

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y
DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

VARIACION DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS
FRENTE A CABO NAZCA, PERU
DE ABRIL A OCTUBRE 1976

TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS

LUIS ARNULFO GALINDO BECT

RESUMEN de la Tesis de Luis Arnulfo Galindo Bect, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOGRAFIA con opción en OCEANOGRAFIA FISICA. Ensenada, Baja California, México. Agosto de 1980.

VARIACION DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS FRENTE A CABO NAZCA, PERU, DE ABRIL A OCTUBRE 1976.

Resumen aprobado por:


M. C. Alberto Amador Buenrostro
Director de tesis

Se describen observaciones de viento y datos hidrográficos de temperatura, salinidad y sigma-t. Estas se realizaron durante la primera fase (MAM'76) y la segunda fase (JAS'76) del experimento JOINT-11, a lo largo de una sección hidrográfica al sur de cabo Nazca, Perú, en aproximadamente 15° latitud sur. De los datos se elaboraron secciones hidrográficas de temperatura, salinidad (o/oo), sigma-t y velocidad geostrofica, así como diagramas T-S y diagramas de volumen de las masas de agua.

Durante el estudio la componente del viento paralelo a la costa siempre presentó una dirección hacia el ecuador (favorable a las surgencias). Se detectaron seis mínimos de temperatura superficial ($< 16.0^{\circ}\text{C}$), cerca de la costa, que se relacionaron a intensificaciones de la surgencia. La respuesta del campo hidrográfico al viento se observa del

orden de uno a dos días. Las distribuciones de temperatura y densidad se comportan muy similares y en ellas se observa claramente las intensificaciones de la surgencia sobre los 100 primeros metros de profundidad. Sin embargo, las distribuciones de salinidad fueron diferentes, no reflejando tales intensificaciones. En éstas últimas se observó un mínimo de salinidad ($34.9 > S_0 / \infty > 34.7$) entre 70 y 150 m de profundidad relacionado al agua subantártica (AS). Este mínimo de salinidad se encontró regularmente retirado de la costa en el otoño (a 40 Km aproximadamente) y más cerca de ella en el invierno (a 10 Km aproximadamente). La surgencia presenta una variación estacional más fuerte en invierno que en otoño. Del análisis de masas de agua a lo largo de la sección, a partir de diagramas T-S y diagramas de porcentaje de volumen, se infiere un cambio estacional respecto a la fuente del agua en la surgencia. Encontrándose principalmente agua de origen ecuatorial (AESS) durante el otoño y agua de origen subantártico durante el invierno. Las fluctuaciones hacia la costa del agua subantártica y la dominancia de flujos geostroficados hacia el polo en otoño y hacia el ecuador en invierno, se relacionaron con las fluctuaciones hacia la costa de la corriente costera del Perú, observándose más alejada de la costa (más de 40 Km) en otoño que en invierno. Asimismo, la mayor presencia de aguas ecuatoriales (AESS) y la escasez de aguas subantárticas (AS) en el otoño con la presencia de flujos geostroficados hacia el polo, indicaron la posible influencia

del NINO para ésta parte del año ya mencionada por otros investigadores.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

VARIACION DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS FRENTE
A CABO NAZCA, PERU DE ABRIL A OCTUBRE 1976

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta

LUIS ARNULFO GALINDO BECT

Ensenada, B. C. Agosto de 1980

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:

M. C. Alberto Amador Buenrostro, Director del Comité

Dr. Saúl Alvarez Borrego, Miembro del Comité

Dr. Adolfo Molina Cruz, Miembro del Comité

M. C. Francisco Suárez Vidal, Miembro del Comité

Ing. Marco Antonio Uribe Rojo, Jefe del Departamento de
Oceanografía

Enrique Carrillo

Dr. Enrique Carrillo Barrios-Gómez, Coordinador Académico

Tesis presentada en septiembre 3, 1980.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con amor y cariño:

A mis padres

Manuel Galindo Velázquez
María Emilia Bect de Galindo

A mi esposa

María Francisca

A mis hijos

Karla Georgina
Luis Alonso

Y a mi abuela Guadalupe

AGRADECIMIENTOS

Los datos utilizados para este trabajo fueron provistos por la Escuela de Oceanografía de la Universidad de Oregon de Estados Unidos. Deseo expresar mi agradecimiento al Dr. R. L. Smith quien por su conducto se proporcionaron los datos hidrográficos que aquí se discuten.

Este trabajo de tesis se inició bajo la dirección del DR. Eric Desmond Barton, quien fungió como director en su parte inicial. Desafortunadamente el DR. Barton tuvo que regresar a Inglaterra sin tener una versión final de este trabajo. Mi reconocimiento y mis más sinceros agradecimientos a esta fina persona por su gran interés en la dirección y asesoramiento en este trabajo y a esa labor de formación en mi persona.

Asimismo, agradezco profundamente al M.C. Alberto Amador Buenrostro quien aceptó continuar con la dirección de esta tesis, llevandola a su etapa final.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que bajo su programa de becas de grado en el país, me otorgó el respaldo económico por dos años y medio para la realización de mis estudios en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Al CICESE y especialmente a la sección de Dinámica del Océano, quienes me respaldaron económicamente durante mis últimos seis meses de estudio permitiéndome llegar a la elaboración final de este trabajo.

A los miembros de mi Comité de Tesis, DR. Saul Alvarez Borrego, DR. Adolfo Molina Cruz, y M.C. Francisco Suarez Vidal por su revisión crítica y sugerencias a este trabajo.

Así también agradezco a todas aquellas personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización final de este trabajo.

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
INTRODUCCION .	1
1.- Oceanografía de la región del Perú	3
2.- Masas de agua de la región	8
3.- Objetivos	13
MATERIALES Y METODOS	14
4. RESULTADOS	25
4.1.- Viento	25
4.2.- Variación de temperatura, salinidad y densidad_ superficial	26
4.3.- Variación temporal de los campos hidrográficos	33
4.4.- Identificación de las diferentes masas de agua y sus_ cambios en el tiempo	63
4.5.- Análisis Volumétrico	91
4.6.- Flujo Geostrófico	112
DISCUSION	137

Página

CONCLUSIONES

144

ERATURA CITADA

146

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Area de operaciones del experimento JOINT-II.	17
2 Localización de la línea C durante las dos fases del JOINT-II. La línea espaceada se ocupó durante la primera fase (MAN'76), y la línea sólida durante la segunda fase (JAS'76).	19
3 Localización geográfica media de cada estación hidrográfica, en cada ocupación de la línea C.	22
4 Variación de Temperatura (°C) en la superficie en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa y la componente (Vt) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.	28
5 Variación de Salinidad (o/oo) en la superficie en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa y la componente (Vt) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.	29
6 Variación de Densidad (σ_t) en la superficie en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa y la componente (Vt) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.	30
7 Variación mensual promedio de temperatura (°C) en los primeros 40 m en la estación C1 (línea espaceada) y la variación mensual promedio de temperatura de 17 años en una estación costera en San Juan, Peru (línea sólida), esta última de Zuta <u>et. al</u> (1975)	32
8a Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.	34
8b Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.	35

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
8c Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.	36
9 Sección hidrográfica del 28 al 29 de abril, 1976.	37
10 Sección hidrográfica del 30 de abril al 1 de mayo, 1976.	38
11 Sección hidrográfica del 3 de mayo, 1976	39
12 Sección hidrográfica del 5 de mayo, 1976	40
13a Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.	41
13b Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.	42
13c Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.	43
14 Sección hidrográfica del 11 de mayo, 1976	44
15 Sección hidrográfica del 21 de mayo, 1976	45
16 Sección hidrográfica del 25-26 de mayo, 1976.	46
17 Sección hidrográfica del 30-31 de mayo, 1976.	47
18 Sección hidrográfica del 4-5 de junio, 1976.	48
19 Sección hidrográfica del 13 de junio, 1976	49
20 Sección hidrográfica del 23 de junio, 1976	50
21 Sección hidrográfica del 27-28 de julio, 1976.	51
22 Sección hidrográfica del 30-31 de julio, 1976.	52
23 Sección hidrográfica del 10-11 de agosto, 1976.	53
24 Sección hidrográfica del 12-14 de agosto, 1976.	54

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
25 Sección hidrográfica del 10-11 de septiembre, 1976.	55
26 Sección hidrográfica del 13-20 de septiembre, 1976.	56
27 Sección hidrográfica del 20-21 de septiembre, 1976.	57
28 Sección hidrográfica del 1-3 de octubre, 1976.	58
29 Sección hidrográfica promedio de las secciones del 26 de abril al 3 de octubre, 1976.	62
30 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 26-27 de abril, 1976.	64
31 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 28-29 de abril, 1976.	65
32 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30 de abril al 1 de mayo, 1976.	66
33 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 3 de mayo, 1976.	67
34 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 5 de mayo, 1976.	68
35 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 8-9 de mayo, 1976.	69
36 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 11 de mayo, 1976.	70
37 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 21 de mayo, 1976.	71

Figura	Página
38 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 25-26 de mayo, 1976.	72
39 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30-31 de mayo, 1976.	73
40 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 4-5 de junio, 1976.	74
41 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 13 de junio, 1976.	75
42 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 23 de junio, 1976.	76
43 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 27-28 de julio, 1976.	77
44 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30-31 de julio, 1976.	78
45 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 10-11 de agosto, 1976.	79
46 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 12-14 de agosto, 1976.	80
47 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 10-11 de septiembre, 1976.	81
48 Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 13-20 de septiembre, 1976.	82

49	Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 20-21 de septiembre, 1976.	83
50	Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 1-3 de octubre, 1976.	84
51	Diagramas de Temperatura-Salinidad representativos de la primera y segunda fase del JOINT-II, a y b representan la estación de otoño, y c y d la estación de invierno.	86
52	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 26-27 de abril, 1976.	92
53	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 28-29 de abril, 1976.	93
54	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 30 de abril al 1 de mayo, 1976.	94
55	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 3 de mayo, 1976.	95
56	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 8-9 de mayo, 1976.	96
57	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 11 de mayo, 1976.	97
58	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 21 de mayo, 1976.	98
59	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 25-26 de mayo, 1976.	99
60	Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 4-5 de junio, 1976.	100

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
61 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 13 de junio, 1976.	101
62 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 23 de junio, 1976.	102
63 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 30-31 de julio, 1976.	103
64 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 10-11 de agosto, 1976.	104
65 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 10-11 de septiembre, 1976.	105
66 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 20-21 de septiembre, 1976.	106
67 Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 1-3 de octubre, 1976.	107
68 Porcentajes (%) del volumen total de las diferentes masas de agua encontradas en cada ocupación de la línea C.	111
69 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 26-27 de abril, 1976.	113
70 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 28-29 de abril, 1976.	114
71 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 30 de abril al 1 de mayo, 1976.	115
72 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 3 de mayo, 1976.	116
73 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 5 de mayo, 1976.	117
74 Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 8-9 de mayo, 1976.	118

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
75	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 11 de mayo, 1976.	119
76	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 21 de mayo, 1976.	120
77	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 25-26 de mayo, 1976.	121
78	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 30-31 de mayo, 1976.	122
79	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 4-5 de junio, 1976.	123
80	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 13 de junio, 1976.	124
81	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 27-28 de julio, 1976.	125
82	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 30-31 de julio, 1976.	126
83	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 10-11 de agosto, 1976.	127
84	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 12-14 de agosto, 1976.	128
85	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 10-11 de septiembre, 1976.	129
86	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 13-20 de septiembre, 1976.	130
87	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 20-21 de septiembre, 1976.	131
88	Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 1-3 de octubre, 1976.	132

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
I Ocasiones en que se ocupó la línea C durante la primera y segunda fase del experimento JOINT-II.	20
II Porcentaje (%) del volumen total de cada masa de agua, durante el estudio.	110

VARIACION DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS FRENTE
A CABO NAZCA, PERU, DE ABRIL A OCTUBRE 1976.

I. INTRODUCCION.

Un fenómeno físico que se presenta con frecuencia en las costas occidentales de los continentes son las surgencias costeras. Aunque este fenómeno se presenta en un área reducida del océano (0.1 % del área oceánica) su estudio es importante ya que su ocurrencia esta ligada a fenómenos biológicos que producen aproximadamente la mitad de la producción pesquera mundial (Ryther, 1969). La riqueza de las áreas de surgencias costeras se debe principalmente al acarreo de nutrientes de las zonas subsuperficiales a la zona superficial, en donde el fitoplancton los utiliza para llevar a cabo la fotosíntesis y así aumentar la productividad de la región. El fenómeno se ha definido como un movimiento ascendente de cierta duración y extensión, en donde el agua de las capas subsuperficiales es llevada a la capa superficial y alejada del área de surgencia por flujo horizontal (Smith, 1968). De las principales regiones costeras en el mundo, que destacan por su gran productividad debido a las surgencias, se pueden mencionar las costas de Oregon, California, Baja

California, Perú y Noroeste de Africa.

Smith (1968) en su trabajo "UPWELLING", al hablar de estudios previos, destaca que Ekman en 1905 fue quien estableció las bases teóricas para entender las surgencias, estableciendo que el efecto de la rotación de la tierra y las fuerzas friccionales generan un transporte de agua neto 90° a la derecha del esfuerzo del viento en el hemisferio norte, y 90° a la izquierda en el hemisferio sur. Además menciona que en 1888 Witte atribuyó que las surgencias podían originarse por el efecto de la rotación terrestre sobre una corriente meridional, o bien, por vientos que impulsan el agua superficial alejandola de la costa. Thorade en 1909 fue quien aplicó por vez primera la teoría de Ekman en una surgencia en la costa oeste de los Estados Unidos (Smith, 1968), demostrando que ésta se debía a un efecto directo del viento del norte que soplando paralelo a la costa generaba un transporte de agua superficial hacia afuera de la costa.

a). - Oceanografía de la región del Perú.

El lugar geográfico donde se lleva a cabo el presente trabajo se sitúa en la costa del Perú, cerca de cabo Nazca, en aproximadamente 15° de latitud sur. La región costera del Perú se encuentra bajo la influencia de la parte oriental del giro anticiclónico del Pacífico sur, denominado sistema de la corriente del Perú. Este sistema está formado principalmente por dos ramales, más o menos independientes: la corriente costera peruana delimitada entre la costa y los 78° longitud oeste, y la corriente oceánica peruana situada al oeste de 82° longitud oeste (Wyrcki, 1963). Entre estas dos corrientes, que se dirigen hacia el ecuador, se encuentra la contracorriente del Perú que fluye hacia el sur y transporta agua del ecuador hacia el polo (Gunther, 1936; Wyrcki, 1963). La contracorriente se considera subsuperficial, aunque ocasionalmente alcanza la superficie (Wyrcki, 1966). Esta contracorriente está "centrada" a los 80° longitud oeste.

La contracorriente se ha diferenciado de una corriente costera subsuperficial que también fluye hacia el sur, está situada aproximadamente a 200 metros de profundidad la cual es más débil. Dicha corriente costera subsuperficial es llamada "Perú Undercurrent"

(Wooster y Gilmartin, 1961; Wyrтки, 1963).

Wyrтки (1963, 1966) encontró que a través de los 24° latitud sur, la corriente costera del Perú presenta un transporte hacia el norte de 6×10^{12} cm/seg, alcanzando en esta forma aproximadamente los 15° latitud sur, donde se aleja de la costa.

La corriente oceánica, a través de los 24° de latitud sur, presenta un transporte de 8×10^{12} cm/seg, alejándose de la costa un poco más al norte. Wyrтки (1966) estableció también que la contracorriente que fluye hacia el sur, aunque tiene su núcleo a los 100 metros, alcanza los 500 metros de profundidad y que su transporte de 10×10^{12} cm/seg a los 5° latitud sur, disminuye rápidamente hasta 6×10^{12} cm/seg a los 15° latitud sur y hasta 2×10^{12} cm/seg a los 22° latitud sur. Además, esta contracorriente alimenta la mayor parte del agua ocupada en el proceso de surgencia al norte de 15° latitud sur.

La corriente costera del Perú, transporta en su parte superior agua superficial subtropical y subsuperficialmente lleva agua subantártica hacia el ecuador hasta aproximadamente 15° latitud sur. El agua subantártica es característica por un mínimo de salinidad que se hace evidente abajo de los 50 m de profundidad (Wyrтки, 1963).

Los afloramientos frente a la costa peruana destacan por sus aguas relativamente frías y homogéneas que aparecen en la superficie, causando anomalías térmicas notables y gradientes horizontales muy marcados. Zuta y Guillén (1970) estimaron la extensión del área de afloramiento considerando ciertas isoterms como borde exterior del afloramiento. Ellos obtuvieron una área total promedio de 25,250 millas cuadradas a lo largo de 850 millas de línea de costa. También encontraron, al igual que Wyrtki (1963), que la surgencia costera es superficial y se lleva a cabo por arriba de 70 y 100 metros de profundidad, haciendo notar que las aguas que ascienden a la superficie son del borde inferior de la termoclina.

Las aguas que toman parte en las surgencias costeras frente al Perú tienen orígenes de acuerdo a la latitud en que se lleven a cabo. Wyrtki (1963) marcó la diferencia entre dos regiones: una situada al norte de 15° de latitud sur que es alimentada por agua ecuatorial subsuperficial que fluye con la contracorriente y la corriente subsuperficial (Undercurrent); y otra situada al sur de 15° de latitud sur que es alimentada por agua subantártica que fluye hacia el ecuador en la corriente costera del Perú. En base a estudios más detallados, Zuta y Guillén (1970) diferencian tres regiones de surgencias: la primera situada entre los 4° y 6° de

latitud sur, alimentada principalmente por la parte sur de la corriente de Cromwell que llega a tener influencia hasta 9° de latitud sur; la segunda situada al norte de 12° latitud sur alimentada por la corriente peruana subsuperficial que se destaca por sus salinidades relativamente altas y que en determinadas épocas del año, como en verano y otoño, tienen influencia en los afloramientos más hacia el sur; y la tercer región al sur de 14° de latitud sur alimentada por agua subantártica.

El afloramiento que se manifiesta durante todo el año a lo largo de la costa del Perú se encuentra entre 14° y 16° de latitud sur. También existen afloramientos durante gran parte del año, entre las latitudes 4° - 6° , 7° - 8° y 11° - 12° sur (Zuta y Guillén, 1970).

Zuta et al. (1975) describen dos áreas de surgencias en el Perú. Una situada en la parte norte entre 4° y 6° latitud sur y la otra situada en la parte sur entre 14° y 16° latitud sur. En la parte norte encuentran afloramientos arriba de los 70 m de profundidad, que se presentan con mayor intensidad en mayo y septiembre, asociados con la corriente subsuperficial (Undercurrent). En la parte sur encontraron que los afloramientos también se desarrollaban en los primeros 70 m de profundidad y que el origen del agua proviene de dos lugares

principalmente: durante la primavera y el verano la fuente es del sur (agua subantártica) y en otoño e invierno la fuente es del norte.

Segun Wyrcki (1966) el área oceánica del Perú hasta el ecuador presenta una variación anual de temperatura superficial de 5° a 7° C, causada en gran parte por el calentamiento local. Este calentamiento es más intenso al norte del frente ecuatorial de diciembre a febrero, debido a la influencia del agua tropical superficial. Asimismo, menciona que las aguas de surgencias a lo largo de la costa, al sur de 5° latitud sur, identificadas con temperaturas menores de 23.0° C tienden a desaparecer debido a una mayor influencia del agua caliente hacia el sur. Esta situación la refiere bajo el nombre del NIÑO, y con consecuencias catastróficas en la comunidad biológica de la región y el clima a lo largo de la costa. Hace notar que tales eventos se han registrado y descrito por diferentes investigadores desde el siglo pasado, pero que ninguno de ellos se han documentado por observaciones oceanográficas.

El Niño, descrito en más detalle por Wooster (1960), es un fenómeno que se manifiesta en ciertas ocasiones en la costa de sudamérica. Es aparentemente una respuesta regional a los cambios a gran escala de la interacción atmósfera-oceano que estan asociados con una notable

fluctuación global en la circulación atmosférica (Oscilación austral; Quinn, 1974, 1979). Su ocurrencia se ha encontrado en intervalos irregulares, pudiendo aparecer en dos años sucesivos y desaparecer después por 5-12 años (Quinn y Burt, 1972). Una de las causas inmediatas a las que se atribuye es el debilitamiento general de los vientos alisios del hemisferio sur (Wooster y Guillén, 1974). Entre las consecuencias se pueden mencionar: 1) surgencias costeras débiles o nulas; 2) invasión de aguas de alta temperatura y salinidad hacia la costa; 3) extensión hacia el sur de aguas ecuatoriales de temperatura alta y salinidad baja a lo largo de la costa como una capa delgada que llega más lejos de su posición usual en el verano (Wooster y Guillén, 1974).

b). - Masas de agua de la región.

En el sistema de la corriente del Perú, que se encuentra enmarcada dentro del Océano Pacífico oriental, participan aguas que se originan en cuatro regiones climáticas: La región ecuatorial, en el norte; la región subtropical en el lado suroeste; la región subantártica y la región antártica, ambas en el lado sur. Las masas de agua se introducen a la región del Perú a

través de flujos horizontales dirigidos hacia el polo y hacia el ecuador, acompañados de mezcla horizontal a gran escala (Zuta y Guillén, 1970).

En la superficie del mar se han identificado principalmente tres masas de agua: agua tropical superficial (ATS), agua subtropical superficial (ASS) y agua ecuatorial superficial (AES). Lo anterior y la siguiente descripción esta basada principalmente en lo descrito por Wyrтки (1963, 1967).

1). - El agua tropical superficial (ATS) se forma en regiones donde la temperatura es alta, la variación estacional es pequeña y donde la salinidad es baja debido a un exceso de precipitación sobre la evaporación. En el Pacifico oriental esta masa de agua se caracteriza por temperaturas siempre mayor de 25°C y salinidades menores a 34.0 o/oo. Se presenta generalmente al norte de 4° latitud sur y en ciertas ocasiones se desplaza varios grados hacia el sur cuando ocurre el fenómeno del Niño (Zuta y Guillén, 1970). La frontera hacia el norte de esta agua es arbitrariamente dada por la isoterma de 25°C y la frontera hacia el sur es deliniada desde el Ecuador hasta el norte de las islas Galápagos, continuando hacia el oeste en aproximadamente 4° latitud norte, donde coincide con la frontera sur de la contracorriente surecuatorial. Su extensión vertical esta limitada a la

capa somera de mezcla, la cual tiene de 20 a 50 m de espesor, con excepción en la frontera sur de la contracorriente donde puede tener hasta 100 m de profundidad.

2). - El agua subtropical superficial (ASS) que se forma en regiones donde la evaporación es mayor que la precipitación, ha sido caracterizada por salinidades altas (> 35.0 o/oo) y un amplio rango de temperaturas (desde 15°C a 28°C). El centro de esta masa de agua es aproximadamente concéntrico con el centro del giro anticiclónico del Pacífico sur, donde la salinidad es mayor de 36.0 o/oo. Su extensión hacia el norte ha sido delimitada, en una aproximación, por la isohalina de 35.0 o/oo y su extensión hacia el sur está dada por la convergencia subtropical, la cual se sitúa entre 30° y 40° latitud sur, con ligeras fluctuaciones estacionales.

3). - El agua ecuatorial superficial (AES) es caracterizada por salinidades bajas y temperaturas altas. Se localiza entre el ATS y el ASS con propiedades intermedias, sin embargo, no es un producto de mezcla entre ellas y sus propiedades están determinadas por advección estacional del agua fría de la corriente del Perú y las surgencias ecuatoriales. Sus fluctuaciones geográficas se relacionan con los desplazamientos del frente ecuatorial (Zuta y Guillén, 1970), y son

desplazadas más al norte en el otoño e invierno austral por efecto del flujo intenso de la corriente costera Peruana.

Debajo "del marco superficial" descrito anteriormente se encuentran tres masas de agua subsuperficiales: el agua ecuatorial subsuperficial (AESS), el agua subantártica (AS) y el agua antártica intermedia (AAI).

1). - El agua ecuatorial subsuperficial (AESS) fue considerada por Wyrcki (1963) una mezcla del ASS y el AAI, con temperaturas desde 7° a 17° C y salinidades desde 34.6 a 35.2 o/oo. Cerca del ecuador se le encuentra en un rango de profundidad entre 50 - 500 m debajo de una capa delgada de AES. Se caracteriza por un mínimo de oxígeno debido a su gran tiempo de residencia. Fuera de la costa del Perú este mínimo se extiende en un rango amplio de temperaturas (5° a 15° C). La parte superior del AESS no alcanza a cruzar los 15° latitud sur debido a que se lo impide el agua subantártica que fluye hacia el ecuador en la corriente del Perú. La parte inferior del AESS se extiende hacia sur entre 200 y 400 m y se identifica por un máximo de salinidad con temperaturas menores de 12° C. Su extensión hacia el sur es atribuída a la contracorriente Peruana (Wooster y Gilmartin, 1961; Wyrcki, 1963).

Zuta y Guillén (1970) dividen las aguas ecuatoriales debajo de la superficie en dos: aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS) y aguas ecuatoriales profundas (AEP). Las primeras se encuentran en el norte en una capa entre 50 - 300 m, con temperaturas de 13° a 15° C y salinidades entre 34.9 a 35.1 o/oo. En su trayecto hacia el sur se enfrían y disminuyen de salinidad así como de espesor. Son aguas relativamente homotérmicas, relativamente salinas y de relativamente alto contenido de oxígeno debido a que provienen de la rama sur de la bifurcación de la corriente de Cromwell. Las segundas (AEP) se encuentran entre 150 - 700 m, con temperaturas de 7° a 13° C y salinidades entre 34.6 a 34.9(8) o/oo y además, coinciden completamente con la capa de mínimo oxígeno.

2). - El agua subantártica (AS) se identifica como un mínimo de salinidad en los diagramas T-S. En el rango de la corriente costera del Perú se identifica por un mínimo subsuperficial de salinidad originado en la convergencia subtropical y se encuentra en la capa de discontinuidad cerca de los 100 m. En el rango de la corriente oceánica del Perú se le encuentra debajo del ASS entre 200 y 300 m de profundidad. El espesor de esta masa de agua generalmente es menor de 100 m y su avance en la corriente costera del Perú alcanza hasta los 15° latitud sur. - Zuta y Guillén (1970) la encuentran en un rango de

temperatura y salinidad de 13° a 15° C y de 34.6 a 34.8 o/oo frente a la costa Peruana.

3).- Y el agua antártica intermedia que está caracterizada por un mínimo de salinidad entre 600 y 900 m de profundidad. Se identifica con temperaturas de 5° a 6° C y salinidades de 34.3 a 34.6 o/oo.

Zuta y Guillén (1970) sitúan esta masa de agua entre 600 - 700 m y aproximadamente los 1000 m, con temperaturas entre 4° y 7° C y salinidades entre 34.45 y 34.6 o/oo.

c). - Objetivos

El programa CUEA (Análisis de Ecosistemas de Surgencias Costeras) llevó a cabo un experimento frente a las costas del Perú, cerca de los 15° de latitud sur, frente a cabo Nazca, desde marzo de 1976 a junio de 1977. Este experimento denominado JOINT-II, representa uno de los mayores esfuerzos realizados a la fecha para estudiar este tipo de ecosistemas. Las investigaciones se desarrollaron en una área de 100 Km por 100 Km, entre Pisco y San Juan, Perú. El experimento constó de tres fases principales: la fase uno, marzo-abril-mayo de 1976

(MAM76); la fase dos, julio-agosto-septiembre de 1976 (JAS76); y la fase tres de marzo-abril-mayo-junio de 1977 (MAMJ77).

El año de 1976 se ha considerado un año moderado del Niño, según datos del índice de Quinn (oscilación austral; Quinn, 1977). Durante el período de marzo a agosto de 1976 la temperatura superficial fue anormalmente caliente en la mayor parte de la costa del Perú (Wyrski, 1977). Registros de temperatura a los 15° de latitud sur y 125 metros de profundidad (estación Mila), indicaron un calentamiento desde fines de marzo hasta agosto de 1976; período en que generalmente la temperatura disminuye constantemente (Brink et al., 1978). En este trabajo se propone analizar los cambios hidrográficos de temperatura, salinidad y sigma-t, que ocurrieron durante la primera y segunda fase del experimento JOINT-II, a lo largo de una sección perpendicular a la costa cerca de cabo Nazca, Perú. Con esto se pretende describir la respuesta del campo hidrográfico en relación a las fluctuaciones del viento durante ese período. Los objetivos de interés particular son los siguientes:

- a) Identificar eventos de intensificación de surgencias.

- b) Describir las variaciones temporales del campo hidrográfico durante un año moderado del Niño.

- c) Describir la variación temporal de las masas de agua a través de la sección frente a cabo Nazca, Perú.

II. MATERIALES Y METODOS.

El programa JOINT-II fue llevado a cabo desde marzo 1976 a mayo 1977 por el programa Coastal Upwelling Ecosystems Analysis (CUEA). Las observaciones se concentraron en una región al sur de cabo Nazca (al sur de 15° latitud sur), sobre una sección hidrográfica (línea-C) que se extendió hacia el suroeste de la costa (Fig. 1). Durante el experimento se ocuparon un total de 37 secciones, las cuales se llevaron a efecto durante tres períodos: 27 abril a 23 junio 1976, 27 julio a 3 octubre 1976, y 5 marzo a 16 mayo 1977. En la mayoría de las secciones se obtuvieron perfiles verticales con un sistema CTD (Conductivity-Temperature-Depth) hasta una profundidad de 500 m y a mayor profundidad en las estaciones alejadas de la costa. Sólo durante pocas secciones, cuando estuvo fuera de operación el sistema CTD, se utilizaron botellas Niskin para el muestreo. Para este trabajo se utilizan únicamente las 21 secciones hidrográficas, obtenidas durante los dos primeros períodos.

Las observaciones durante el primer período (27 abril a 23 junio 1976) se llevaron a cabo a bordo del barco R/V T. G. Thompson; para las mediciones se utilizó un sistema CTD Plessey 9040 (Barton, 1977; Friebertshauser, Bishop y Codispoti, 1977). Para este período la sección estuvo

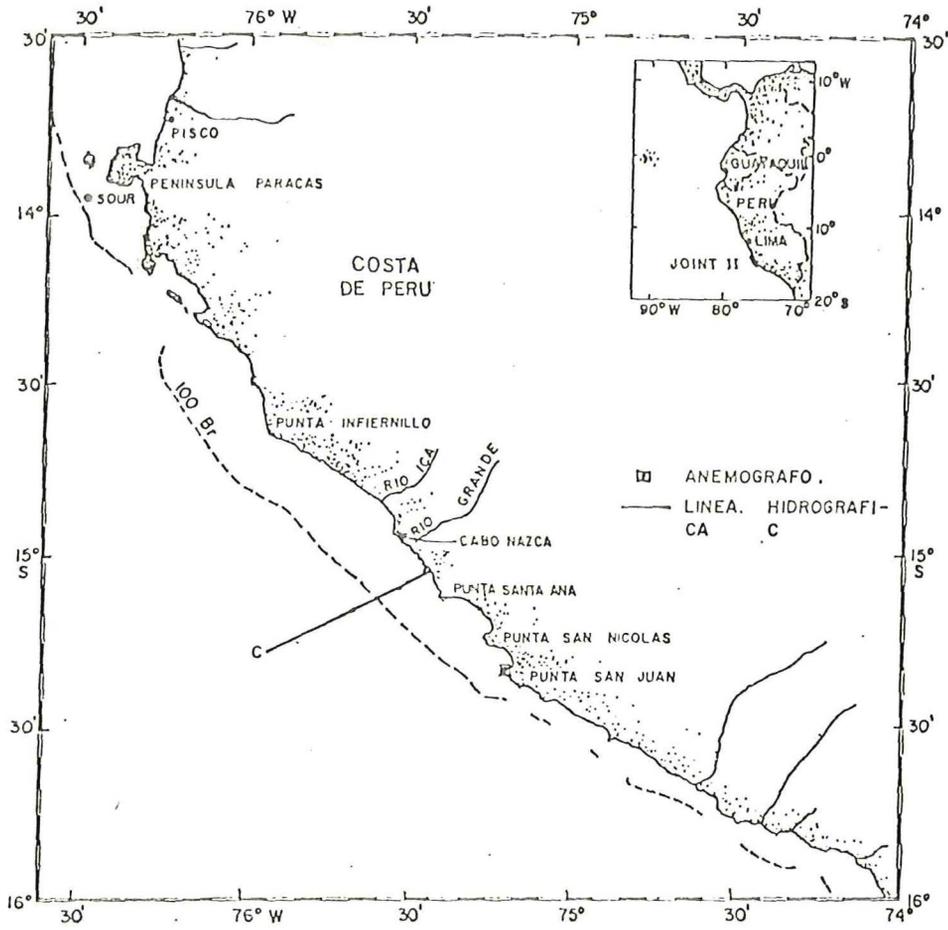


Figura 1. Area de Operaciones del experimento JOINT-II.

orientada a 240° (Fig. 2), y la distancia entre la costa y la estación más cercana fue de aproximadamente 2 a 3 Km. Las observaciones durante el segundo período (27 julio a 3 octubre 1976) se realizaron a bordo del barco R/V Eastward utilizando un sistema CTD Geodyne (Huyer et.al., 1978). Solamente para las últimas cuatro secciones (del 10 septiembre al 3 octubre 1976) se utilizaron lances hidrográficos con botellas Niskin al ocupar las estaciones. Para este segundo período se cambió la orientación de la sección a 225° con el fin de que fuera más perpendicular a la costa (Fig. 2), y la distancia a la costa de la estación más cercana fue de 4 a 6 Km. ,

Durante los dos períodos las estaciones sobre la plataforma y el talud superior estuvieron separadas en aproximadamente 5.5 Km, y 11 Km para las estaciones hasta más o menos 70 Km de la costa, y en 22 Km las estaciones más lejanas.

Las ocasiones en que se ocupó la línea C durante el período de abril a octubre de 1976, se muestran en la Tabla I. Las técnicas de muestreo, la localización in-situ de las estaciones, el procesamiento de datos del CTD, y los listados y perfiles de cada estación hidrográfica son descritos por Barton (1977), Friebertshauser, et.al. (1977) y Huyer, et.al. (1978).

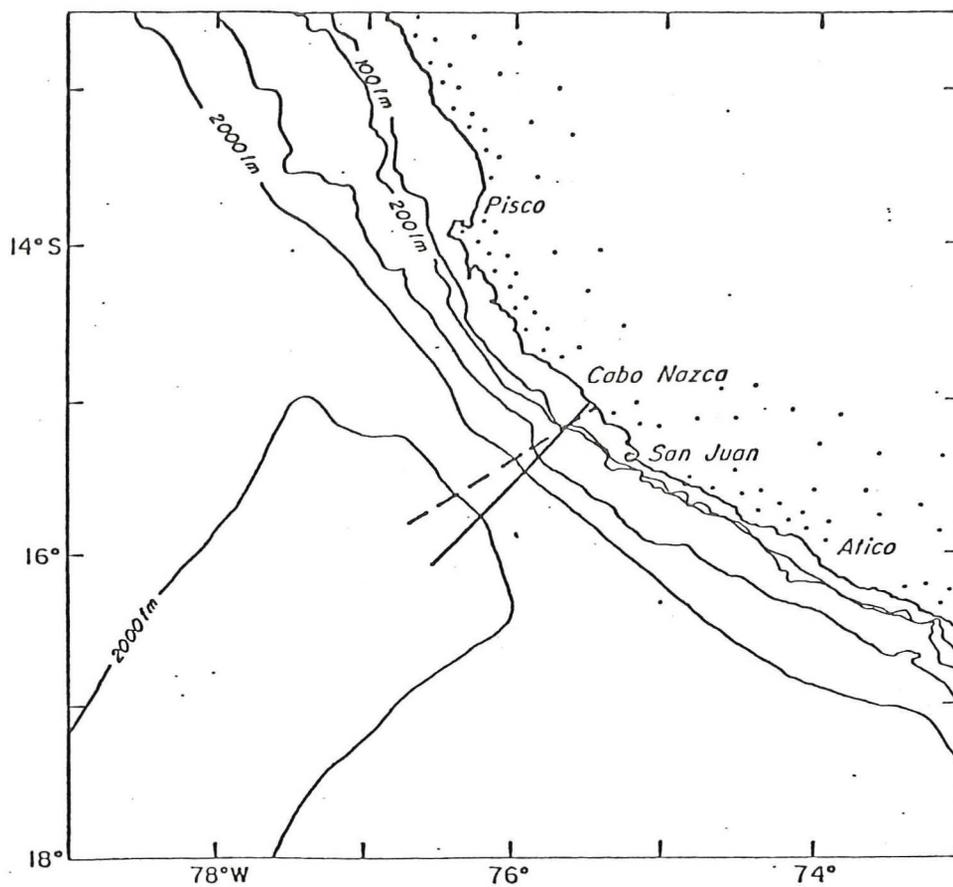


Figura 2. Localización de la línea C durante las dos fases del JOINT-II. La línea espaciada se ocupó durante la primera fase (MAM'76), y la línea sólida durante la segunda fase (JAS'76).

Tabla I. Ocasiones en que se ocupó la línea C durante la primera y segunda fase del experimento JOINT-II.

FECHA	No. SECCION
26 - 27 ABRIL	1
28 - 29 ABRIL	2
30 ABRIL - 1 MAYO	3
3 DE MAYO	4
5 DE MAYO	5
8 - 9 MAYO	6
11 MAYO	7
21 MAYO	8
25 - 26 MAYO	9
30 - 31 MAYO	10
4 - 5 JUNIO	11
13 JUNIO	12
23 JUNIO	13
27 - 28 JULIO	14
30 - 31 JULIO	15
10 - 11 AGOSTO	16
12 - 14 AGOSTO	17
10 - 11 SEPTIEMBRE	18
13 - 20 SEPTIEMBRE	19
20 - 21 SEPTIEMBRE	20
1 - 3 OCTUBRE	21

De acuerdo a Friederich et.al. (1977) la posición de las estaciones se refirió a localizaciones estandar (C1 a C12; Fig. 3); y la topografía del fondo se basó en la profundidad promedio de cada una de las estaciones.

A partir de esta información se elaboraron secciones verticales de temperatura ($T^{\circ}C$), salinidad (o/oo) y sigma-t utilizando el sistema de computación "Prime 400" del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).

El registro de vientos de marzo a octubre de 1976, utilizado para este trabajo, fue obtenido en San Juan, Perú, con una estación meteorológica tipo MRI 1071. Esta fue operada por personal del Departamento de Meteorología de la Universidad de Florida de los Estados Unidos. La serie del viento fue procesada y editada por la Univerdidad de Oregon y ha sido filtrada para eliminar señales de frecuencias diurnas y más altas. Las componentes del viento se resuelven en componentes normal (V_n) y tangencial (V_t), girándolas 45° (en sentido contrario a las manecillas del reloj). La componente V_t quedó paralela a la línea de costa en dirección SE-NW, mientras que V_n quedó perpendicular a la línea de costa. En este trabajo se ha utilizado únicamente la componente paralela a costa. La serie de viento de la componente V_t se suavizó utilizando el filtro Hanning, el cual se convolucionó con la serie 25 veces.

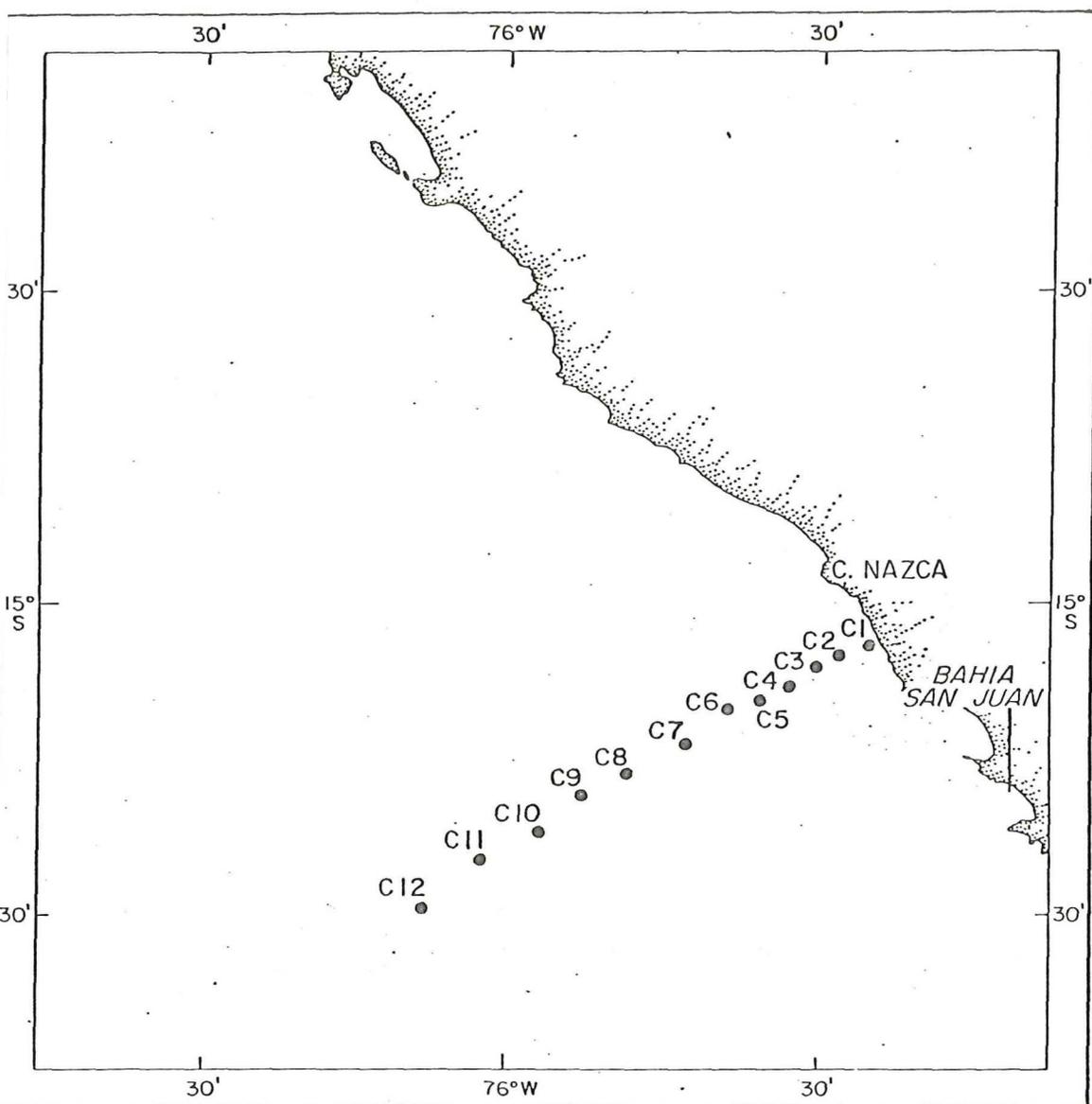


Figura 3. Localización geográfica media de cada estación hidrográfica, en cada ocupación de la línea C.

La sección hidrográfica media en la línea C se obtuvo promediando en cada una de las estaciones los valores de temperatura, salinidad y sigma-t, obtenidos durante todo el estudio.

El nivel de referencia que se utilizó para el cálculo de velocidades geostróficas fue el de 500 decibares (db.). La extrapolación de las anomalías de altura dinámica hacia las estaciones más someras donde no se alcanzaba este nivel de referencia se llevó a cabo de acuerdo a Reid y Mantyla (1976).

El análisis volumétrico se realizó de acuerdo a la técnica implementada por Camarck (1974), procediéndose de la siguiente forma:

A cada estación hidrográfica de la línea C se le asignó una fracción de la longitud total de la sección, tomando en cuenta el número de estaciones consideradas. La longitud total se calculó considerando la distancia entre la estación C1 y el punto medio entre las estaciones C9 y C10. La fracción de la longitud total asignada a cada estación se obtuvo considerando la distancia entre los puntos medios entre las estaciones consideradas. La fracción asignada a la estación C1 fue la mitad de la fracción asignada de las estaciones C2 a C6. La profundidad del plano X-Z se determinó por la isoterma de 5° C. Se usó una curva de

correlación T-S (interpolada cada 10 metros) para calcular el intervalo de profundidad del agua en cada clase bivariante ($0.5^{\circ}\text{C} \times 0.1 \text{ o/oo}$). El intervalo de profundidad fue entonces multiplicado por el área superficial total para obtener el volumen parcial del agua en cada clase bivariante. La profundidad promedio de ocurrencia en cada clase se encontró multiplicando la profundidad de cada muestra por su volumen parcial correspondiente, sumando dentro de cada clase y finalmente dividiendo por el volumen total de la clase.

Las secciones consideradas para este análisis fueron la 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20 y 21 ya que estas son las únicas en las que se ocuparon cuando menos seis estaciones en forma continua a partir de la costa. El número de estaciones consideradas en cada sección hidrográfica no siempre fue el mismo, varió generalmente de siete a nueve estaciones, que corresponden a una distancia desde la costa de aproximadamente 40 Km hasta 65 Km respectivamente. Únicamente se consideró una sola sección con un número de seis estaciones (30 Km de la costa aprox.) y fue la correspondiente al 23 de junio.

III. RESULTADOS.

a). - Viento.

La serie del viento que se describe en este trabajo es para la componente del viento paralelo a la costa (Fig. 4). Esta muestra una dirección persistente hacia el ecuador, favorable a la surgencia, durante todo el estudio (26 de abril al 3 de octubre de 1976). Presenta un valor promedio arriba de 5 m/seg la mayor parte del tiempo. Su persistencia hacia el ecuador hace difícil la identificación de eventos como se observan en Oregon, donde las inversiones fuertes en la dirección del viento son más comunes.

La componente del viento paralelo a la costa presentó fluctuaciones de diferentes períodos, desde el orden de uno a dos días hasta del orden de 10 a 15 días. Entre las fluctuaciones de uno a dos días, encontramos intensificaciones muy fuertes con valores que sobrepasan los 9 m/seg. Entre las más sobresalientes se encuentran las del 27 de abril, 20 de mayo, 12 de junio, 12 de julio, 9 y 27 de agosto, y 11 de septiembre. Todas con magnitudes máximas entre aproximadamente 10.0 y 12.5

m/seg. Asimismo, se distinguen mínimos sobresalientes para el 1, 22 y 27 de mayo, 20 de junio, 2 y 22 de agosto, 19 de septiembre, y 2 de octubre con magnitudes entre 3 y 5 m/seg aproximadamente. También es posible distinguir lapsos del orden de 6 a 12 días, en el que la magnitud del viento presentó fluctuaciones relativamente pequeñas con una intensidad promedio de 9 m/seg aproximadamente. Esos lapsos se distinguen principalmente del 2 al 11 de mayo, del 13 al 19 de agosto, y del 3 al 15 de septiembre. Lo anterior se observa mejor en la serie suavizada que se sobrepone a la serie del viento.

