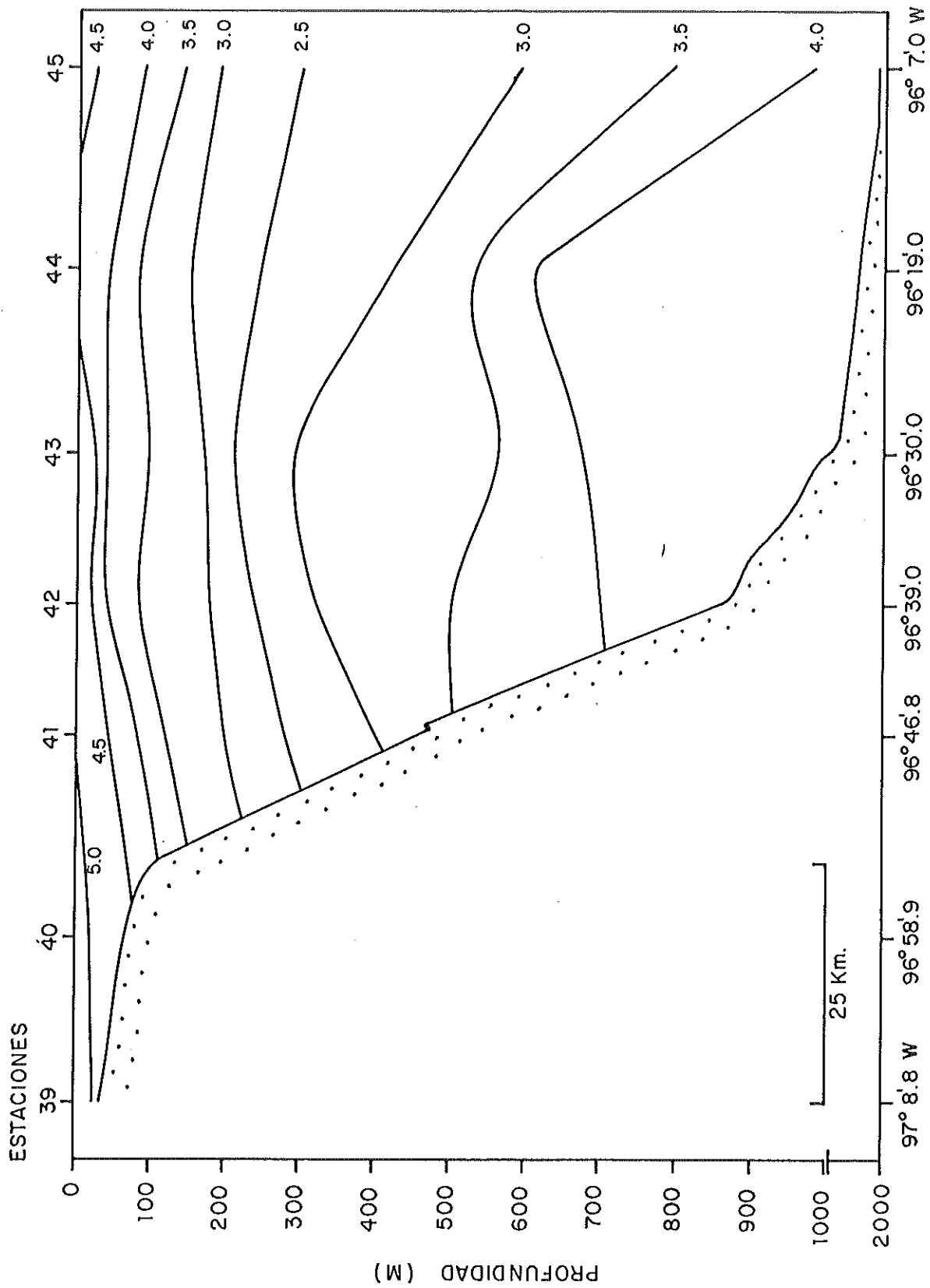


FIG. 69 TRANSECTO 7 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 20° 50' 0

