

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

UNIDAD DE CIENCIAS MARINAS

"DESCRIPCION DE VARIABLES FISICAS EN FUNCION
DEL TIEMPO, PARA UN AREA CON EVENTOS DE
SURGENCIAS, EN BAJA CALIFORNIA".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

JUAN MANUEL RODRIGUEZ OSUNA

Universidad Autónoma
de Baja California



BIBLIOTECA CENTRAL
ENSENADA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, 1978

A M I H E R M A N A

R O S A M A R I A

A MI MADRE, HERMANOS,
TIOS, PRIMOS Y
DEMÁS FAMILIARES.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco sinceramente a mi Director de tesis Oc. Manuel de J. Acosta Ruiz, por el apoyo y la confianza que me proporcionó al aceptar mi colaboración en su sección de investigación, por sus valiosos conocimientos, sugerencias e indicaciones en la realización de este trabajo.

Al Oc. Gilberto Gaxiola Castro por sus conocimientos, observaciones y ayuda brindada desde el principio y fin de este trabajo.

Al Dr. Saúl Alvarez Borrego, Director del CICESE, por sus valiosos conocimientos proporcionados como maestro, por el uso de las instalaciones, equipo y material necesario en el proceso y realización del trabajo.

Se agradece al Dr. Enrique Carrillo Barrios-Gómez el haber implementado este estudio Químico-Biológico.

Se agradece a los Oceanólogos Bernardo P. Flores Baéz, - Talpa D. Lara, Rubén Lara Lara y Salvador Galindo Bect por su decidida colaboración en la toma de muestras.

A los compañeros Oceanólogos María Luisa Argote E., Carolina Morales Zuñiga y Alberto Amador B., el haberme facilitado parte de su material.

A los Oceanólogos Alfredo Chee B., Saturnino González N. y a todas las personas que me han brindado su ayuda y apoyo moral impulsándome a seguir esta profesión.

A las señoritas Margarita Pérez y Cristina Sanchez por su colaboración en el mecanografiado de este escrito.

INDICE

	PAGS.
I INTRODUCCION	1
A) Antecedentes	3
B) Localización del área de estudio	3
C) Objetivos del trabajo	
II MATERIALES Y METODOS	4
III RESULTADOS	6
A) Temperatura °C	
B) Salinidad S ^o /oo	
C) Densidad σ _t	
IV DISCUSIONES	13
V CONCLUSIONES	15
VI RECOMENDACIONES	16
VII BIBLIOGRAFIA	17

I.- INTRODUCCION

Antecedentes:

En el hemisferio norte, cuando el viento sopla hacia el sur, paralelo a la costa y sobre corrientes con límites al este, ejerce un esfuerzo sobre el agua con dirección al océano abierto, provocando que las aguas superficiales sean transportadas lejos de la costa y sean reemplazadas por aguas frías y densas del fondo. Este fenómeno es llamado afloramiento PARK et al. (1962); WOOSTER and REID (1963). La anomalía de la distribución horizontal de las propiedades físicas, químicas y biológicas y los cambios en el clima local, producidos por los afloramientos pueden ser similares a los causados por mezclas inducidas por el viento o por reacomodo de la baroclina en el campo de la densidad, asociada con un incremento del transporte geostrófico de una corriente, aunque la persistencia de este efecto es solo posible con afloramientos, SMITH (1968). El fenómeno de surgencias se presenta en la región oeste de las costas continentales siendo producidos por el viento paralelo a la costa que ejerce un esfuerzo sobre el agua aunado al movimiento de rotación de la tierra y como consecuencia produce un transporte de las capas superficiales de agua hacia el océano abierto, que son substituidas por aguas subsuperficiales o profundas. (Fig. 1). Los movimientos verticales son parte integrante de la circulación oceánica, de particular importancia son los movimientos ascendentes que dan como resultado un intercambio entre aguas del fondo y la superficie, la cual sufre un desplazamiento en sentido horizontal, SMITH (1968); WYRTKY (1962). La incidencia de agua fría del fondo rica en materiales nutritivos, provoca un ciclo de producción de alta amplitud y como consecuencia el florecimiento de grandes pesquerías, CUSHING (1975). El afloramiento de agua rica en materiales nutritivos trae como consecuencia una alta productividad primaria para el verano (ANDERSON 1964, STEPHANSON and RICHARDS 1964, CURL and SMALL 1965) citados por MICHAEL (1967). Los estudios que se han llevado a cabo sobre afloramientos empezaron con la expedición del "meteor" durante los años treinta, de donde se