Las magnitudes del viento paralelo a la costa se encuentran más bajas durante la primera fase del estudio (MAM/76) que durante la segunda fase (JAS/76).

b). - Variación de temperatura, salinidad y densidad superficial.

La variación de temperatura y densidad en la superficie del mar, en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa, presentan respectivamente seis mínimos y seis máximos cerca de la costa (Figs. 4 y 6). Estos se encuentran definidos por aguas más frías de 16.0°

C y más densas de 25.8, relacionándose con intensificaciones de las surgencias. Estas fluctuaciones no muestran la misma intensidad y su extensión mar afuera es variable, de 8 a 60 Km desde la costa. Su duración no es muy clara debido a la escasez de muestreos hidrográficos, sin embargo, se observa una duración del orden de 2 a 10 días.

Se encuentra también, dentro de los primeros 60 Km de la costa, que las variaciones de temperatura y densidad presentan una relación visual con la componente (V_t) del viento (Figs. 4 y 6). Así, la presencia de aguas más frías y más densas cerca de la costa coinciden con intensificaciones del viento hacia el ecuador más fuertes de 5 m/seg, y la incursión de aguas más calientes ($>18.0^{\circ}\text{C}$) y menos densas (<25.4) hacia la costa se relacionan con debilitamientos del viento de hasta 4 m/seg. La respuesta del campo hidrográfico al viento no fue instantánea. Se presenta un retraso de uno a dos días entre el inicio de vientos fuertes y la disminución significativa de temperatura cerca de la costa. La presencia de los primeros cinco mínimos de temperatura, relacionados a intensificaciones del viento, se encuentran un día después que la componente paralela a la costa alcanza una velocidad máxima de 10 m/seg aproximadamente.

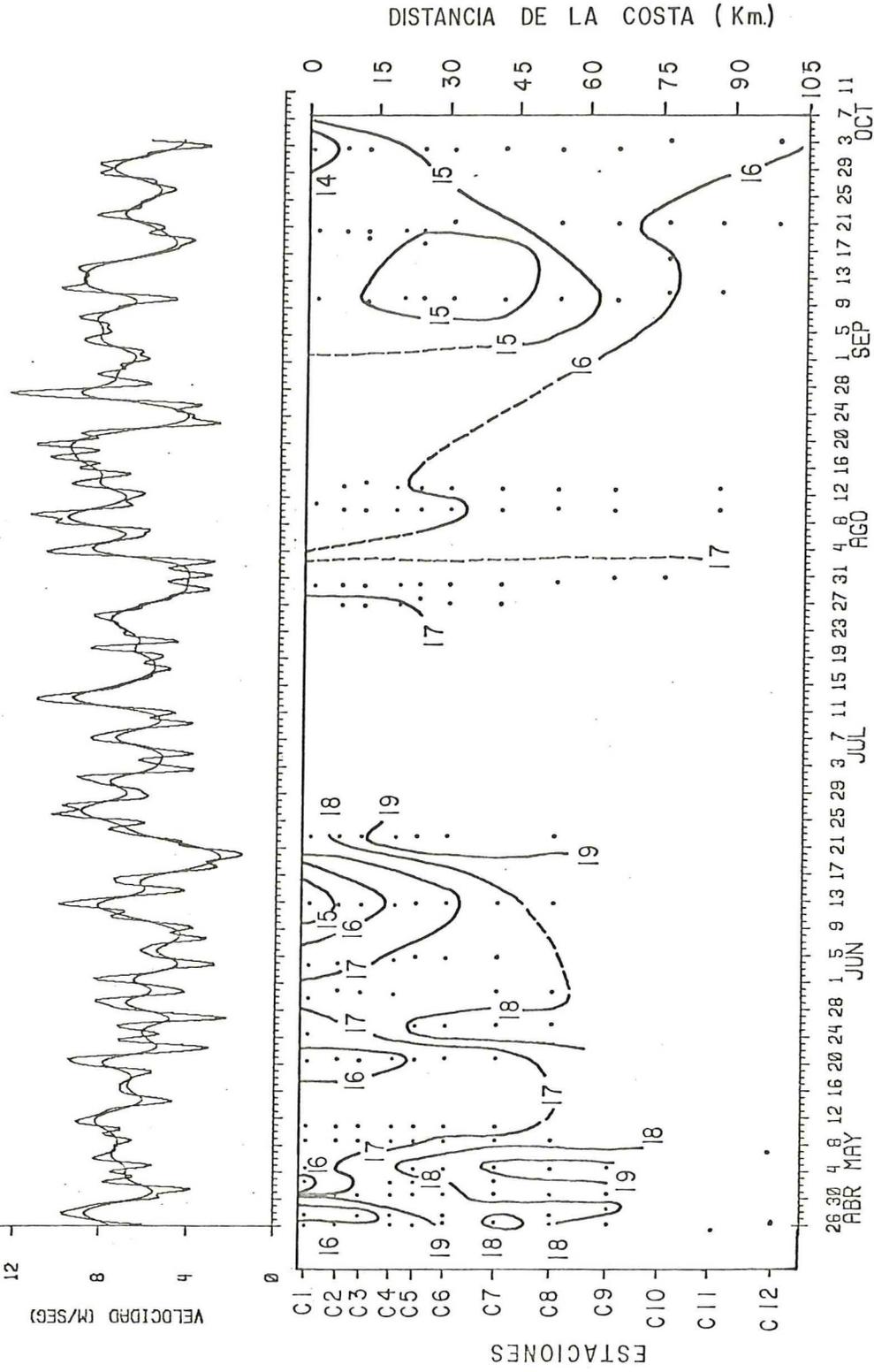


Figura 4. Variación de Temperatura (°C) en la superficie en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa y la componente (Vt) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.

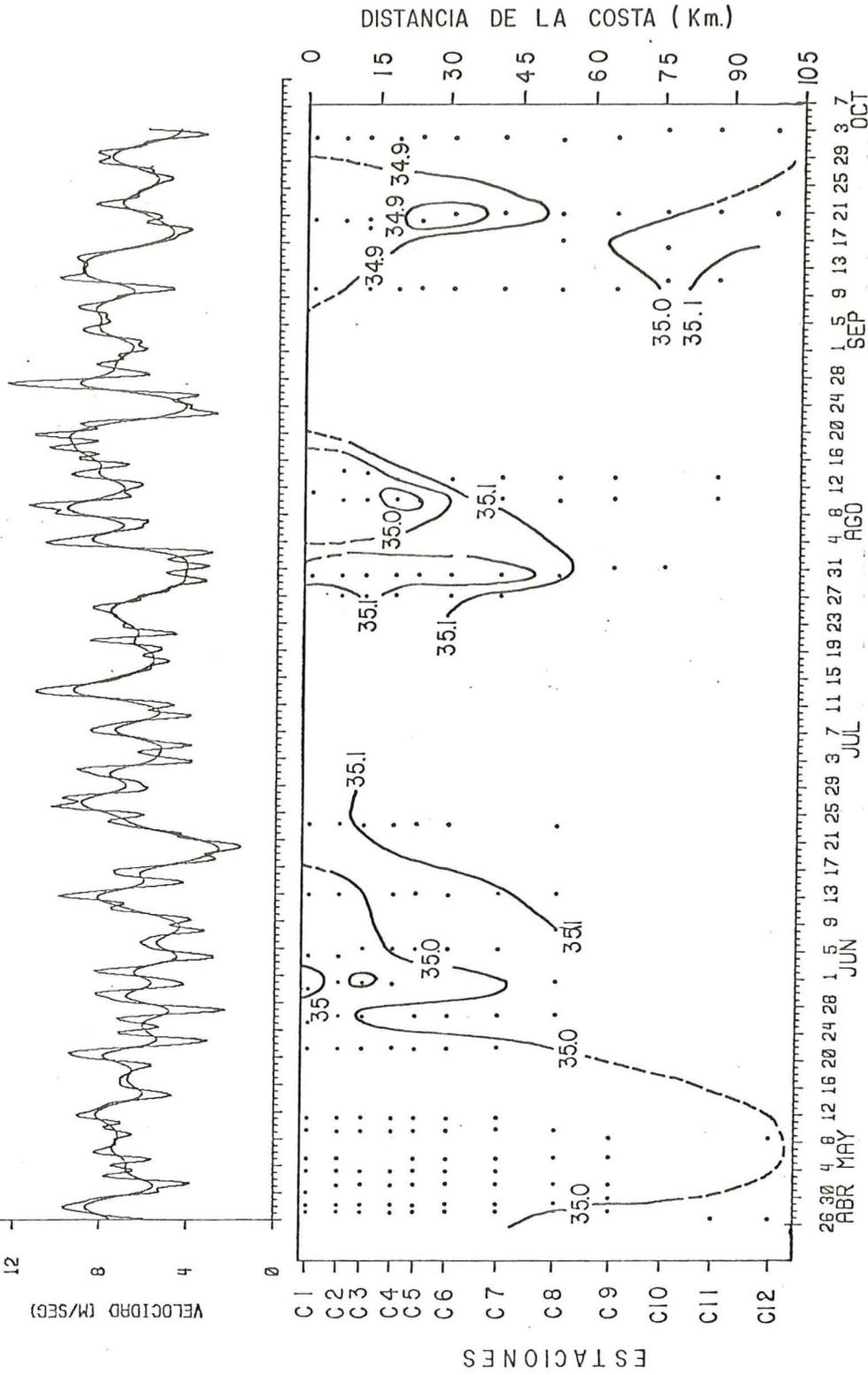


Figura 5. Variación de Salinidad (o/oo) en la superficie en función del tiempo y distancia fuera de la costa y la componente (Vt) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.

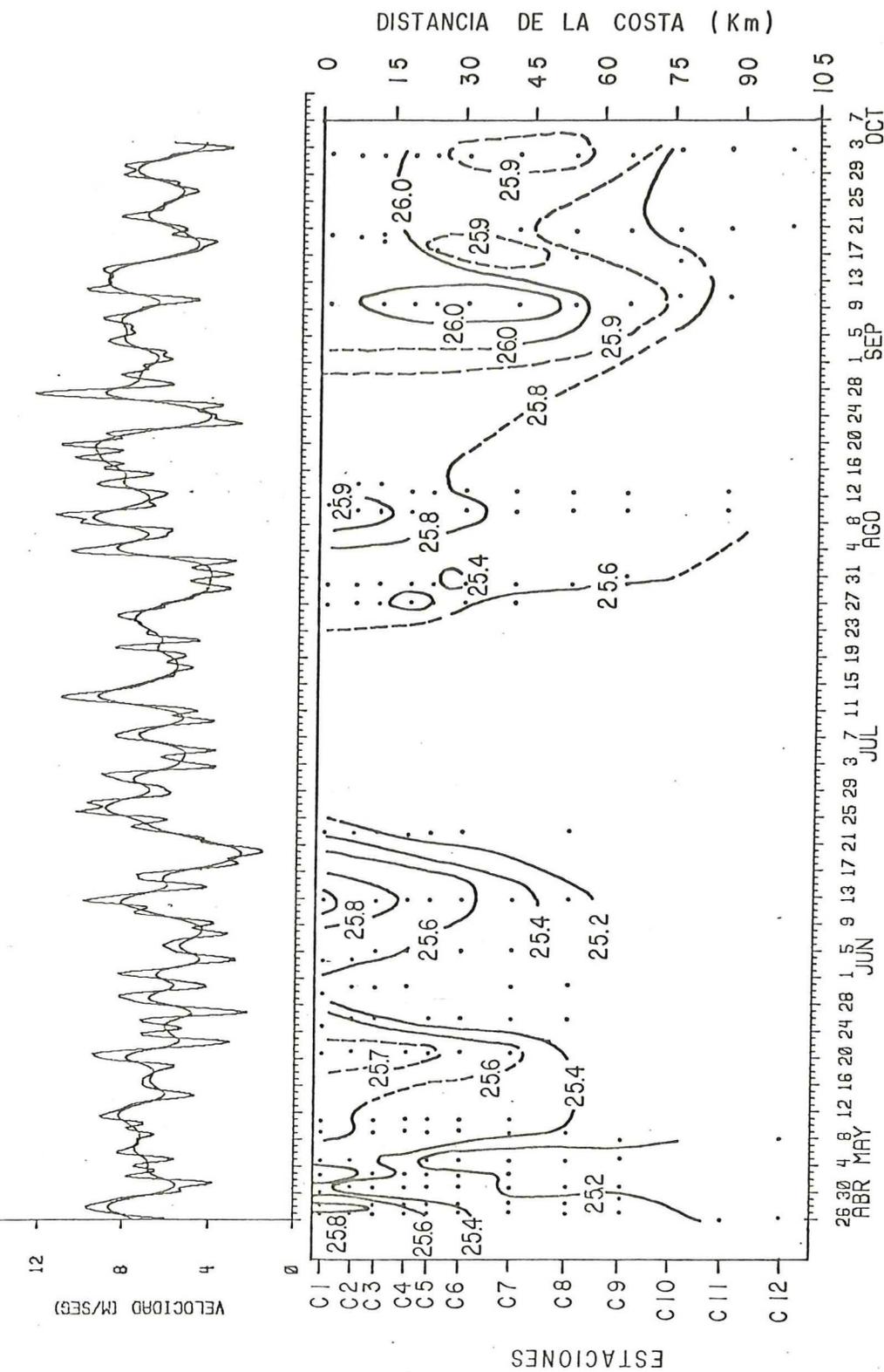


Figura 6. Variación de Densidad (σ_t) en la superficie en función del tiempo y distancia hacia fuera de la costa y la componente (V_t) del viento durante la primera y segunda fase del JOINT-II.

La variación de salinidad en la superficie (Fig. 5), no mostró el mismo tipo de relación con el viento como la temperatura y la densidad, a excepción del mes de septiembre, donde se encuentran las salinidades superficiales más bajas del estudio. En este mes se presentó un mínimo de temperatura presumiblemente relacionado con una intensificación de la surgencia. Durante los meses de abril-mayo la salinidad presentó valores muy homogéneos, alrededor de 34.9 o/oo, desde la costa hasta los 70 Km aproximadamente (Fig. 5). Únicamente para el 26 de abril y 21 de mayo se observan salinidades un poco mayores de 35.0 o/oo a 45 Km de la costa. Las salinidades más elevadas se encuentran en junio y agosto cercanas a la costa, con valores de hasta 35.1 o/oo. Estas altas salinidades se presentaron a más de 60 Km de la costa en el mes de septiembre.

En la figura 7 se muestra la variación mensual de temperatura superficial en la estación más cercana a la costa (C1, 2 a 3 Km) y la variación mensual promedio de temperatura de 17 años en una estación costera en San Juan, Perú, elaborada por Zuta et. al (1975). Cada valor de la estación C1 representa el promedio mensual de la capa superficial en los primeros 40 m. Se observa en general que la temperatura mensual promedio, a través de todo el estudio (abril-octubre, 1976), estuvo por arriba del promedio mensual a largo plazo en poco más de 1.0° C.

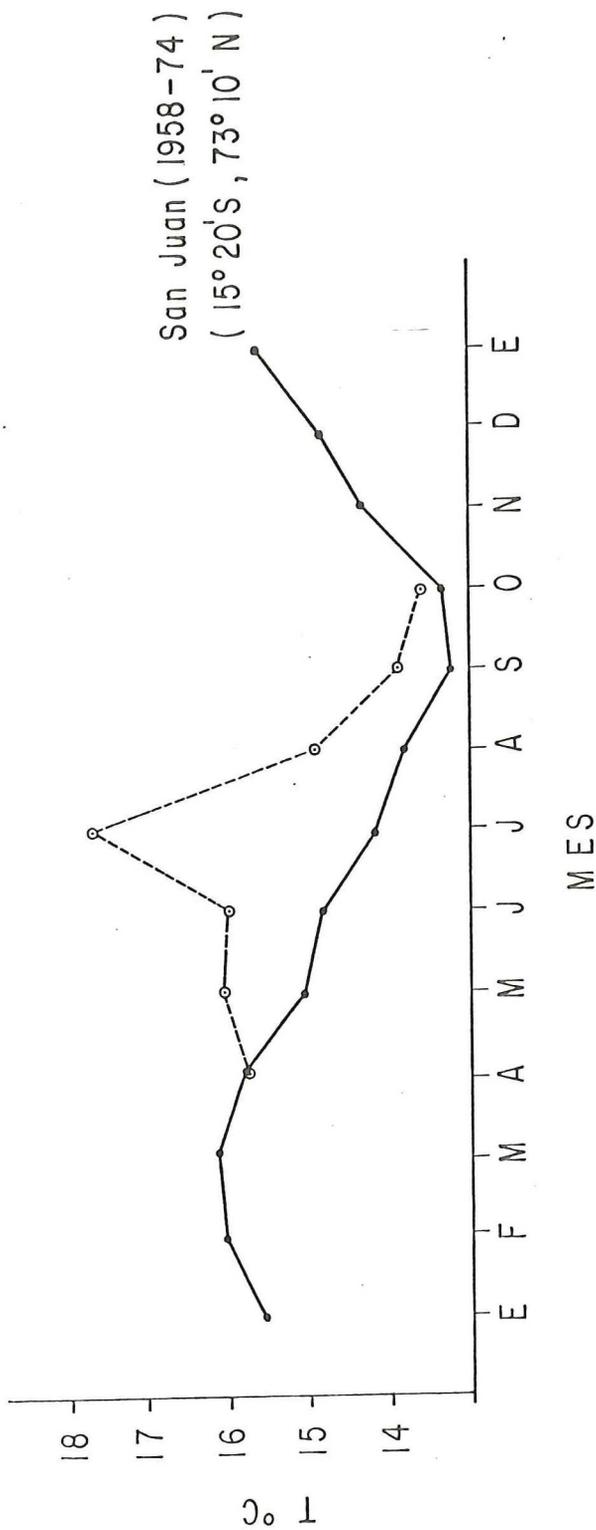


Figura 7. Variación mensual promedio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en los primeros 40 m en la estación C1 (línea espaciada) y la variación mensual promedio de temperatura de 17 años en una estación costera en San Juan, Perú (línea sólida), esta última de Zuta et.al (1975).

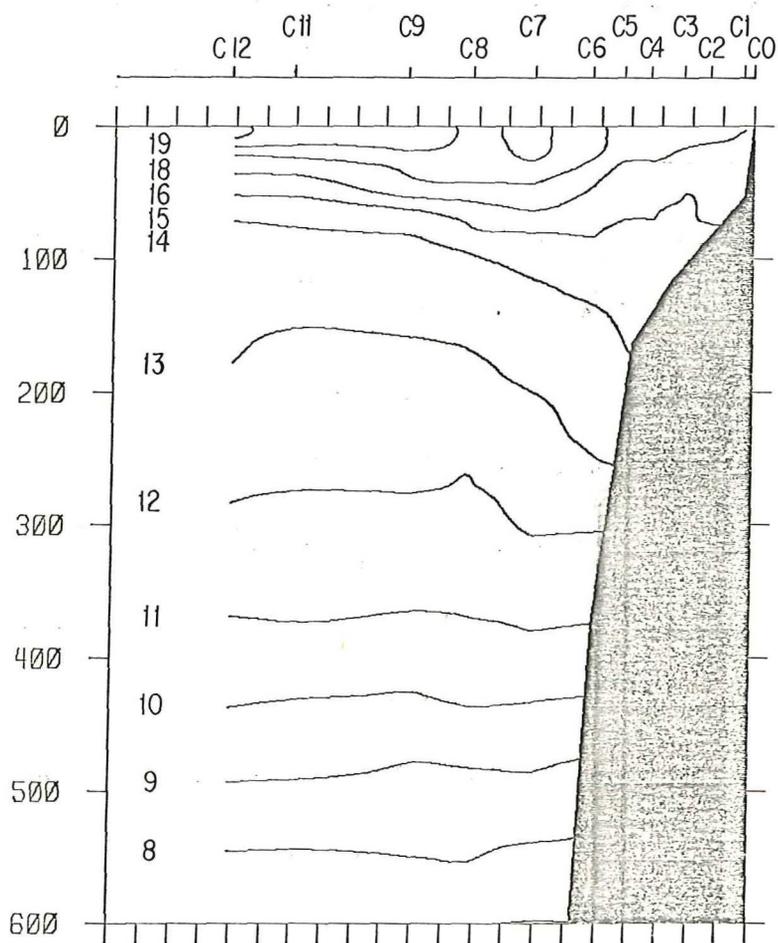
En julio se notó un pico muy marcado, el cual se atribuye principalmente a que en este mes solo se utilizó un valor al calcular este promedio.

c). - Variación temporal de los campos hidrográficos.

Las secciones hidrográficas para la primera y segunda fase del JOINT-II muestran que en general durante todo el experimento los valores de temperatura y salinidad en la superficie del mar aumentaron hacia fuera de la costa, mientras que los de densidad disminuyeron en la misma dirección (Figs. 8 a 28).

Las distribuciones de temperatura y densidad presentaron una correspondencia muy grande a través del estudio, de aquí que se utilicen principalmente estas variables para describir los rasgos hidrográficos a través del tiempo.

En general cuando se registraron eventos de surgencias, las secciones hidrográficas nos muestran que las isotermas arriba de los 100 m de profundidad presentan una inclinación positiva hacia la costa. Teniéndose isotermas como la de 15.0° C y 16.0° C que llegan a tocar la superficie del mar a ciertas distancias



Temperatura (°C)

Figura 8a. Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.

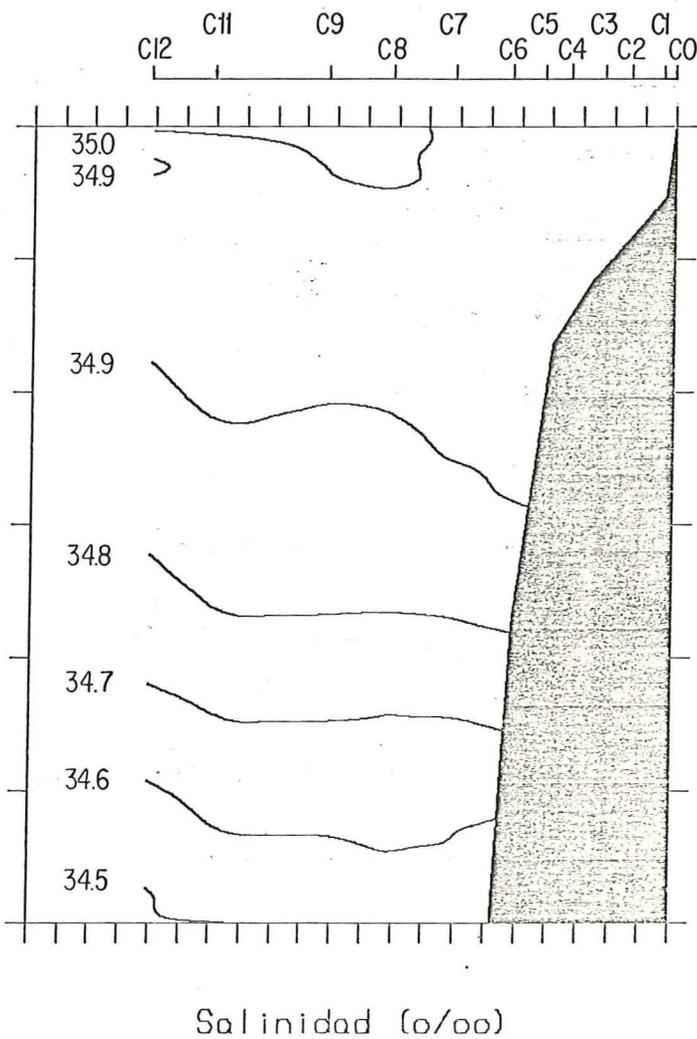


Figura 8b. Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.

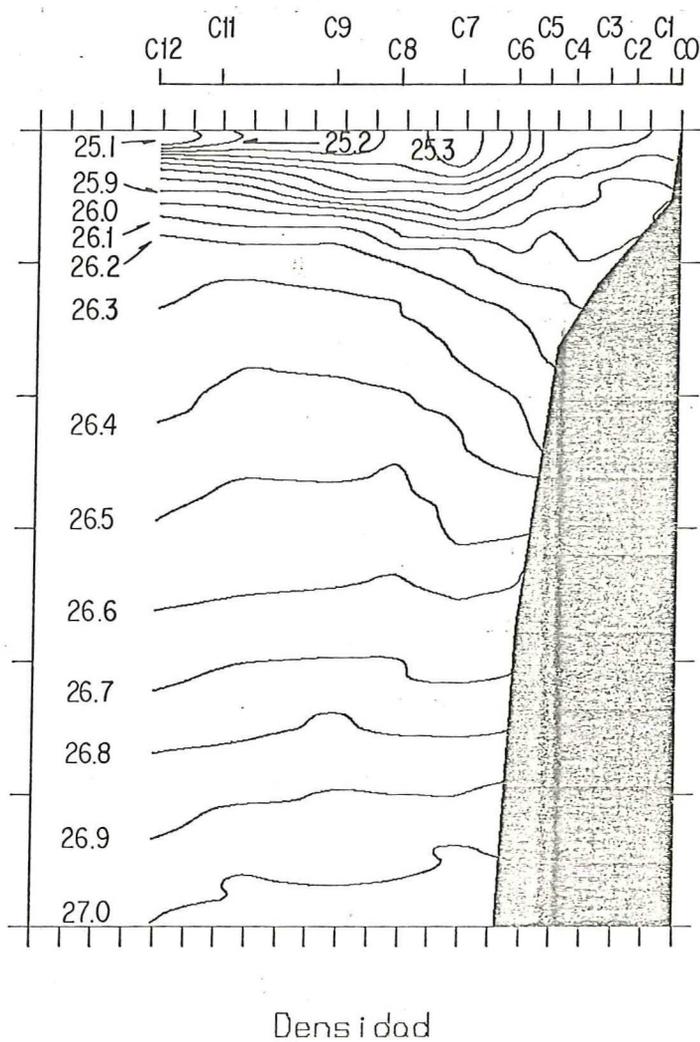


Figura 8c. Sección hidrográfica del 26 al 27 de abril, 1976.

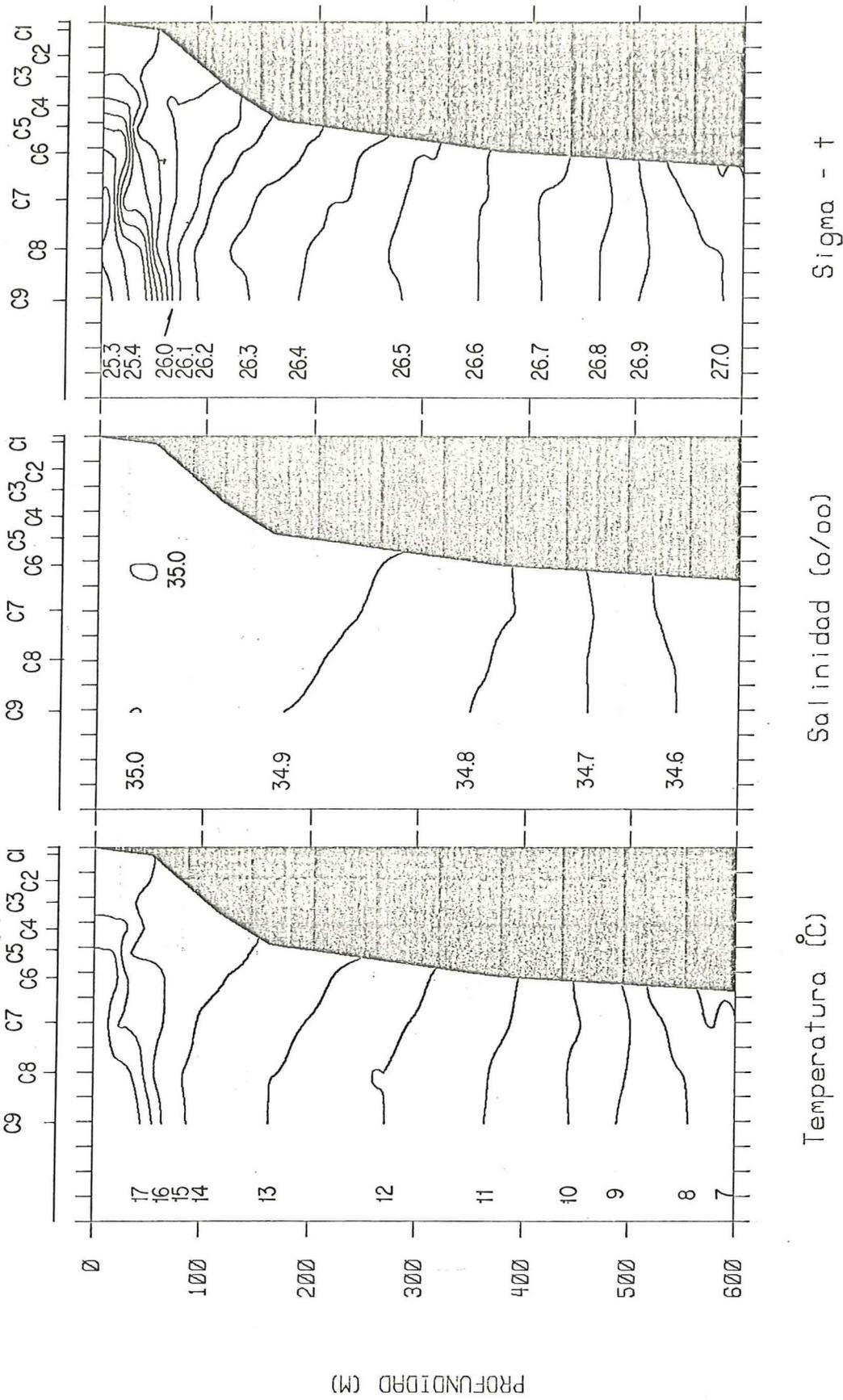
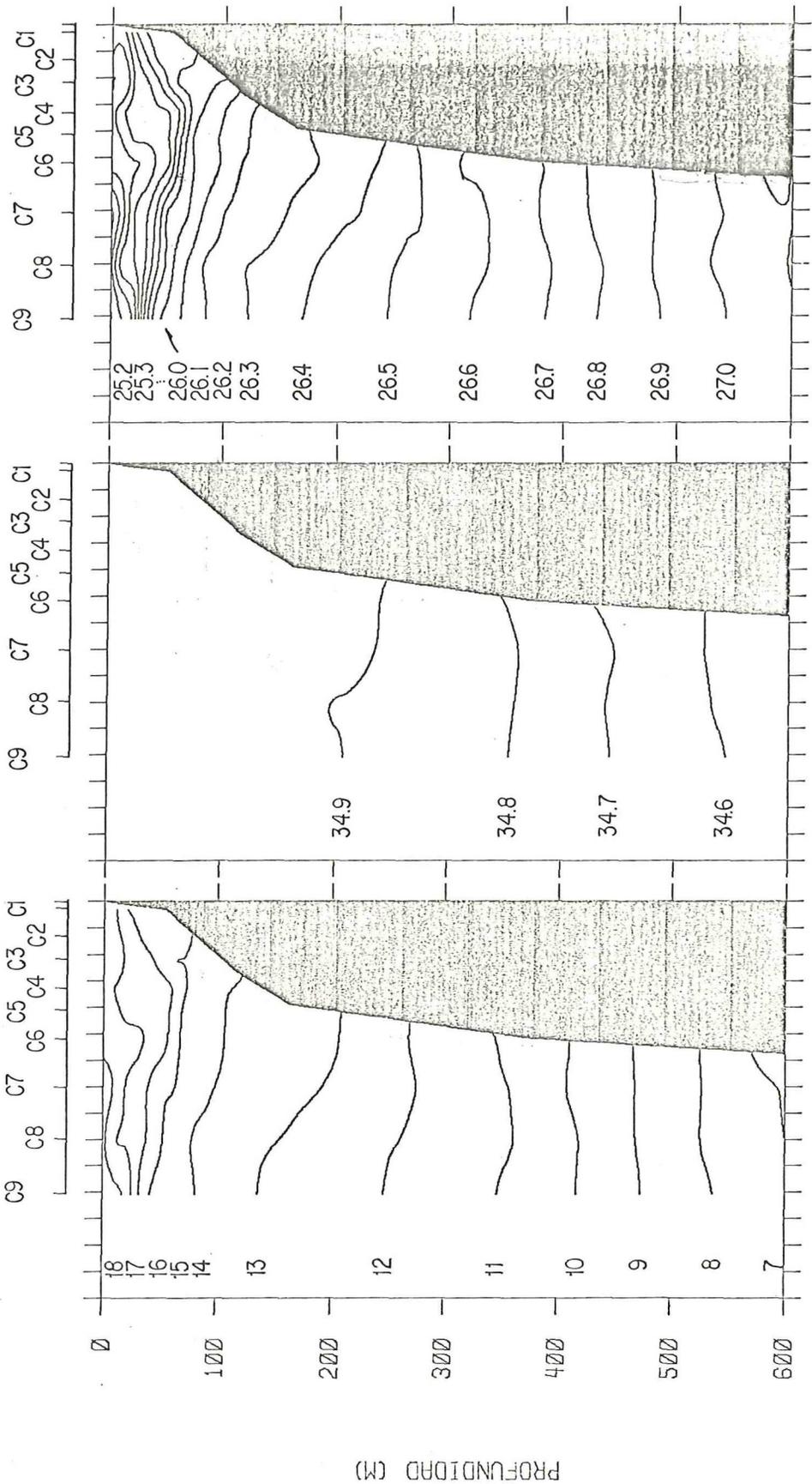
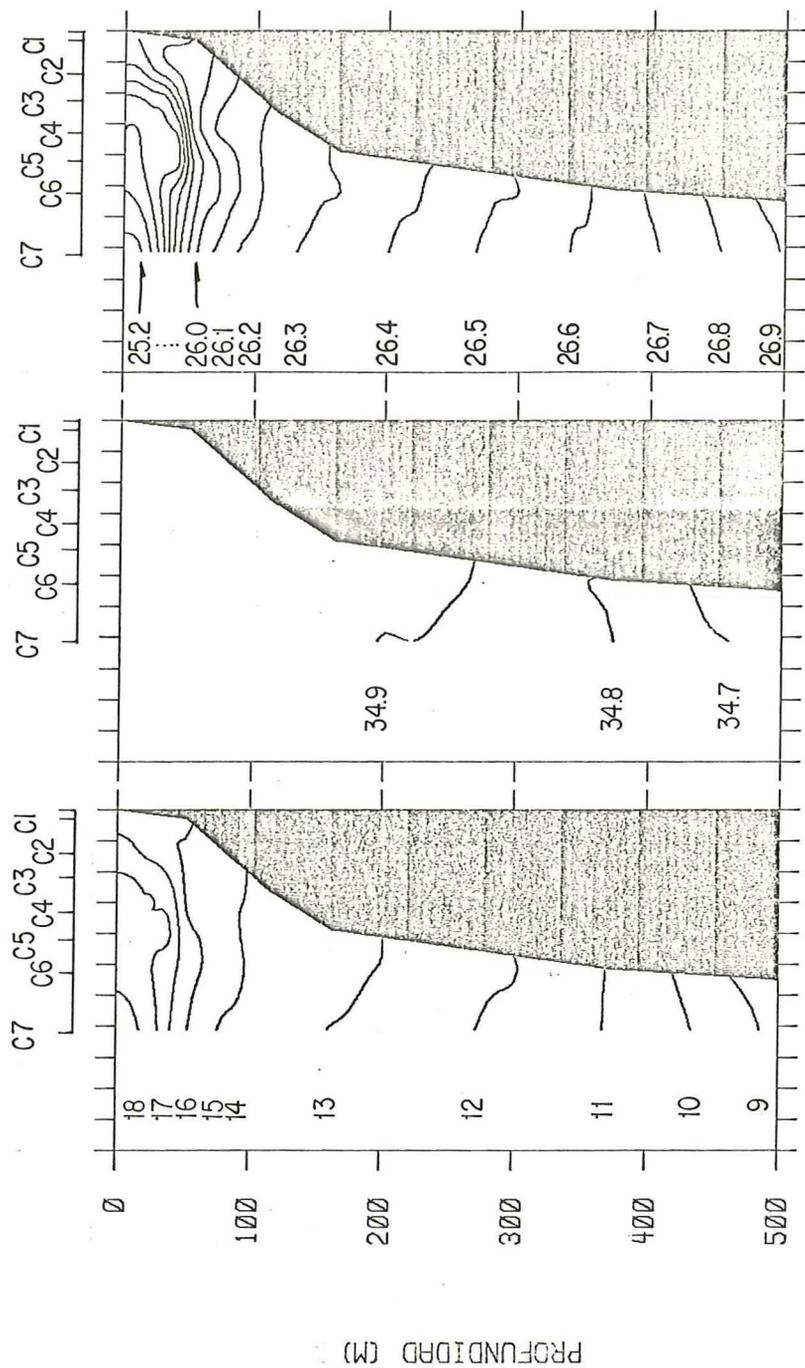


Figura 9. Sección hidrográfica del 28 al 29 de abril, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 10. Sección hidrográfica del 30 de abril al 1° de mayo, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 11. Sección hidrográfica del tres de mayo, 1976.

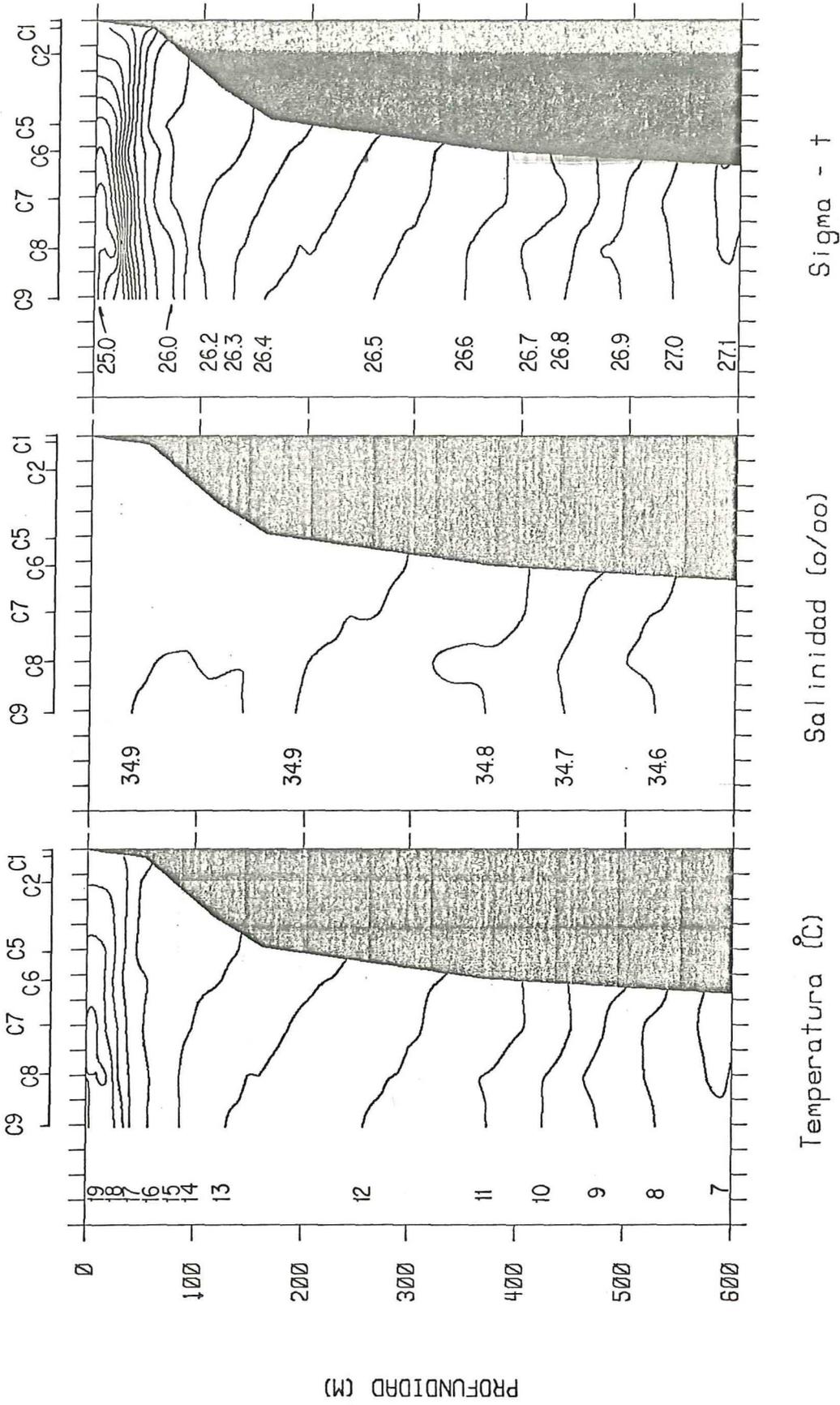


Figura 12. Sección hidrográfica del cinco de mayo, 1976.

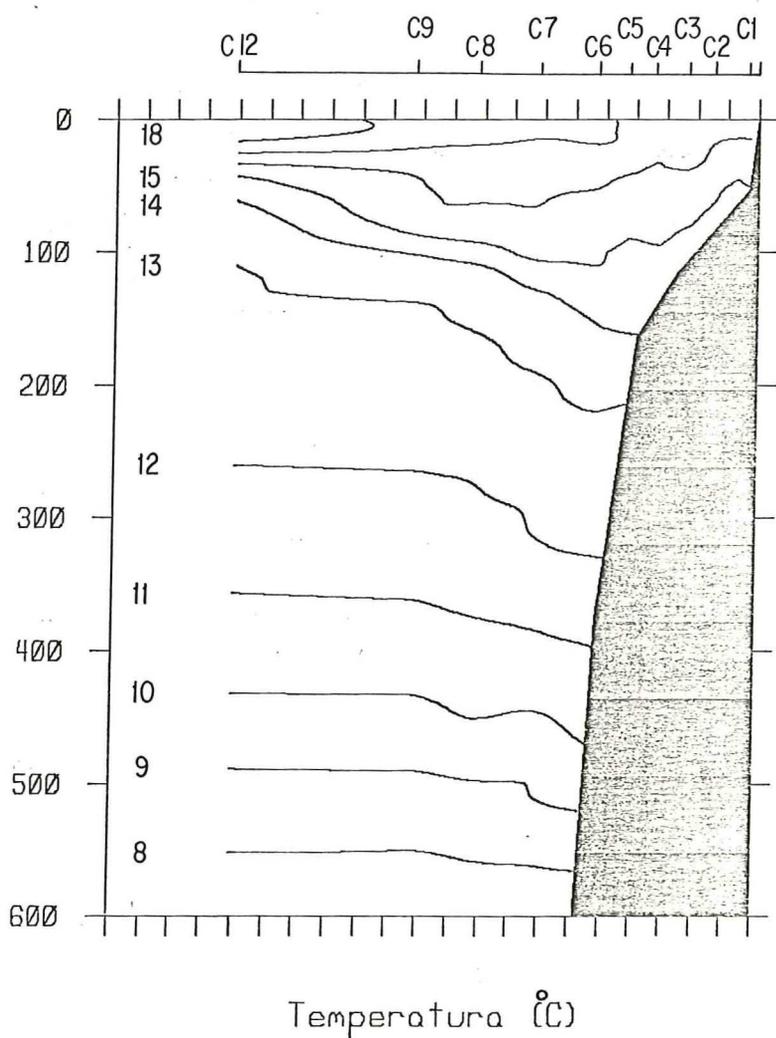


Figura 13a. Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.

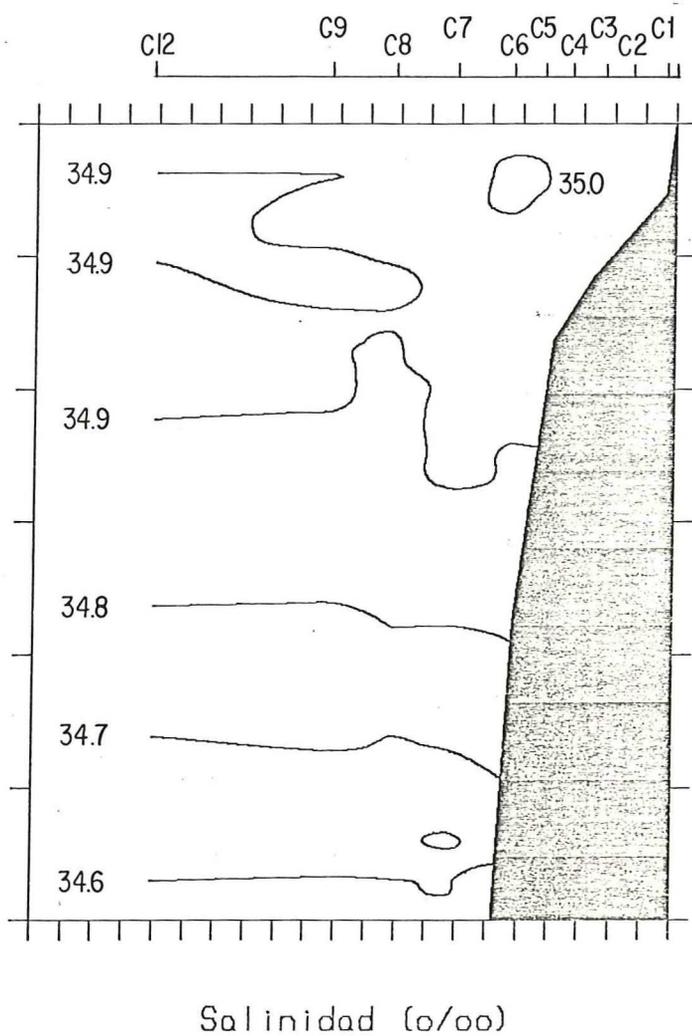


Figura 13b. Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.