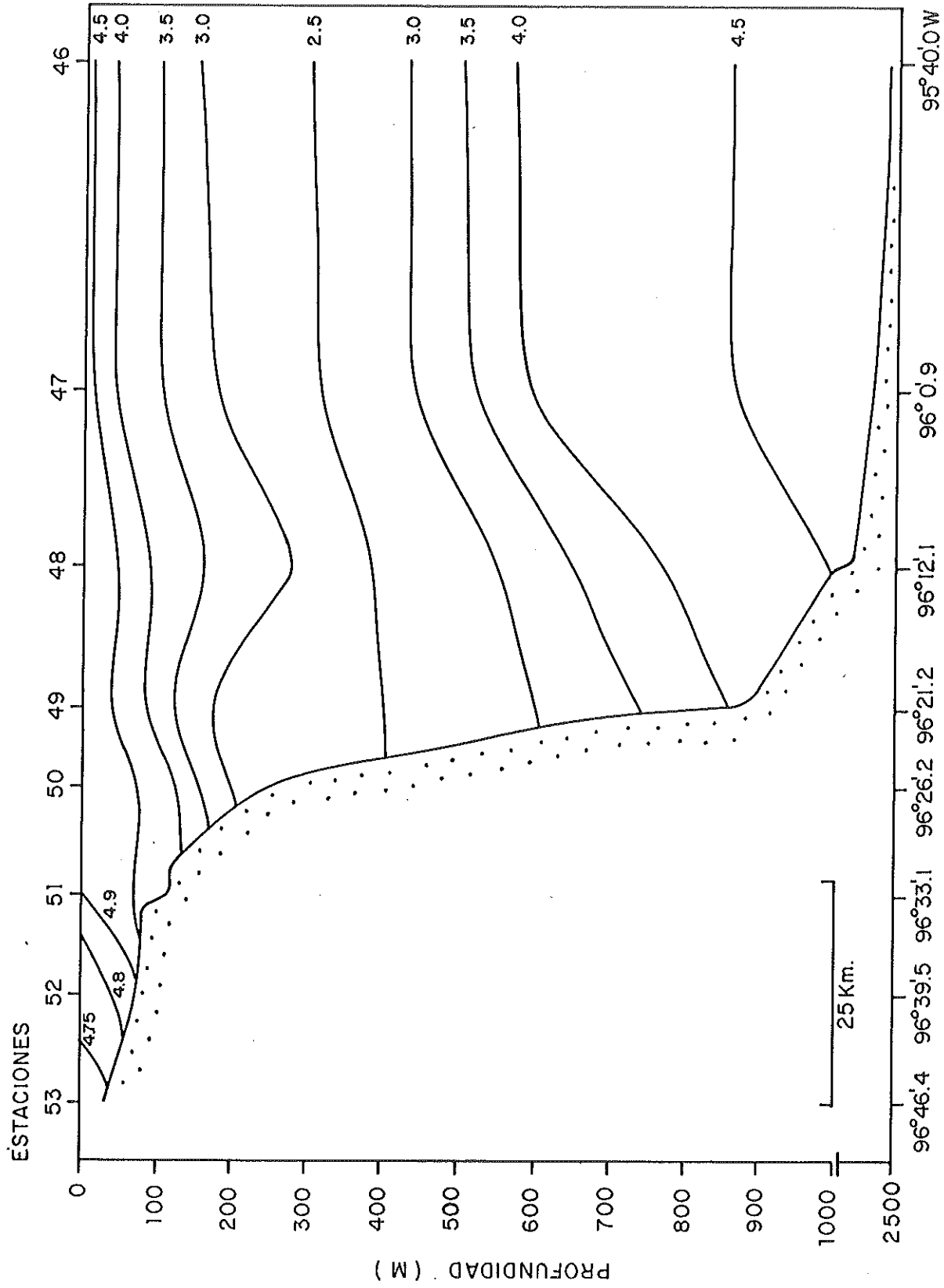


FIG. 70 TRANSECTO 8 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 20° 20' 0 N