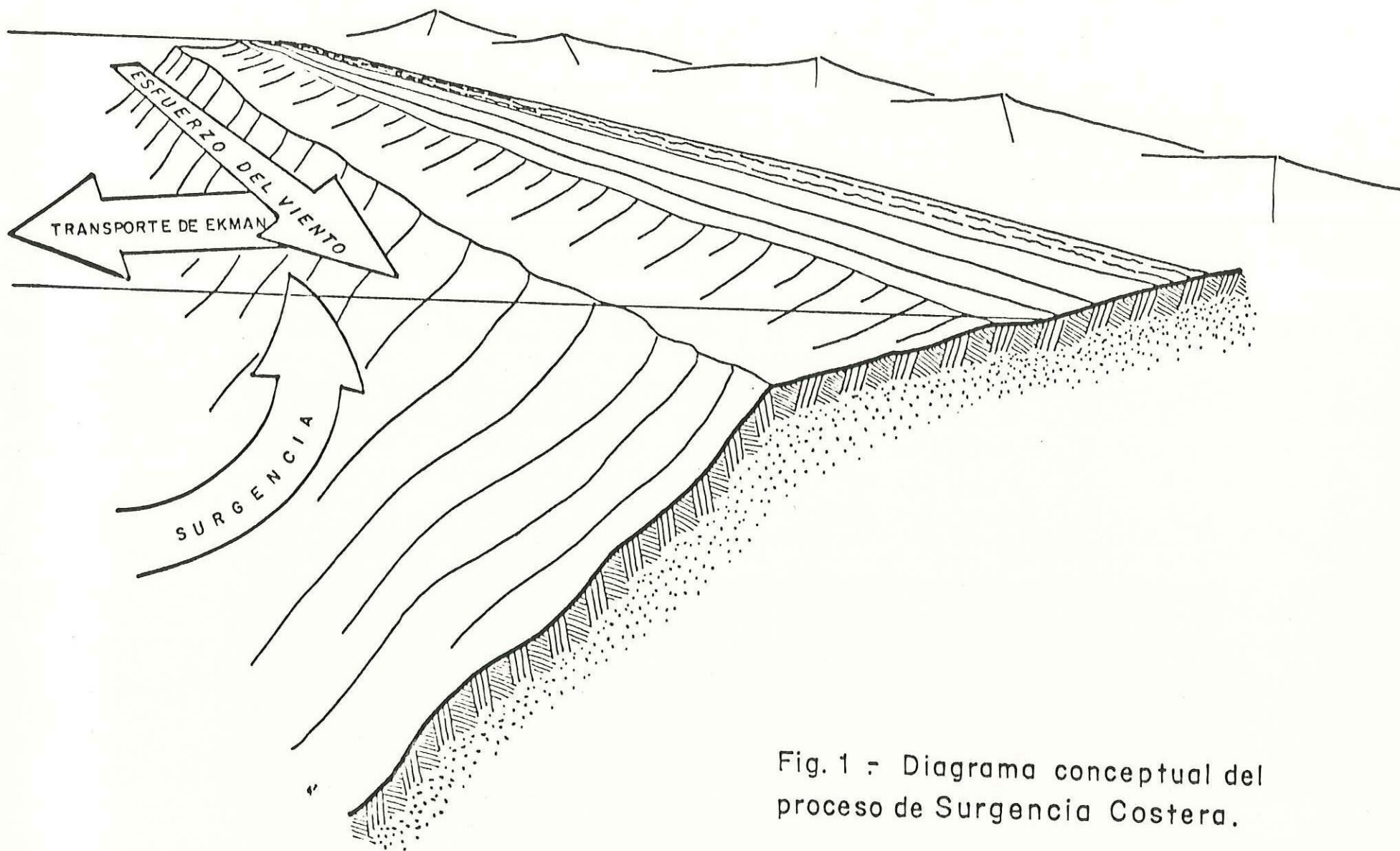


Fig. 1 : Diagrama conceptual del
proceso de Surgencia Costera.