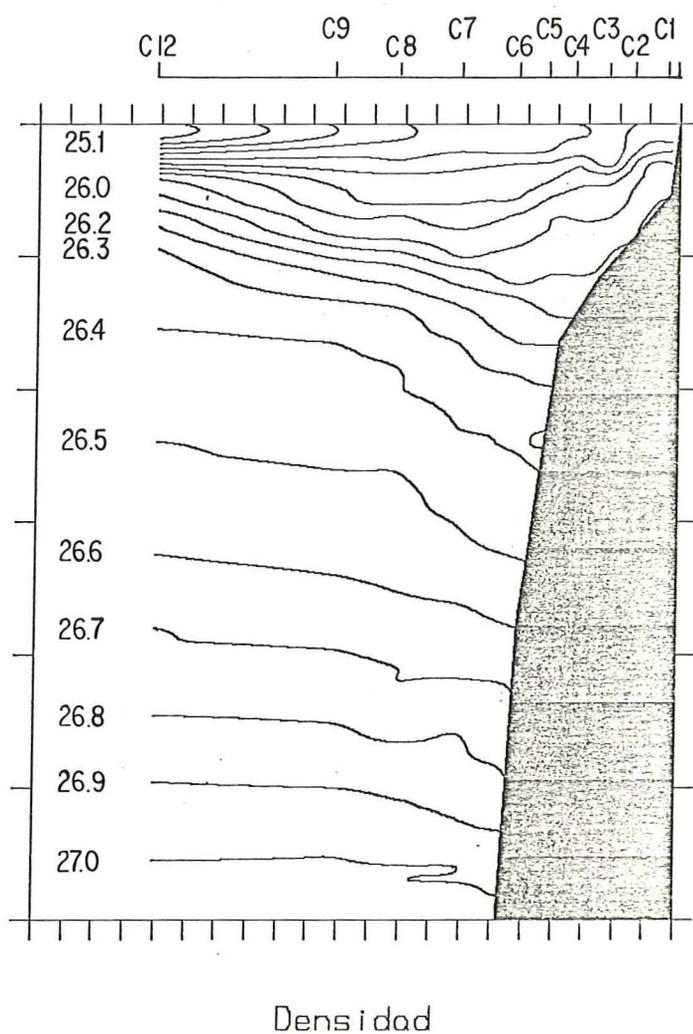
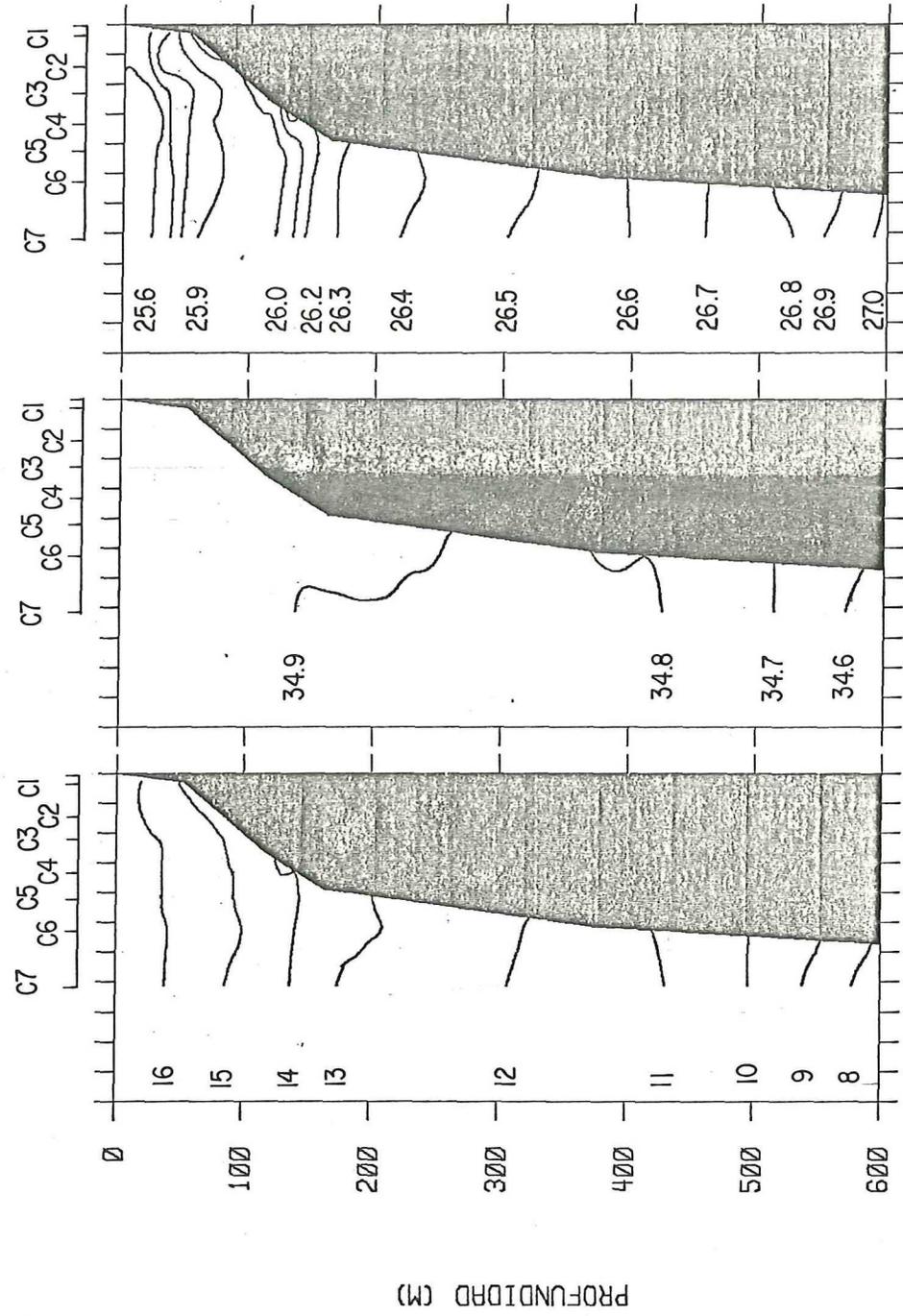


Figura 13c. Sección hidrográfica del 8-9 de mayo, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 14. Sección hidrográfica del 11 de mayo, 1976.

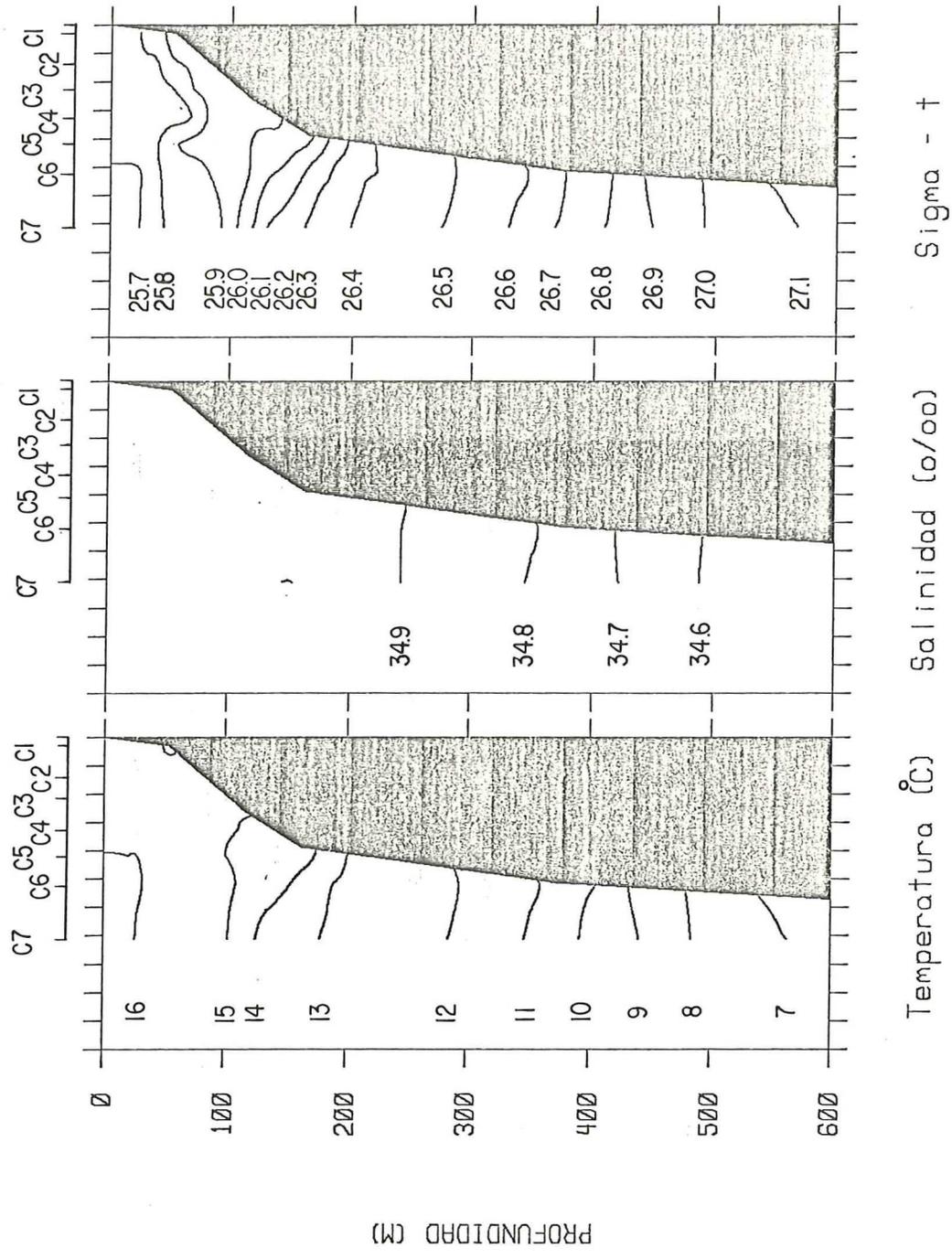


Figura 15. Sección hidrográfica del 21 de mayo, 1976.

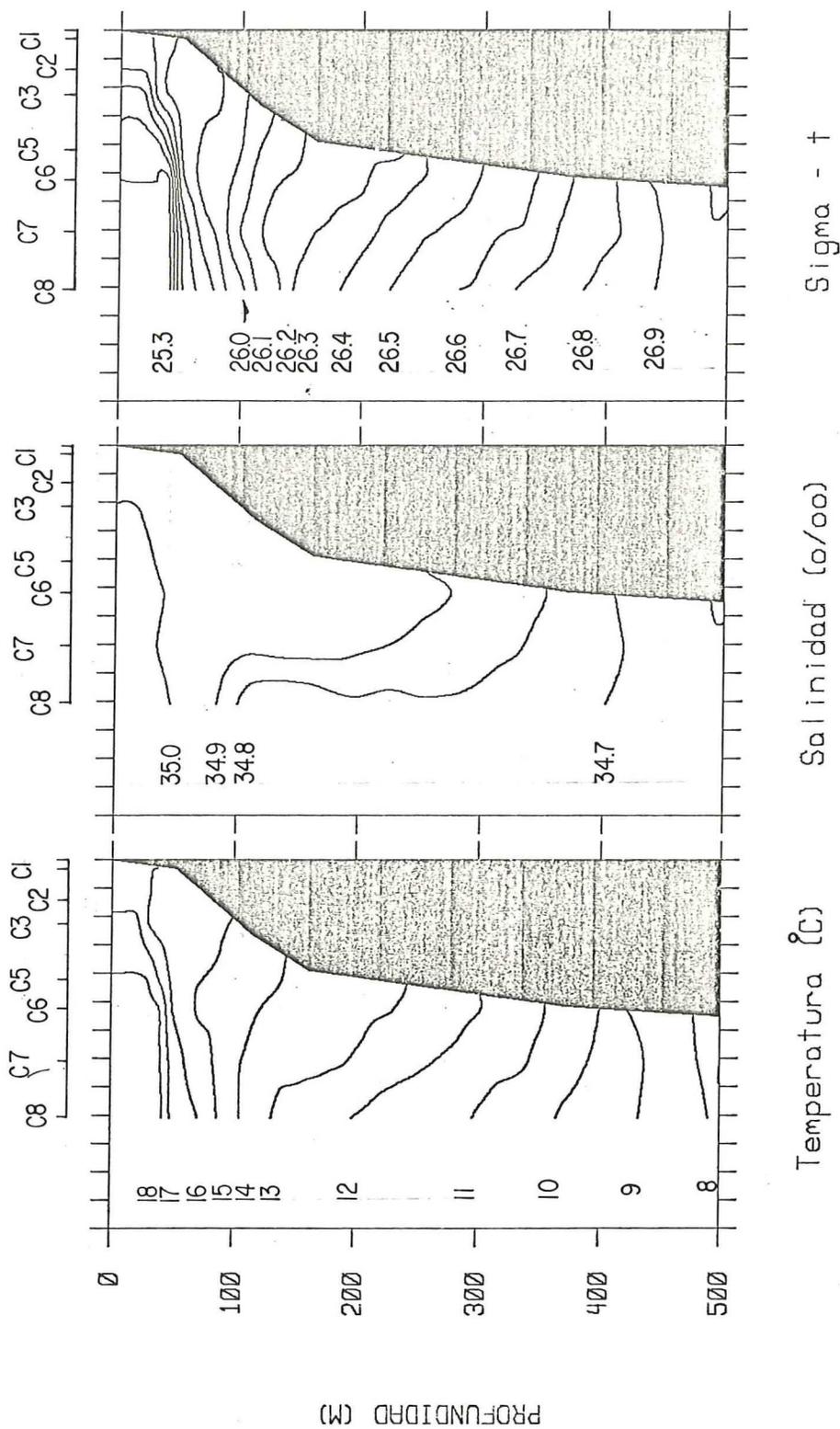


Figura 16. Sección hidrográfica del 25-26 de mayo, 1976.

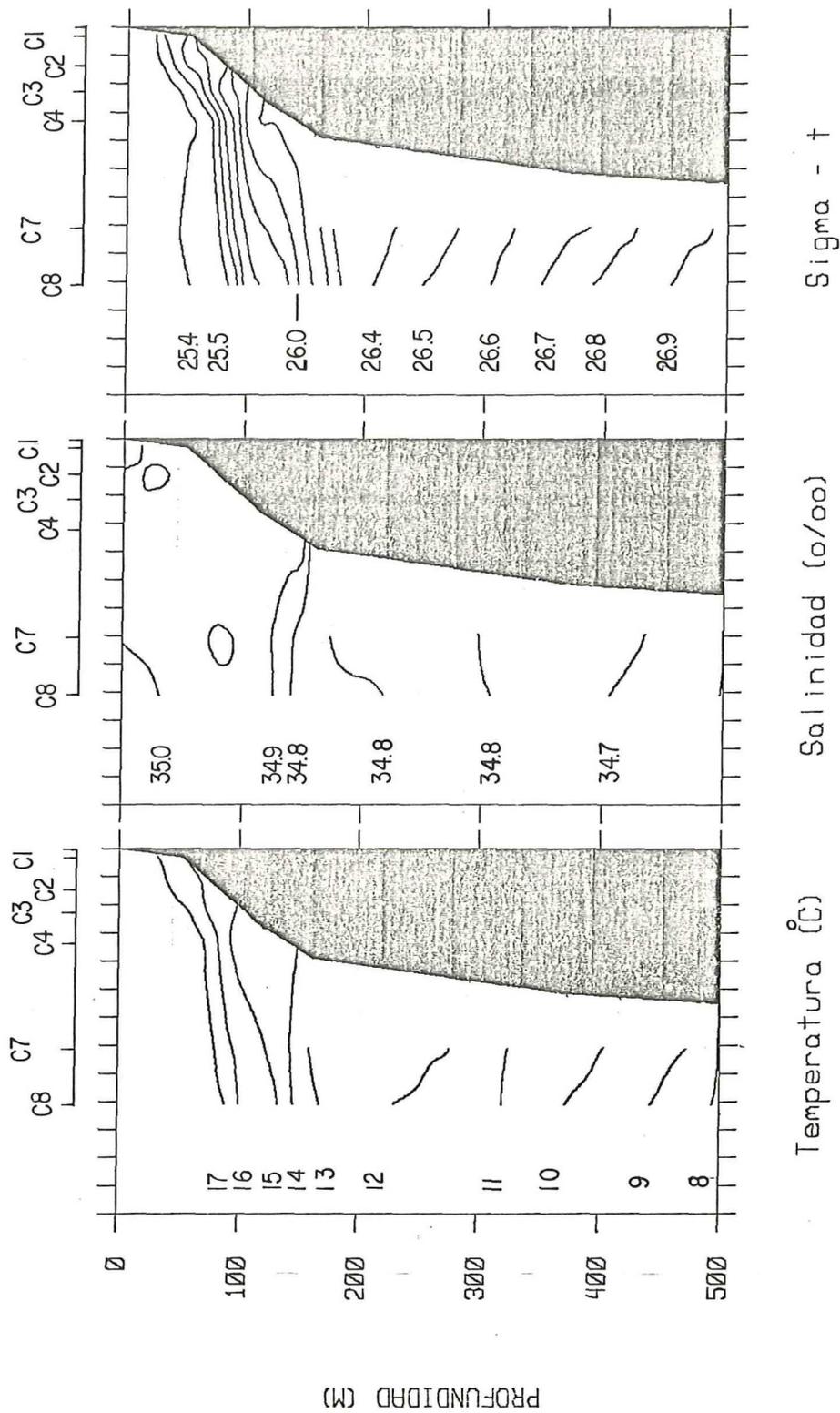


Figura 17. Sección hidrográfica del 30-31 de mayo, 1976.

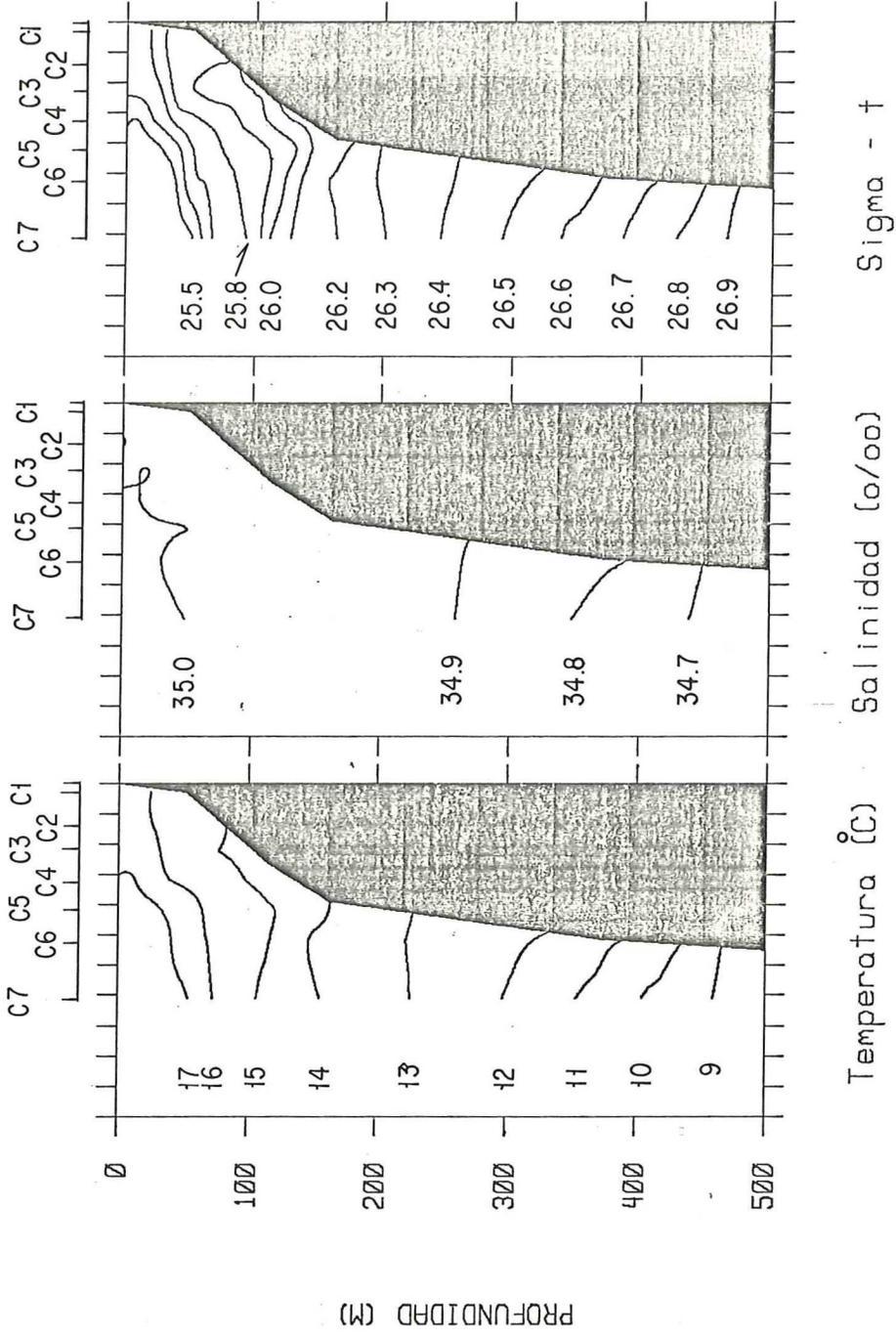
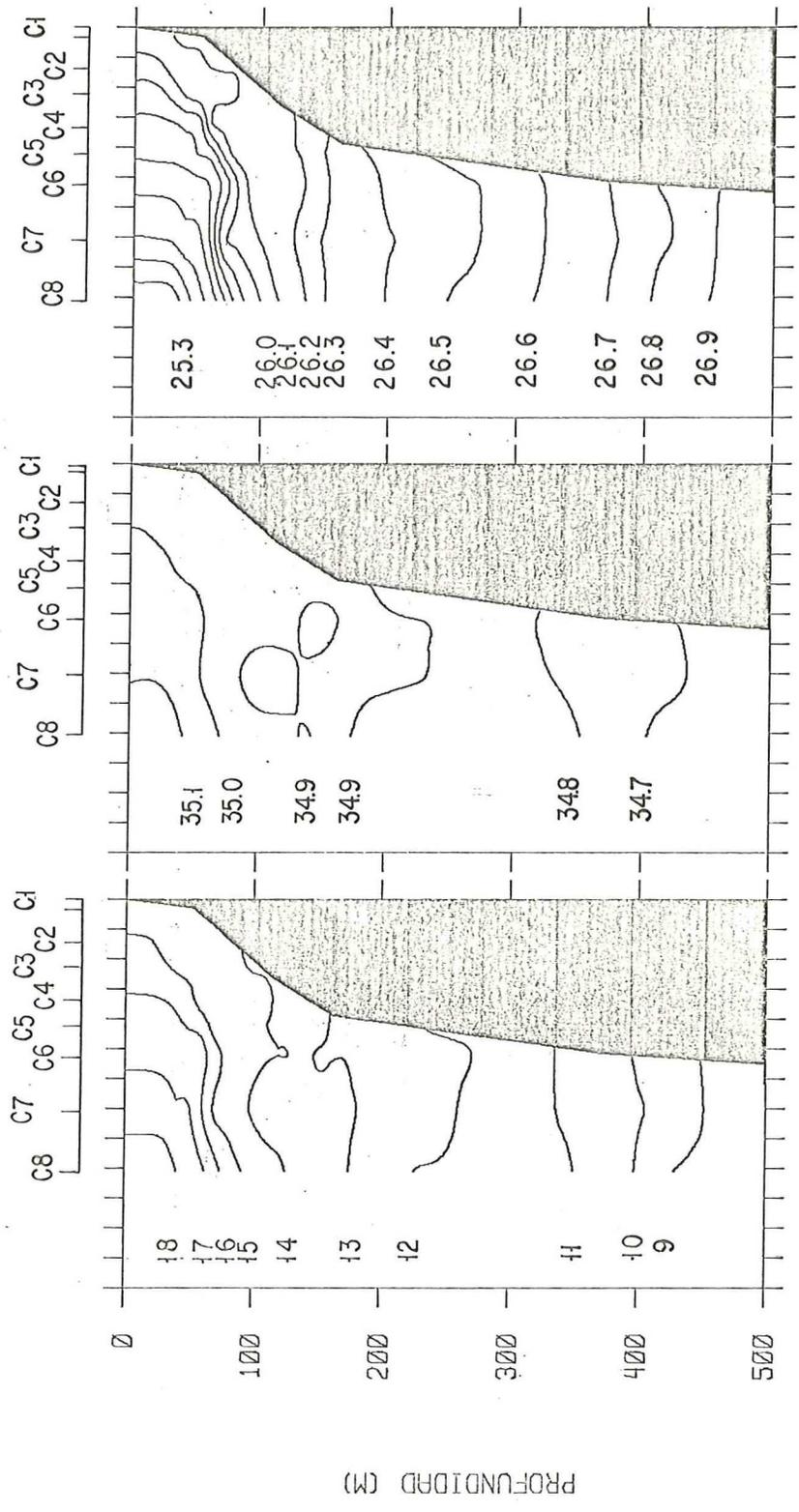


Figura 18. Sección hidrográfica del 4-5 de junio, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 19. Sección hidrográfica del 13 de junio, 1976.

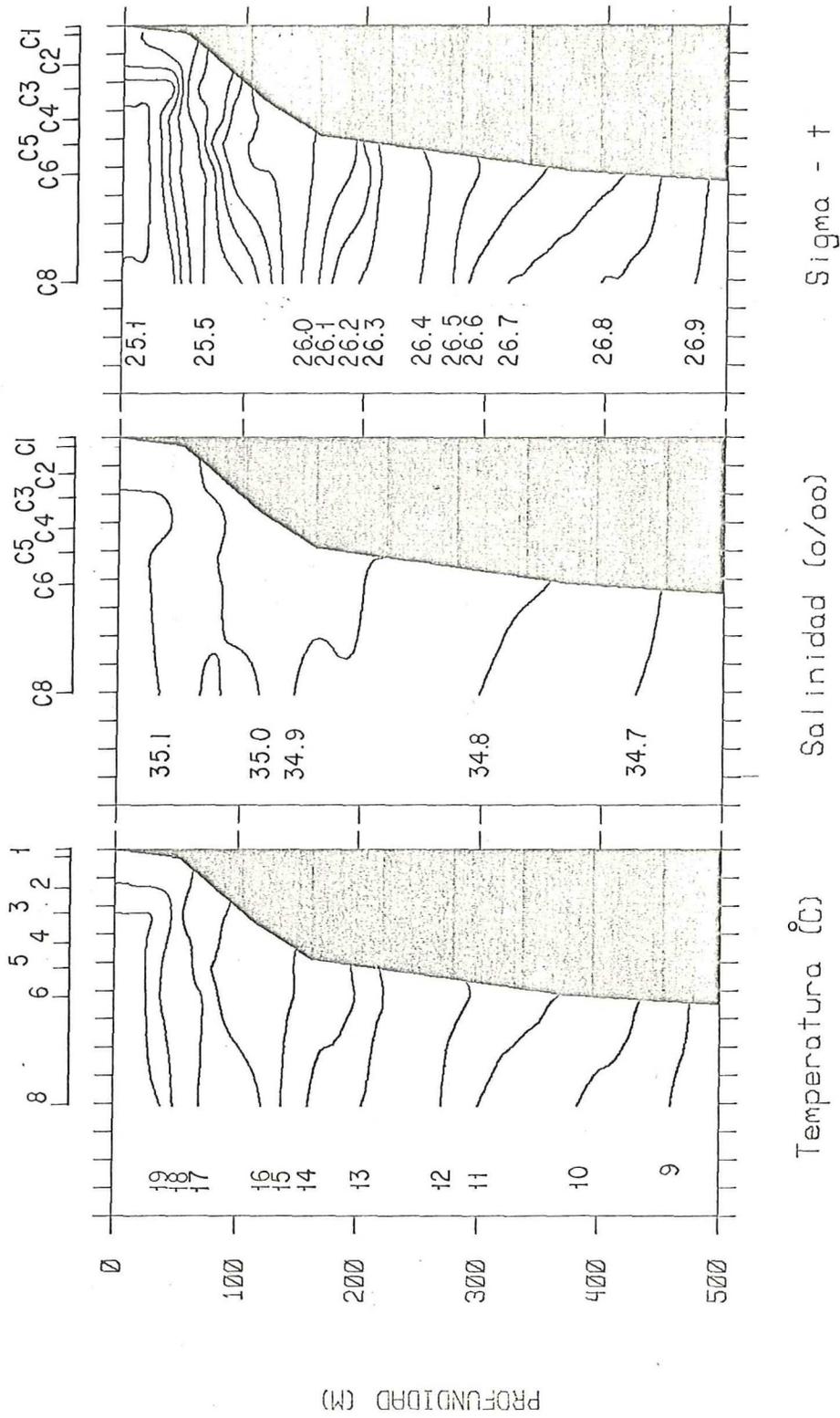
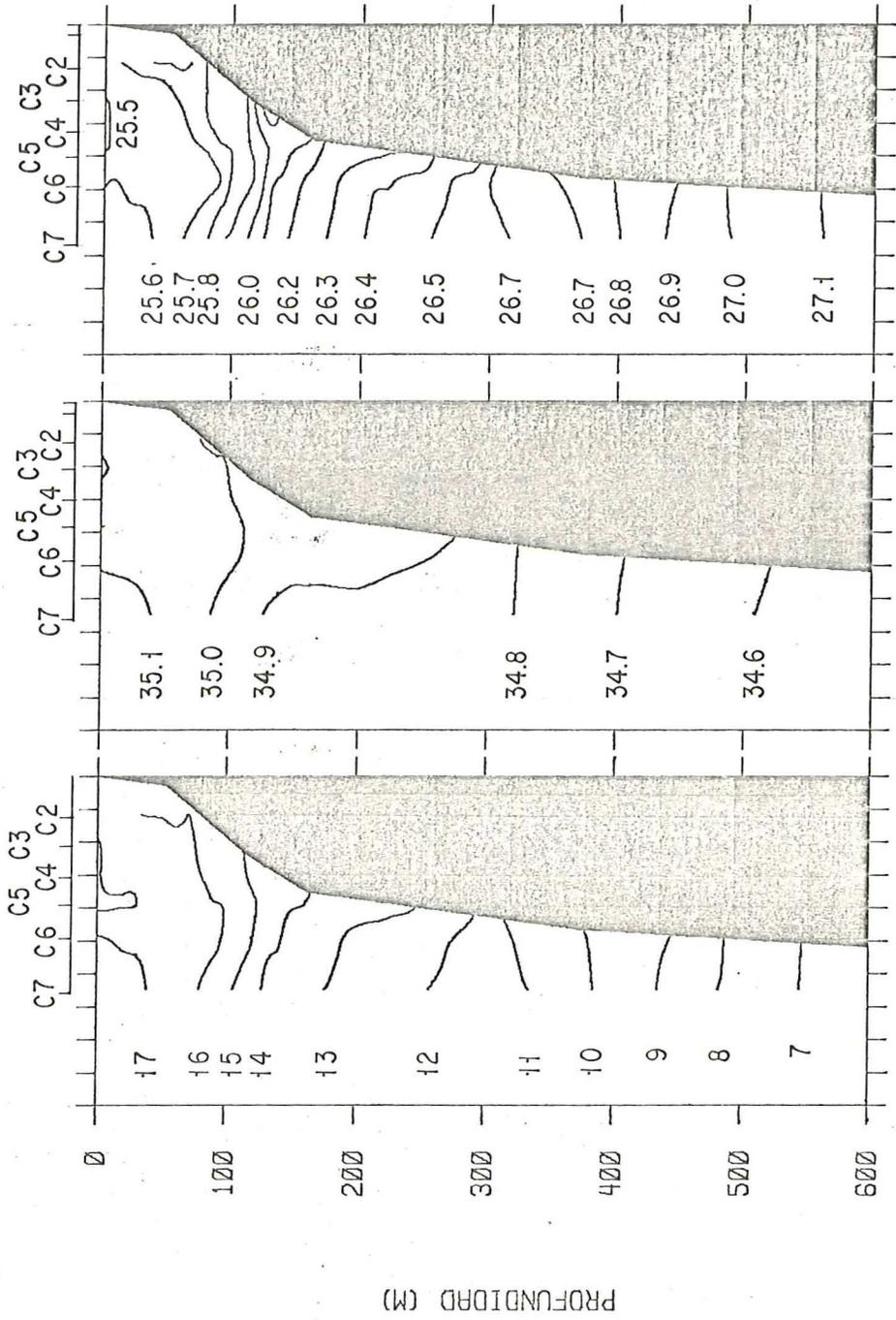
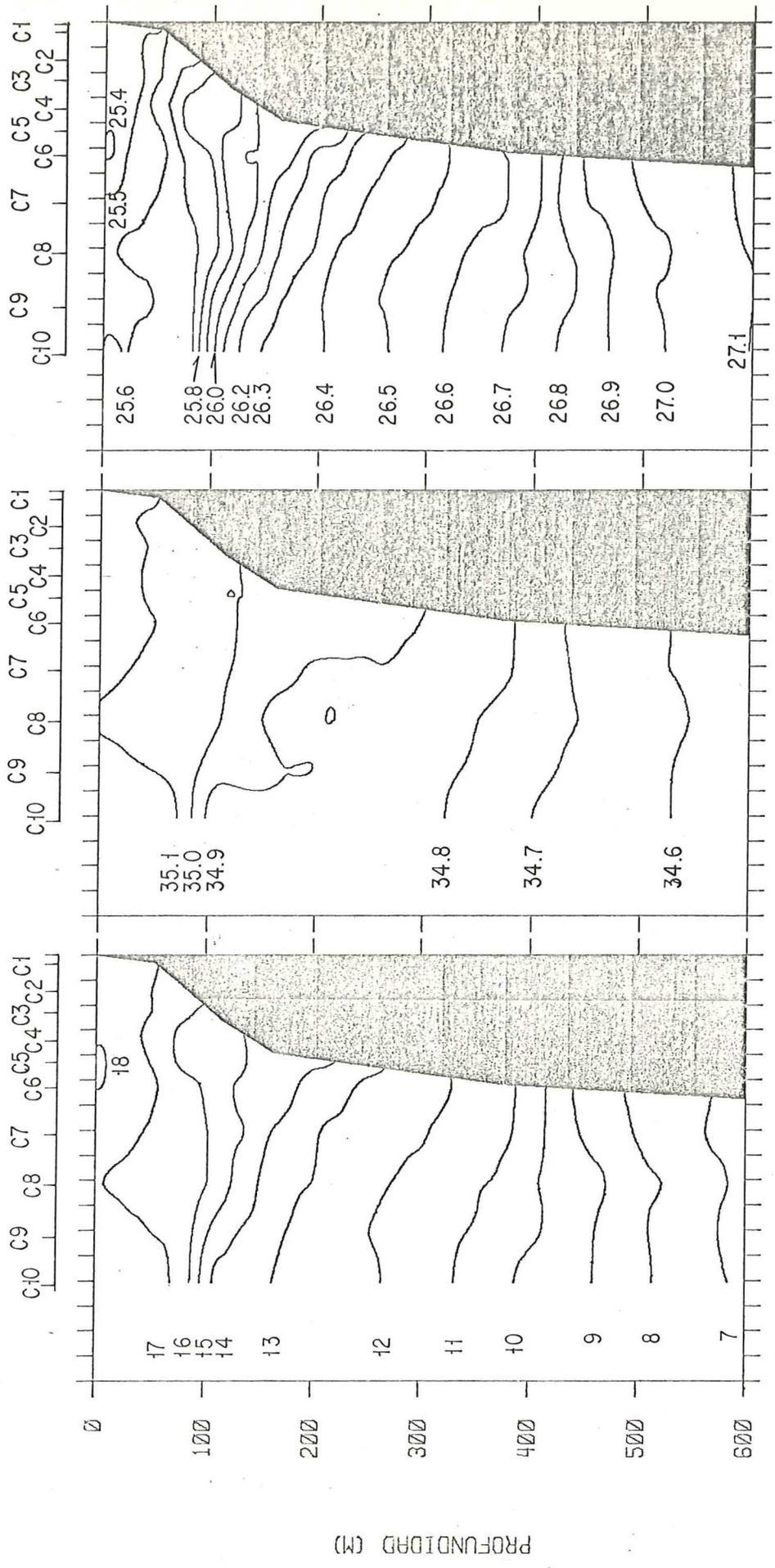


Figura 20. Sección hidrográfica del 23 de junio, 1976.



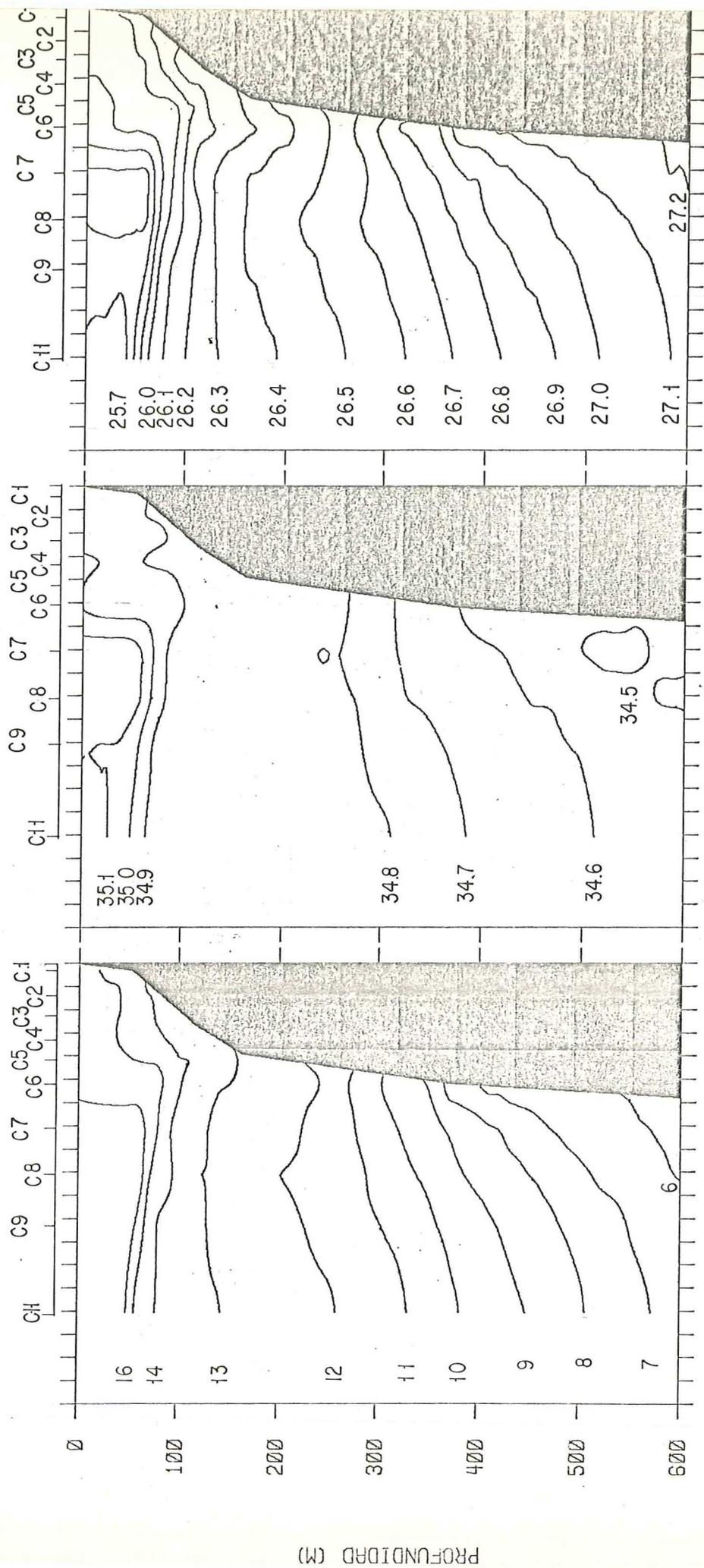
Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 21. Sección hidrográfica del 27-28 de julio, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 22. Sección hidrográfica del 30-31 de julio, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 23. Sección hidrográfica del 10-11 de agosto, 1976.

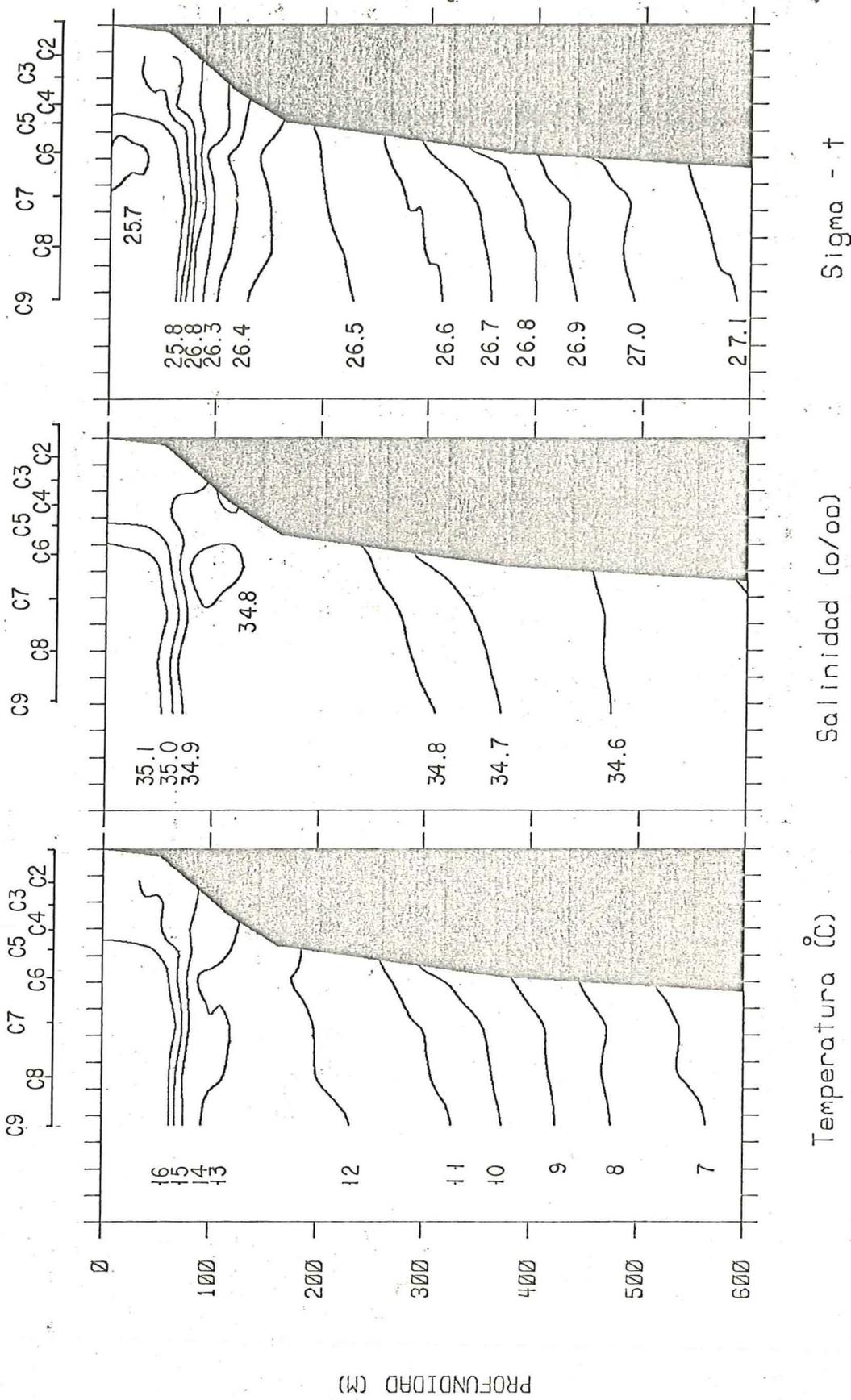


Figura 24. Sección hidrográfica del 12-14 de agosto, 1976.

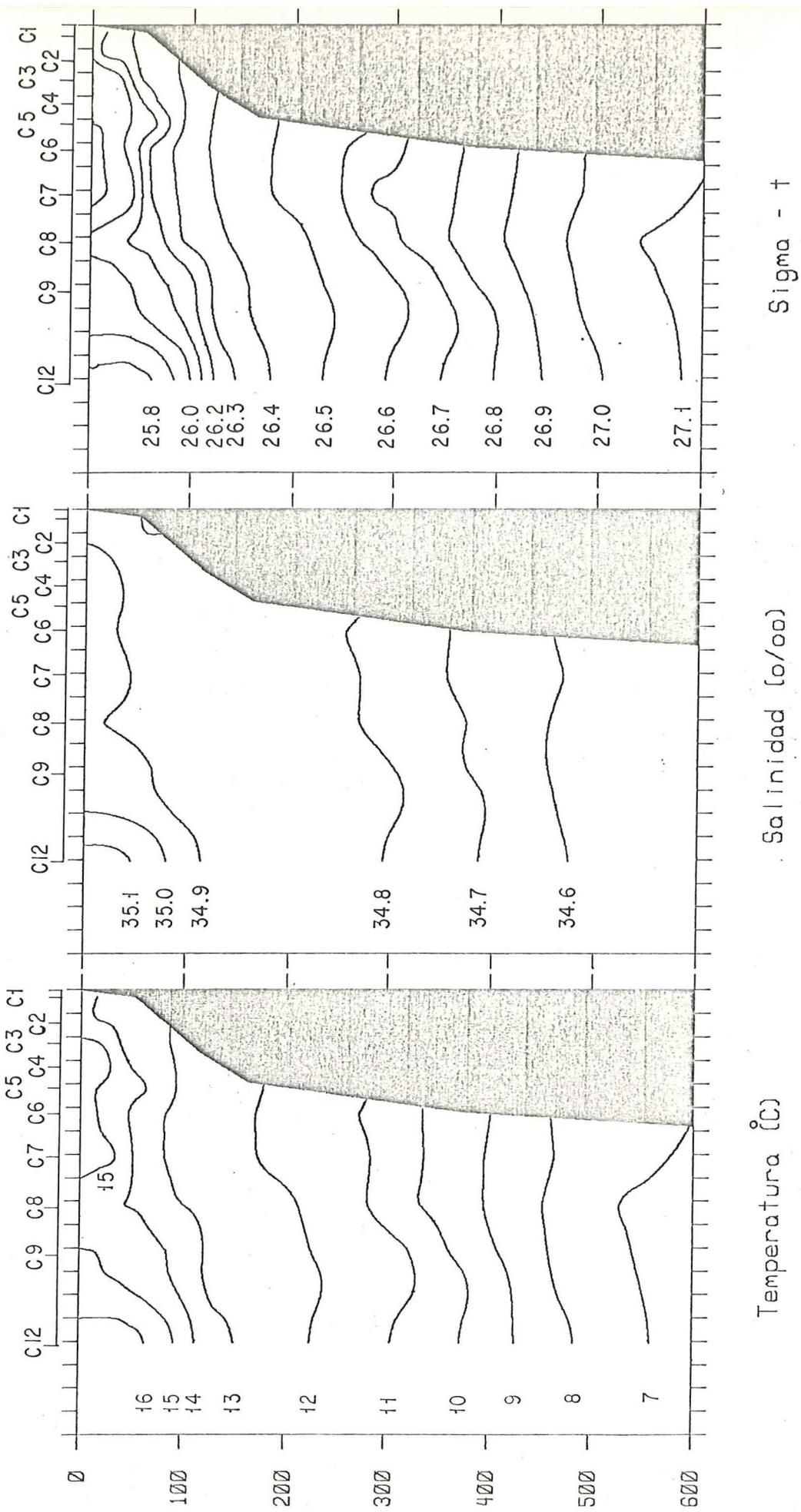


Figura 25. Sección hidrográfica del 10-11 de septiembre, 1976.