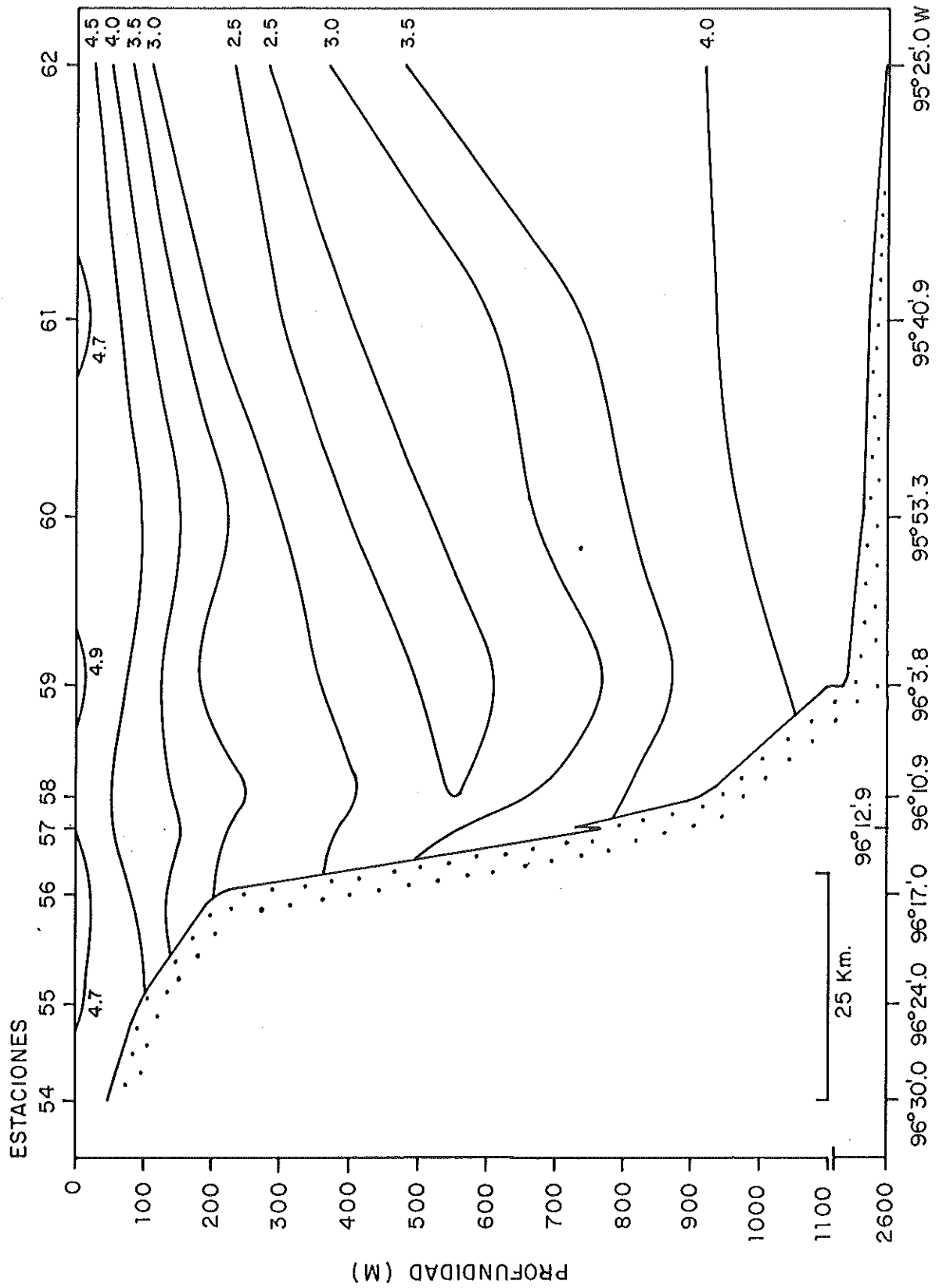


FIG. 71 TRANSECTO 9 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 20°00'0 N.