obtuvieron resultados significativos de los aspectos físicos y biológicos de surgencias, CUSHING (1971). A partir de 1936 -- las áreas de afloramiento han sido estudiadas con más intensidad desde el punto de vista físico, químico y biológico. Desde 1972 se ha venido desarrollando un proyecto denominado "programa de análisis de ecosistemas de surgencias costeras" - - - (CUEA), auspiciado por la Década Internacional de Exploración Oceánica (IDOE), cuyo objetivo primordial de investigación es el desarrollar un modelo de ecosistemas de surgencias costeras, BARBER (1977). Las principales áreas de afloramiento se encuentran en la región de la Corriente de California, la Corriente de las Canarias, la Corriente de Benguela y la Corriente del Perú, CUSHING (1975). Las aguas adyacentes a la costa de Baja California pertenecen al sistema de la Corriente de California, REID (1958). El efecto de una surgencia costera en el sistema de corriente de Baja California provoca una disminución de la temperatura y del contenido de oxígeno en la superficie; los nutrientes y la salinidad aumentan, WOOSTER AND REID (1963). - El afloramiento de masas de agua en la corriente de California es en forma estacional, REID (1958). WALSH et al (1974) mencionan que los afloramientos en la región de Baja California suceden durante todo el año.

Observaciones hechas a gran escala y tiempos amplios sugieren que el flujo a lo largo de la costa se lleva a cabo en Marzo en Baja California, con temperaturas bajas a los 10 metros CalCOFI (1963); DAWSON (1951). CHAVEZ GARCIA (1975) denuncia que el descenso de las isolíneas de temperatura, salinidad y densidad por abajo de los 100 metros, indican la presencia de una subcorriente hacia los polos característica de surgencias. MORALES ZUÑIGA (1977) menciona que la profundidad de la termoclina está determinada por la radiación solar y la intensidad del viento; la relación entre los gradientes de temperatura superficial y los índices de surgencias calculados por -- BAKUN AND CRAIG (1975) presentan una relación estrecha. AMADOR BUENROSTRO (1978) observó que la temperatura superficial -

del agua cercana a la costa y los vientos generados, establecen una correlación con los eventos de surgencias producidos. ARGOTE ESPINOZA (1978) concluye que el área de surgencias está fuertemente influenciada por la topografía, la escala de respuesta hidrológica del océano a los vientos favorables es de un día.

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Se llevó a cabo un transecto en sentido perpendicular a la costa, localizado al sur de Ensenada, Baja California, en las coordenadas de latitud $30^{\circ} 42'$, $30^{\circ} 53'$ N y una longitud de $116^{\circ} 33'$, $116^{\circ} 12'$ W. (Fig. 2).

OBJETIVO DEL TRABAJO:

Se utilizó la temperatura, salinidad y el campo de la densidad bajo una serie de tiempo corta, para describir el comportamiento de masas de agua en una área de surgencias, localizada entre Punta San Jacinto y Punta San Telmo, Baja California. Se comparan además datos de vientos para tener una idea del esfuerzo producido en la capa superficial del agua.