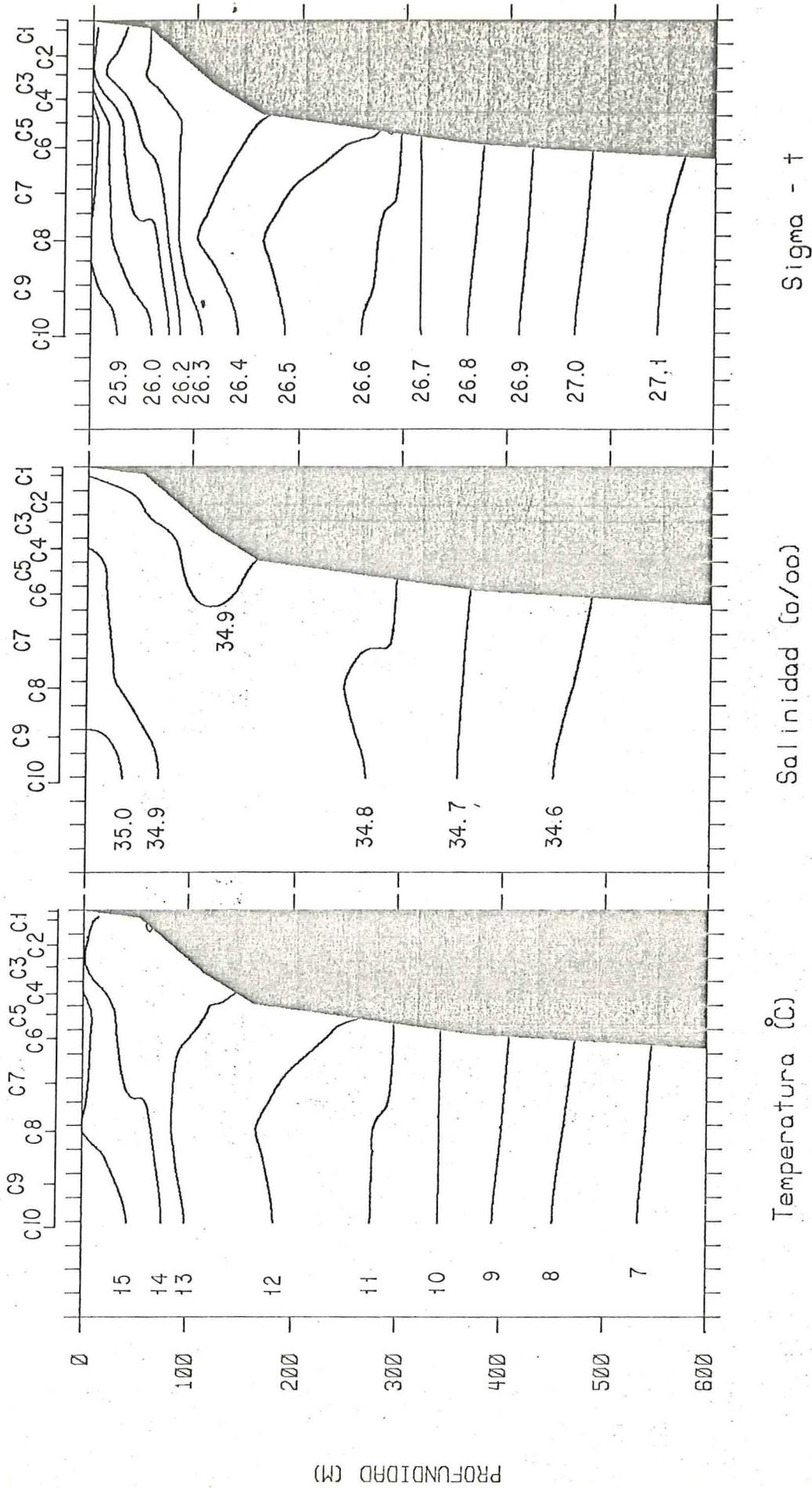
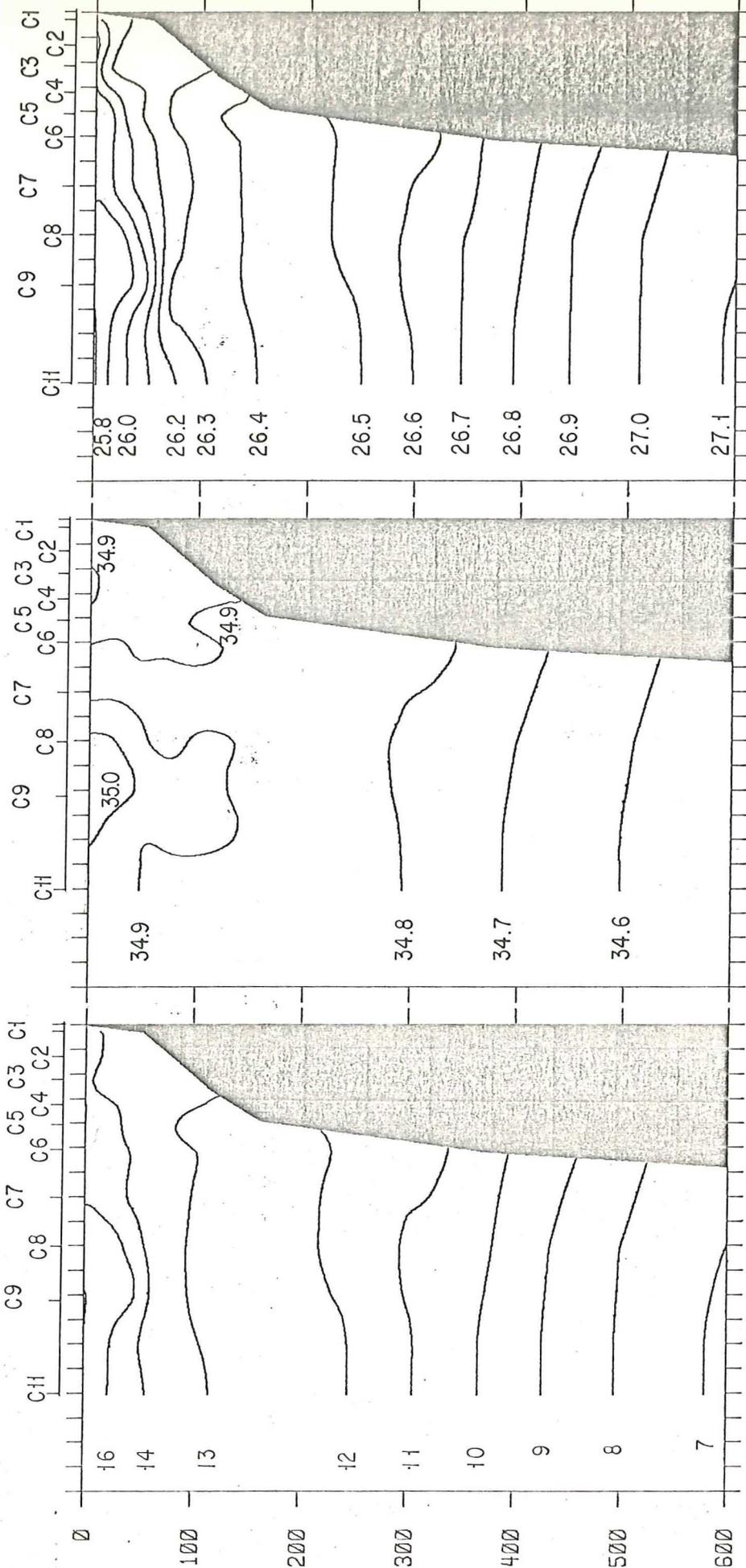


Figura 26. Sección hidrográfica del 13-20 de septiembre, 1976.



Temperatura (C) Salinidad (o/oo) Sigma - t

Figura 27. Sección hidrográfica del 20-21 de septiembre, 1976.

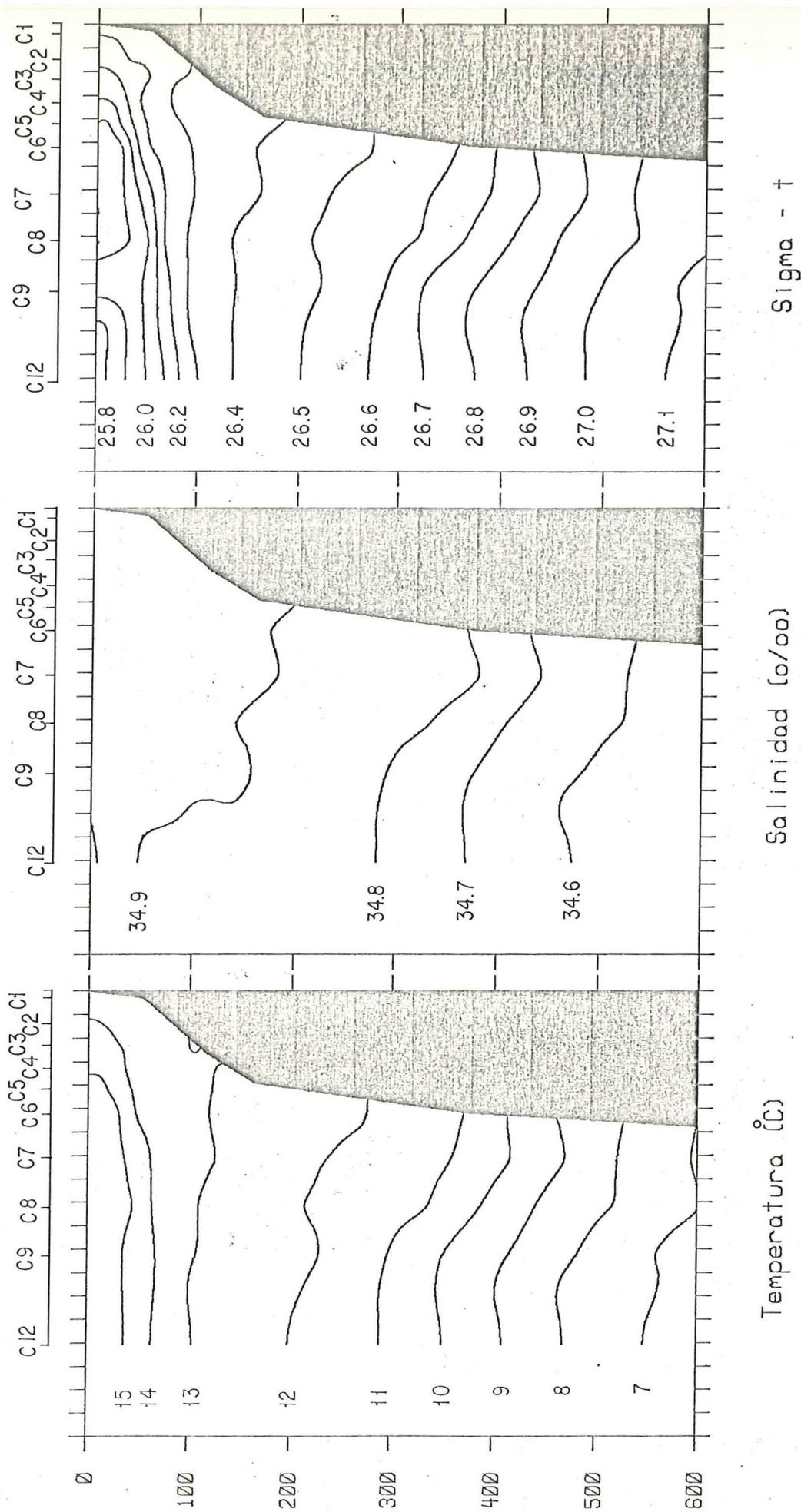


Figura 28. Sección hidrográfica del 1-3 de octubre, 1976.

de la costa de acuerdo a la intensidad de cada evento (Figs. 9, 11, 15, 19 y 23 a 28). Asimismo, cerca de la costa, dentro de los primeros 25 Km y sobre la plataforma continental, se observa una estratificación escasa o nula aunada a una divergencia de las isotermas. Durante los tres primeros eventos (Figs. 9, 11, y 15), la divergencia se presenta en las isotermas de 15.0°C y 16.0°C entre los 40 y 70 m de profundidad. Sin embargo, para los tres eventos restantes (Figs. 19 y 23 a 28), la divergencia se presenta entre las isotermas de 13.0°C y 14.0°C aproximadamente a 100 m de profundidad. Esto fue diferente el 13 de junio donde se presenta entre las isotermas de 14.0°C y 15.0°C .

En general, en todas las secciones hidrográficas, a partir de los 20-45 Km de la costa aproximadamente se distingue una termoclina y una mejor formada picnoclina las cuales permanecieron en una profundidad promedio de 70 m pero tienden a ser más superficiales al acercarse a la costa. En ocasiones como el 11 y 21 de mayo y el mes de septiembre (Figs. 14, 15, 25 a 27), la termoclina tiende a desaparecer o bien se encuentra con gradientes más suaves; sin embargo, en el campo de la densidad continua presente una picnoclina. Lo anterior se observa generalmente cuando la magnitud de la componente del viento paralelo a la costa (V_t) se mantiene relativamente alta durante cierto período de tiempo (10 días). A

diferencia de σ_t anterior, en las distribuciones de salinidad, es posible observar una haloclina bien formada solo a partir del mes de agosto (Figs. 23 y 24). Esta se presenta a una distancia de la costa y una profundidad similares a las encontradas para la termoclina. Después del mes de agosto, en los meses subsecuentes, la haloclina se sitúa a una distancia de la costa mayor de 80 Km. Esto hace imposible detectarla completamente en estas secciones debido a su corta extensión. Sin embargo en secciones elaboradas por Huyer y Batten (1978), para los mismos meses, con una extensión mayor hacia fuera de la costa la haloclina se distingue más claramente después de los 80 Km.

Otra peculiaridad a través del estudio y que encontramos casi continuamente hasta mediados del invierno, aproximadamente (31 de julio), es la configuración de las isotermas abajo de los 100 m de profundidad (Figs. 8 a 22). Se observa en general que abajo de esa profundidad las isotermas tienen una inclinación negativa hacia la costa que regularmente alcanzó los 300 m de profundidad. Estas configuraciones son consistentes con un flujo hacia el polo (Wooster y Gilmartin, 1961; Wyrтки, 1963). Solamente en el mes de agosto (Figs. 23 y 24) la inclinación de las isotermas fue en sentido inverso y en toda la columna de agua.

Sin embargo, en el período del 26 de abril al 21 de mayo (otoño) (Figs. 8 a 15), la salinidad en la capa de los primeros 200 m es muy homogénea con valores fluctuando alrededor de 34.9 o/oo. Posteriormente, a medida que avanza el año, en esta misma capa, principalmente en la región superficial (arriba de los 100 m), se nota la incursión hacia la costa de aguas más salinas. Encontrándose valores de salinidad de poco más de 35.1 o/oo para fines del otoño (13 de junio, Fig. 19). Estas aguas salinas perduran a través del invierno (Figs. 20 a 27) y tienden a retirarse de la costa lentamente a medida que llega la primavera. A principios de primavera se les encontró a más de 80 Km fuera de la costa (Fig. 28).

En las distribuciones de salinidad entre profundidades de 70 y 150 m se observa un mínimo, con valores menores de 34.9 o/oo. La influencia de este mínimo durante la mayor parte del otoño e inicios del invierno (3 de mayo al 28 de julio, Figs. 11 a 21) fue principalmente en las estaciones alejadas a más de 50 Km de la costa. Mientras que, durante el resto del invierno su influencia también se hizo notar muy cerca de la costa, hasta distancias de 10 Km de ella en el mes de agosto (Figs. 22 a 27).

En la Figura 29 se muestra la sección promedio de

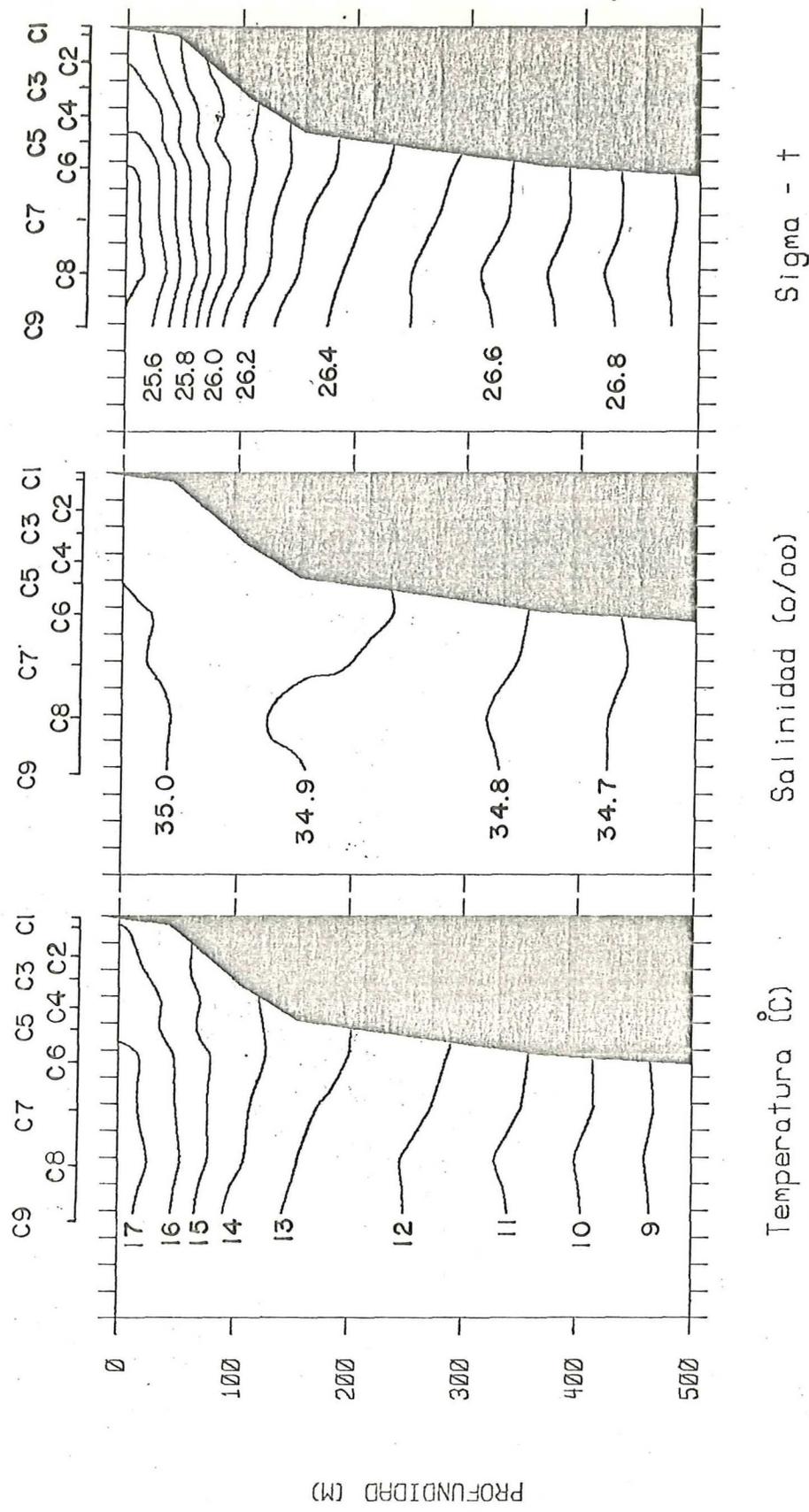


Figura 29. Sección hidrográfica promedio de las secciones del 26 de abril al 3 de octubre, 1976.

temperatura, salinidad y densidad de las 21 secciones tomadas a lo largo de la línea C entre el 26 de abril al 3 de octubre. Estas se encuentran muy semejantes a las secciones individuales obtenidas para cada recorrido de la línea C y a su vez las distribuciones promedio de temperatura y densidad son muy similares. En la capa superficial, las isotermas se elevan hacia la superficie sobre la plataforma y talud continental a partir de aproximadamente los 80 m de profundidad. En la capa subsuperficial, de los 80 a los 300 m, la pendiente de las isotermas se invierte con una inclinación hacia la costa y en la capa profunda a más de 300 m son más horizontales. La distribución de salinidad media presenta valores muy homogéneos, sobre la plataforma y talud continental (alrededor de 34.9 o/oo); sin embargo, alejándonos de la costa, aproximadamente a 20 Km y a una profundidad de 50 m, se observa alguna estratificación con valores alrededor de 35.0 o/oo.

d). - Identificación de las diferentes masas de agua y sus cambios en el tiempo.

Los diagramas de temperatura-salinidad (T-S) para cada sección hidrográfica se muestran de la Figura 30 a la 50. De ellas se han seleccionado las cuatro formas

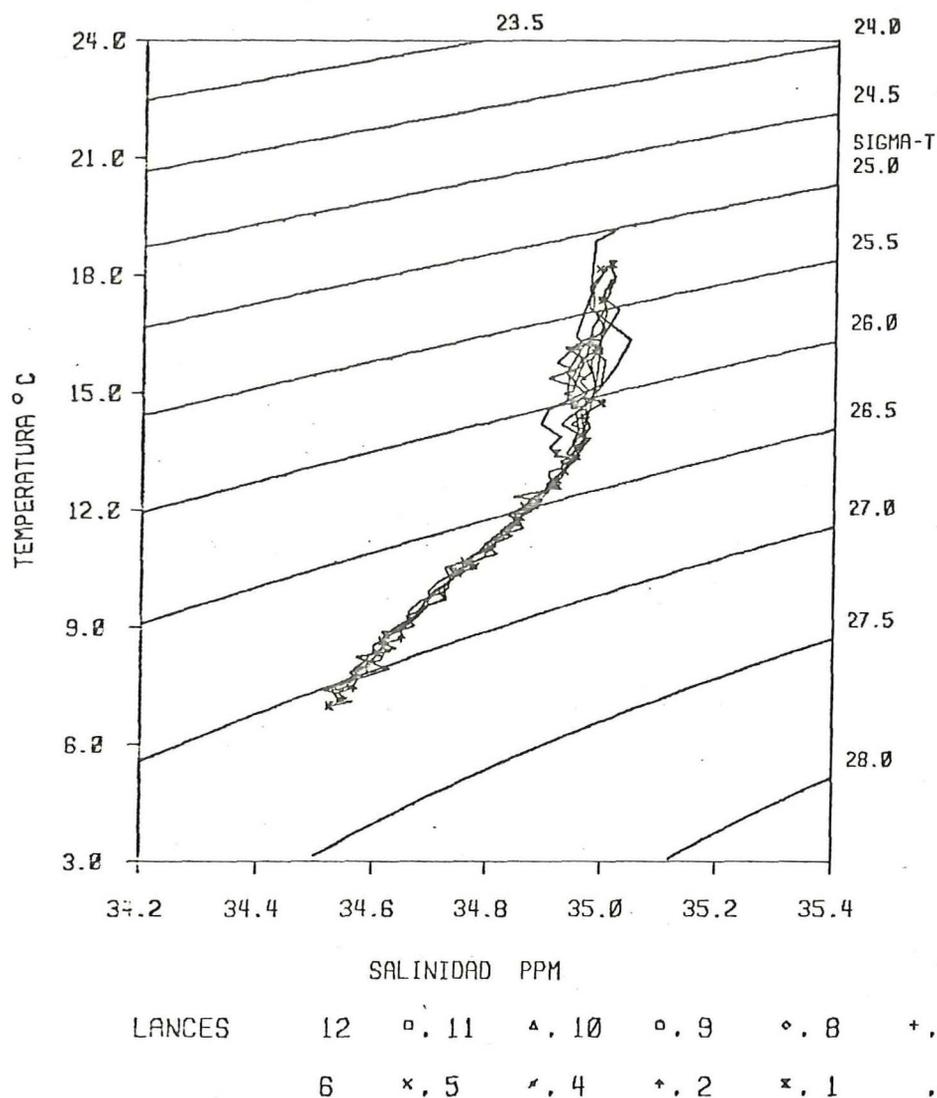


Figura 30. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estacion hidrográfica ocupada del 26-27 de abril, 1976.

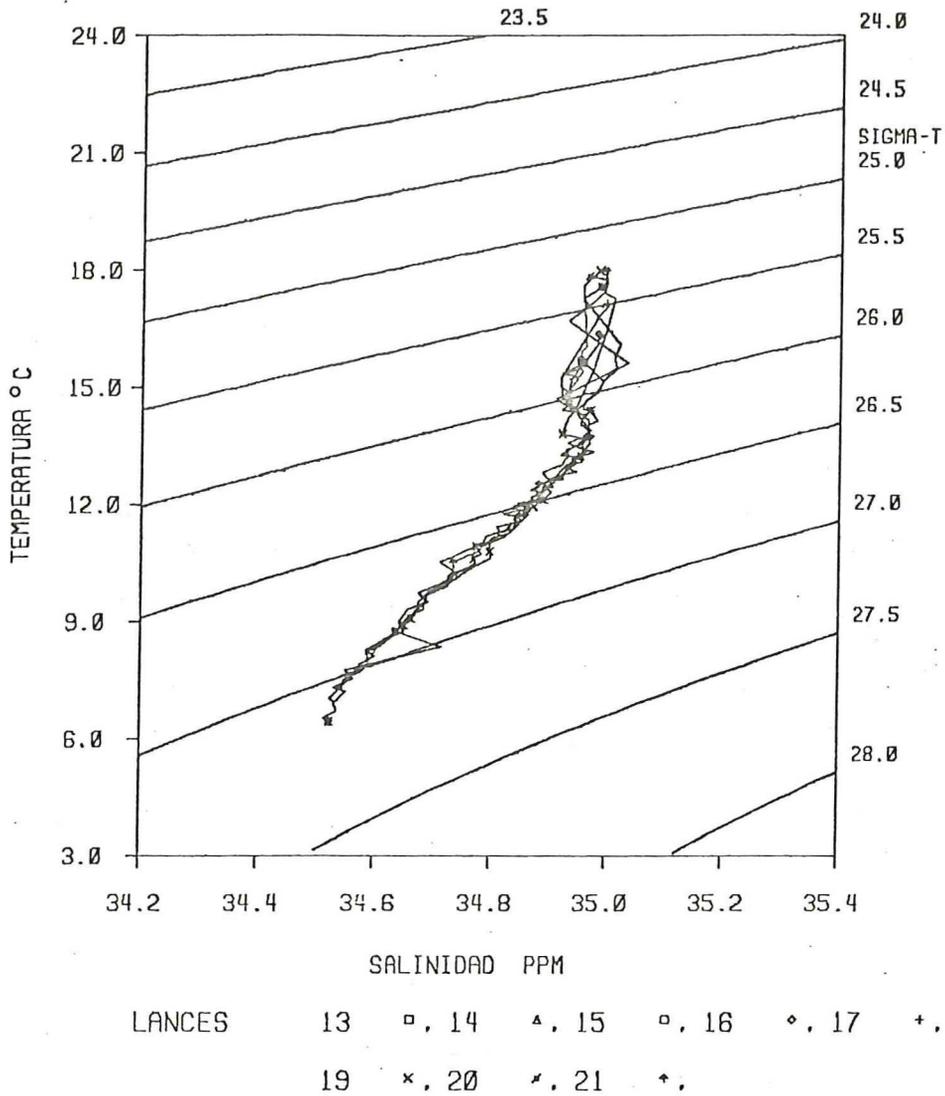


Figura 31. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 28-29 de Abril, 1976.

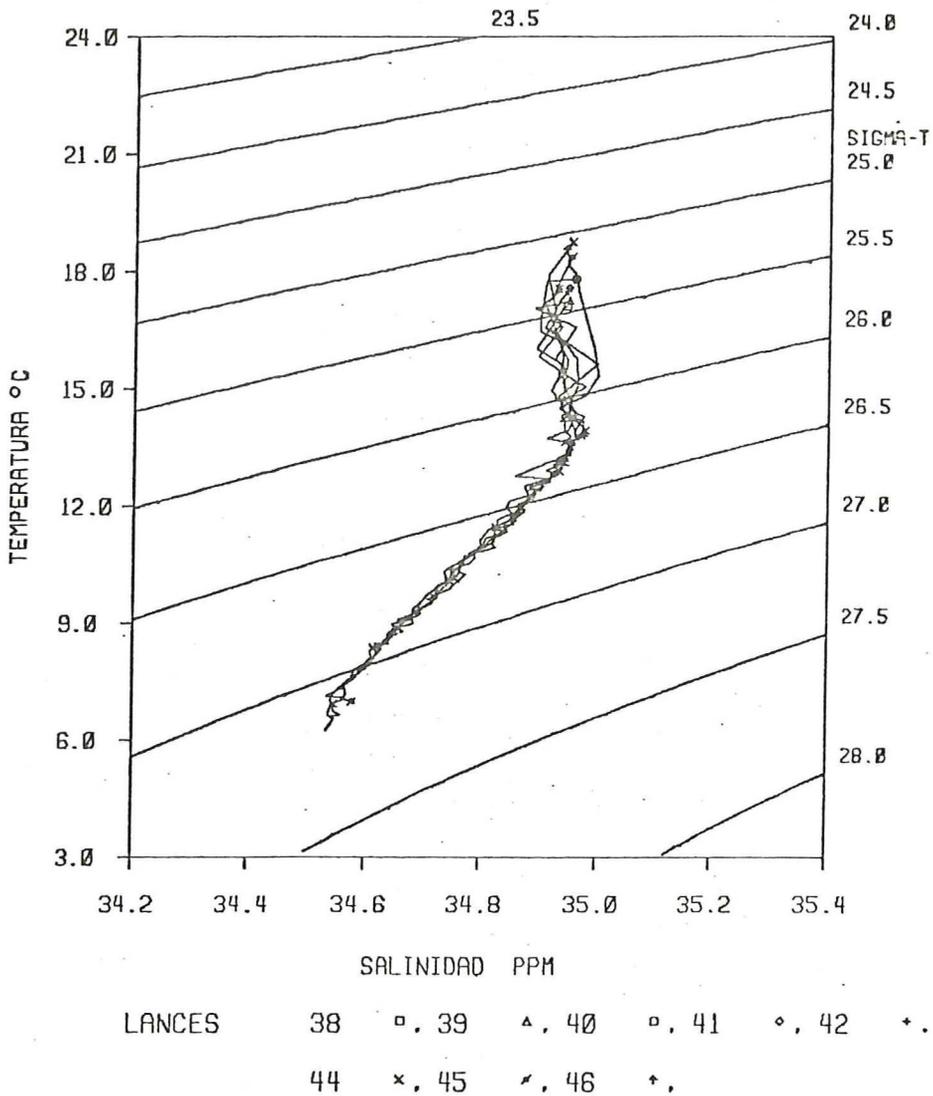


Figura 32. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30 de Abril al 1° de Mayo, 1976.

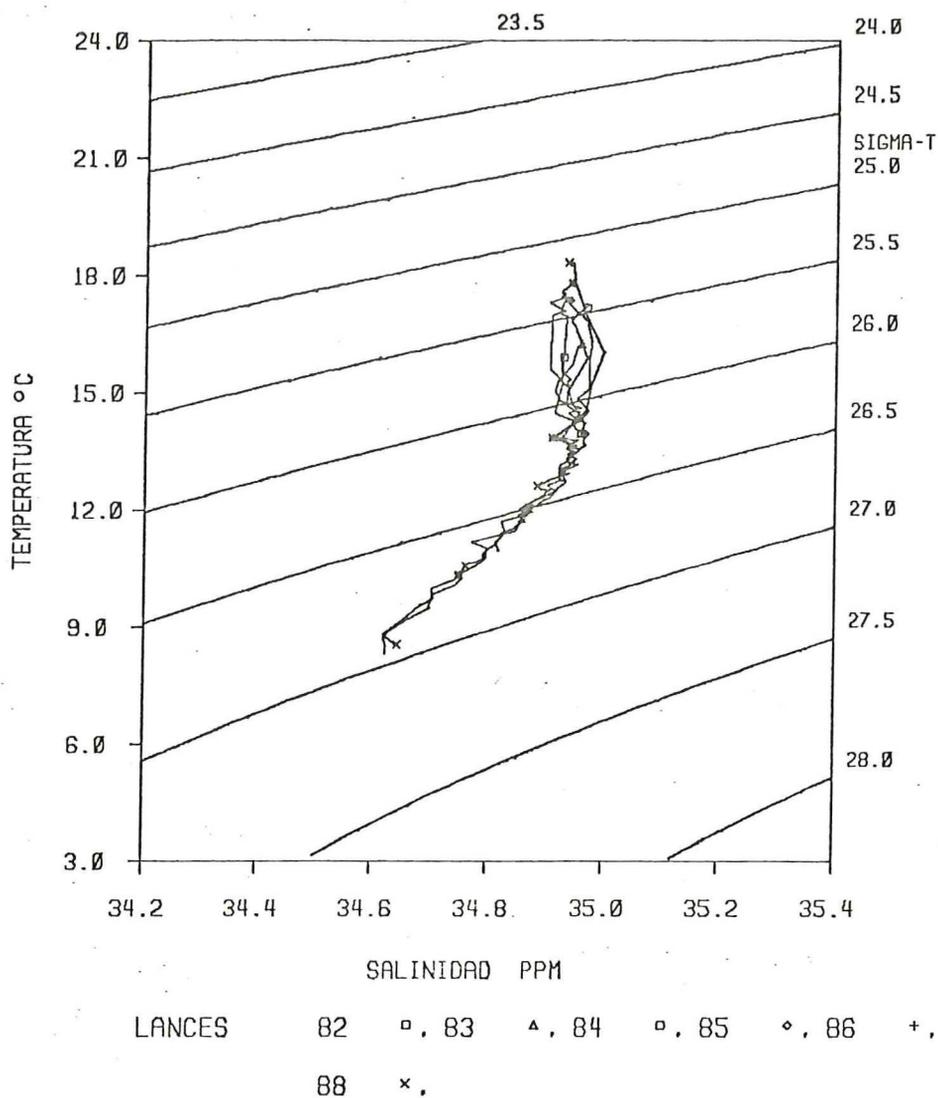


Figura 33. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 3 de Mayo, de 1976.

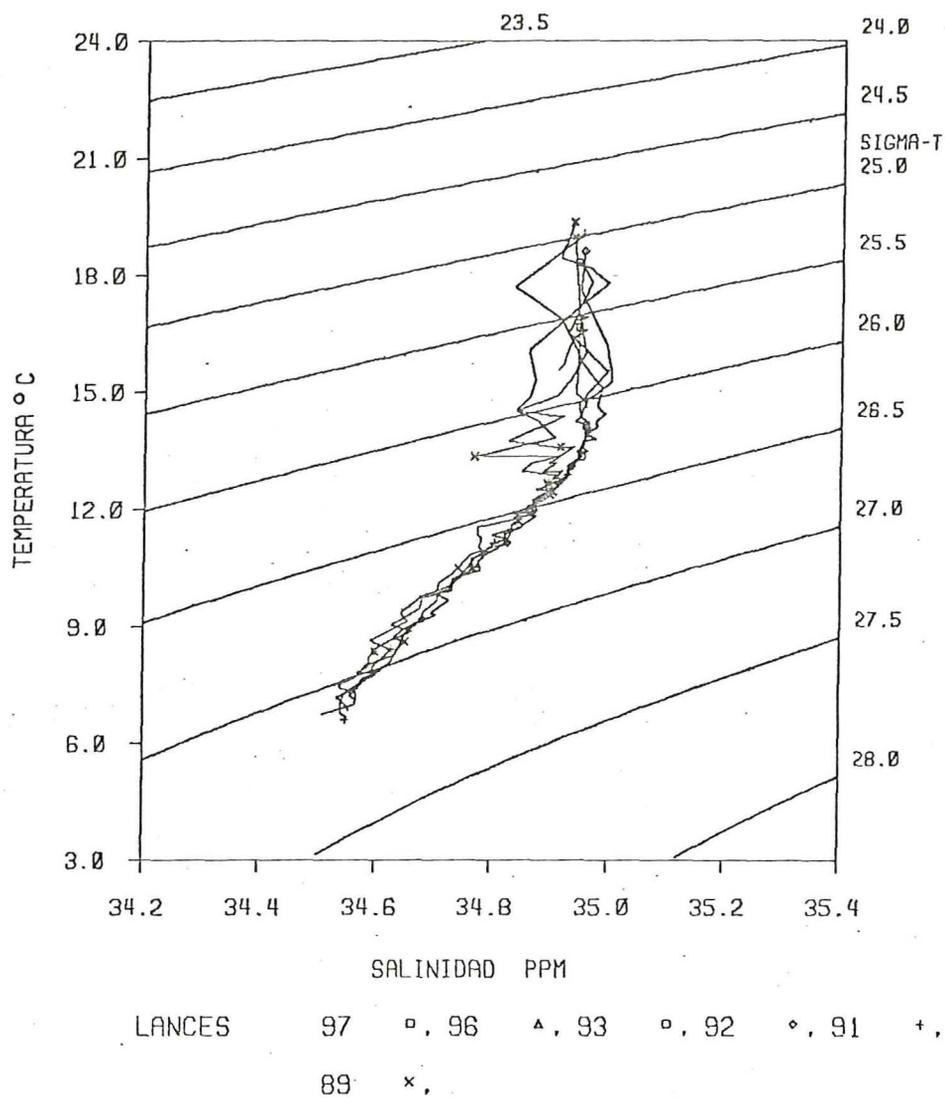


Figura 34. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 5 de Mayo, 1976.

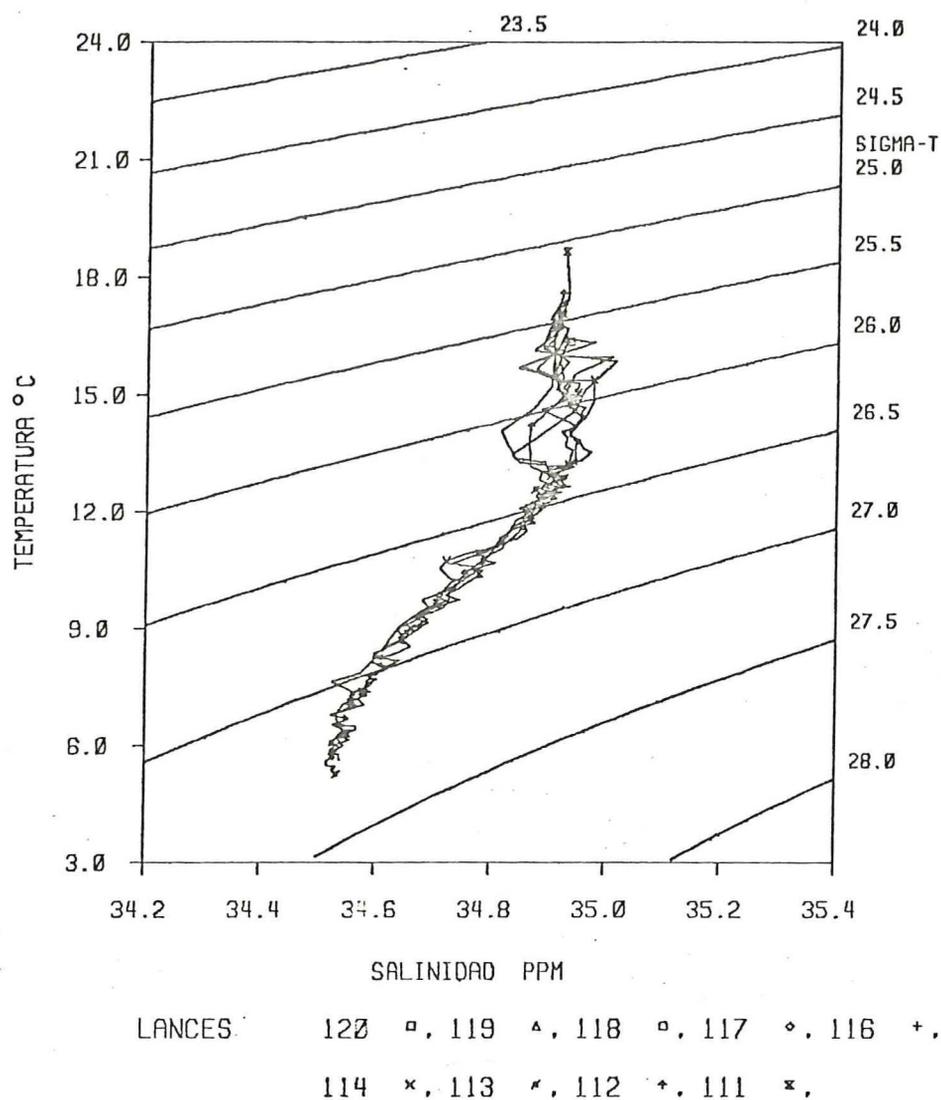


Figura 35. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 8-9 de Mayo, 1976.

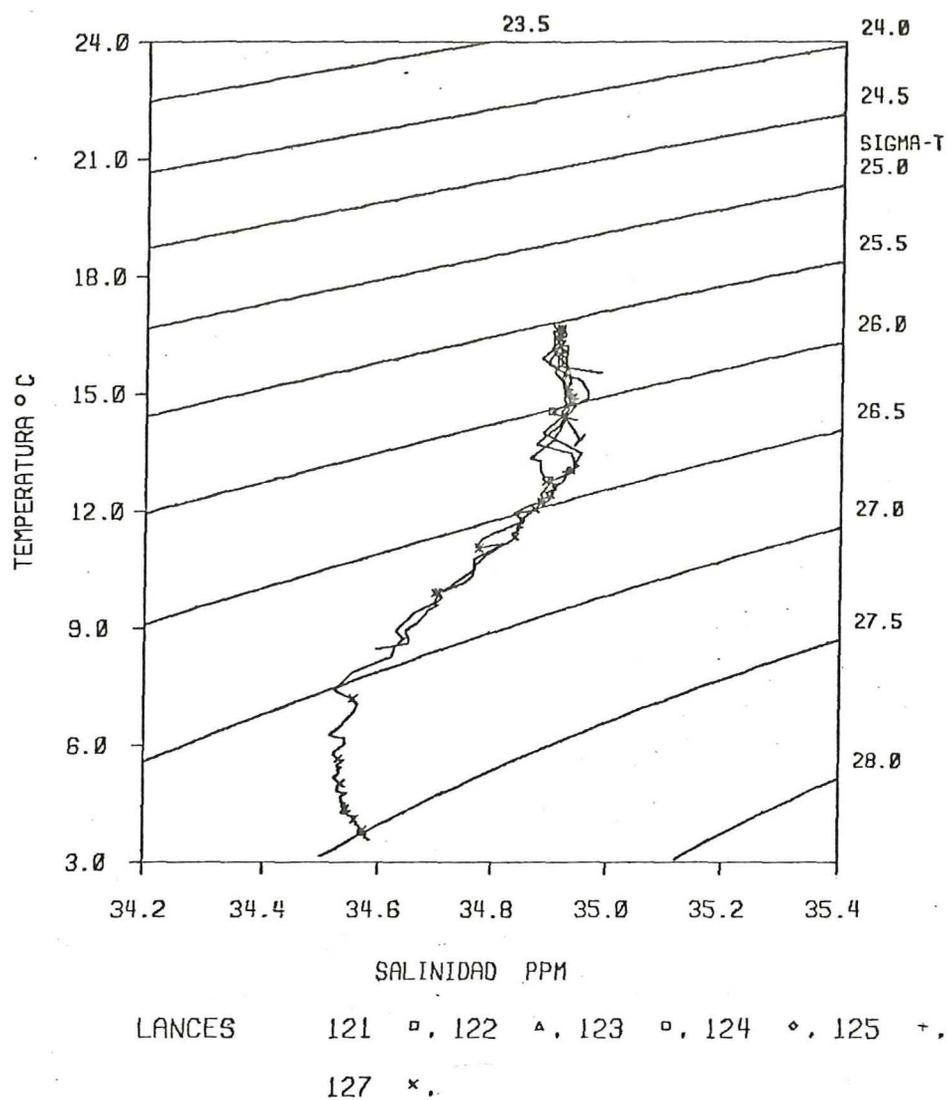


Figura 36. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 11 de Mayo, 1976.