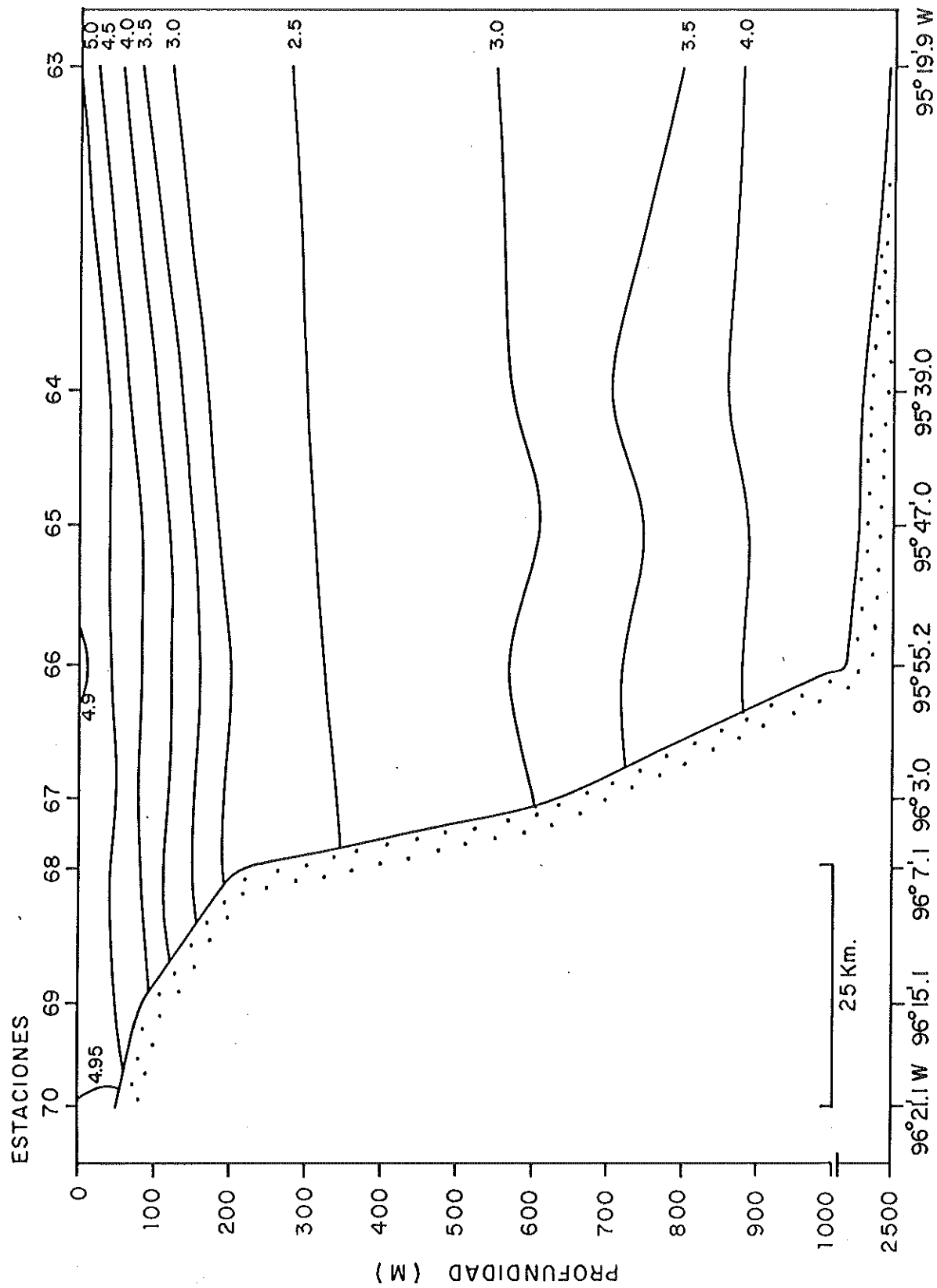


FIG. 72 TRANSECTO 10 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 19° 44' .0 N.