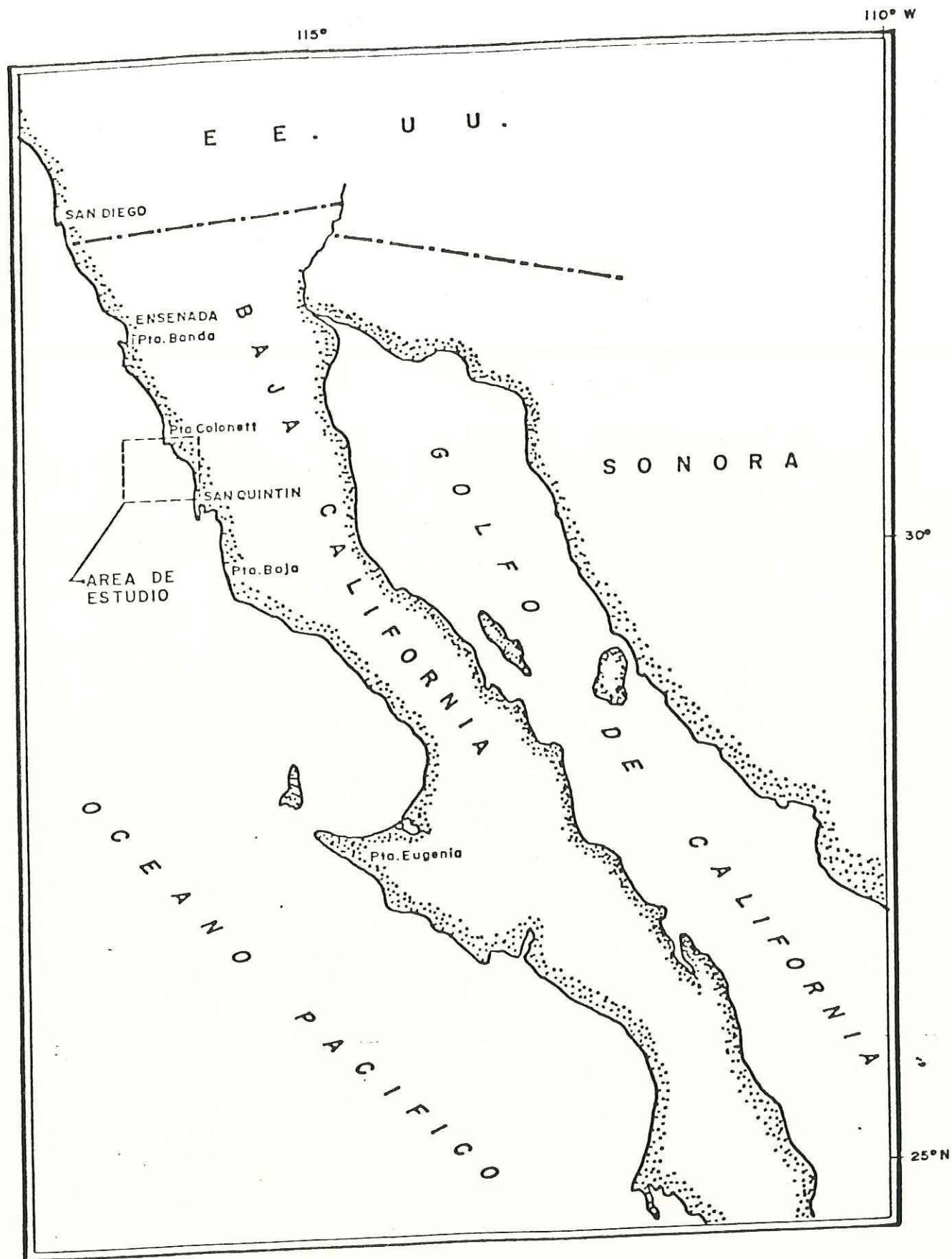


FIGURA 2

MATERIALES Y METODOS:

Se realizó un crucero oceanográfico a bordo de la embarcación "Dragaminas 20" del 12 al 19 de Junio de 1976. Se consideraron 5 estaciones hidrográficas en sentido perpendicular a la costa, entre Punta San Jacinto y Punta San Telmo, Baja California. La estación E-1 se localizó a 8.23 kilómetros de la costa, la E-2 a 12.35, E-3 a 21.0, E-4 a 29.0 y E-5 a 38.0 kilómetros respectivamente (Fig. 3). Los niveles muestreados en la E-1, fueron de superficie 10 y 20 metros. La estación E-2 a los niveles de superficie 10, 20 y 30 metros; el resto de las estaciones se muestrearon en superficie, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 y 200 metros de profundidad. El error en la localización de las estaciones es de ± 150 metros. Para este estudio se consideraron dos estaciones hidrográficas (1y5) ambas analizadas bajo una serie de tiempo corta. La estación E-1 se efectuó los días (12-13) y (16-17) de Junio, a una profundidad de: superficie, 10 y 20 metros; la estación E-5 se efectuó los días (14-15) y (18-19) del mismo mes, a una profundidad de: superficie, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 y 200 metros de profundidad. El intervalo de tiempo entre cada hidrolance fue de 4 horas, para la toma de muestras se utilizaron botellas Niskin con capacidad de 3.0 litros acopladas con termómetros reversibles. Se tomaron muestras para análisis de salinidad, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos y clorofila para su posterior análisis; se midió la velocidad y dirección del viento, tipo y porcentaje de nubes. Los análisis de oxígeno disuelto se determinaron de acuerdo al método Micro-Winkler, descrito por el manual técnico del marino (1971). La determinación de pH y alcalinidad se midió con electrodos de vidrio y un potenciómetro modelo 801 con precisión de ± 0.005 unidades de pH. Para el propósito de este trabajo se procesaron los datos de salinidad, temperatura y densidad; las demás variables se utilizaron en otros trabajos. La temperatura se midió con termómetros reversibles con un rango de precisión de $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$, la temperatura dada en cada termómetro fue corregida de acuerdo a la fórmula da