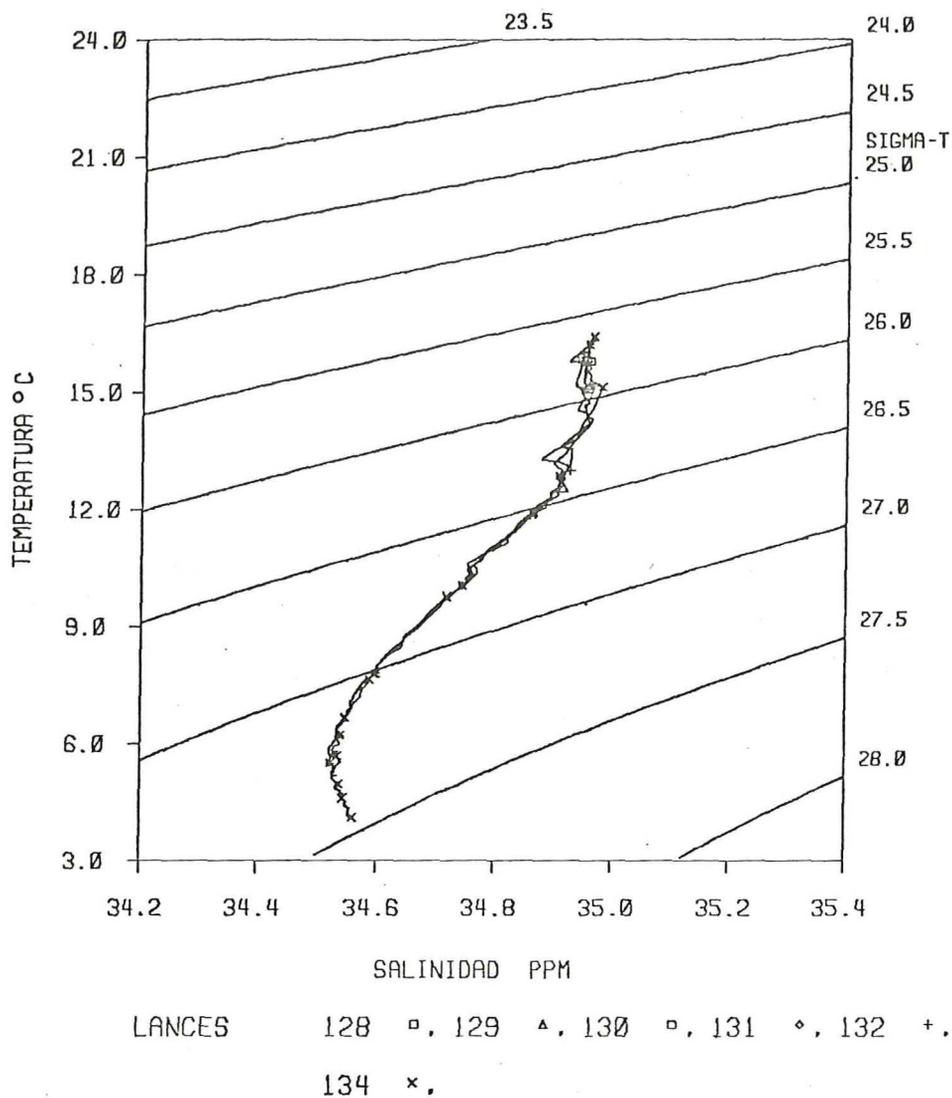
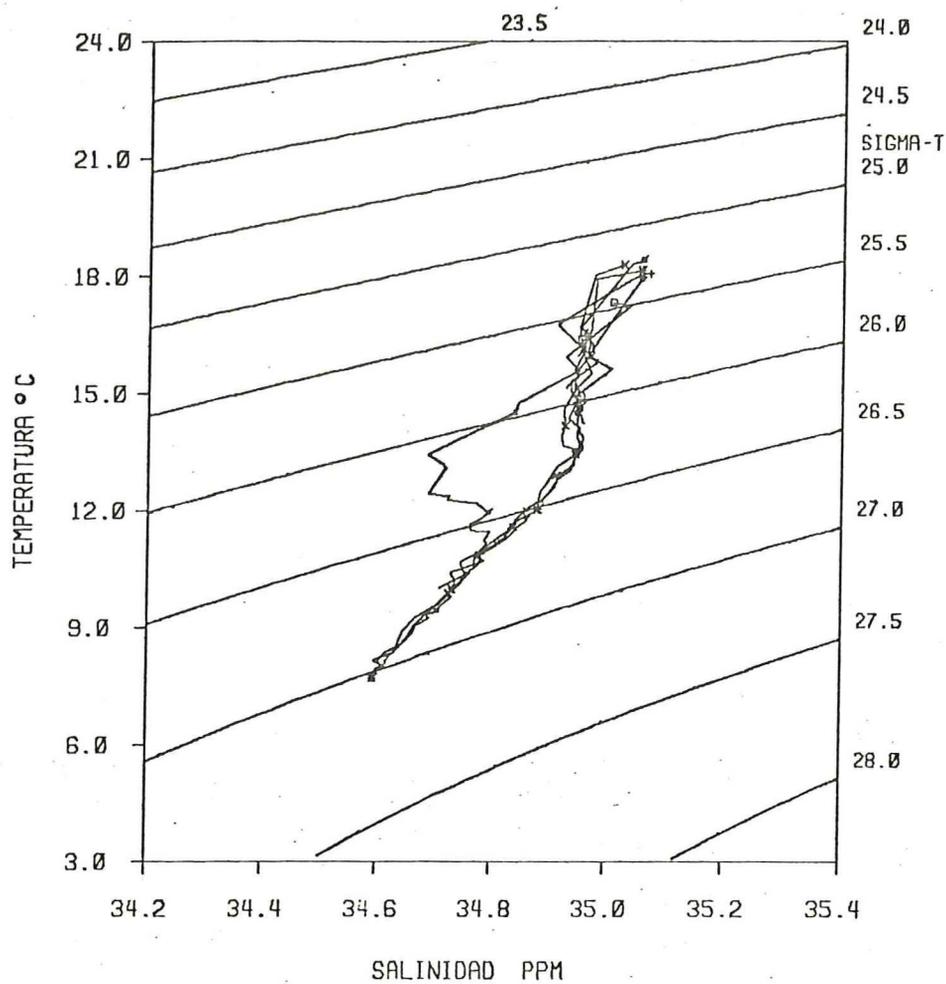
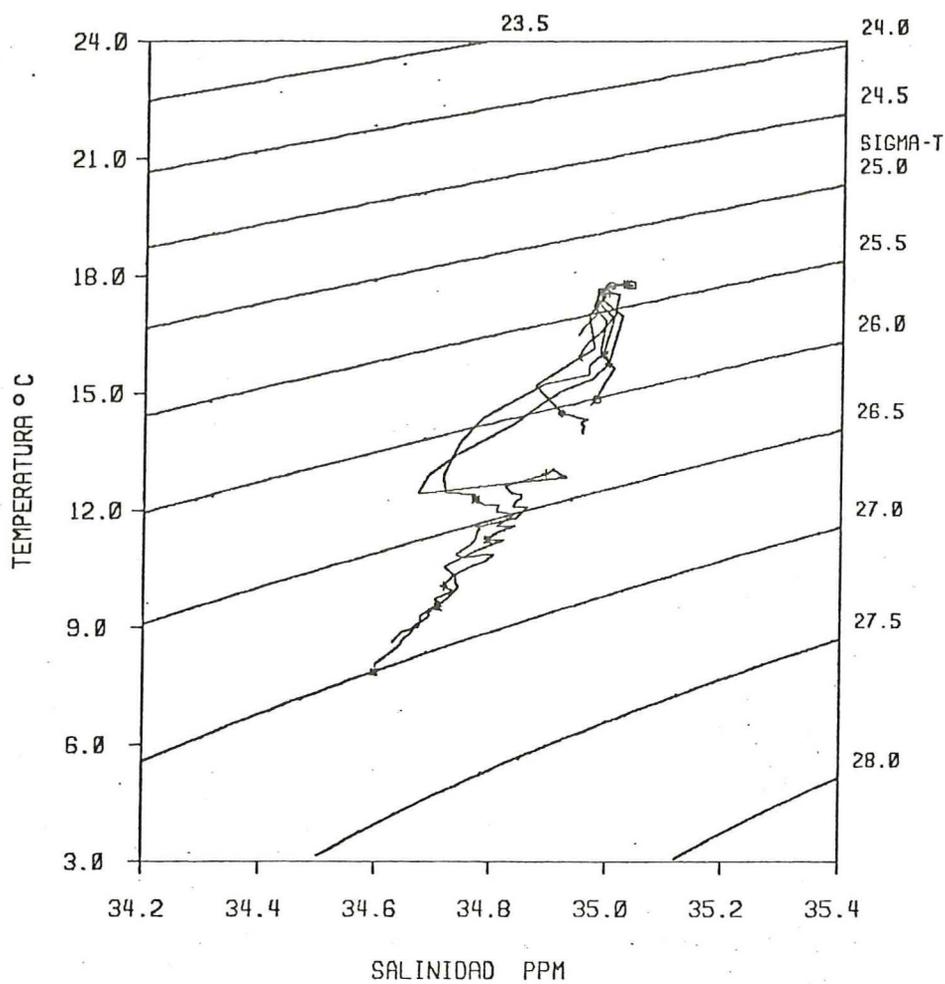


Figura 37. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 21 de Mayo, 1976.



LANCES 136 □, 137 ▲, 138 □, 139 ◇, 140 +, 141 *,
 142 ×, 143 *

Figura 38. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 25-26 de Mayo, 1976.



LANCES 144 □, 145 △, 146 □, 147 ◇, 150 +, 151 *

Figura 39. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30-31 de Mayo, 1976.

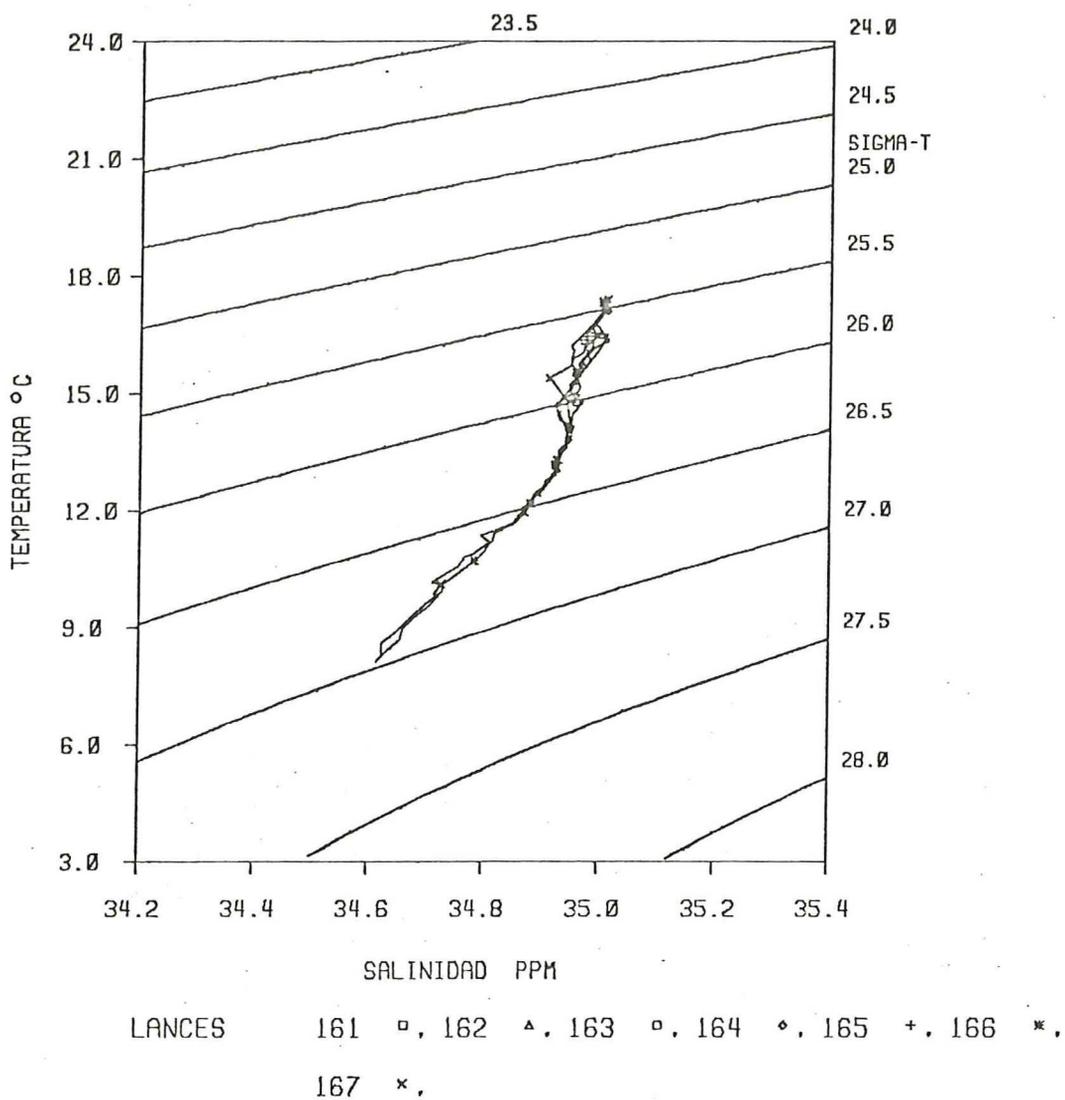


Figura 40. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 4-5 de Junio, 1976.

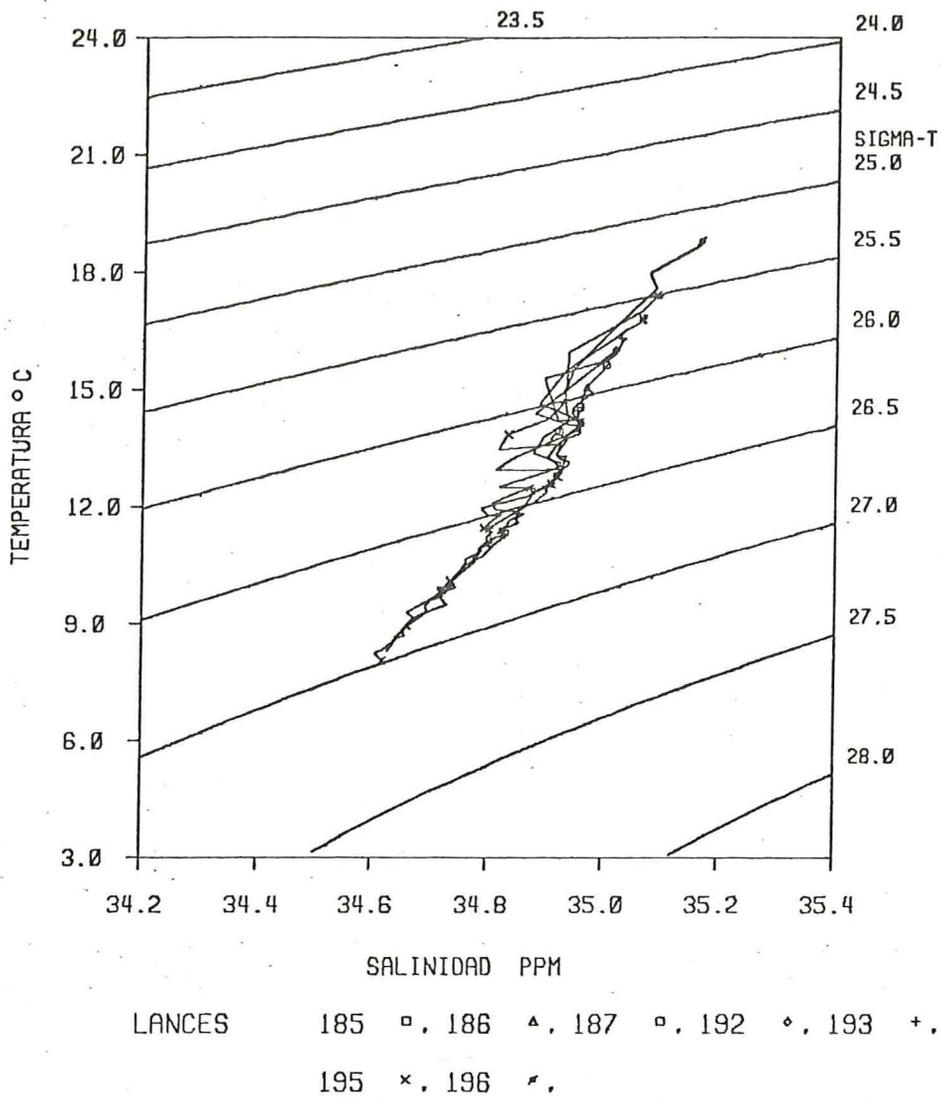


Figura 41. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 13 de Junio, 1976.

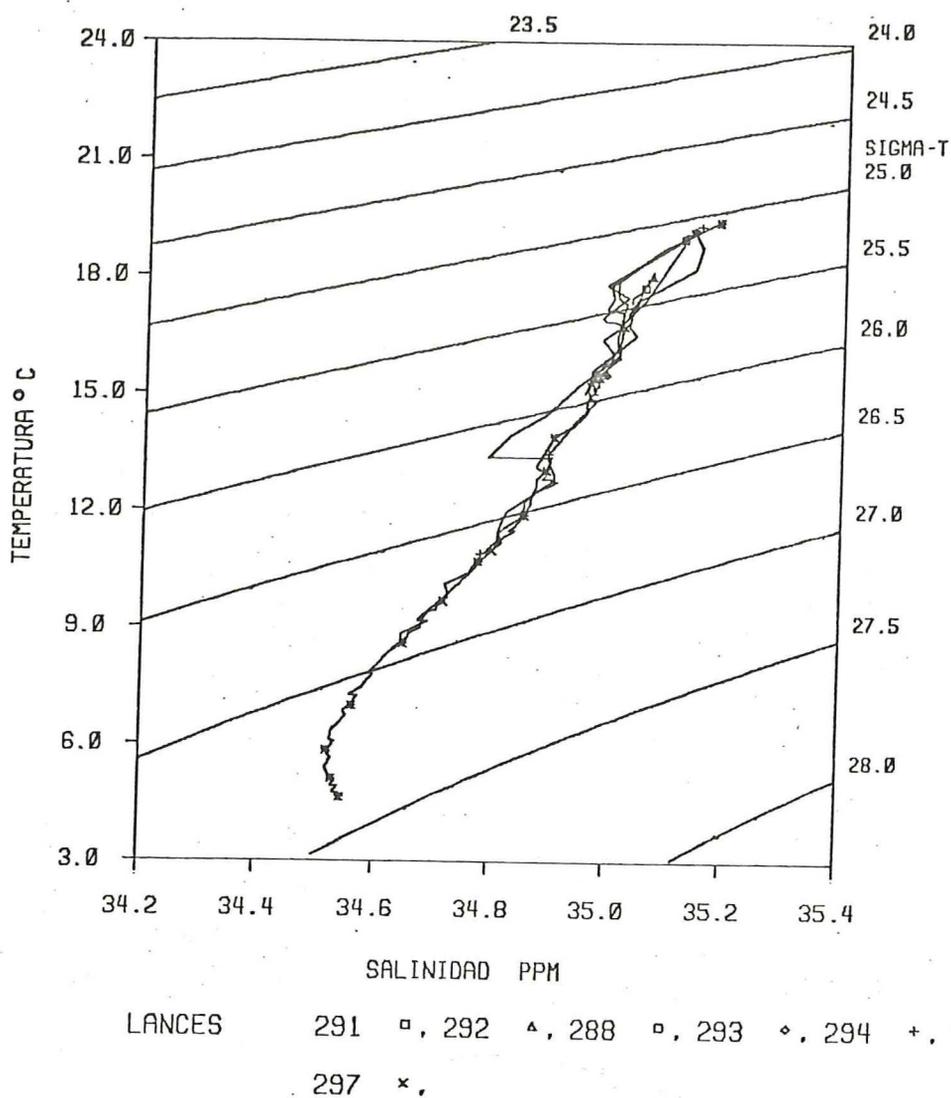
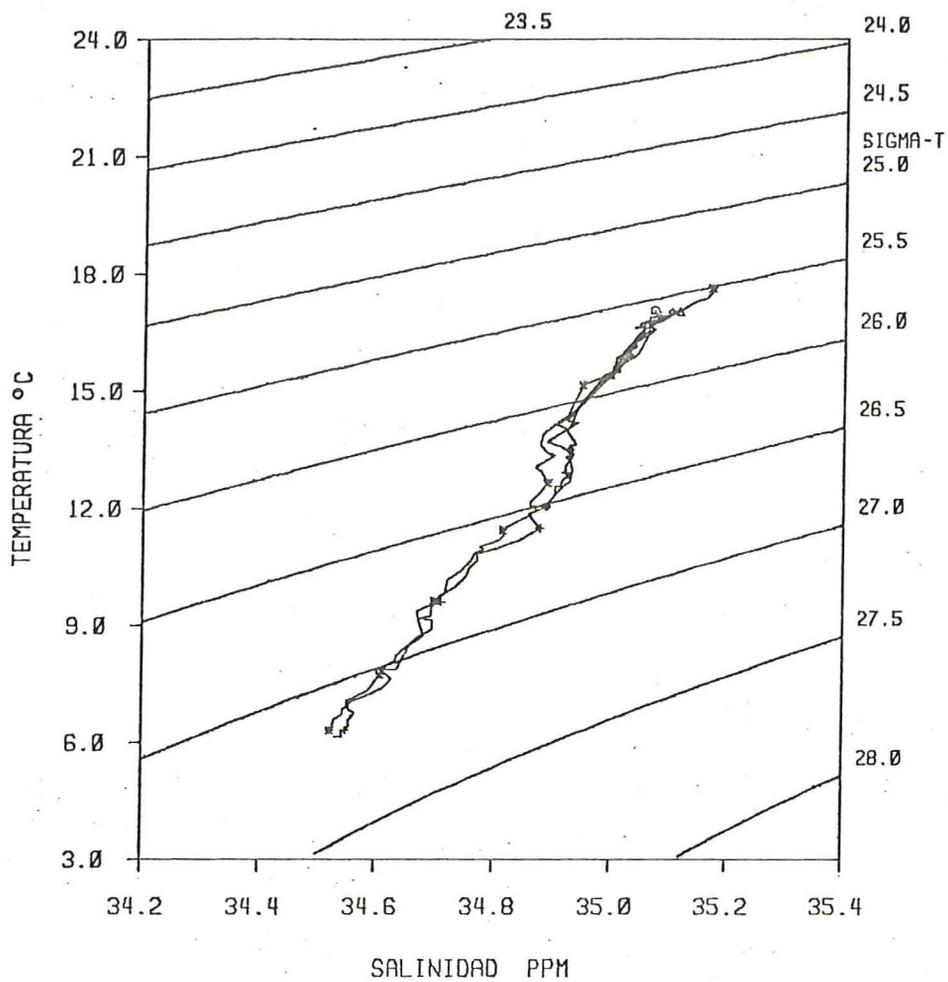


Figura 42. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada el 23 de Junio, 1976.



LANCES 12 □, 11 ▲, 13 ◻, 16 ◊, 14 +, 15 *,

Figura 43. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 27-28 de Julio, 1976.

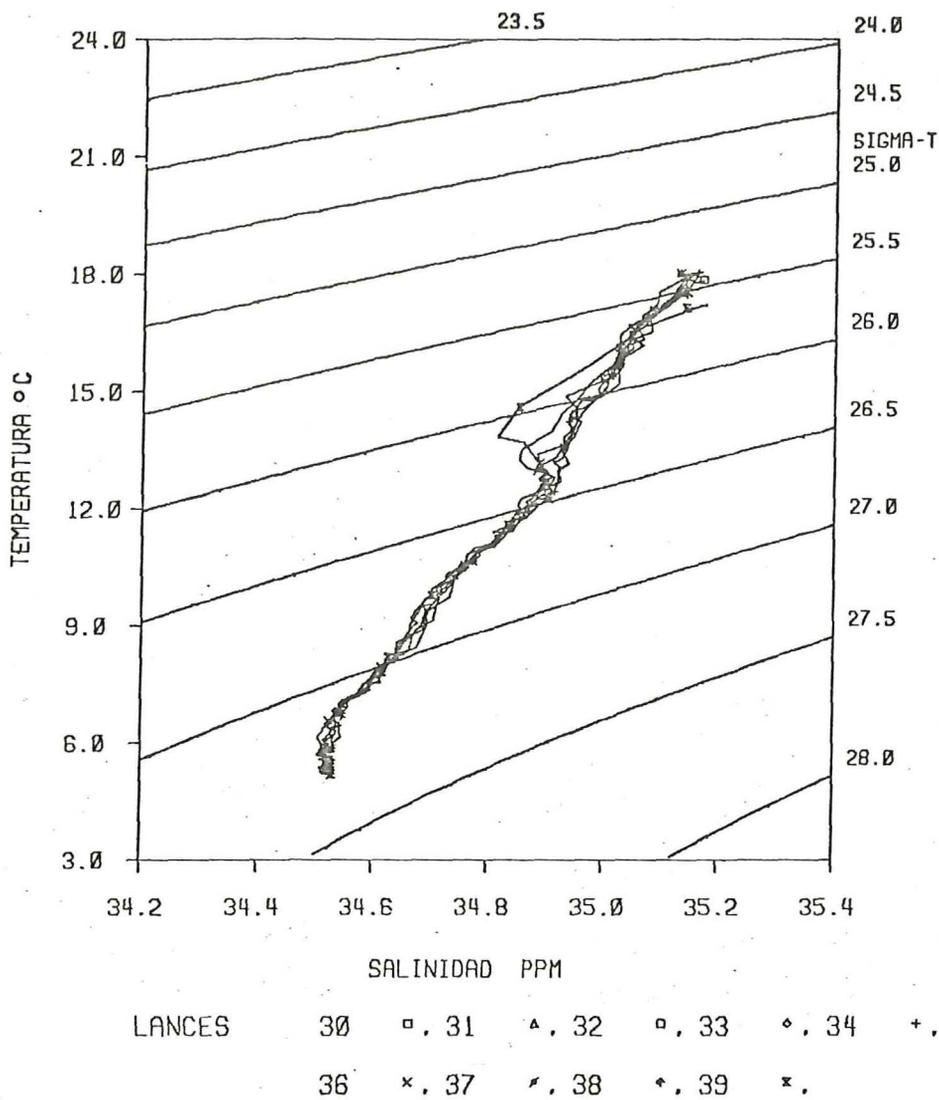
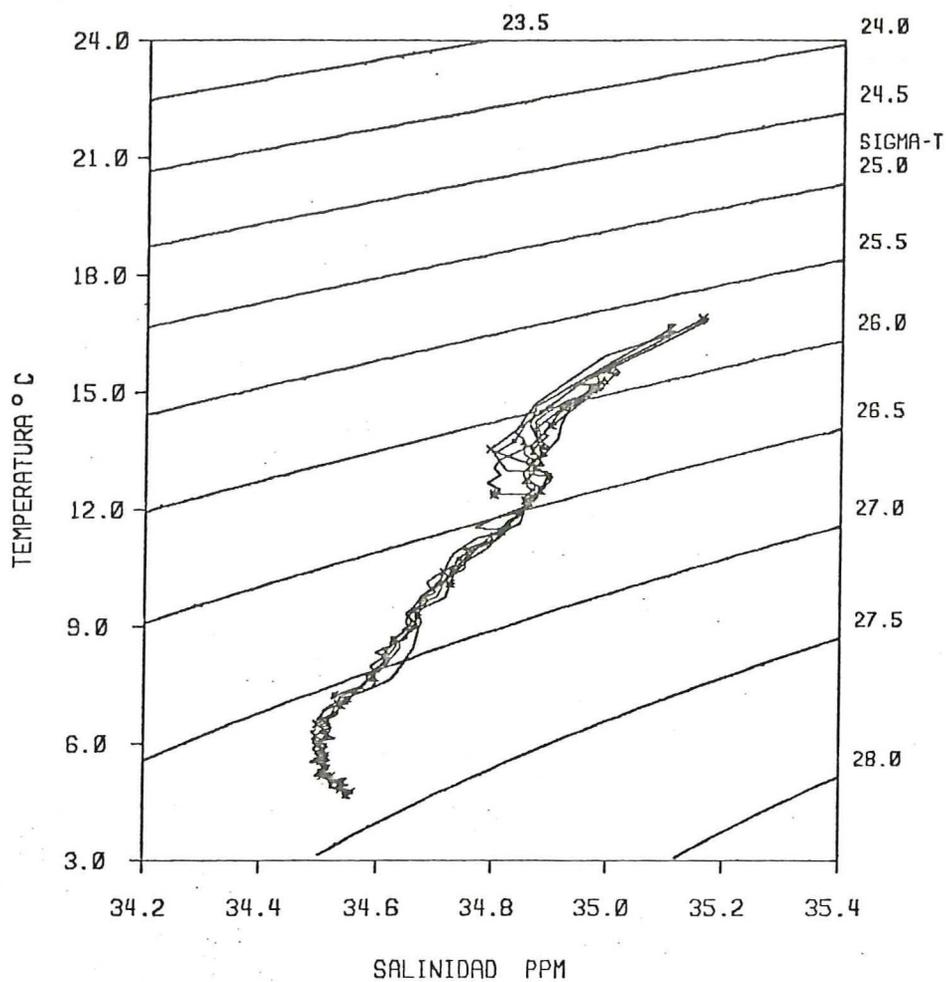


Figura 44. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 30-31 de Julio, 1976.



LANCES	86	□, 84	△, 83	▣, 81	◇, 80	+, 78	*,
	76	×, 75	·, 73	†, 71	z,		

Figura 45. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 10-11 de Agosto, 1976.

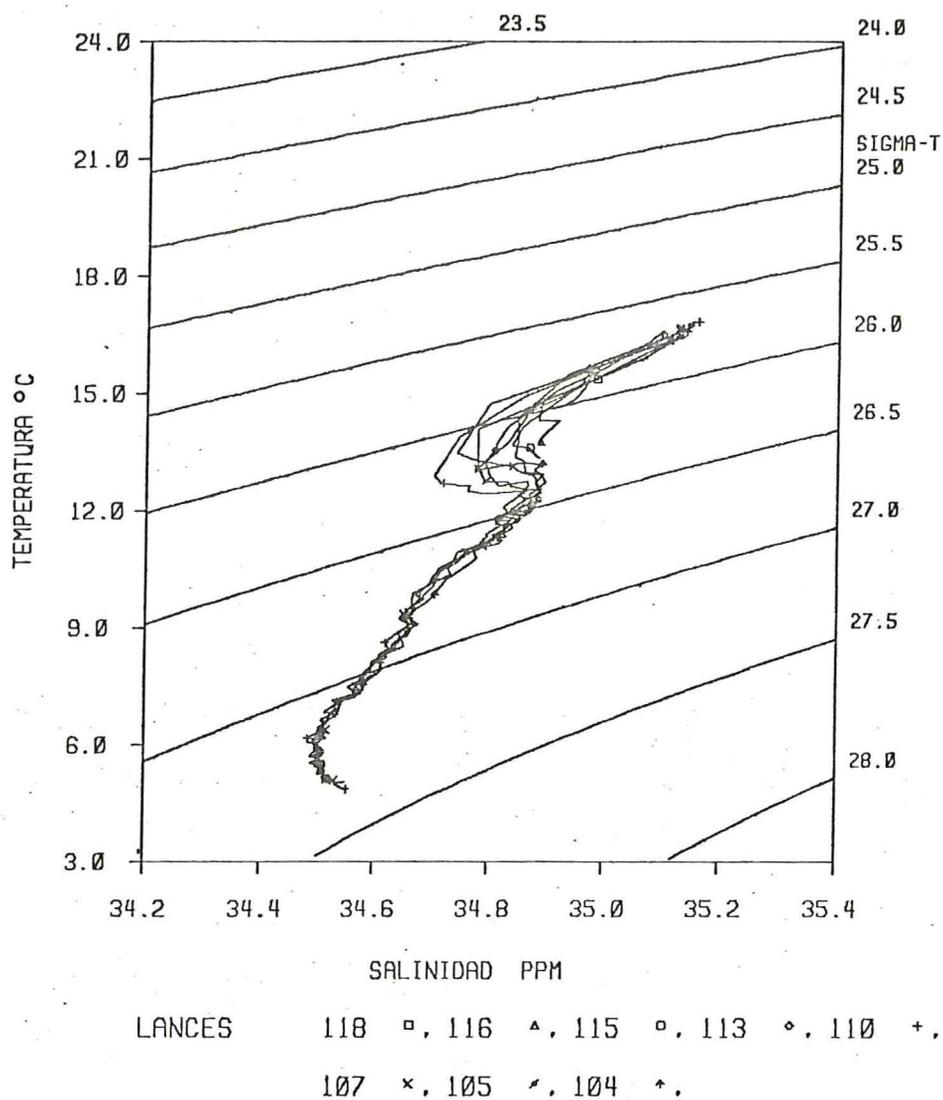
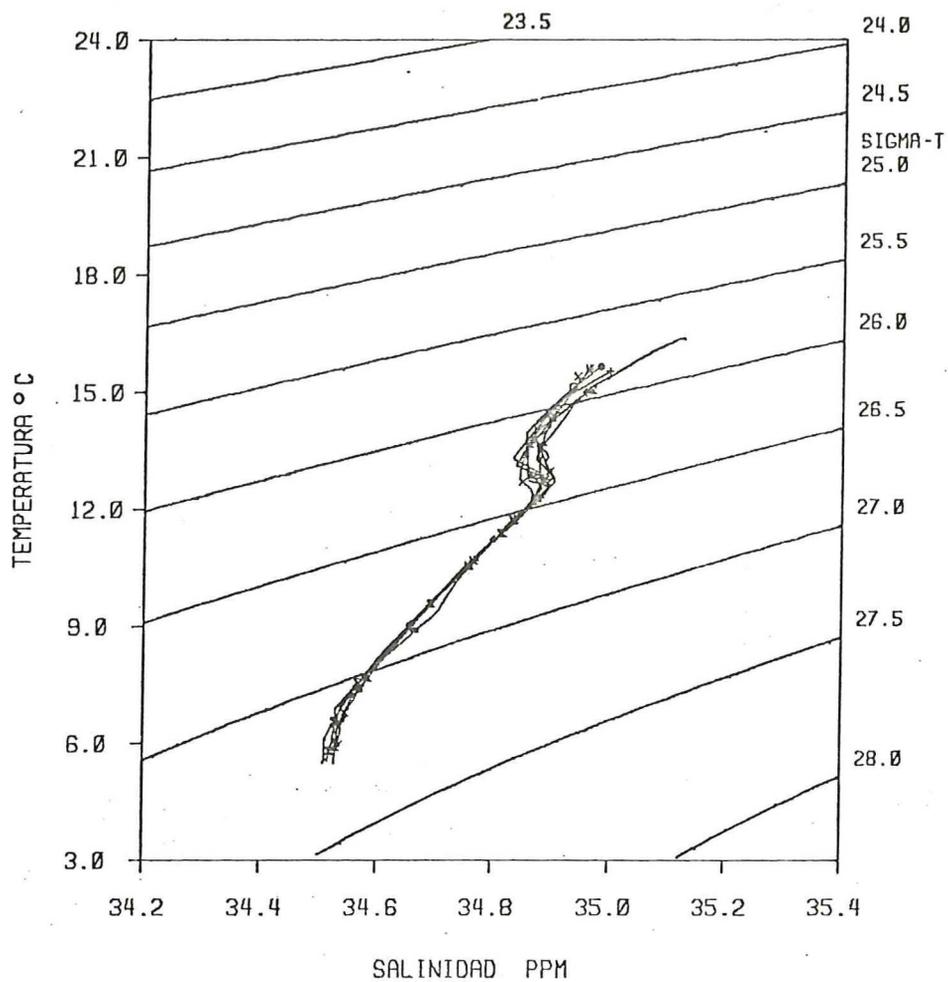
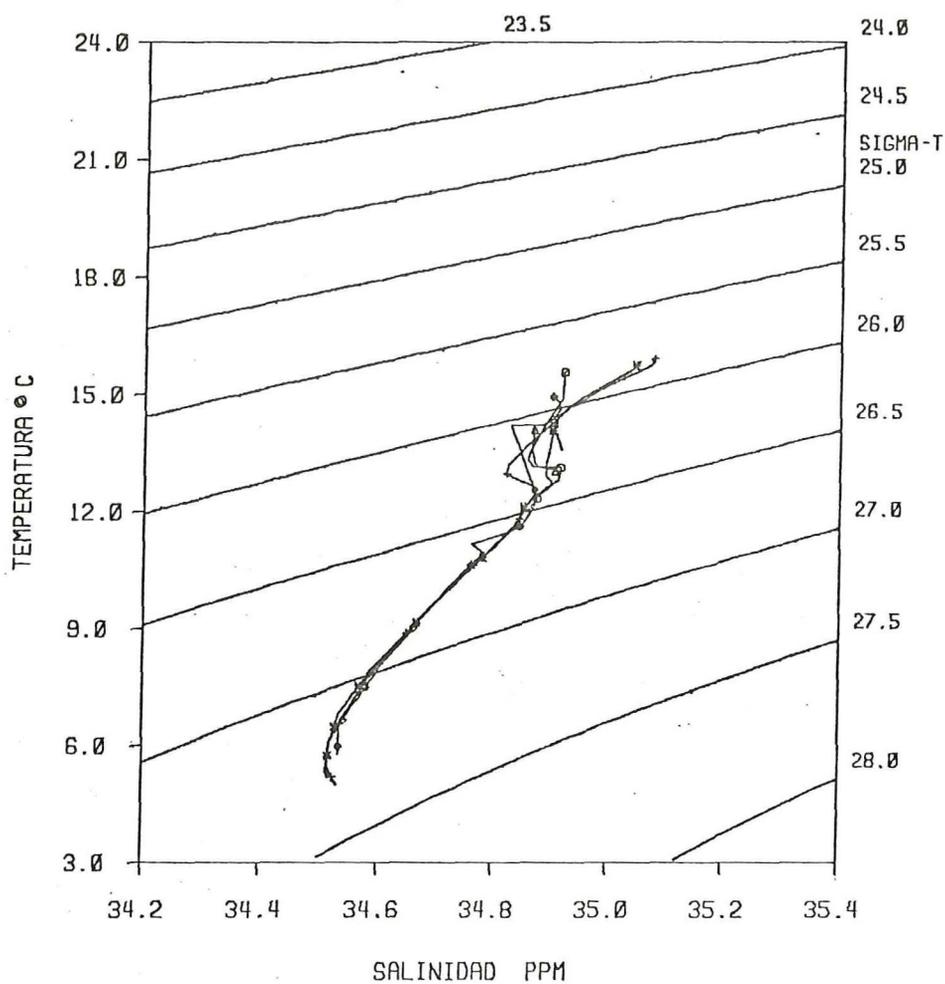


Figura 46. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 12-14 de Agosto, 1976.



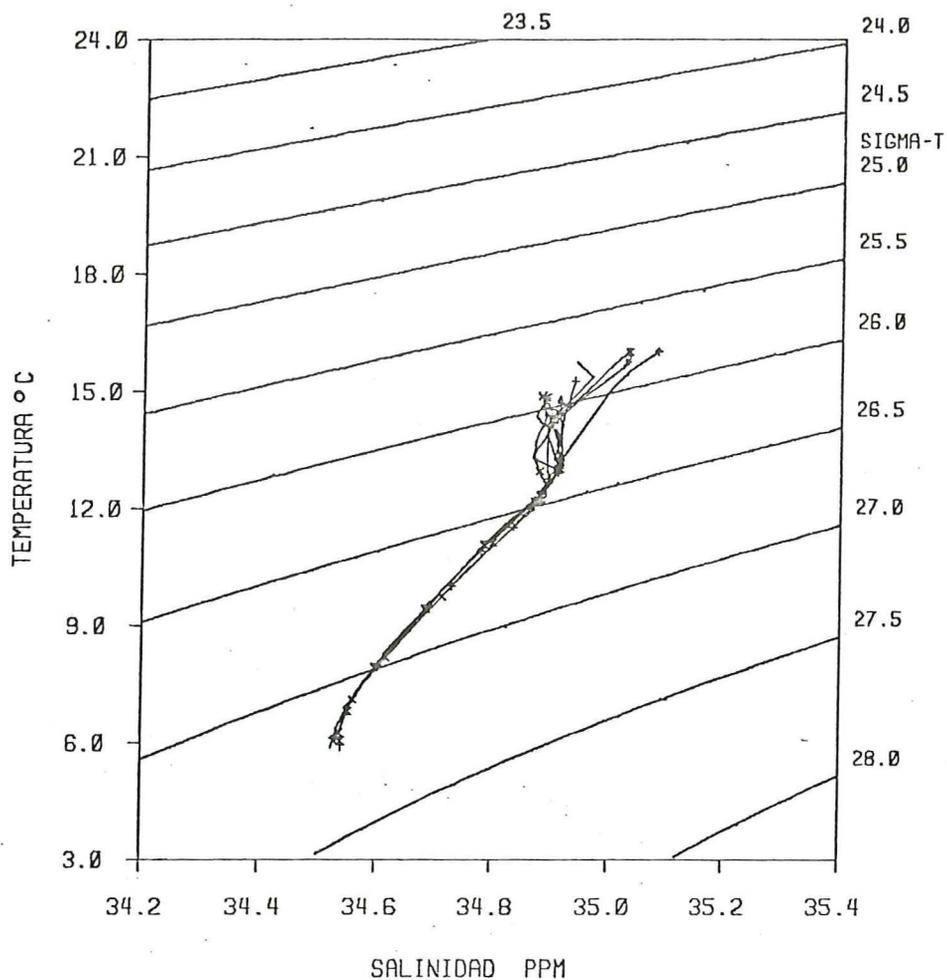
LANCES 172 □, 173 ▲, 174 ◻, 175 ◊, 176 +, 177 ✱,
 178 ×, 179 ✖, 180 †, 181 ✕, 182 .

Figura 47. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 10-11 de Septiembre, -1976.



LANCES 200 □, 198 △, 196 □, 194 ◇, 192 +, 190 *

Figura 48. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 13-20 de Septiembre, 1976.



LANCES 200 □, 201 ▲, 202 ○, 203 ◇, 204 +, 205 *,
 206 ×, 207 ✕, 208 †, 209 ‡, 210 .

Figura 49. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 20-21 de Septiembre, - 1976.

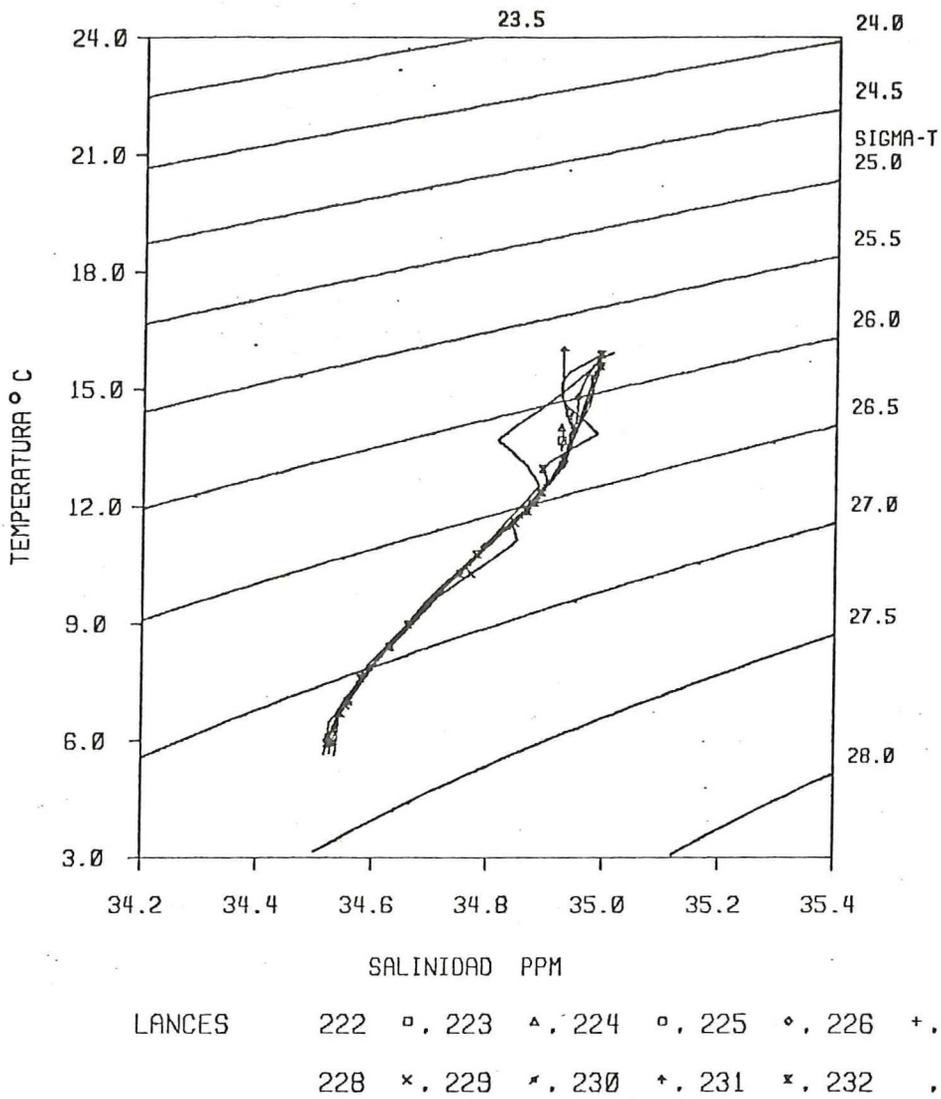


Figura 50. Diagramas de Temperatura-Salinidad correspondientes a cada estación hidrográfica ocupada del 1-3 de Octubre, 1976.

más típicas que se presentan a través del estudio (Fig. 51, a, b, c y d). Las primeras dos (a y b) son representativas de la estación de otoño y las últimas dos (c y d) de la estación de invierno. En los cuatro diagramas se observa una diferencia principal a través del tiempo, en los 250 m superiores. Esto se atribuye principalmente a la presencia del agua ecuatorial subsuperficial (AESS) y el agua subtropical superficial (ASS) durante una época del año. La diferencia en cada estación del año es la presencia y ausencia del agua subantártica (AS).

El agua entre aproximadamente 200 y 600 metros de profundidad, durante todo el estudio, se identifica como el AESS (Figs. 51, a, b, c y d). Esta masa de agua presenta rangos de temperatura de 7° a 12° C y de salinidad de 34.5 a 35.0 o/oo. Sólo durante el otoño, en los diagramas a y b, aparece en los primeros 100 m, con temperaturas entre 14° y 19° C y salinidades alrededor de 34.9 o/oo. La masa de agua subantártica (AS) se presenta generalmente durante la segunda mitad del invierno, diagramas b y d, y esporádicamente en otoño. La masa de agua AS se caracteriza por un mínimo de salinidad ($34.9 > \text{o/oo} > 34.7$) cuyo núcleo se observa en una temperatura de 13° C y una $\sigma\text{-t}$ de 26.2 aproximadamente. Su profundidad fue variable y fluctuó desde 70 m hasta 150 m aproximadamente. En otoño y muy a

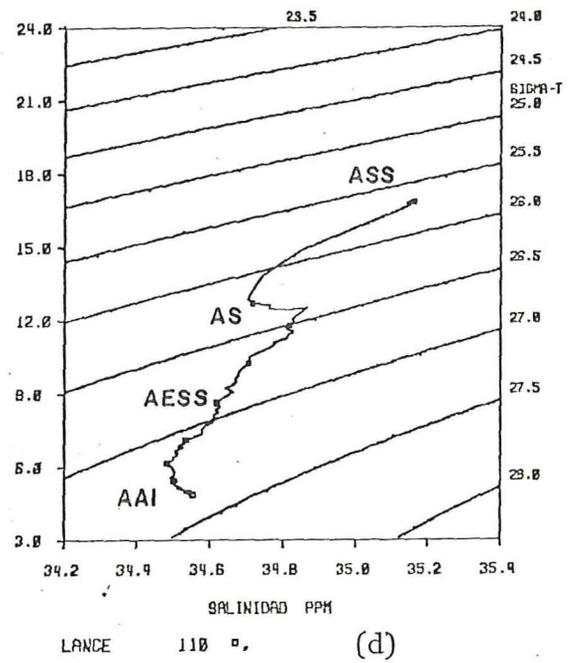
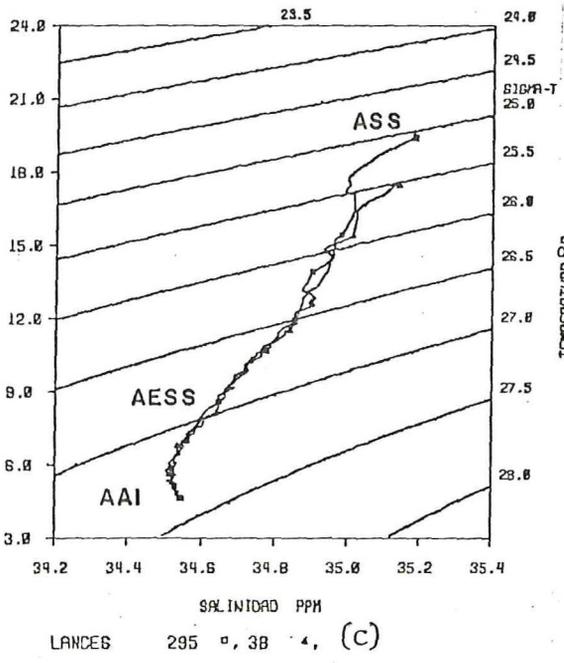
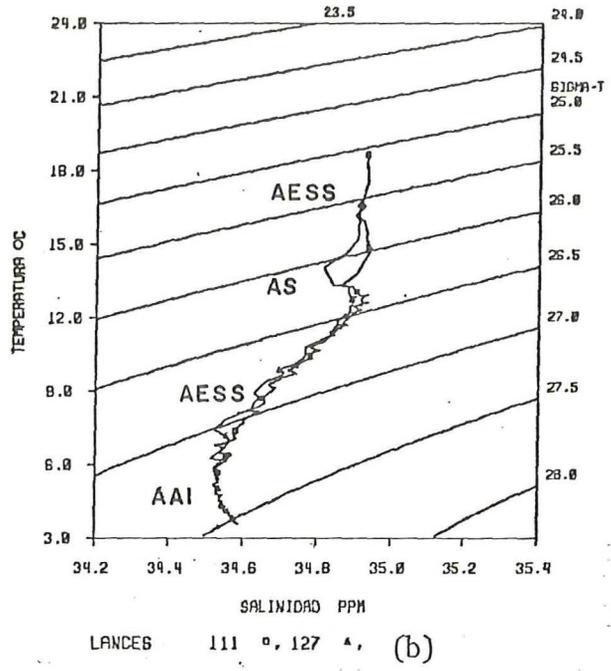
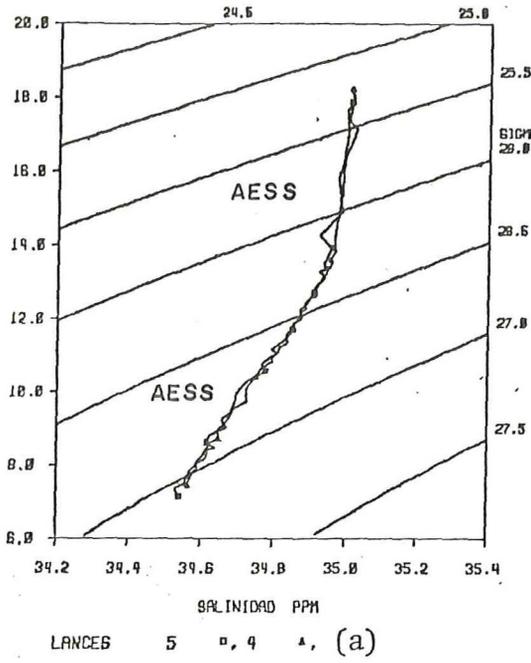


Figura 51. Diagramas de Temperatura-Salinidad representativos de la primera y segunda fase del JOINT-II, a y b representan la estación de otoño, y c y d la estación de invierno.

principios de invierno, su presencia es principalmente en las estaciones más alejadas de la costa, (a más de 40 Km) como se observará más adelante. Es durante el invierno que también se hace notar en las estaciones más cercanas a la costa.