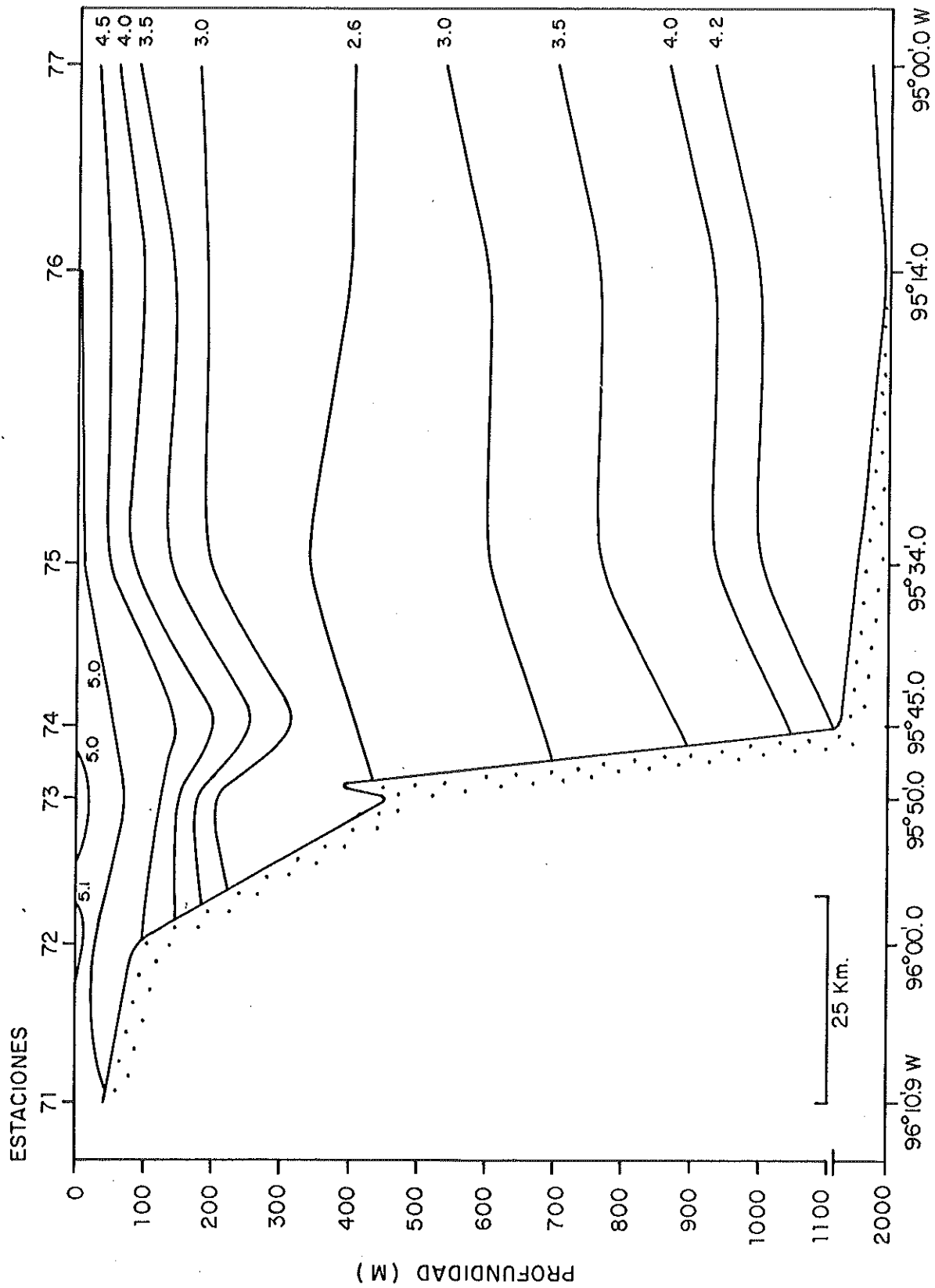


FIG. 73 TRANSECTO 11 CRUCERO ARGOS 84-01 GOLFO DE MEXICO
CAMPO DE OXIGENO DISUELTO LATITUD 19° 20' 0 N.