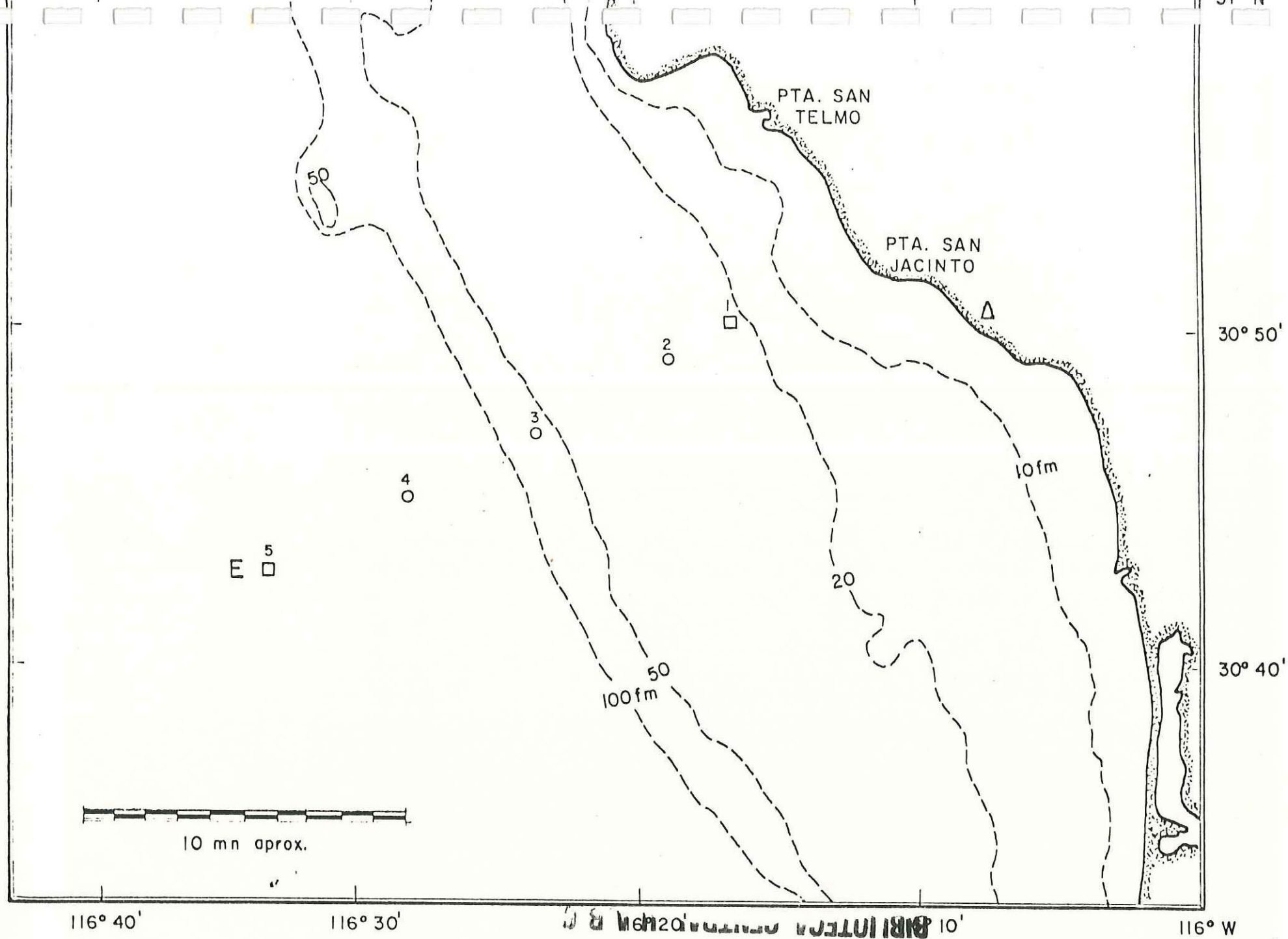


FIG. 3 .- DISTRIBUCION DE ESTACIONES. EN LA LINEA E .
Δ ESTACION EN LA COSTA

da por SCHUMACHER, citado por SVERDRUP (1942):

$$T = T' + \Delta T' + I$$

$$\text{de donde: } \Delta T' = \frac{(V_o + T') (T' - t)}{K} \left[\frac{1 + (T' - t) + (T' + V_o)}{K} \right]$$

Para la corrección de las temperaturas se usó un programa denominado "Martern", utilizando una computadora NOVA 1200.