Durante el invierno también se observó la presencia del ASS, con salinidades desde 35.0 o/oo hasta poco más de 35.1 o/oo y temperaturas entre 16.5° y 19.0° C (Fig. 51 c y d). Su extensión en profundidad fue principalmente en los primeros 100 m y a través de toda la sección a inicios del invierno; sin embargo, a medida que avanzó la estación del año se retiró de la costa, y en este lugar sus características se atenuaron debido a la mezcla con aguas de origen subantártico.

El AAI se manifiesta debajo de los 600 m de profundidad, a partir de mediados de otoño (Fig. 51 b y d). Se identificó en los diagramas por un mínimo de salinidad de 34.5 o/oo situado en aproximadamente una temperatura de 5.5° C y una sigma-t de 27.2, a una profundidad de aproximadamente 700 metros. Su presencia en los diagramas está supeditada a la profundidad del muestreo alcanzada durante cada ocupación de la línea C; de aquí que en ocasiones no se encuentre bien representada en los diagramas T-S de cada sección que veremos más adelante.

Durante la estación de otoño, período del 26 de abril al 3 de mayo (Figs. 30 a 33), los diagramas T-S muestran una gran similitud al diagrama (a) de la figura 51. De aquí que durante esta parte del estudio el AESS predomine a través de toda la sección hidrográfica. Wyrski (1963), en su descripción de masas de agua encuentra un diagrama similar en 7° S y 83° W aproximadamente, al sur de punta aguja. Durante el período del 5 de mayo al 5 de junio (Figs. 34 a 40), existe una combinación de los diagramas (a) y (b) de la figura 51. Esto último se atribuye principalmente a que las aguas a través de una sección que abarque de la costa hasta aproximadamente 40 Km mar afuera son del tipo del AESS, mientras que a una distancia mayor el AS se encuentra en niveles intermedios. También se observa una característica en la parte superior de los diagramas del 26 de mayo que no es muy clara para el 31 de mayo y 5 de junio (Figs. 38 a 40). Esta consiste en la tendencia de los diagramas a inclinarse hacia la derecha. Esto se puede atribuir a la influencia del AS sobre los primeros 50 m de profundidad, la que sin embargo, no alcanza a modificar las propiedades del agua existente y la configuración de los diagramas.

Para fines del otoño e inicios del invierno, del 13 de junio al 31 de julio (Figs. 41 a 44), se aprecia similitud con los diagramas (c) y (d) de la figura 51.

Así tenemos que sobre los 50 m de profundidad la presencia del ASS durante este período fue más marcada. Durante el 13 de junio y 28 de julio su presencia fue principalmente hacia mar afuera, a unos 50 Km de la costa (Figs. 19, 21, 41 y 43), mientras que para el 23 de junio y 31 de julio se manifiesta más próxima a ella, aproximadamente a 10 Km (Figs. 20, 22, 42 y 44). Debajo del ASS predomina el AESS hasta los 600 m de profundidad y, solamente durante el 13 y 23 de junio y 31 de julio se manifestó el AS en las estaciones alejadas de la costa, a más de 40 Km, como un mínimo de salinidad entre 100 y 200 m de profundidad. El AAI se encontró mejor definida durante el 23 de junio y 31 de julio y en menor grado para el 28 de julio.

Del período del 10 de agosto al 20 de septiembre, correspondiente a la segunda mitad del invierno, los diagramas son principalmente del tipo (d) de la figura 51 (Figs. 45 a 48). Durante el mes de agosto, como se observa en las figuras 45 y 46, el ASS presentó temperaturas más bajas que en fechas anteriores en casi toda la sección con excepción de la región costera donde se encontró agua de surgencia de origen subantártico. Para el 11 de septiembre el ASS se detecta sólo en la estación hidrográfica más alejada de la costa; de aquí que el agua de origen subantártico domine en el proceso de surgencia. En el muestreo del 20 de septiembre se

pierden completamente las características del ASS (Figs. 47 y 48). Debajo del ASS en las dos primeras secciones (10-14 de agosto) encontramos el AS. En cambio en las dos últimas secciones de este período (10-20 de septiembre) el AS se encuentra desde la superficie del mar, teniendo su mínimo de salinidad centrado entre profundidades de 70 y 150 metros. Inmediatamente debajo del AS, en las cuatro secciones representantes de este período, se encuentra el AESS hasta los 500 de profundidad y el AAI en mayores profundidades. El mínimo de salinidad fue más marcado (0.5 a 1.0 o/oo) durante las dos secciones del mes de agosto.

A inicios de primavera, del 20 de septiembre al 2 de octubre, los diagramas son del tipo (a) y (d) de la figura 51 (Figs. 49, 50). Durante los días 20 y 21 de septiembre no se distinguió la participación de un tipo de agua bien definido en la región superficial, si no mas bien parece presentarse una mezcla de aguas de origen subtropical y subantártico (Fig. 49). Sin embargo, para los días 2 y 3 de octubre (Fig. 50) las aguas presentan propiedades más similares a la del AESS en la misma región.

e). - Análisis Volumétrico.

Los diagramas del análisis volumétrico que muestran los porcentajes del volumen total para cada sección hidrográfica se muestran en la figura 52 a 67. En cada diagrama se delimitaron por líneas rectas aquellos porcentajes mayores al 1 % y comprendidos en los primeros 600 m de profundidad. Los porcentajes mayores de 1 % en profundidades mayores de 600 m se diferenciaron de los anteriores delimitándolos en un círculo, debido a que las secciones hidrográficas alcanzan únicamente hasta esa profundidad. La participación de aguas abajo de 600 m se consideró como parte del AAI a través del estudio.

En general, durante todo el estudio se observa un modo bivariente que predomina entre los rangos de temperatura y salinidad de 6.5° a 17.5° C y de 34.5 a 35.1 o/oo respectivamente (Figs. 52 a 67). Dentro de este modo se considera principalmente la participación de tres masas de agua: el ASS, el AESS y el AS. El AAI quedó comprendida únicamente en el modo univariante de salinidad y su participación en porciento del volumen total está limitada a la profundidad donde se localiza la isoterma de 5° C, la cual fluctuó entre 700 y 800 m de profundidad aproximadamente, de acuerdo al método utilizado. De la misma manera, otra característica

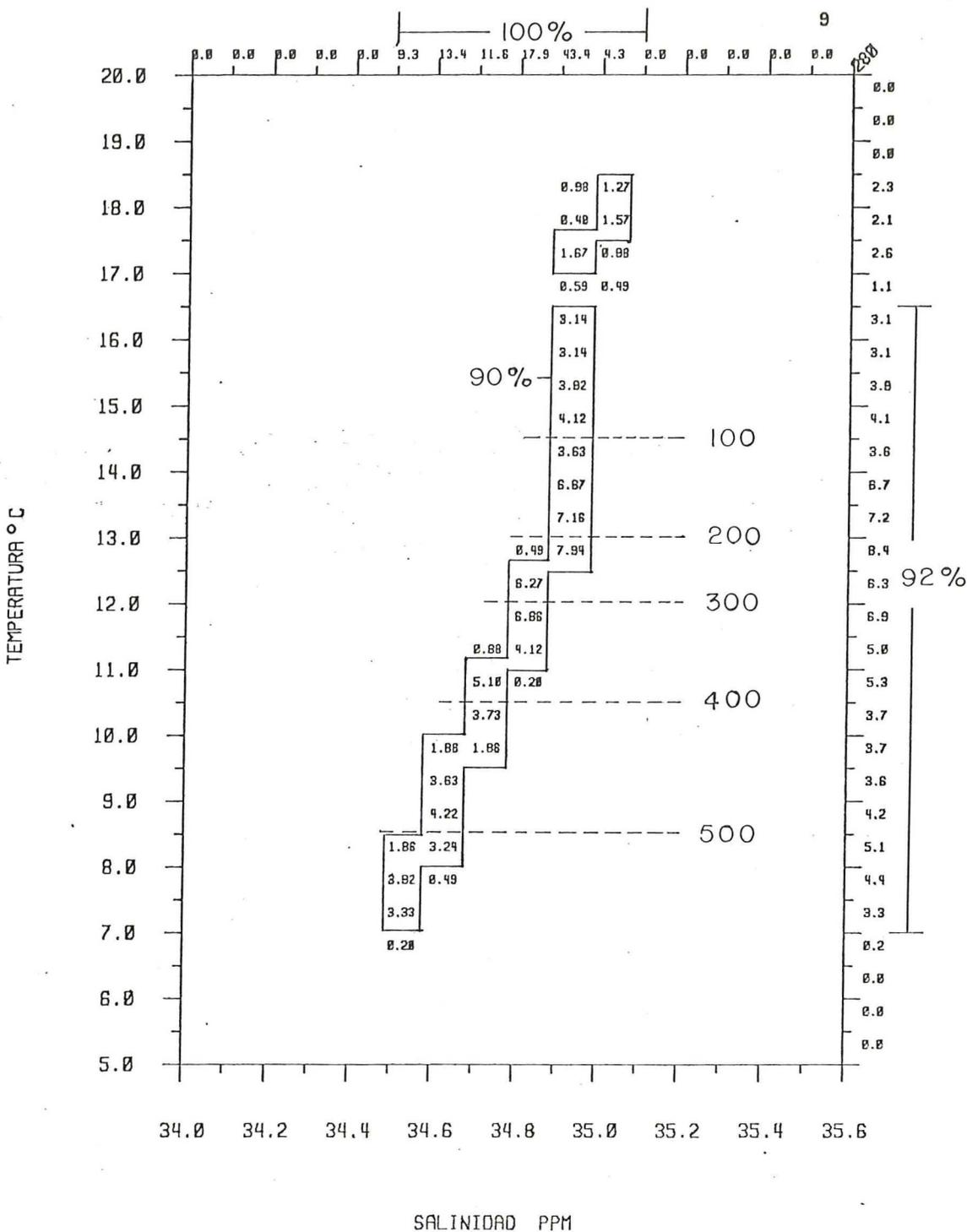


Figura 52. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 26-27 de abril, 1976.

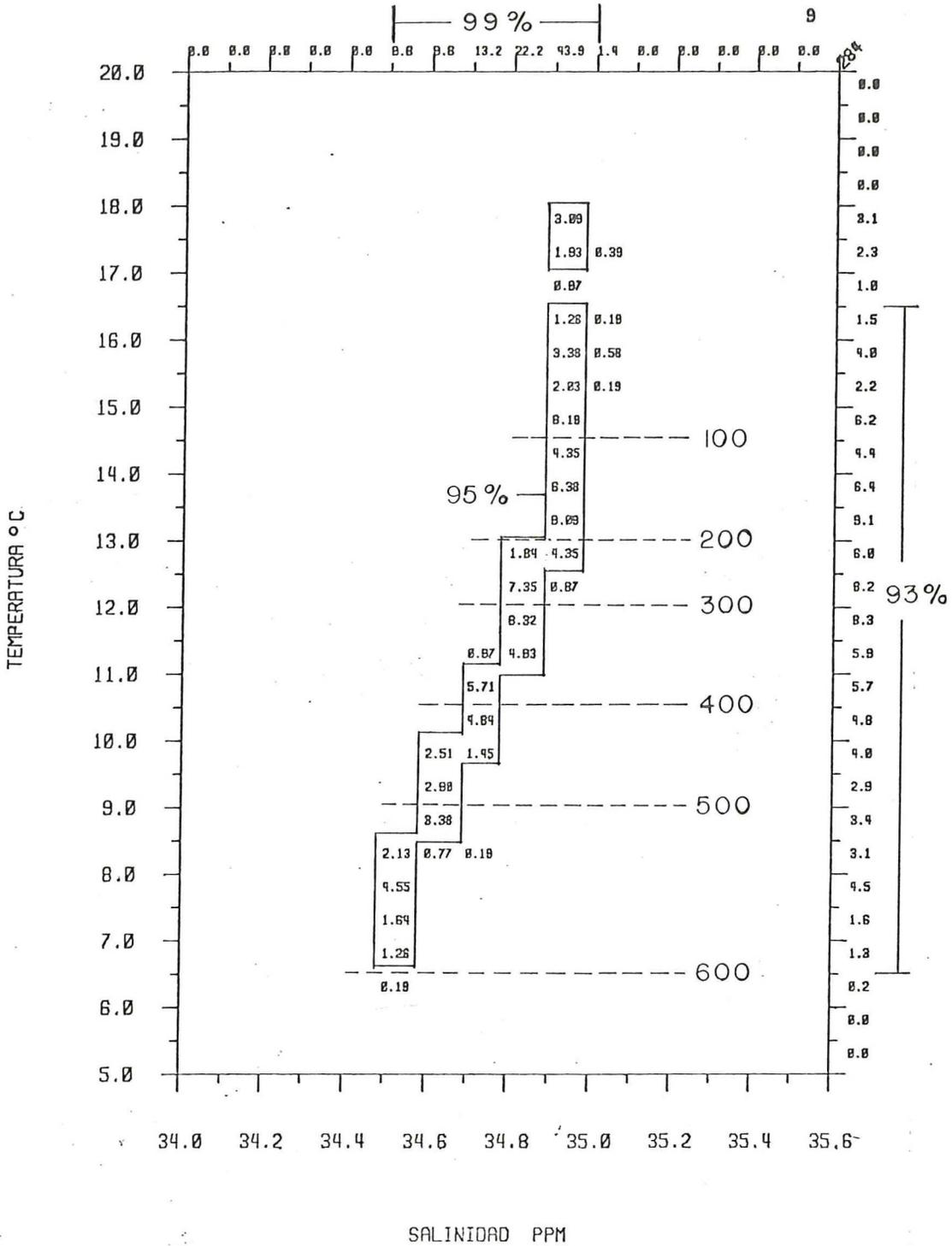


Figura 53. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 28-29 de abril, 1976.

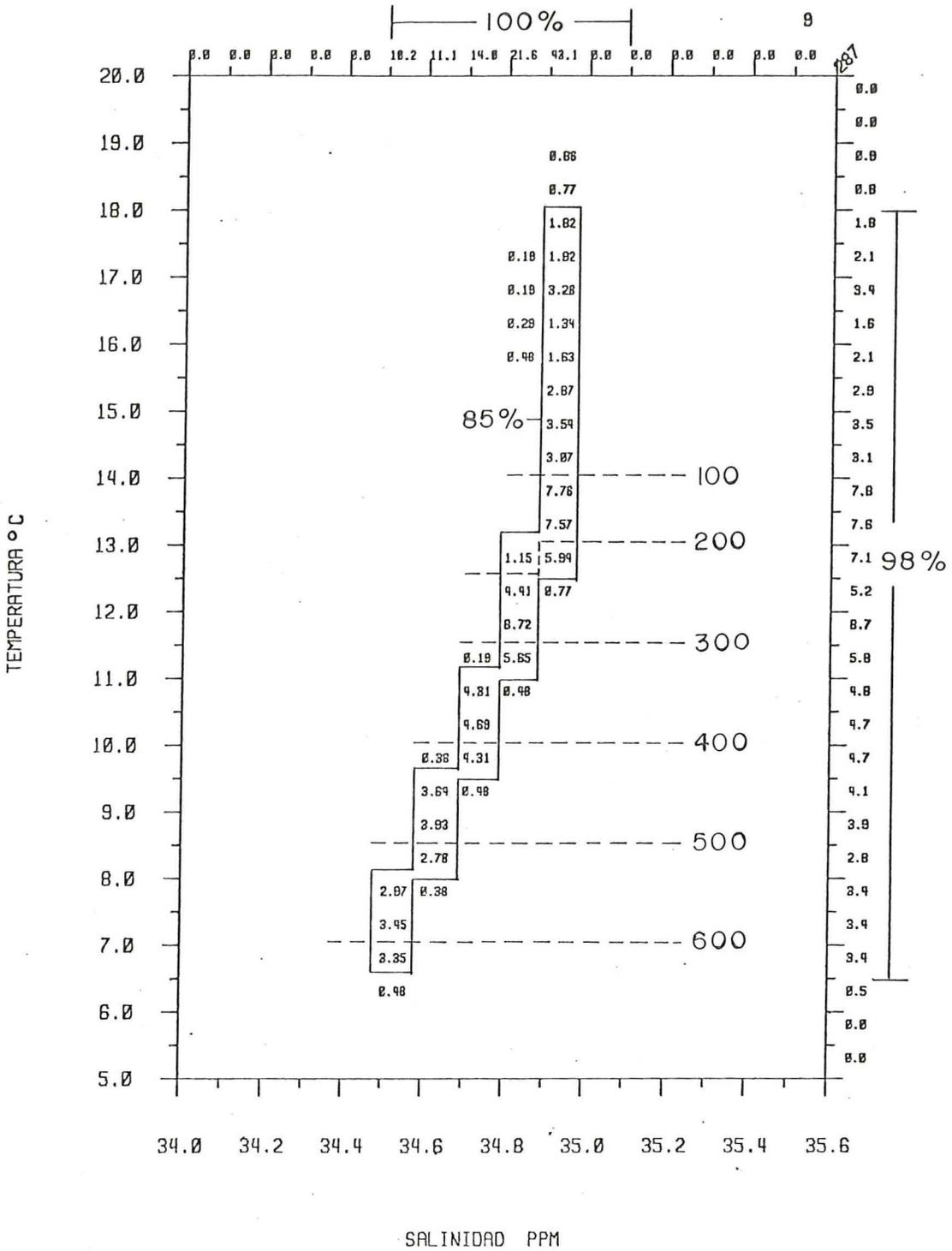


Figura 54. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 30 de abril al 1° de mayo, 1976.

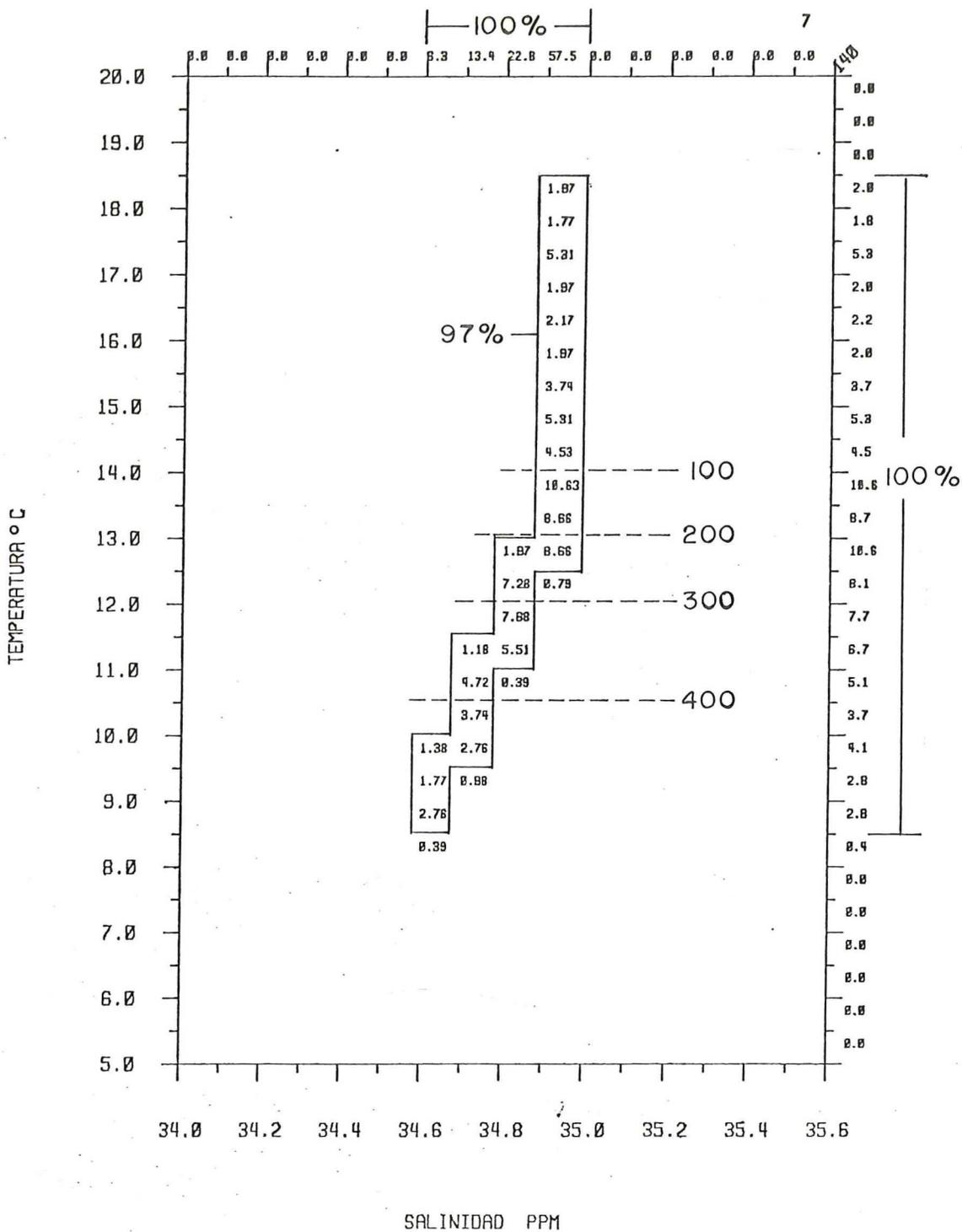


Figura 55. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 3 de mayo, 1976.

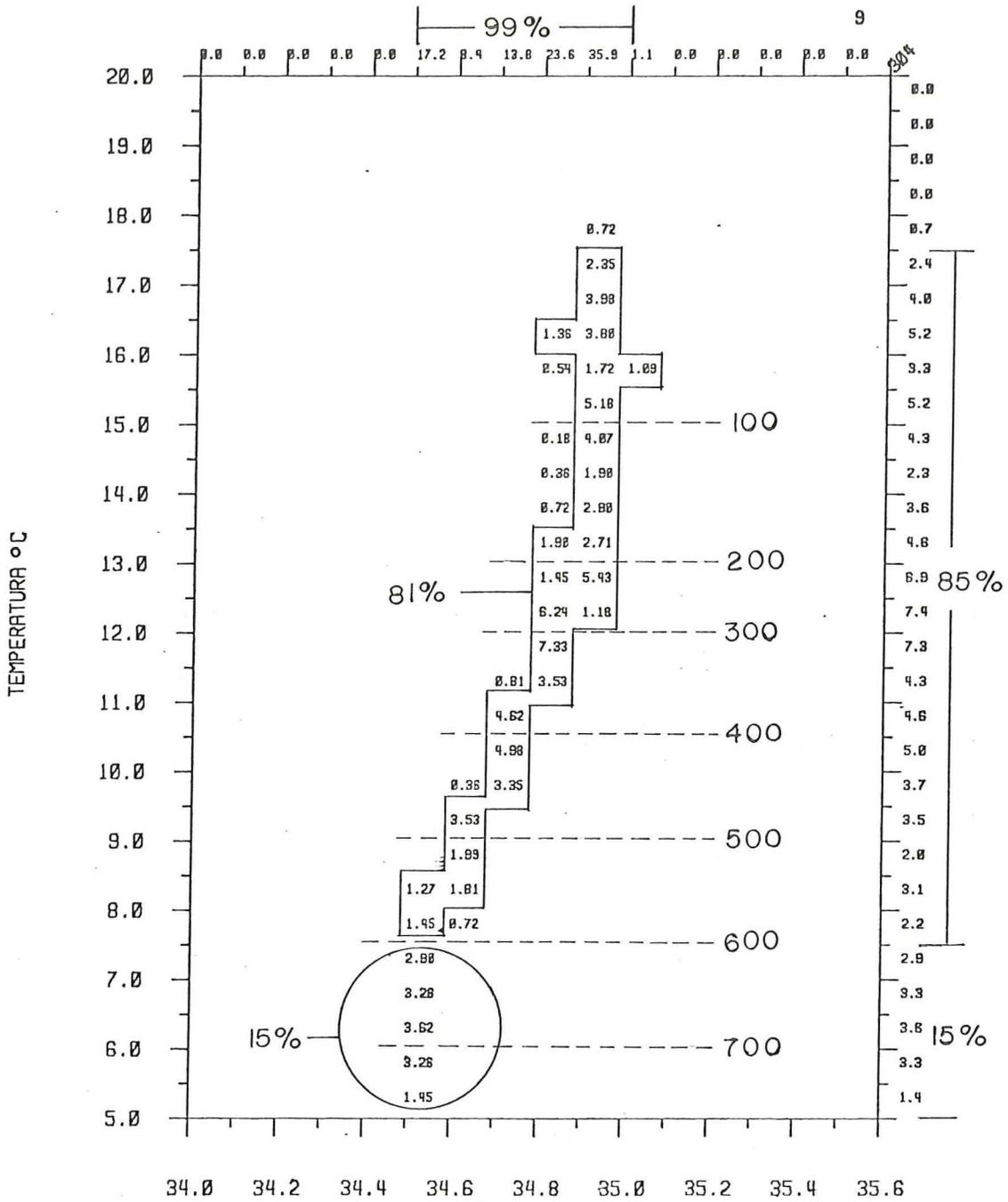


Figura 56. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 8-9 de mayo, 1976.

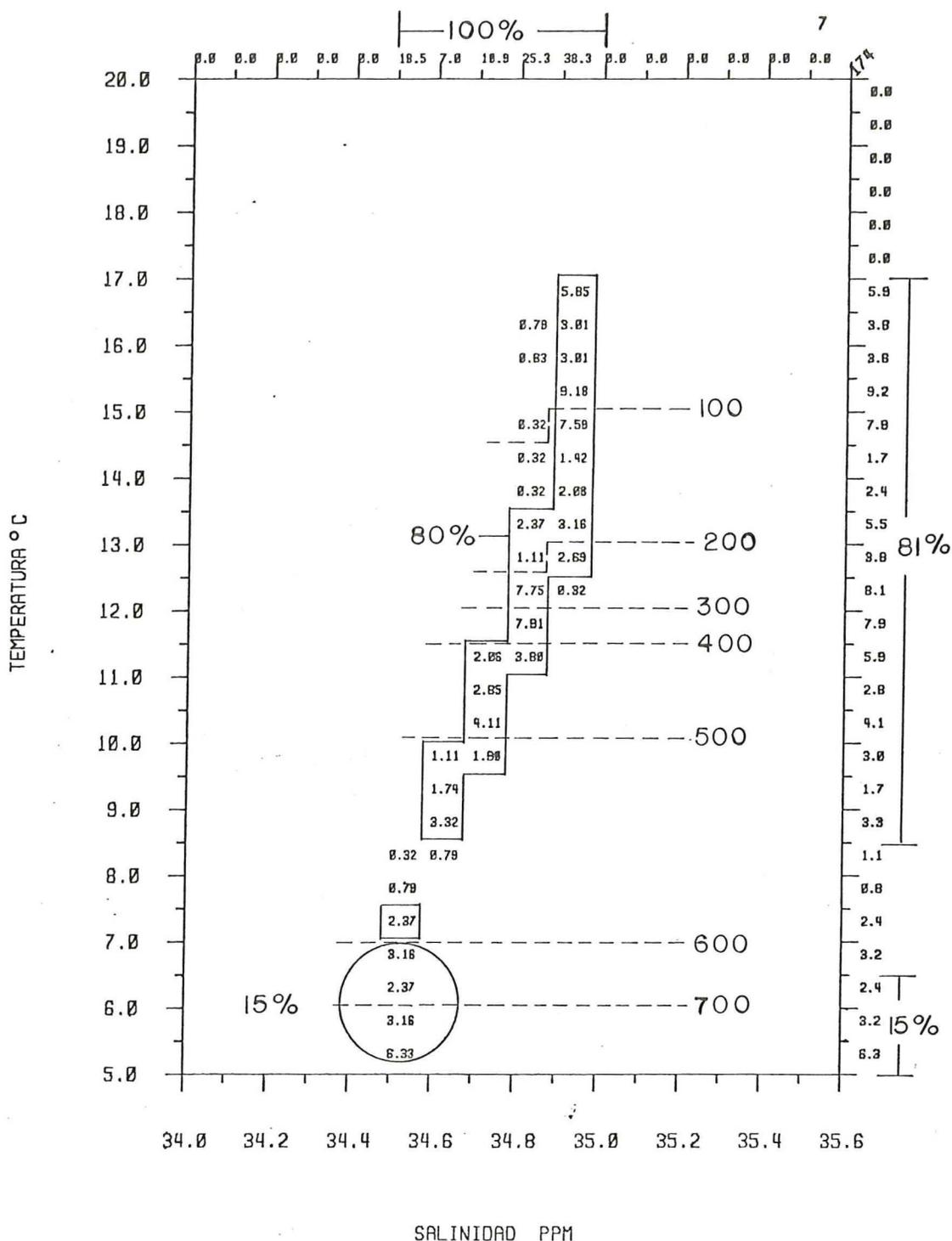


Figura 57. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 11 de mayo, 1976.

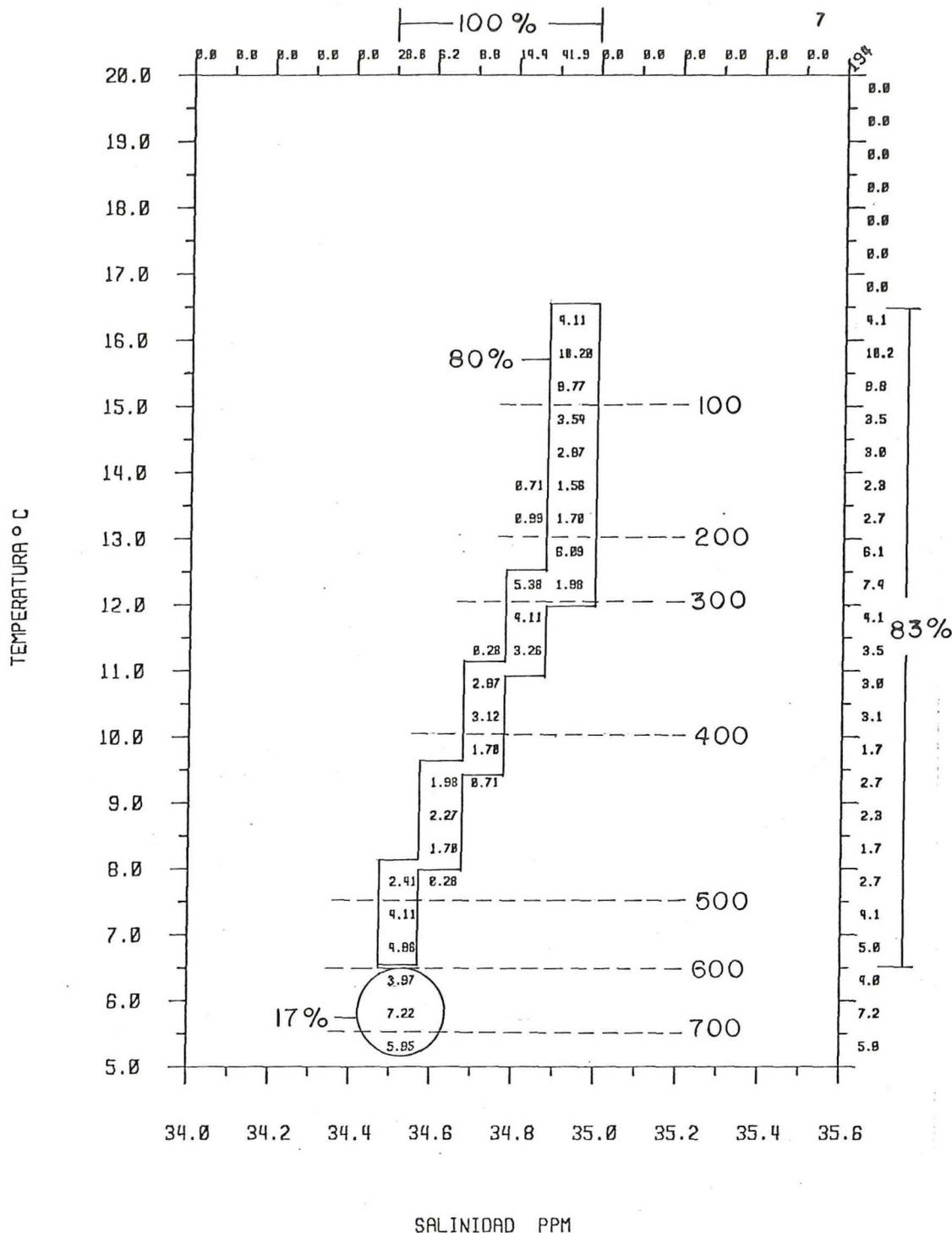


Figura 58. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 21 de mayo, 1976.

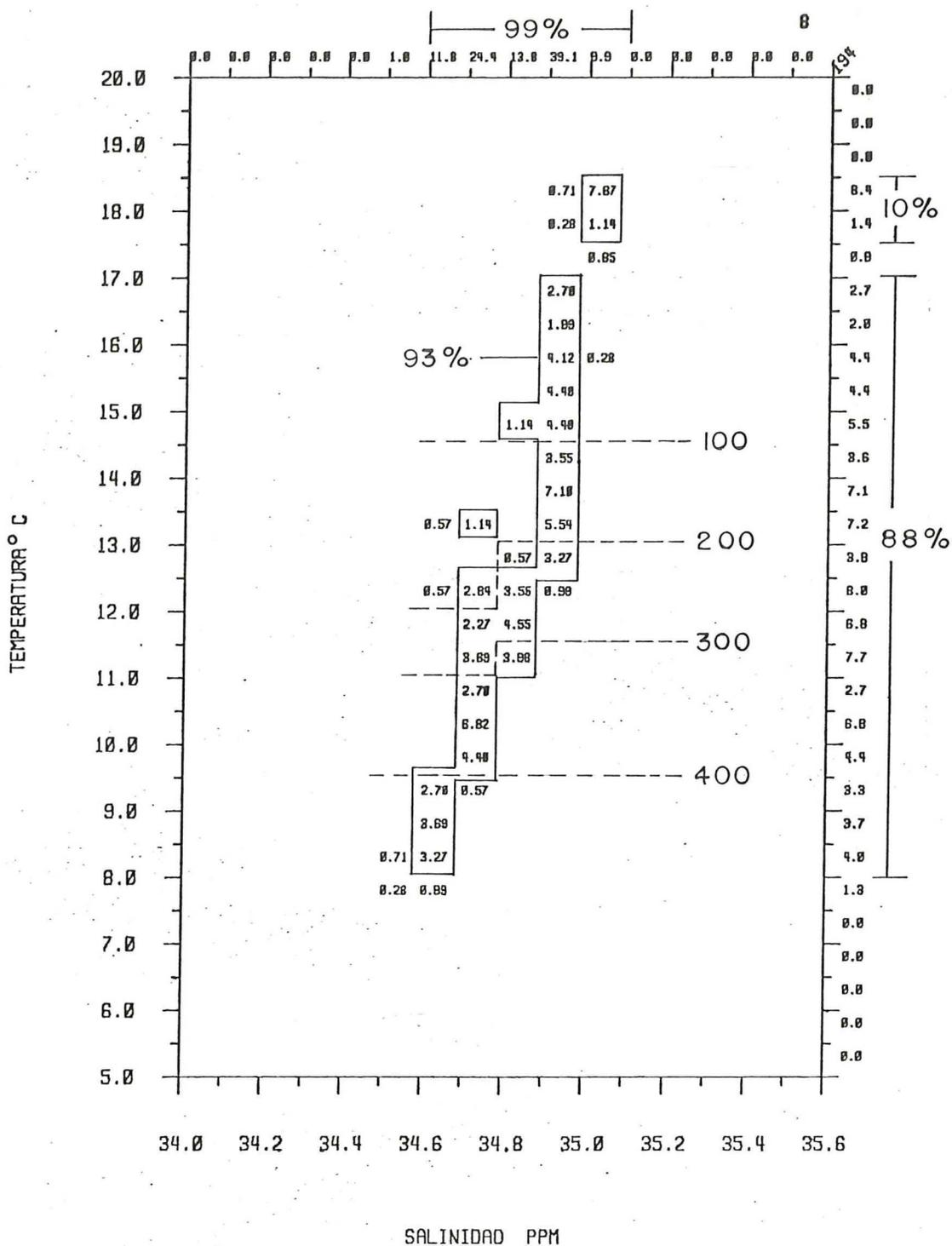


Figura 59. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 25-26 de mayo, 1976.

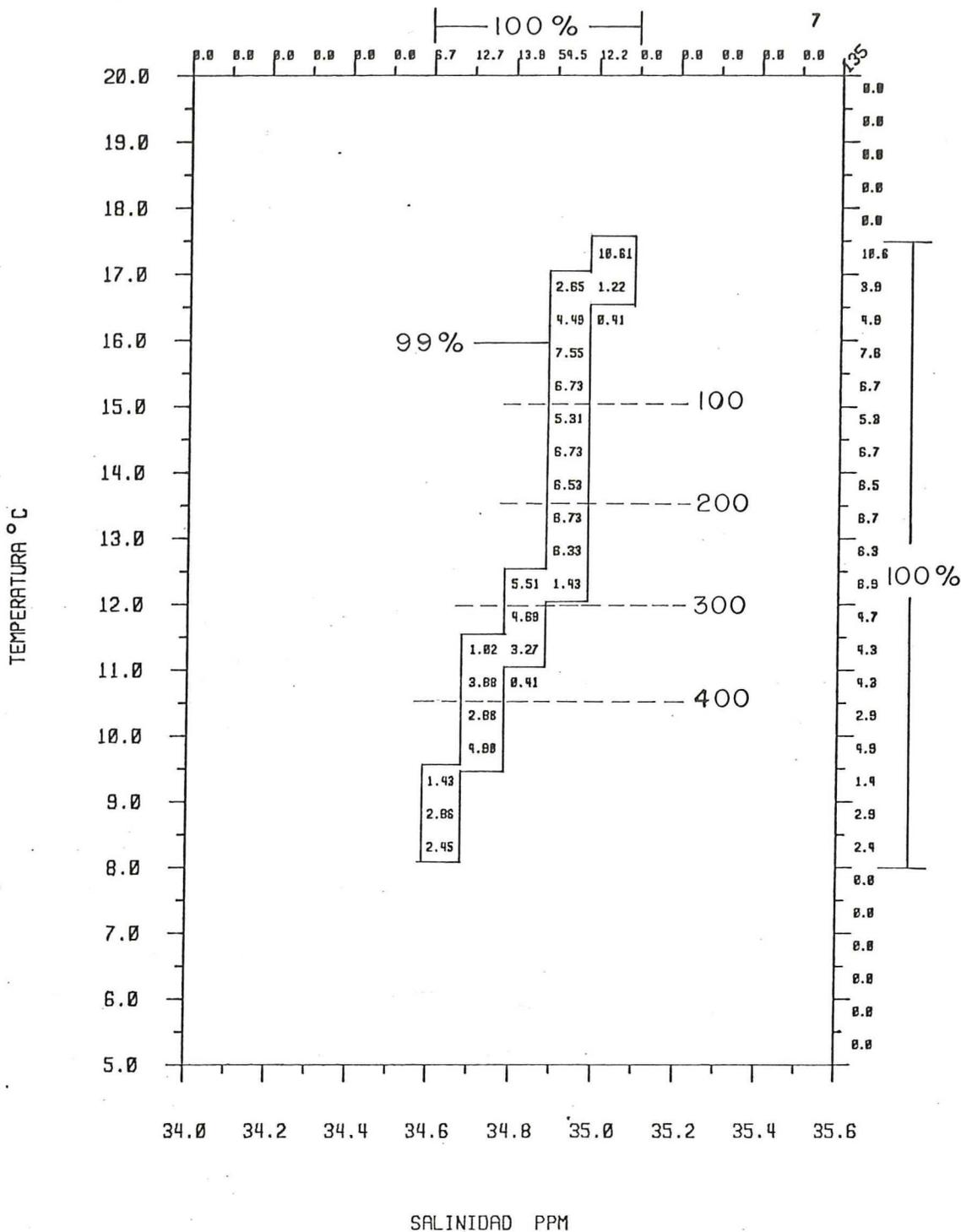


Figura 60. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 4-5 de junio, 1976.

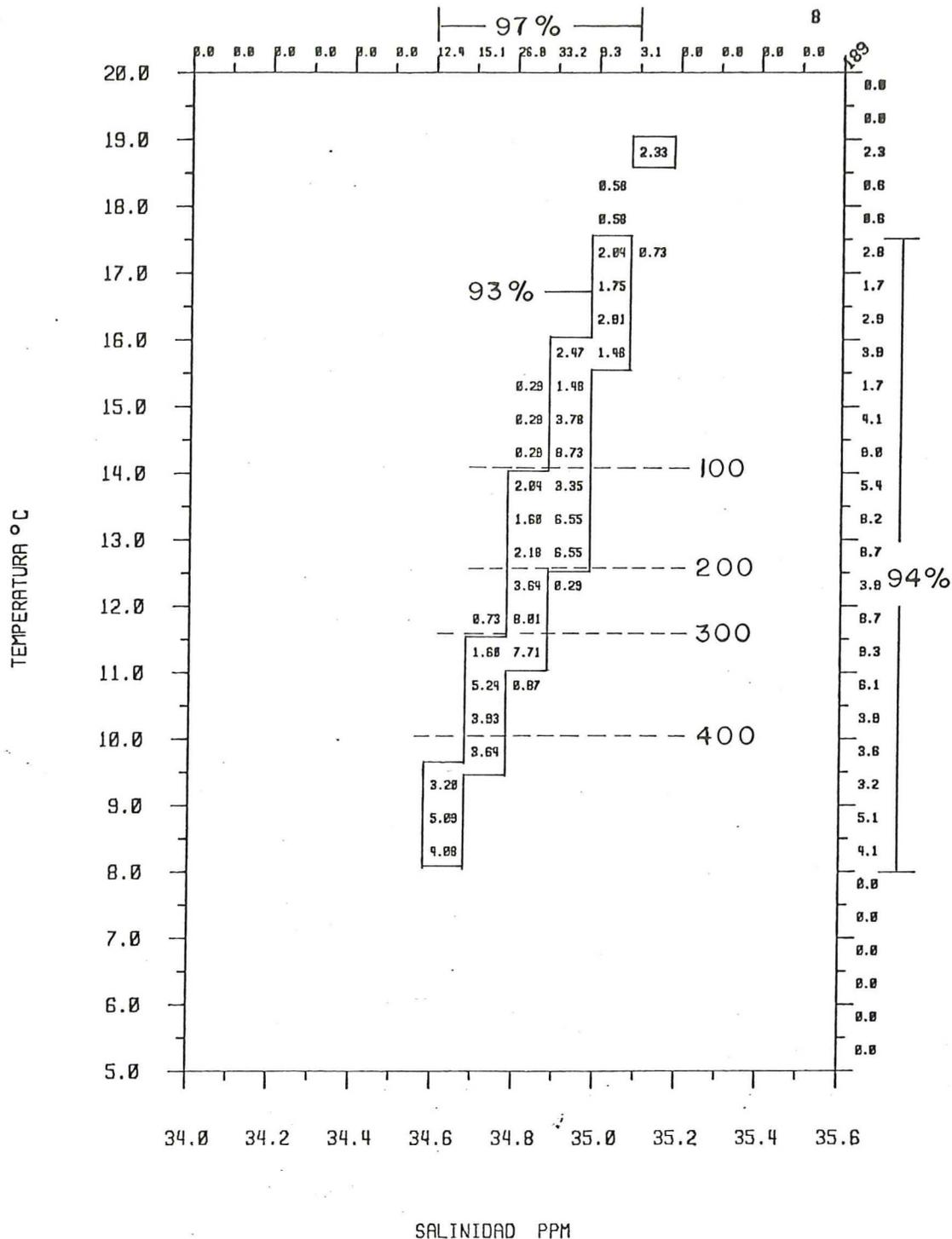


Figura 61. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 13 de junio, 1976.