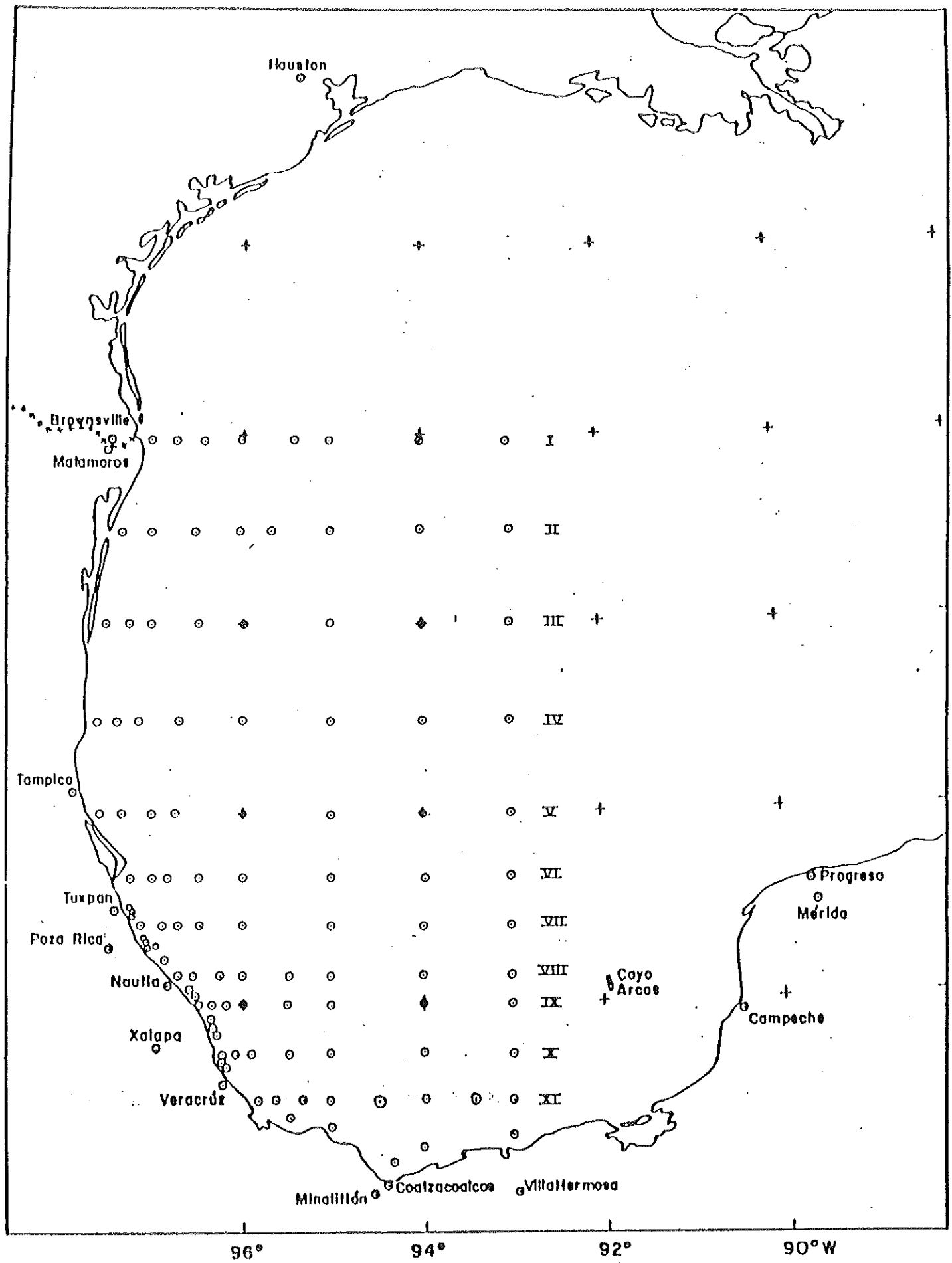


FIG. 74 LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS PARA LAS PROXIMAS CAMPAÑAS ARGOS.