La salinidad se determinó con un salinómetro de inducción Beckman, modelo 118WA200 (precisión de ± 0.003 ‰). Para la corrección de salinidad se utilizó un programa denominado SALY procesado en la misma computadora de acuerdo a la fórmula dada por: COX, CULKIN y RILEY (1967):

$$S = -0.08996 + 28.29720 R_{15} + 12.80832 R_{15}^2 - 10.67869 R_{15}^3 \\ + 5.98624 R_{15}^4 - 1.32311 R_{15}^5$$

$$\text{donde: } R_{15} = \frac{c(s, 15, 0)}{c(35^{\circ}/_{00}, 15, 0)} = \text{Razón de Conducti-} \\ \text{vidad}$$

Para conocer la densidad a partir de la temperatura y salinidad, se utilizó un programa de computación denominado "Sigma-t", basado en la siguiente fórmula: dada por: NEWMANN y PIERSON (1966)

$$\sigma_t = A + B\sigma + C\sigma^2$$

RESULTADOS:

VARIACION DIURNA ESTACION 1 (12-13)

TEMPERATURA:

La distribución de la temperatura en un ciclo diurno, --- efectuado durante los días (12-13) en la estación E-1 para los niveles de superficie, 10 y 20 metros de la columna de agua, - presentaron una alternancia bien definida. En la región superficial se observó un mínimo de 12.25°C y un máximo de 13.65°C . En la región de los 10 metros se observó un aumento en la temperatura durante las 23.52 horas con un valor de 11.62°C y - - otro para las 11:41 horas con un valor de 12.18°C . En los 20 metros de profundidad la fluctuación de la temperatura presentó variaciones leves exceptuando la tendencia a aumentar duran te las primeras horas del muestreo; el valor mínimo registrado fue de 10.40°C y el máximo de 10.93°C (Fig. 4).

SALINIDAD:

La salinidad en el sentido vertical presentó fluctuaciones bien marcadas para el nivel de superficie y 10 metros; en el - nivel de 20 metros la variación fue más tenue. En la capa superficial, 10 y 20 metros la salinidad presentó condiciones -- muy similares durante las 23:52 horas con valores de 33.716, - 33.713 y $33.730^{\circ}/_{\text{oo}}$ respectivamente. Durante las siguientes - horas la capa superficial fluctuó ligeramente entre un mínimo de $33.677^{\circ}/_{\text{oo}}$ y un máximo de $33.689^{\circ}/_{\text{oo}}$. En la capa de los 10 metros la fluctuación fue más marcada con valores comprendidos entre $33.677^{\circ}/_{\text{oo}}$ y $33.717^{\circ}/_{\text{oo}}$. En los 20 metros la salinidad os ciló entre los valores de $33.713^{\circ}/_{\text{oo}}$ y $33.730^{\circ}/_{\text{oo}}$. (Fig. 5). ~

DENSIDAD:

El campo de la densidad se presentó bien definido en la capa superficial con valores de 25.288 σ_t y 25.412 σ_t . En la profundidad de 10 metros el valor registrado durante las 19:50 horas es muy similar al de 20 metros. En las siguientes horas la variación de la densidad fue leve en los dos niveles excepto pa