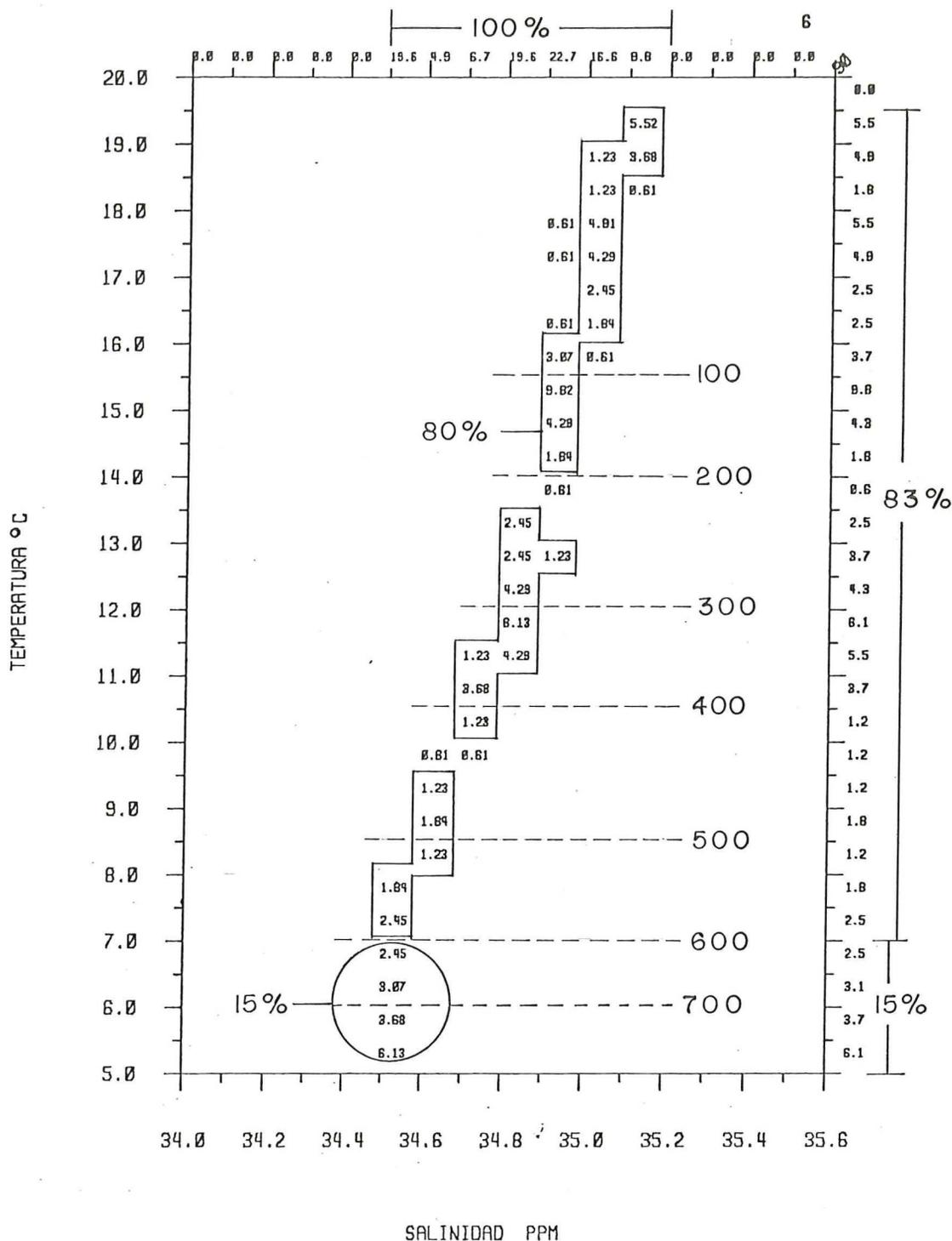


Figura 62. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 23 de junio, 1976.

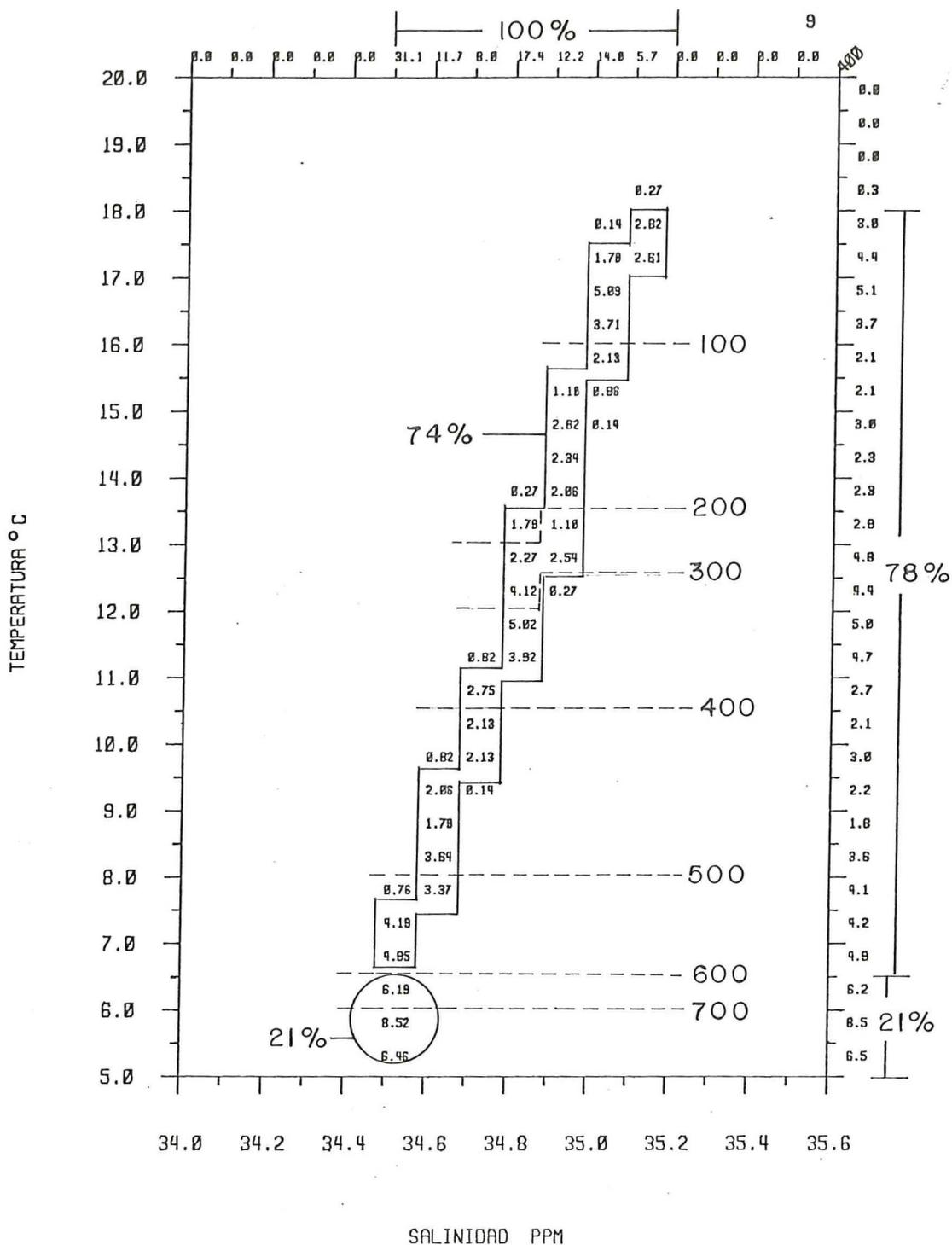


Figura 63. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 30-31 de julio, 1976.

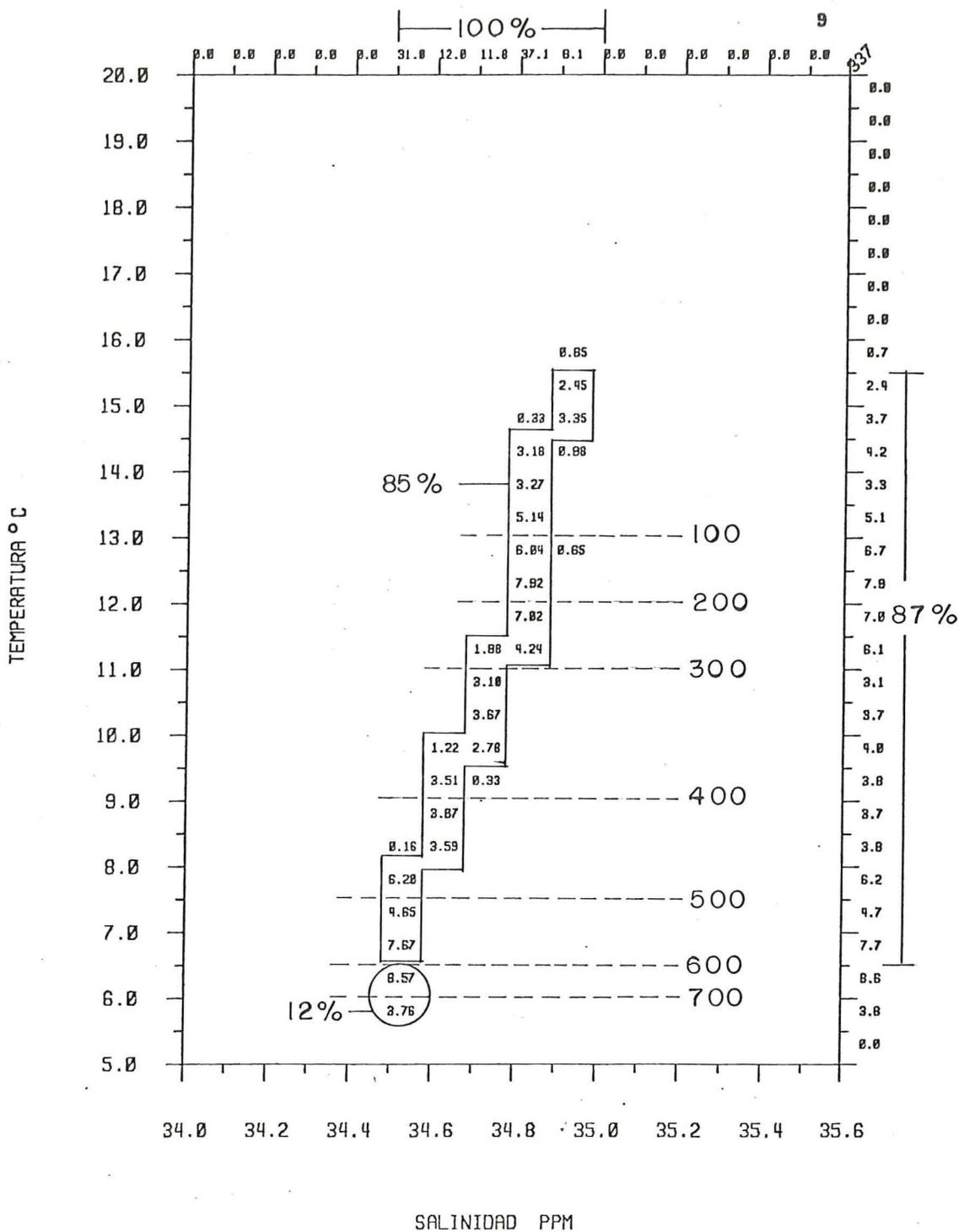


Figura 65. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 10-11 de septiembre, 1976.

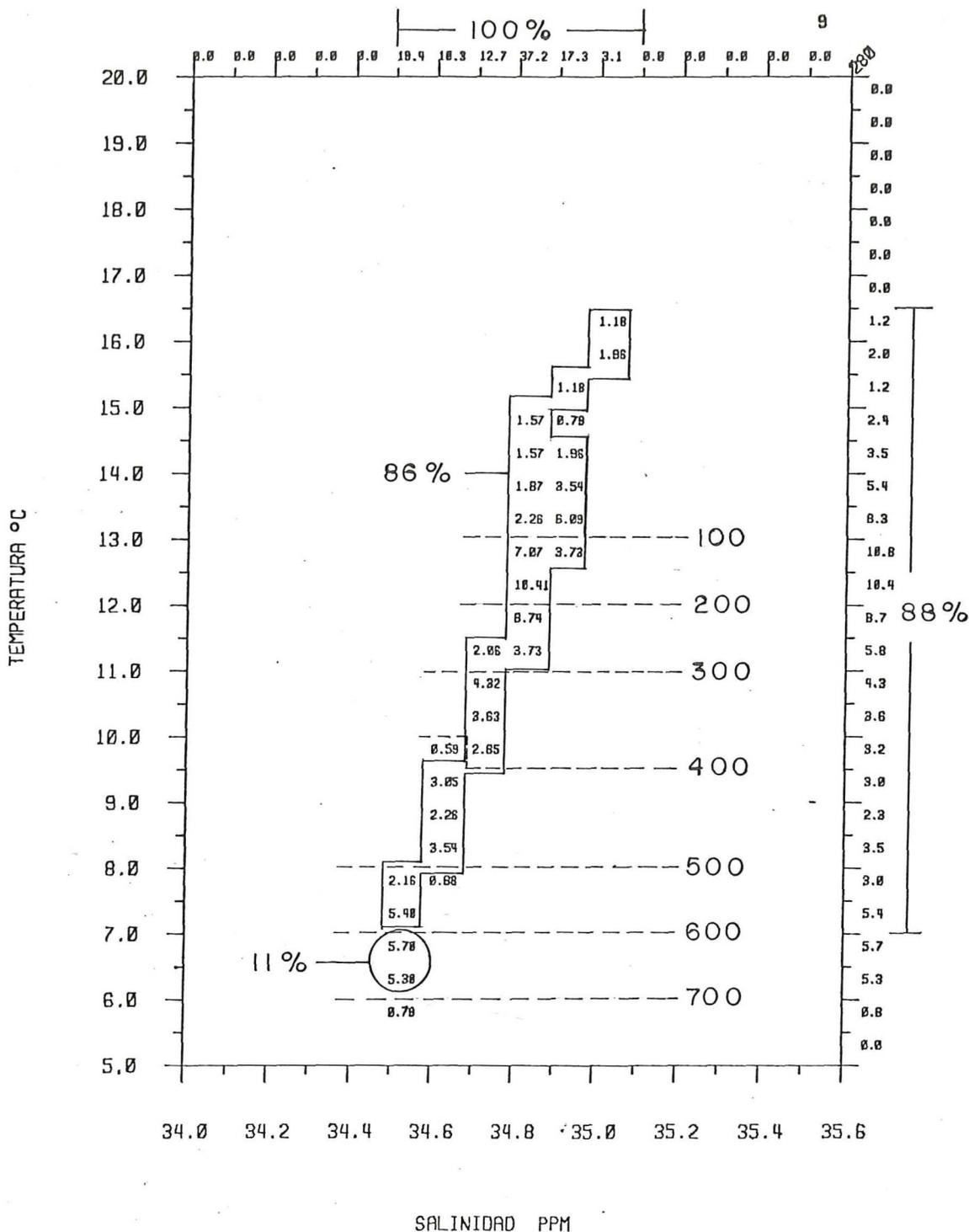


Figura 66. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivariante, para la sección del 20-21 de septiembre, 1976.

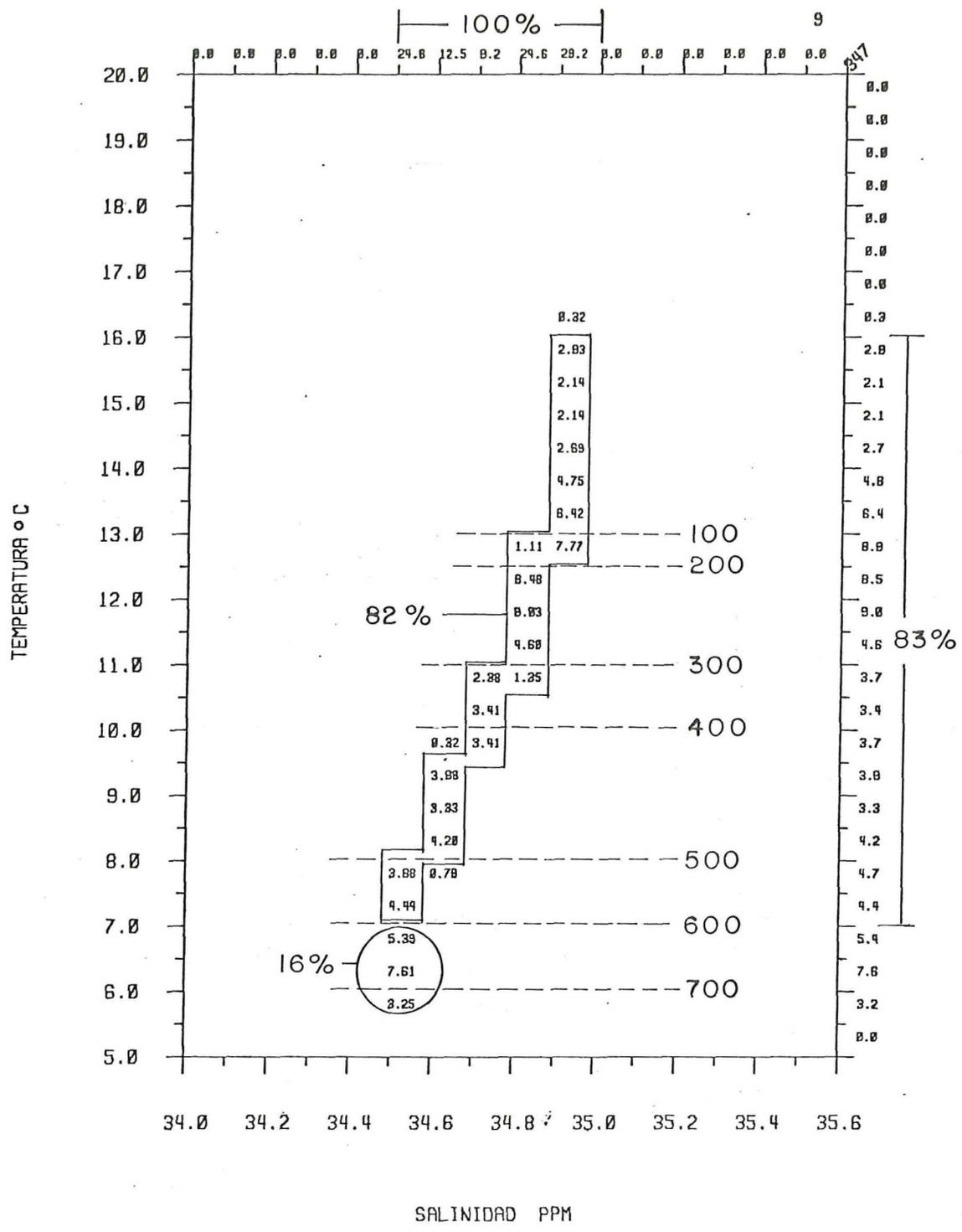


Figura 67. Porcentaje (%) del volumen total de cada intervalo de clase bivalente, para la sección del 1-3 de octubre, 1976.

importante es la existencia de modos univariantes que predominan en la salinidad, los cuales no siempre se localizaron dentro de un mismo rango, si no mas bien variaron de acuerdo a la importancia con que participa cada masa de agua a través del estudio. Además, como ya se mencionó anteriormente en el capítulo II, los porcentajes de cada masa de agua respecto al volumen total, serán aquellos que se presentaron a través de una sección con una extensión hacia fuera de la costa entre 40 y 65 Km aproximadamente.

El modo univariante que predomina durante todo el otoño, 26 de abril al 23 de junio, se mantiene en el rango de salinidad de 34.9 a 35.0 o/oo, el cual es más característico del AESS. Este modo presenta valores desde 23 % (el 23 de junio) hasta 58 % (el 3 de mayo; Figs. 52 a 62). Para el 31 de julio (Fig. 63) el modo se situó en un rango más característico del AAI, entre 34.5 a 34.6 o/oo de salinidad y con un valor de 31 %. Sin embargo, durante todo el invierno y principios de primavera, 10 de agosto al 2 de octubre (Figs. 64 a 67), el modo univariante se distinguió principalmente por dos rangos de salinidad con valores arriba del 23 % ; uno se presentó en el rango de 34.5 a 34.6 o/oo, característico del AAI, y el otro en un rango de 34.8 a 34.9 o/oo, característico del AS.

La participación en por ciento del volumen total de cada masa de agua a través del tiempo y el espacio se muestran en la Tabla II y la figura 68. Se observó que durante toda la estación de otoño la masa de agua que ocupa el porcentaje mayor es la de origen ecuatorial (AEES). Esta alcanza sus porcentajes más grandes a principios de mayo (sección 4) y junio (sección 11) en un 97 % y 99 % respectivamente. Posteriormente, su porcentaje tiende a disminuir a medida que llega el invierno, alcanzando su menor porcentaje (20 %) el 11 de agosto, para luego incrementarse hasta un 52 % a principios de primavera. En el lapso que el porcentaje del AEES tiende a disminuir, existe un incremento en los porcentajes de las aguas de orígenes subtropical (ASS), antártico (AAI) y subantártico (AS). Así tenemos que, de medio invierno (11 de agosto) en adelante las aguas subantárticas (AS) rápidamente adquieren mayor importancia y se presentan con porcentajes más elevados que las AEES con valores arriba del 40 %. Su participación máxima fue a la altura del 20 de septiembre (fines de invierno), de donde después disminuyen hasta un 30 % a principios de primavera. Las aguas subtropicales se presentaron únicamente desde fines del otoño hasta la primer mitad del invierno, y su participación máxima (12 %) la adquieren el 23 de junio (sección 13), para después desaparecer completamente. Las aguas intermedias de la antártica (AAI), al igual que las subantárticas (AS),

Tabla II. Porcentaje (%) del volumen total de cada masa de agua, durante el estudio.

#SECCION	% MASAS DE AGUA				% TOTAL
	ASS	AS	AESS	AAI	
1			90		90
2			95		95
3			85		85
4			97		97
6		2	79	15	96
7		4	76	15	95
8			80	17	97
9		1	92		93
11			99		99
12	2	4	87		93
13	12		68	15	95
15	7	2	65	21	95
16	7	44	20	21	92
18		43	42	12	97
20		57	29	11	97
21		30	52	16	98

ASS AGUA SUBTROPICAL SUPERFICIAL
AS AGUA SUBANTARTICA
AESS AGUA ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL
AAI AGUA ANTARTICA INTERMEDIA

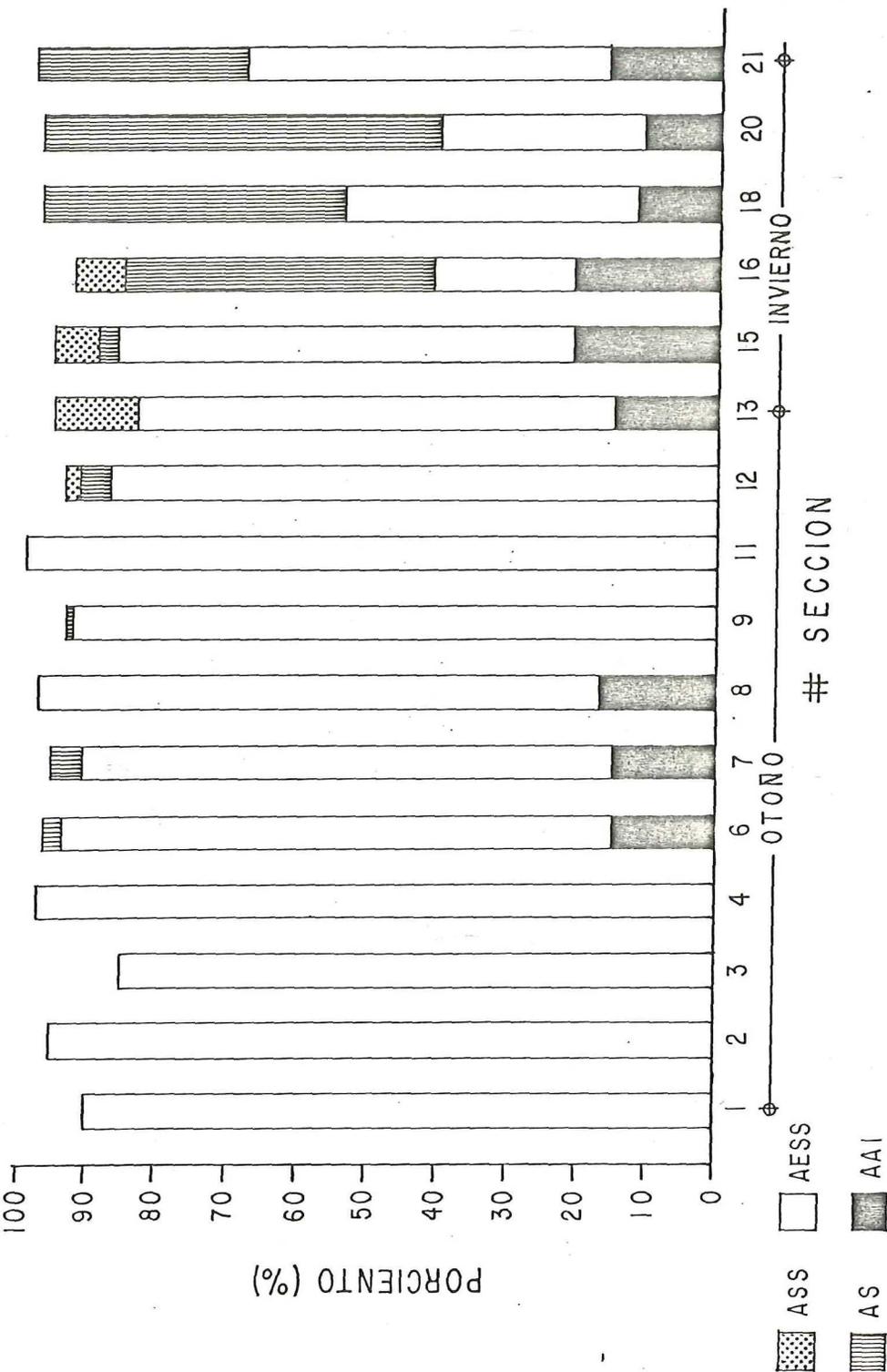


Figura 68. Porcentajes (%) del volumen total de las diferentes masas de agua encontradas en cada ocupación de la línea C.

predominan en mayor grado durante la estación de invierno, con porcentajes de 21 % a fines de julio y mediados de agosto (sección 15 y 16) de, donde después disminuyen ligeramente en aproximadamente un 9 % hacia primavera.

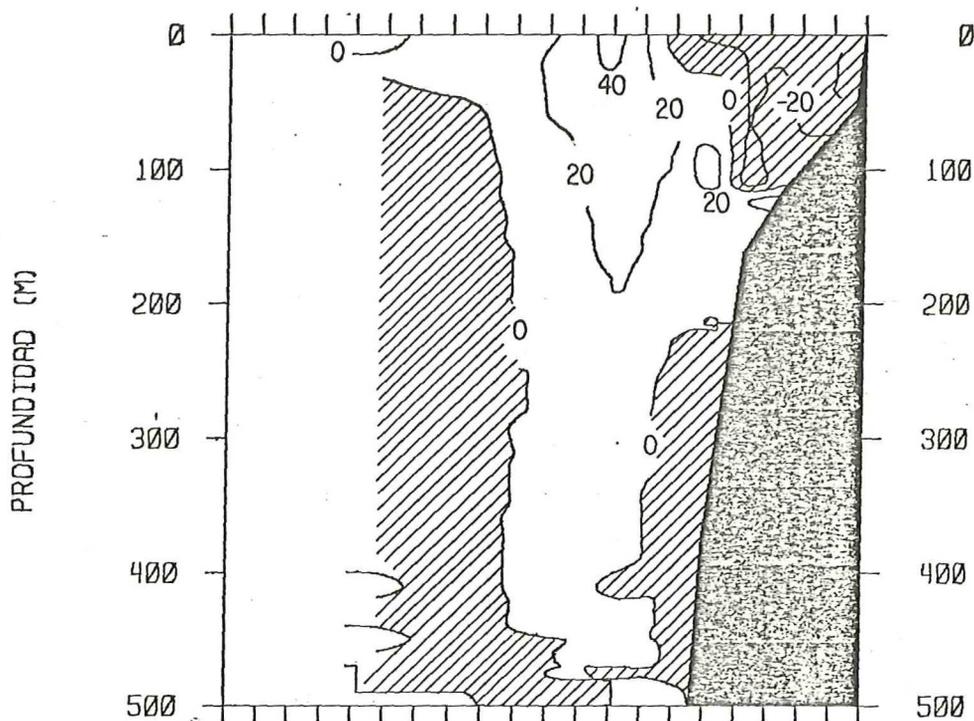
f). - Flujo Geostrófico.

La representación del flujo geostrófico durante la primera y segunda fase del JOINT-II están dados de las Figuras 69 a 88. Se nota en general una variación estacional en la dirección del flujo durante el experimento, con flujos hacia el polo (positivos) durante todo el otoño y principios del invierno (Figs. 69 a 82) y flujos hacia el ecuador (negativos) durante el resto del invierno (Figs. 83 a 87). Estos flujos fueron consistentes con el campo de la densidad para cada una de las secciones hidrográficas.

Las magnitudes del flujo hacia el polo durante todo el otoño y principios del invierno fluctuaron desde 0 cm/seg a poco más de 100 cm/seg. El flujo principal hacia el polo, durante todo el otoño, se encuentra sobre la plataforma continental y arriba de los 100 m de profundidad. Dicho flujo está constituido por un núcleo

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



26-27 ABRIL



FLUJO HACIA EL ECUADOR.

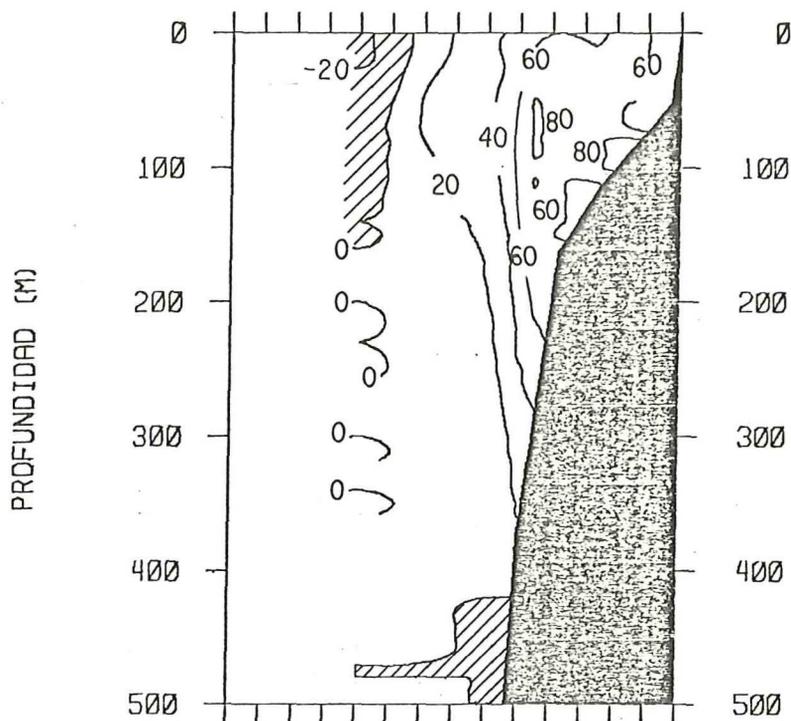


FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 69. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 26-27 de abril, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



28-29 ABRIL



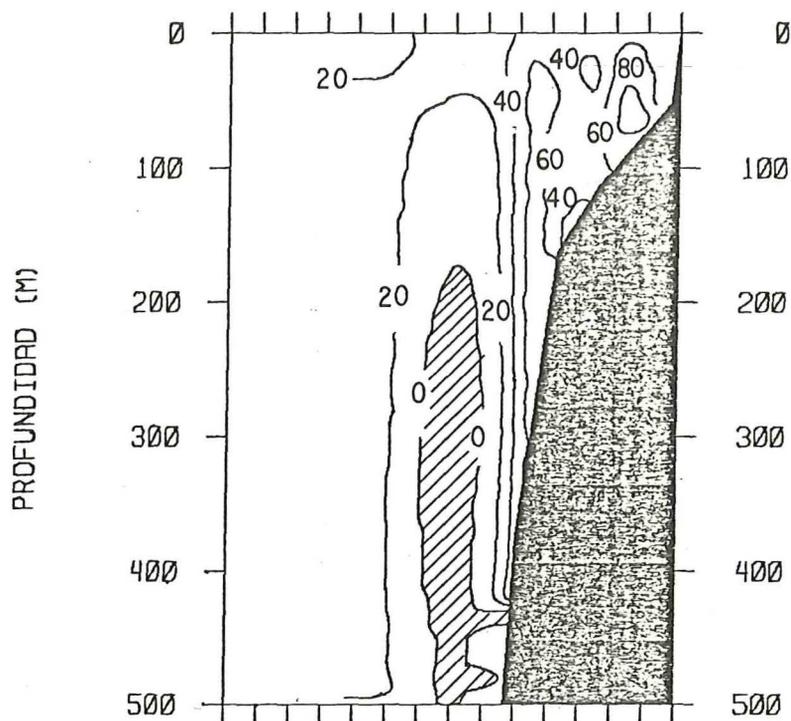
FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 70. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 28-29 de abril, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS
(cm/seg)



30 ABRIL - 1 MAYO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.

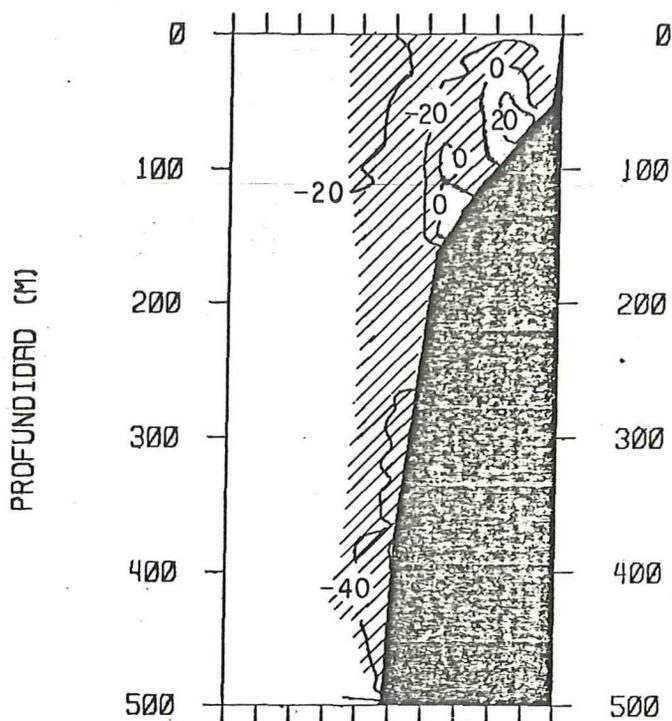


FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 71. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 30 de abril al 1° de mayo, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



3 MAYO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 72. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 3 de mayo, 1976.

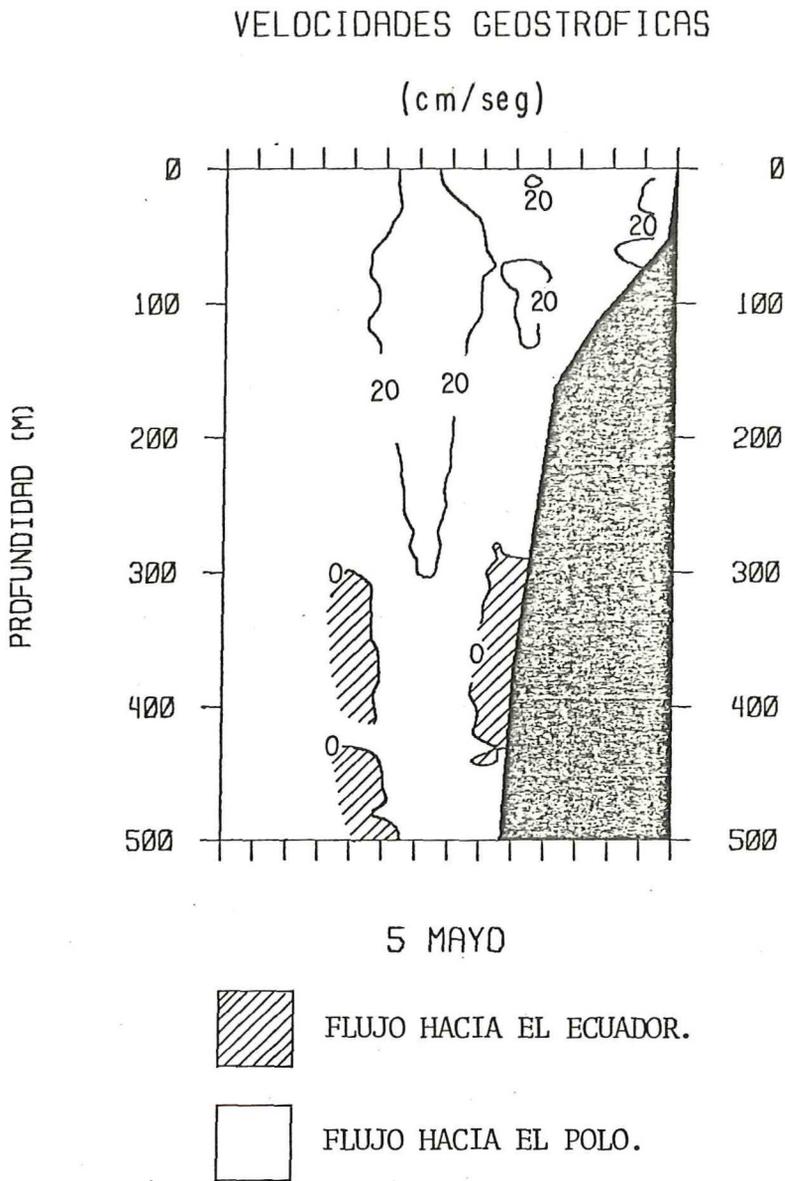


Figura 73. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 5 de mayo, 1976.

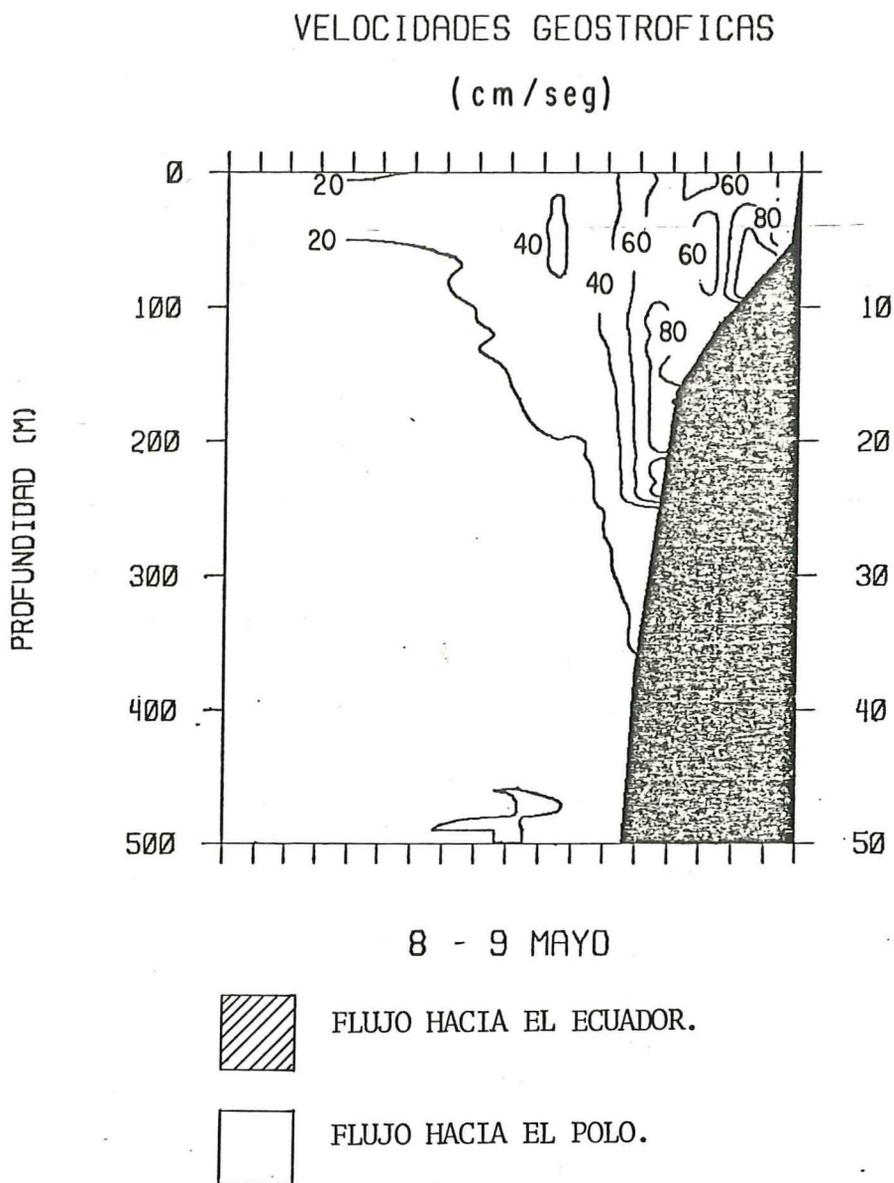
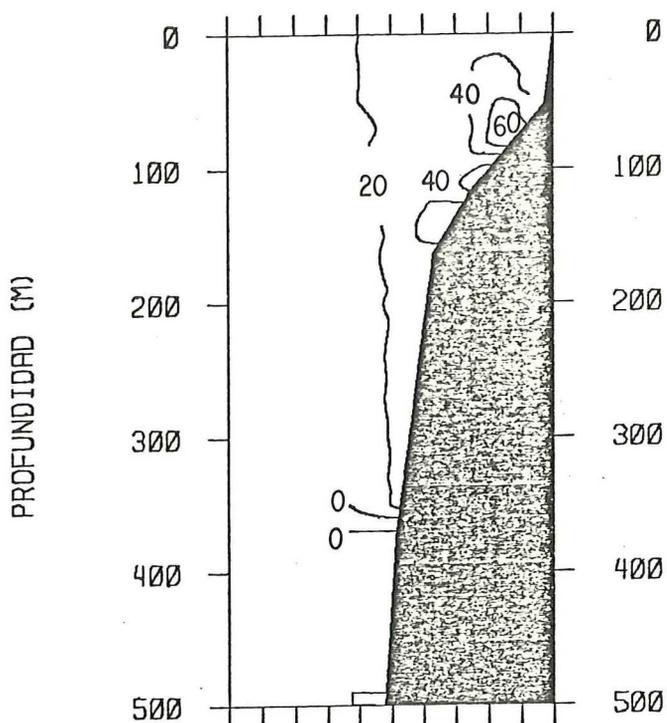


Figura 74. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 8-9 de mayo, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



11 MAYO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 75. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 11 de mayo, 1976.

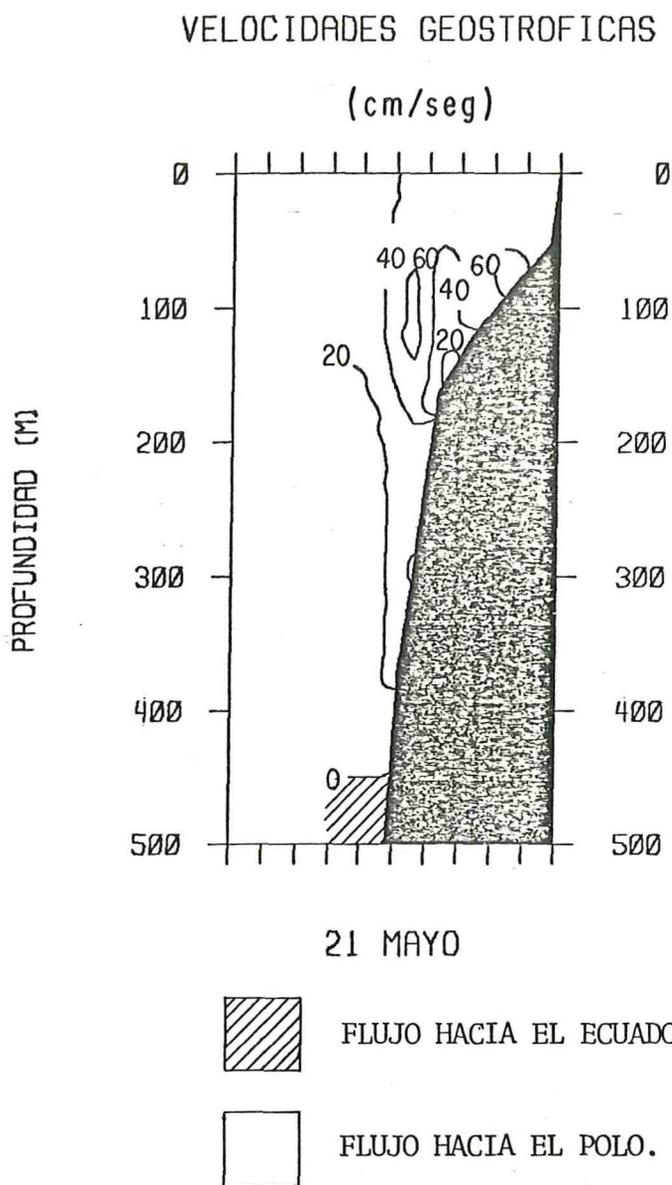
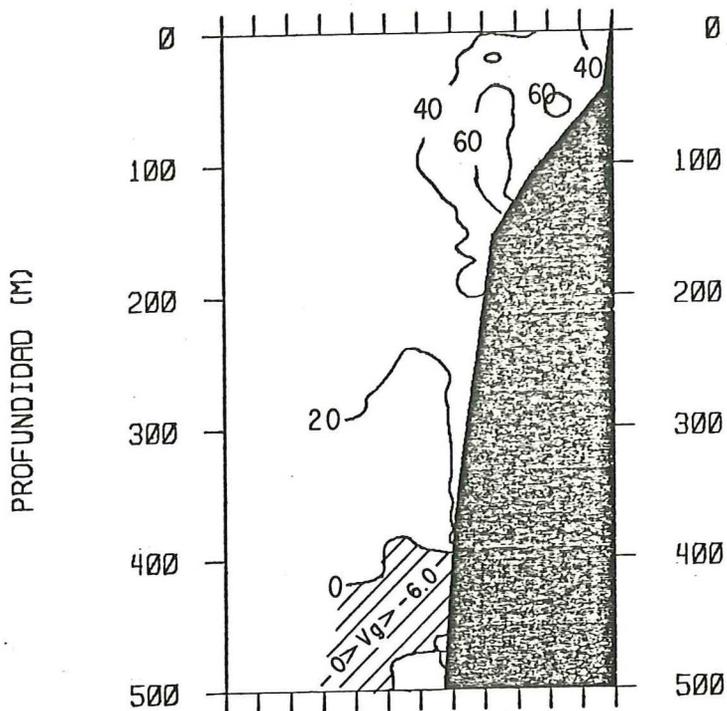


Figura 76. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 21 de mayo, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



25-26 MAYO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 77. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 25-26 de mayo, 1976.

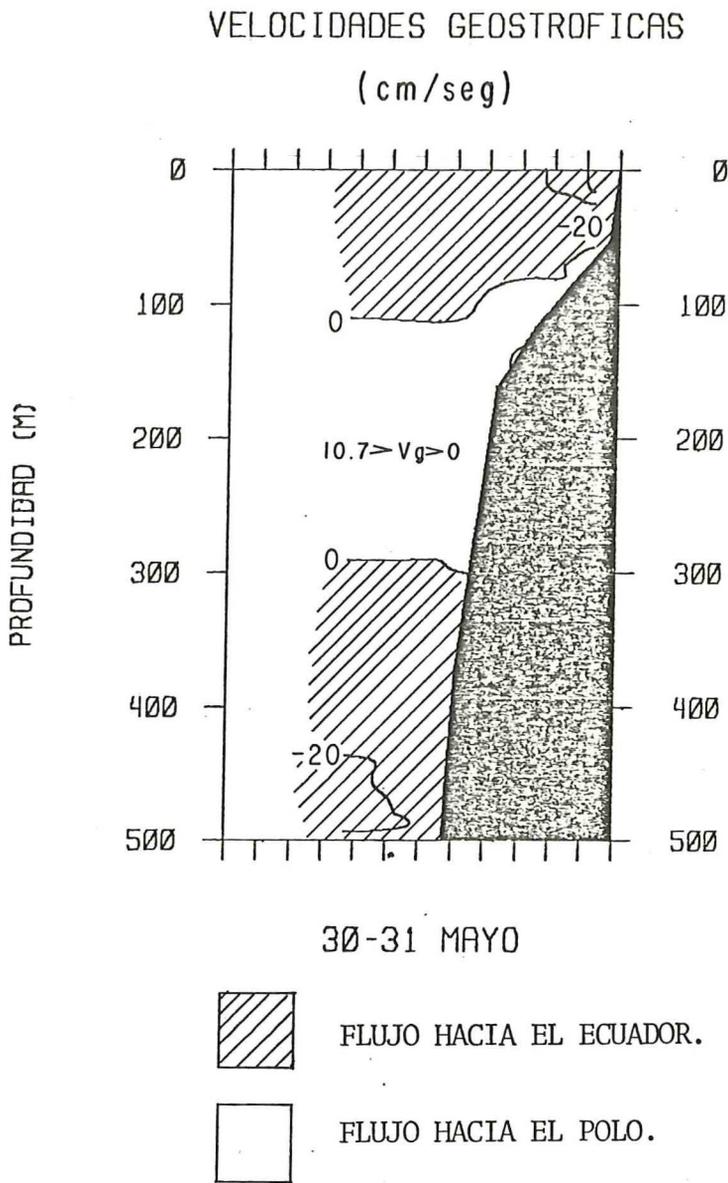
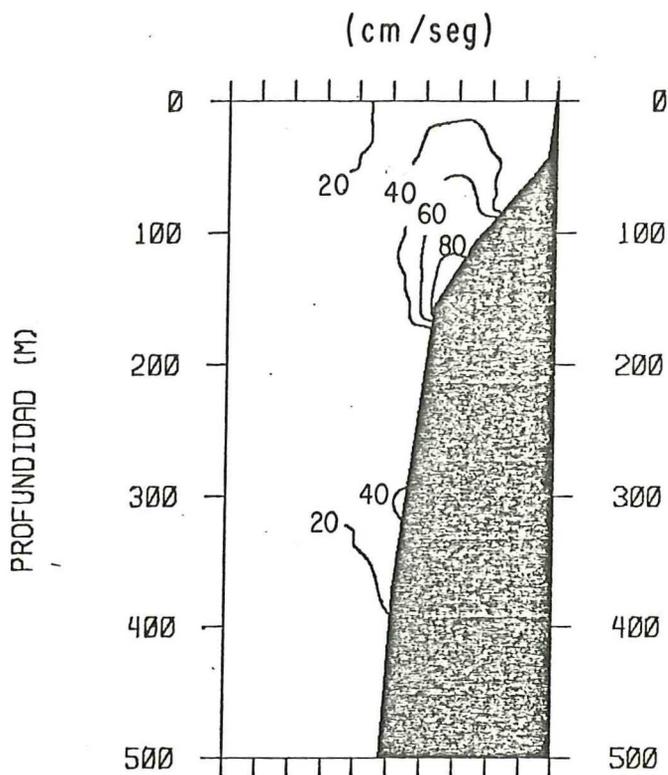


Figura 78. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 30-31 de mayo, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS



4 - 5 JUNIO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.

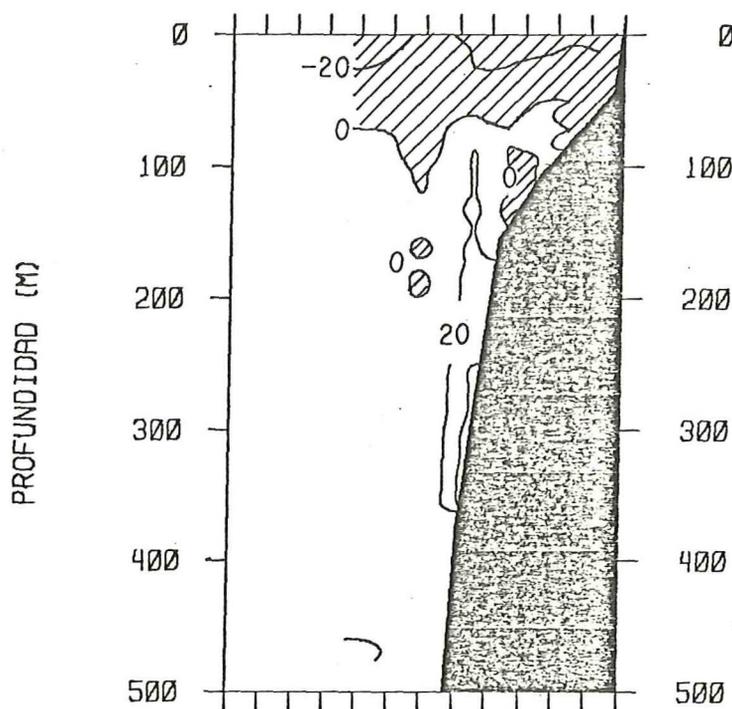


FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 79. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 4-5 de junio, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



13 JUNIO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.

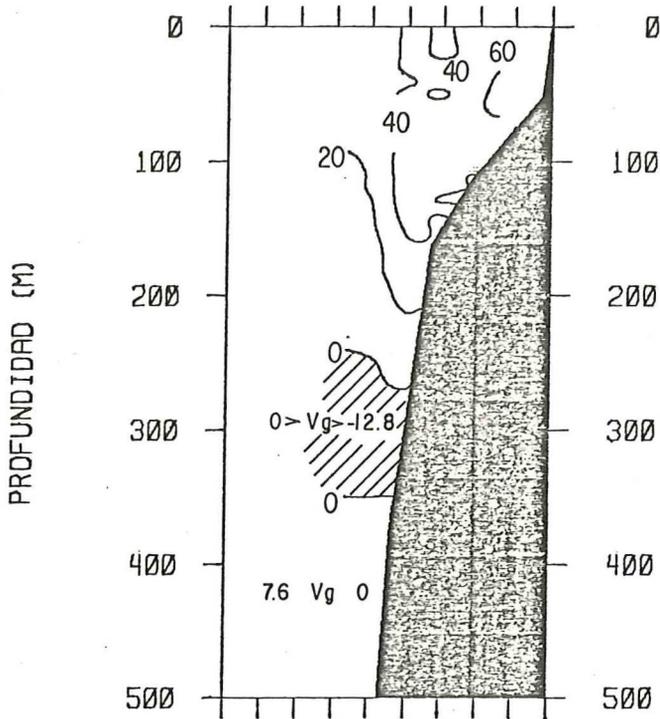


FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 80. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg)¹ del 13 de junio, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



27-28 JULIO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 81. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 27-28 de julio, 1976.

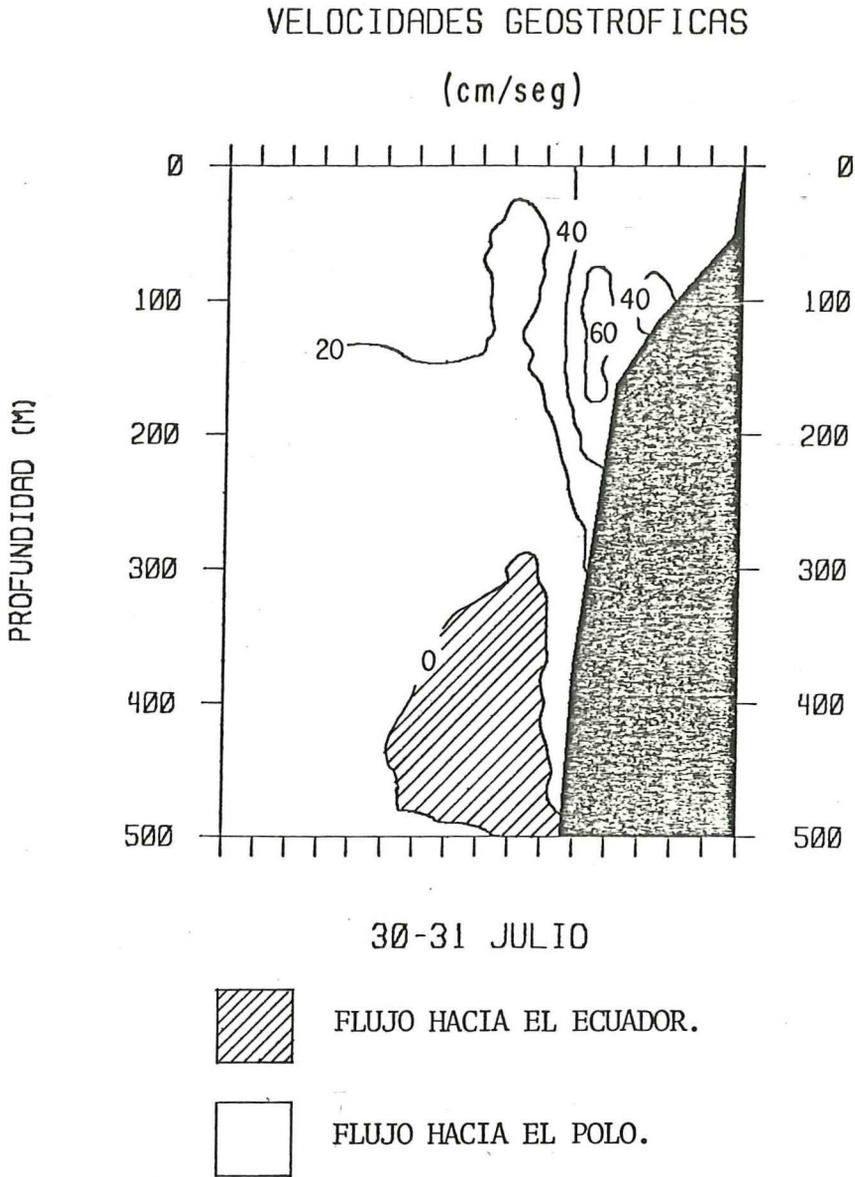
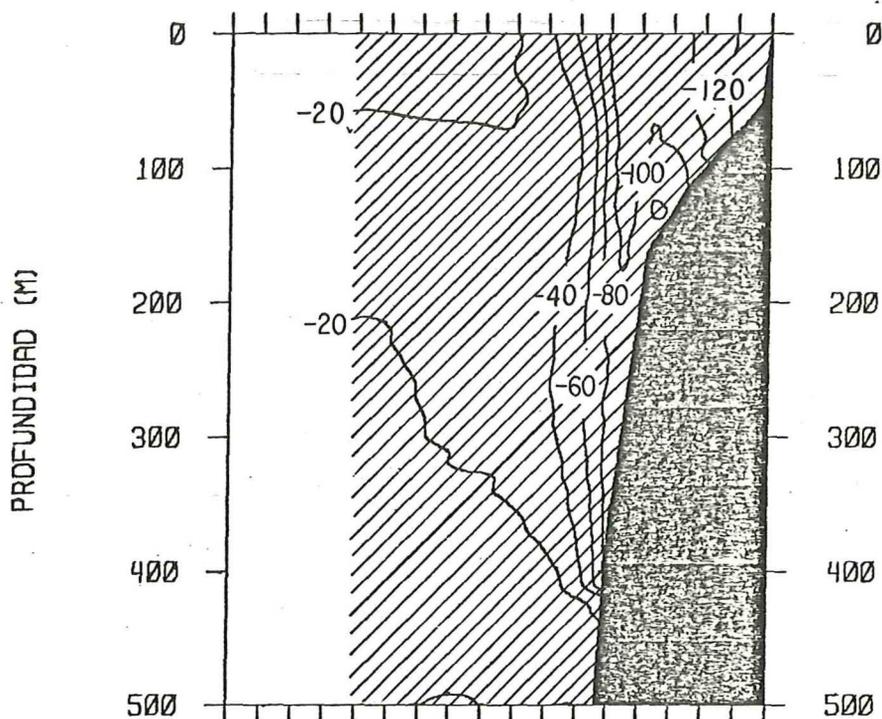


Figura 82. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 30-31 de julio, 1976.

VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS

(cm/seg)



10-11 AGOSTO



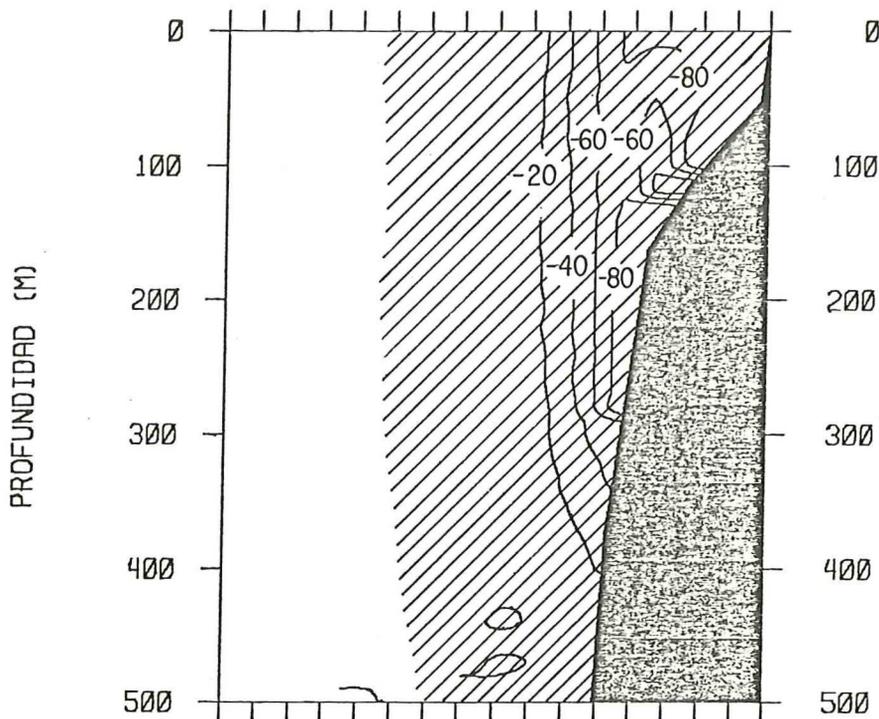
FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 83. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 10-11 de agosto, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS
(cm/seg)



12-14 AGOSTO



FLUJO HACIA EL ECUADOR.

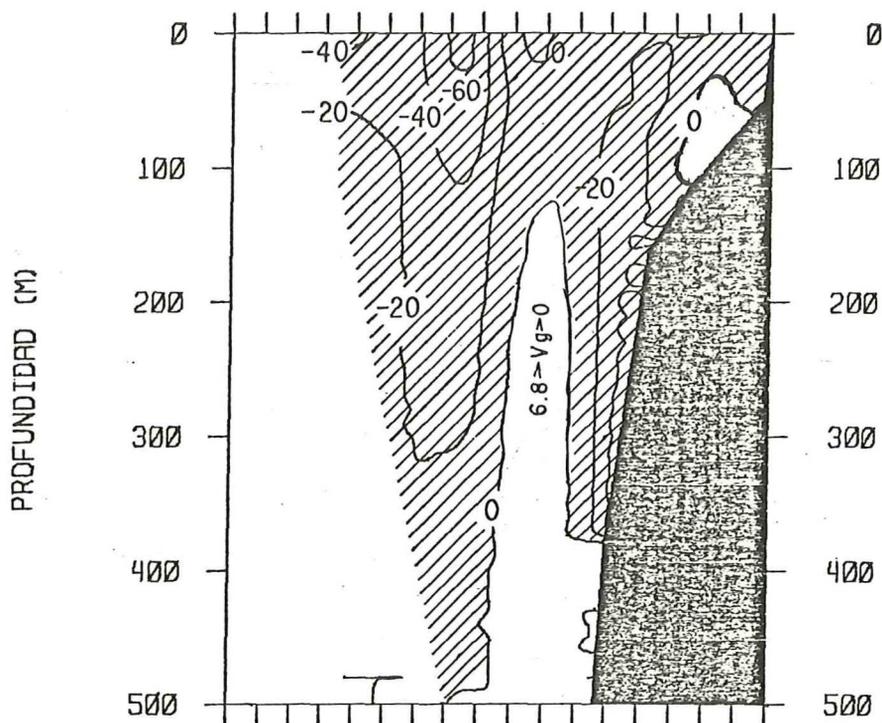


FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 84. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 12-14 de agosto, 1976.

• VELOCIDADES GEOSTROFICAS

(cm/seg)



10-11 SEPT.



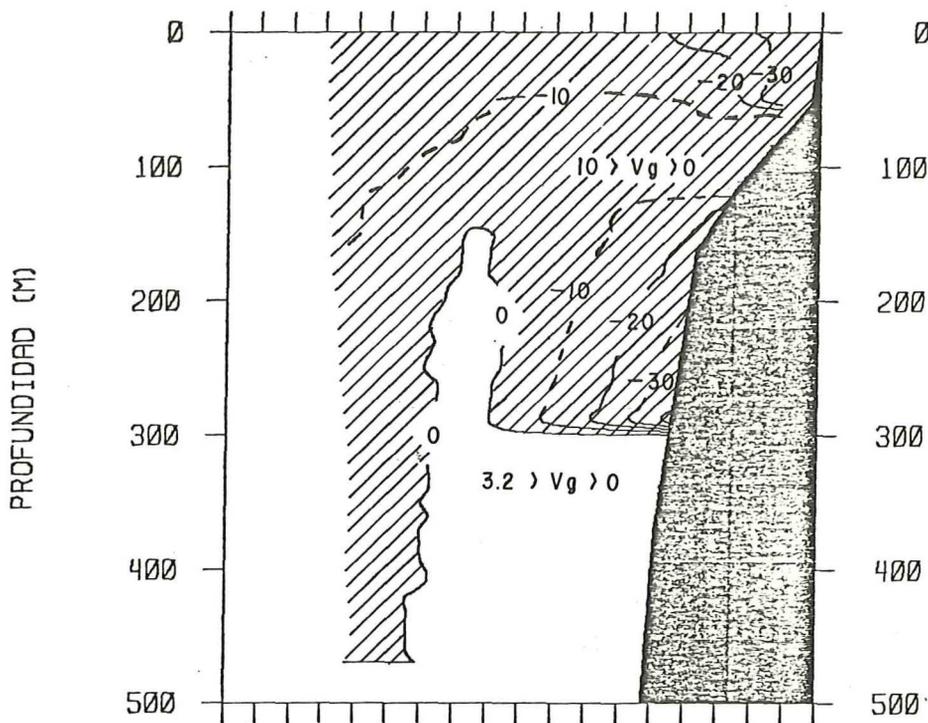
FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 85. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 10-11 de septiembre, 1976.

VELOCIDADES GEOSTROFICAS



13-20 SEPT.



FLUJO HACIA EL ECUADOR.



FLUJO HACIA EL POLO.

Figura 86. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 13-20 de septiembre, 1976.

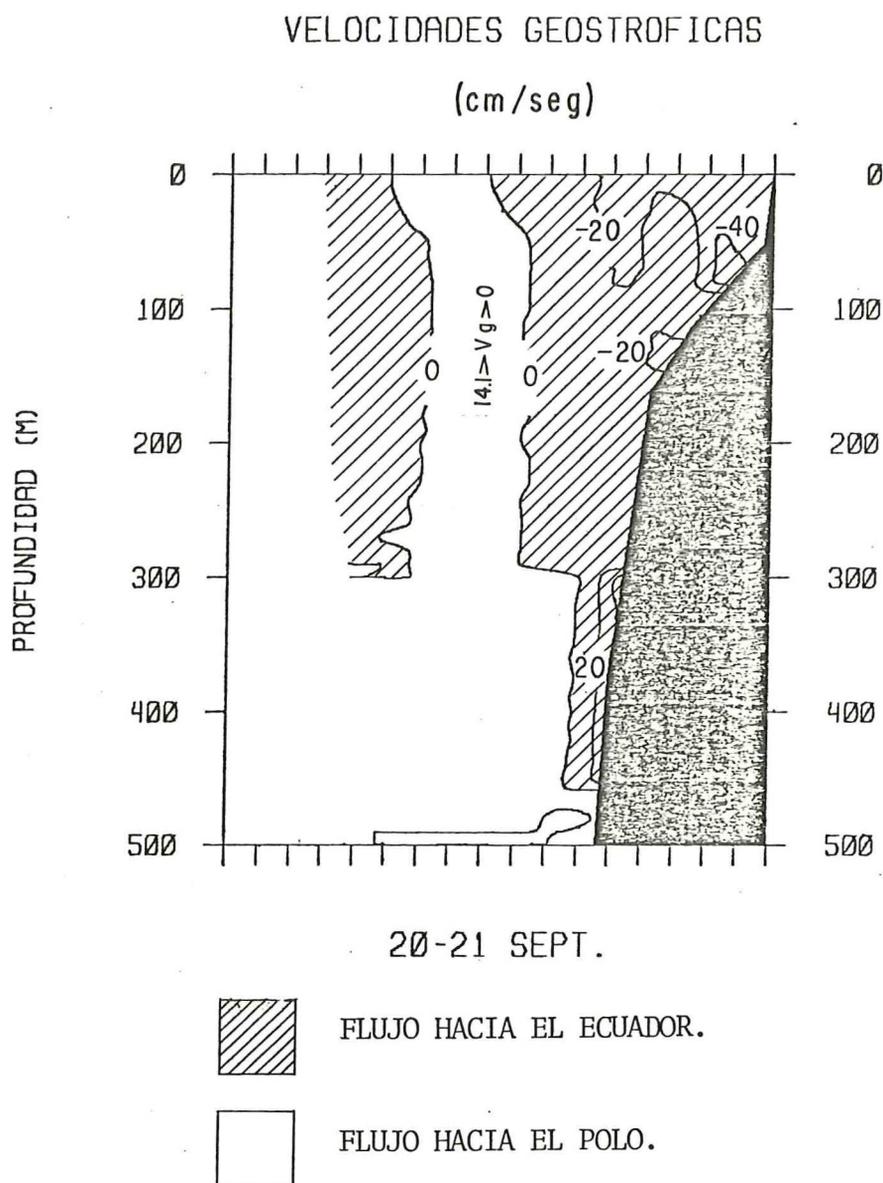


Figura 87. Sección de velocidades geostroficas (cm/seg) del 20-21 de septiembre, 1976.

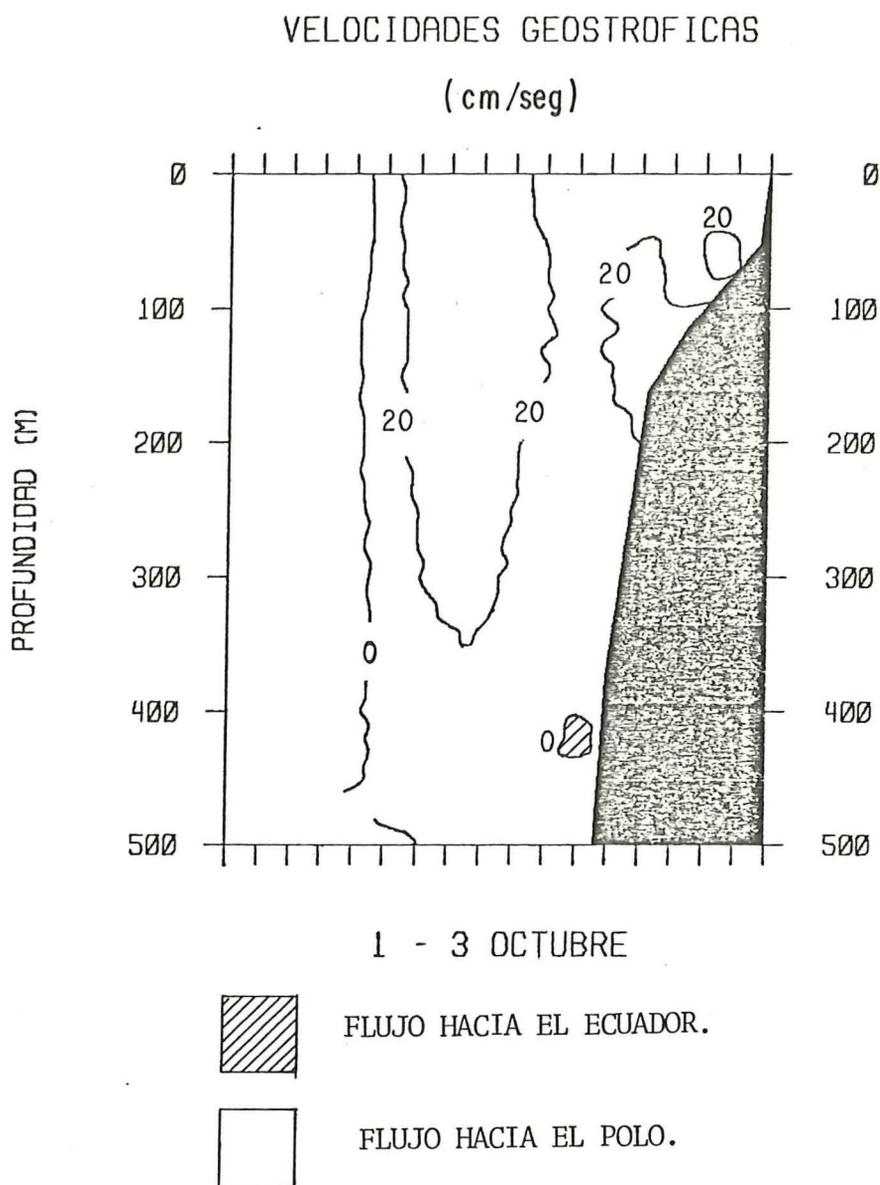


Figura 88. Sección de velocidades geostróficas (cm/seg) del 1-3 de octubre, 1976.

de velocidades de magnitudes relativamente más altas que el resto de la sección en que se presenta. Se caracteriza por magnitudes desde poco más de 20 cm/seg (el 3 de mayo; Fig. 72) hasta poco más de 100 cm/seg (del 8-9 de mayo; Fig. 74). En ciertas ocasiones como el 26 de mayo y 5 de junio (Figs. 77 y 79), este núcleo fue un poco más profundo (entre 100 y 200 m), casi al límite de la plataforma, y con velocidades en su centro de 60 y 80 cm/seg. Esta característica está ligada a la corriente subsuperficial hacia el polo (Perú Undercurrent) bien identificada por Woster y Gilmartin (1961) en aproximadamente 100 m de profundidad en los 15° latitud sur. El flujo hacia el polo lejos de la costa (más de 20 Km) no presenta gran variación con la profundidad, encontrándose casi siempre muy homogéneo desde la superficie hasta el fondo del talud continental. Lo anterior se observa más claramente en las secciones del 28-29 de abril, 30 abril - 1 mayo y 8-9 de mayo (Figs. 70, 71 y 74).

Durante la estación de otoño se presentan flujos hacia el ecuador situados principalmente sobre la plataforma continental (Fig. 80), el talud (Figs. 73, 77 y 81), y en mar afuera (a más de 40 Km de la costa) (Fig. 70), o bien en los tres lugares a la vez (Figs. 69, 72 y 78). Estos flujos siempre se observaron con magnitudes entre 0 y 20 cm/seg, a excepción del 3 de mayo

(Fig. 72) donde se observó una magnitud de 40 cm/seg sobre el talud entre 300 y 500 m de profundidad. El flujo hacia el ecuador, sobre la plataforma, está asociado a las fechas en que se detectaron intensificaciones de la surgencia (Figs. 69, 72 y 80), así como a las fechas en que las isopícnas mostraban el inicio de una intensificación como se presenta en la sección del 31 de mayo (Figs. 17 y 78). Sin embargo, no se puede decir lo mismo para la sección del 21 de mayo (Fig. 76), que aún cuando presenta una intensificación de la surgencia en el campo hidrográfico, el flujo geostrofico fue principalmente hacia el polo en toda la sección sobre los 400 m de profundidad. Zuta y Quillén (1970) mencionan que cuando el flujo hacia el sur (hacia el polo) se aleja un poco de la costa las isotermas presentan una distribución en 'V'. Una distribución similar se observó sobre la plataforma continental en la sección hidrográfica del 21 de mayo, aunque esto es en el campo de la densidad (Figs. 15 y 76). Así encontramos que durante las fechas en que se presentan intensificaciones de la surgencia y los flujos geostroficos sobre la plataforma fueron principalmente hacia el ecuador, también se registraron flujos hacia el polo (Undercurrent) sobre la plataforma (Figs. 69 y 72). Para el 13 de junio donde también se registró una intensificación de la surgencia, pero donde también se nota una influencia del agua subtropical superficial

lejos de la costa, el flujo hacia el polo parece haberse desplazado a mayor profundidad situándose sobre el talud hasta los 300 m de profundidad (Figs. 19 y 80).

Durante la estación de invierno (agosto y septiembre) la corriente costera y la corriente oceánica del Perú forman una sola entidad oceánica (Zuta y Guillén, 1970). Los flujos geostroficados encontrados durante esta estación del año se dirigieron principalmente hacia el ecuador (Figs. 83 a 87). Para el mes de agosto, como se observa en las dos primeras figuras, se obtuvieron las magnitudes más grandes (hasta 120 cm/seg) y la dirección fue completamente hacia el ecuador en toda la sección. Por otro lado durante septiembre, mes en que las surgencias parecen perdurar por más tiempo, las magnitudes hacia el ecuador fueron más bajas (< 60 cm/seg), observándose además un flujo lento hacia el polo (Figs. 4, 85, 86 y 87). Este flujo lento se registró generalmente debajo de los 100 m de profundidad; sin embargo, el 21 de septiembre (penúltima sección) se observó este flujo desde la superficie del mar. El 10 de septiembre (Fig. 85), se encontró dicho flujo sobre la plataforma continental con magnitudes hasta de 9 cm/seg.

Respecto a la aparición de las diferentes masas de agua en la región, a través del experimento, es de

esperarse que cuando se tengan flujos hacia el polo se presente una dominancia de las aguas de origen ecuatorial, mientras que cuando se tengan flujos hacia el ecuador predominen las aguas de origen subantártico. En general, se puede decir, que existe cierta consistencia entre los flujos geostroficados obtenidos y las masas de agua encontradas a través de esta parte del año (otoño e invierno).

Así tenemos que lo más consistente, durante todo el otoño, fue la presencia del AESS (agua ecuatorial subsuperficial) y la dominancia del flujo hacia el polo. En tanto que durante el invierno, fue la presencia del AS (agua subantártica) y los flujos hacia el ecuador. Una relación similar en escalas de tiempo más cortas, no fue muy clara. De aquí que la presencia del agua subantártica y flujos hacia el ecuador durante el otoño está enmascarada con flujos lentos (< 10 cm/seg) hacia el polo. Esto posiblemente se pueda explicar al hecho que durante el otoño el agua subantártica se detectó casi siempre en la estación más alejada de la costa, a partir de donde las isopicnas inician su inclinación hacia el talud para ser consistentes con un flujo hacia el polo.

IV. DISCUSION.

La región costera del Perú, principalmente entre los 14° y 16° de latitud sur, donde se lleva a cabo el presente trabajo, se ha caracterizado como una zona en donde las surgencias se presentan durante todo el año con una clara variación estacional (Wooster y Sievers, 1970; Zuta y Guillén, 1970; Zuta et.al., 1975). Las características de las surgencias, en cuanto al origen del agua en el proceso, siempre se han diferenciado al norte y sur de esta región en particular (Wyrcki, 1963, 1966). Así, la región cerca de cabo Nazca, en aproximadamente 15° latitud sur, se puede considerar como una región de transición en la cual se debe esperar cierta complejidad en los fenómenos que ahí sucedan (Smith et.al., 1971).

Por otro lado, trabajos como el de Quinn (1977) han sugerido que en el año de 1976 la región en estudio permaneció bajo los efectos moderados del "Niño". Los trabajos realizados con parte de la información obtenida durante el experimento JOINT-II en 1976 apoyan tal hipótesis, por ejemplo: los de Wyrcki (1977), Brink et.al., (1978) y Brink, (1979).

Barton (1977) estableció en la primera fase del experimento (MAM'76), que el campo de temperatura fuera del

Perú se puede tomar como una aproximación del comportamiento del campo de la densidad. En este trabajo se puede observar que tal consistencia también es observada a través de la segunda fase (JAS'76), debido a la semejanza que presentaron las distribuciones de temperatura y densidad.

Las características hidrográficas encontradas, con un viento hacia el ecuador (favorable a la surgencia), mostraron intensificaciones de la surgencia, no presentando grandes cambios a través del tiempo. La capa de mezcla fue de aproximadamente 20 m o menos durante el otoño (MAM'76) y cerca de 50 m para medio invierno (JAS'76). Generalmente, las isotermas e isopicnas se elevaron y convergieron hacia la costa sobre la plataforma continental, arriba de los 70 m de profundidad y dentro de una distancia de 20 a 30 Km de la costa, indicando así la presencia e influencia de la surgencia. La termoclina y picnoclina permanecieron a una profundidad promedio de 70 m y estuvieron mejor definidas hacia mar afuera, tendiendo a desaparecer y a ser más superficiales al acercarse a la costa. La presencia de una haloclina cerca de la costa, principalmente durante el invierno, está relacionada a las fluctuaciones hacia la costa del agua subtropical superficial a través del estudio.

Entre los 100 y 300 m de profundidad, isotermas e isopicnas se inclinan sobre la plataforma y talud continental. Así la divergencia de isolíneas, muestra que

el afloramiento arriba de los 100 m está asociado con un flujo hacia el polo. Este hecho fue mencionado anteriormente por Zuta y Guillén (1970). La salinidad relativamente constante durante la mayor parte del otoño, desde la superficie hasta aproximadamente 150 m, se encuentra relacionada con agua de origen ecuatorial que se desplazó hacia el polo. En general las características hidrográficas dadas en cada una de las secciones son típicas de las condiciones oceanográficas encontradas para esta región por Wyrski (1963) y Zuta et. al. (1975). El régimen hidrográfico, de abril a octubre de 1976, arriba de los 200 m se encuentra relacionado más bien a los cambios en la estructura del viento, mientras que, a mayor profundidad estuvo relacionado a las variaciones del nivel del mar en la costa (Huyer, 1980).

La variación de los campos hidrográficos, así como la presencia de las diferentes masas de agua a través de la sección hidrográfica frente a cabo Nazca, estuvieron asociados con los flujos hacia el ecuador y el polo durante el experimento. La relación de los campos hidrográficos con los flujos geostroficados hacia el polo a través de toda la sección, y la predominancia de aguas de origen ecuatorial (AESS) durante todo el otoño e inicios del invierno, sugieren que la corriente costera peruana permaneció retirada de la costa hasta por lo menos 50 Km o más; aunque se podría considerar que la corriente costera del Perú no

alcanza los 15° S y se desvia hacia el oeste antes de alcanzar esa latitud, como lo mencionó Wyrski (1966). Sin embargo, la presencia de un mínimo de salinidad (<34.9 o/oo) retirado de la costa y relacionado con el agua subantártica, que se mueve hacia el ecuador con la corriente costera, nos hace pensar que esta sí estuvo presente por lo menos hasta los 15° de latitud sur, pero alejada de la costa. Contrariamente la presencia de un flujo geostrofico hacia el ecuador y un mayor porcentaje del agua subantártica, de medio invierno en adelante, nos indican que la corriente costera del Perú permaneció más cerca de la costa en esta parte del año.

La relación de la advección hacia el norte del mínimo de salinidad con la corriente costera peruana, principalmente durante julio-agosto de 1976, fue observada primeramente por Huyer (1977) al graficar la salinidad sobre la superficie de sigma-t de 26.2 en la costa del Perú.

Las fluctuaciones más fuertes del viento en el Perú ocurren principalmente a manera de intensificaciones en su magnitud, con una dirección predominante. Esto lo diferencia de Oregon donde son muy comunes las inversiones fuertes en la dirección del viento.

Debido a la escasa resolución en tiempo del muestreo hidrográfico, a través del estudio, no es posible definir

con exactitud la duración de las intensificaciones de la surgencia ni se puede evaluar claramente la respuesta del campo hidrográfico a las intensificaciones del viento hacia el ecuador. No obstante, se puede inferir que las intensificaciones de la surgencia tuvieron una duración del orden de 2 a 10 días durante el experimento, y que la respuesta del campo hidrográfico al viento fue del orden de uno a dos días. Así también, se observó que con debilitamientos en la intensidad del viento, (hasta cuatro m/seg) en el lapso de un día, se presenta la invasión de aguas más calientes hacia la costa.

La influencia hacia fuera de la costa de la isoterma de 15°C muestra que la ocurrencia de eventos de surgencias presenta una variación estacional respecto a su magnitud o fuerza a través del estudio, siendo más fuertes durante el invierno que durante el otoño. Zuta et.al. (1975) encontraron que durante el otoño-invierno las surgencias en esta región son más fuertes que en primavera-verano, y a su vez que el agua que interviene en el proceso es principalmente de origen ecuatorial. Sin embargo, en este trabajo se encontró una variación estacional respecto a las aguas que intervienen en la surgencia, encontrándose una mayor participación (>80 %) del agua ecuatorial subsuperficial (AESS) durante toda la estación de otoño y una mayor participación (>40 %) del agua subantártica (AS) durante la mayor parte del invierno.

Se ha mencionado ya, que el año de 1976 estuvo bajo la influencia de un año moderado del Niño según datos del índice de Quinn (Quinn, 1977). Así también se ha visto que la temperatura superficial a lo largo de la costa, de marzo a septiembre de 1976, fue anómalamente caliente (Wyrтки, 1977). De igual forma la circulación a lo largo de la costa, en el mismo período, no fue típica de la época si no más bien característica del "Niño" (Brink et. al., 1978; Brink, 1979). Tales rasgos presentan bastante concordancia con lo encontrado en fechas anteriores (1969) y para la misma región, por Smith et. al. (1971). Por lo tanto, la presencia del agua ecuatorial subsuperficial (AESS) y la escasez del agua subantártica (AS) durante el otoño, (primera fase, MAM'76), parecen ser condiciones no muy usuales para la época.

Si comparamos los diagramas T-S de las estaciones correspondientes a la C7 con dos estaciones a la misma distancia de la costa, como la estación 8 ($7^{\circ}02' S$, $82^{\circ}56' W$) y la estación 26 ($14^{\circ}51' S$, $76^{\circ}09' W$) de la expedición Step-I, (Wyrтки, 1963), observamos que estos presentan mayor similitud con el diagrama T-S obtenido cerca de los 7° de latitud sur, que con el obtenido a los 15° de latitud sur. De aquí que sea posible decir que la región del Perú cerca de cabo Nazca, en aproximadamente $15^{\circ} S$ y durante la primera fase del JOINT-II, estuvo más expuesta a la influencia de aguas de origen ecuatorial (AESS). Estas aguas se

desplazaron hacia el sur con la contracorriente del Perú y la contracorriente subsuperficial del Perú (Undercurrent), lo que vendría apoyar en cierta forma la influencia del Niño hasta los 15°S en las fechas consideradas en este estudio.

V. CONCLUSIONES.

El año de 1976 estuvo bajo la influencia moderada de el Niño según la opinión de algunos autores. En este trabajo se obtuvieron resultados que vienen apoyar esta teoría.

La surgencia costera, que en ésta zona de los 15° de latitud sur se desarrolla durante todo el año, presenta una variación estacional en cuanto a intensidad se refiere. También, se observó variación estacional respecto al tipo de agua que interviene en el proceso; con agua de origen ecuatorial (AEES) en el otoño y agua de origen subantártico en el invierno. La surgencia en ésta zona tiene una influencia hasta una profundidad promedio de 70 metros y hasta una distancia promedio hacia fuera de la costa de 30 Km. Este hecho, ya había sido mencionado por Wyrcki (1963) y Zuta et.al. (1975). Respecto a esto, se pudo observar una variación estacional; con una influencia en la columna de agua de hasta 100 metros en invierno y de 40 a 70 metros en otoño.

La presencia de las masas de agua a través de la sección hidrográfica, que varió de 60 a 100 Km de la costa, está en función de los flujos advectivos hacia el ecuador y el polo principalmente. La masa de agua ecuatorial subsuperficial (AEES) que se desplaza hacia el sur, en los

primeros 250 metros, alcanzó la zona de estudio (15° de latitud sur) solamente durante el otoño, mientras que en el invierno se lo impidió el agua subantártica (AS) que fluye hacia el norte con la corriente costera del Perú. Así también el agua subantártica, identificada por un mínimo de salinidad (<34.9 o/oo), se mantuvo retirada de la costa durante el otoño (50 Km) y más cerca de ella durante el invierno (10 Km). La presencia del agua subtropical superficial (ASS) es más clara en invierno y se limita principalmente a la capa superior de los primeros 50 metros.

Una característica notable, durante la mayor parte del estudio, fue la ausencia de una haloclina definida. Esta solo se detectó durante parte del invierno y estuvo provocada por el acercamiento hacia la costa del agua subtropical superficial (ASS).

LITERATURA CITADA.

- Barton, E. D. 1977. JOINT-II R/V Thomas G. Thompson Cruise 108 Leg I. CTD measurements off coast of Peru near Cabo Nazca, April-May 1976. International Decade of Ocean Exploration, Coastal Upwelling Ecosystems Analysis. Data Report 39. 140 pp.
- Brink, K. H., J. S. Allen y R. L. Smith. 1978. A study of low frequency fluctuations near the Peru coast. J. Phys. Oceanogr. 8(6):1025-1041.
- Brink, K. H., D. Halpern y R. L. Smith. 1979. Circulation in the Peruvian upwelling system near 15 S. Submitted to J. Geophys. Res.
- Friebertshauser, M. A., D. D. Bishop y L. A. Codispoti. 1977. JOINT-II R/V Thomas G. Thompson cruise 108, leg II and III, CTD measurements off the coast of Peru near Cabo Nazca, May-Jun 1976. CUEA Data Report 40. University of Washington, Dept. of Oceanography, Ref. M77-92. 246 pp.
- Friederich, G. E., L. A. Codispoti, M. A. Friebertshauser and D. D. Bishop. 1977. JOINT-II, The Thompson sections: R/V T. G. Thompson cruise

108. CUEA Technical Report 33. University of Washington, Dept. of Oceanography, Ref. M77-91. 45 pp.

Huyer, A. 1978. Notes on T-S characteristics observed off Peru, July-August 1976. Coastal Upwelling Ecosystems Analysis. Synapse Notes No. 1:8-12.

Huyer, A. 1980. The offshore structure and subsurface expression of sea level variations off Peru, 1976-1977. Submitted to J. Physical Oceanogr.

Huyer, A. y M. L. Batteen. 1978. Temperature, salinity and sigma-t sections from legs 0, 1, 2, 4, and 5, R/V EASTWARD, July to October 1976. Coastal Upwelling Ecosystems Analysis. Synapse Notes No. 3:2-17.

Huyer, A., W. E. Gilbert, R. Schramm y D. Barstow. 1978. Temperature and salinity observations off the coast Peru, R/V Eastward, 23 July - 16 August 1976. Oregon state University, School of Oceanography, Corvallis, Oregon. Data Report 69, Ref. 78-3. 183 pp.

Quinn, W. H. 1974. Monitoring and predicting El Niño invasions. J. Appl. Meteor. 13:825-830.

- Quinn, W. H. 1979. Monitoring and Predicting Short-Term climatic changes in the South Pacific Ocean. Prepared for the International Conference on Marine Science and Technology, Part I: 26-30 March 1979, Catholic University of Valparaiso, Chile. 45 pp.
- Quinn, W. H. y W. V. Burt. 1972. Use of the southern oscillation in the weather Predictions. J. Appl. Meteor. 11:616-628.
- Quinn, W. H., D. O. Zopf, K. S. Short y R. T. W. Kuo Yang. 1977. Southern Oscillation Index Trends El Niño and East Monsoon Droughts.
- Reid, J. L. y A. W. Mantyla. 1976. The effect of the geostrophic flow upon coastal sea elevations in the northern North Pacific Ocean. J. Geophys. Res. 81:3100-3110.
- Ryther, J. N. 1949. Photosynthesis and fish production in the sea. Science. 166:72-76.
- Smith, R. L. 1968. Upwelling. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 6:11-46.
- Smith, R. L., D. B. Enfield, T. S. Hopkins y R. D. Pillsbury. 1971. The circulation in an upwelling

ecosystem: the Pisco cruise. Investigación Pesquera.
35(1):9-24

Stuart, D. W. 1978. Wind events during JOINT-II. Coastal
Upwelling Ecosystems Analysis. Synapse Notes No.
2:13-18.

Wooster, W. S. 1960. El Niño. Calif. Coop. Ocean.
Fish. Invest. Res. 7:43-45.

Wooster, W. S. y M. Gilmartin. 1961. The Peru - Chile
Undercurrent. J. Mar. Res. 19:97-122.

Wooster, W. S. y O. Guillen. 1974. Characteristics of
El Niño in 1972. J. Mar. Res. 32:387-404.

Wyrтки, K. 1963. The horizontal and vertical field of
motion in the Peru current. Bull. Scripps Inst.
Oceanogr. 8:313-346.

Wyrтки, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial
Pacific Ocean. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.
4:33-68.

Wyrтки, K. 1967. Circulation and water masses in the
eastern Equatorial Pacific Ocean. International
Journal of Oceanology and Limnology 1:117-147.

Wyrski, K. 1977. Advection in the Peru current as observed by satellite. J. Geophys. Res. 82:3939-3943.

Zuta, S. y O. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras de Peru. Boletín del Instituto del Mar del Peru. 2(5):157-324

Zuta, S., T. Rivera y A. Bustamante. 1975. Hidrological aspects of the main upwelling areas off Peru. Instituto del Mar del Peru. Presented at the THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON UPWELLING ECOSYSTEMS, Kiel, August 25-28, 1975.