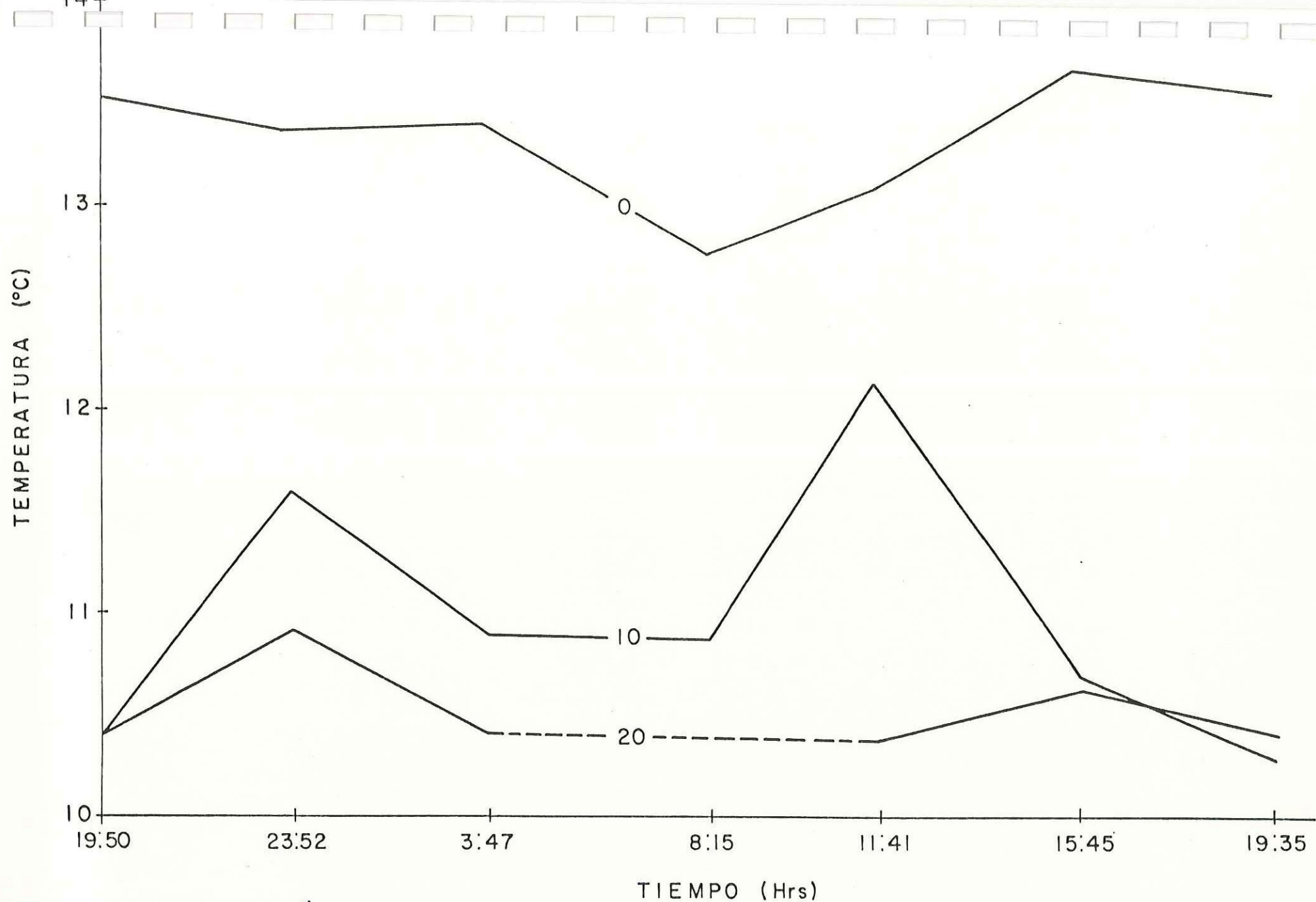


FIG. 4 .- DISTRIBUCION VERTICAL DE TEMPERATURA (°C), ESTACION 1 DEL 12 AL 13 DE JUNIO DE 1976.

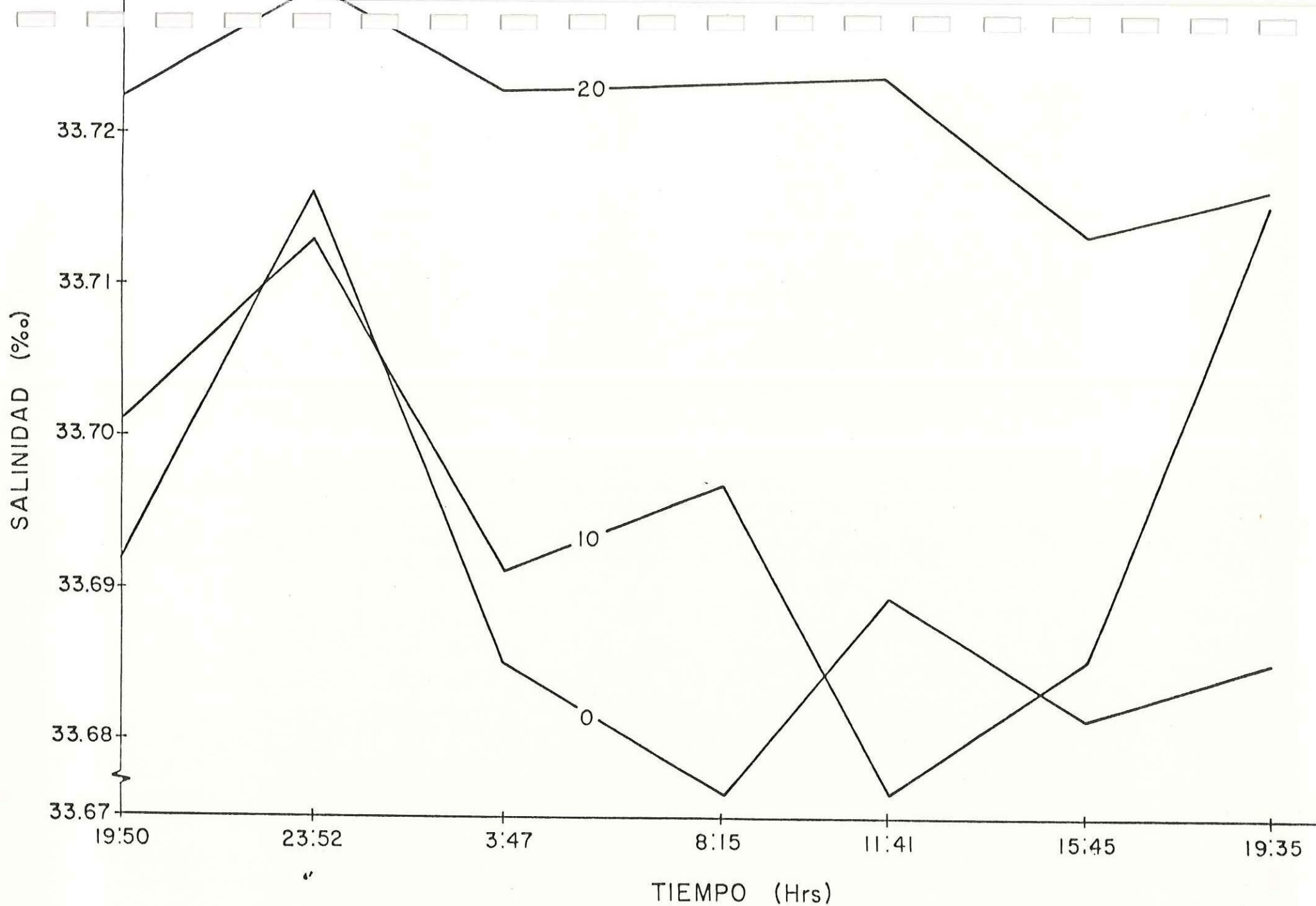


FIG. 5 .-DISTRIBUCION VERTICAL DE SALINIDAD (‰), ESTACION 1 DEL 12 AL 13 DE JUNIO DE 1976.

ra las 11:41 horas en los 10 metros donde se presenta una disminución de la densidad. El valor mínimo registrado en los 10 metros fue de 25.551 σ_t y el valor máximo de 25.897 σ_t . Para los 20 metros la densidad fluctuó entre 25.823 σ_t y 25.907 σ_t (Fig. 6).

VARIACION DIURNA, ESTACION 5 (14-15).

TEMPERATURA:

La distribución de la temperatura en superficie, 10, 20, 30 y 40 metros para la estación E-5, durante un ciclo diurno, presentó condiciones muy similares en las primeras horas del muestreo con una tendencia clara a disminuir con la profundidad. Para las 10:31 horas del día 15 en el nivel de los 30 metros, se presentó una disminución de temperatura con un valor de 15.82°C. En la capa de 50 metros la variación fue leve, -- excepto para las 6:57 horas en que se registró un valor de -- 14.40°C. Entre la región de 50 y 75 metros la temperatura bajo considerablemente presentando una región claramente definida. Las regiones de 75, 100 y 200 metros de profundidad se -- presentaron bien definidas durante el ciclo diurno. La variación en la capa de 75 metros osciló entre 11.50°C y 12.67°C. -- En la región de 100 metros varió en un rango de 1.28°C. La variación en la capa de 200 metros fue mínima durante el ciclo -- variando en un rango de 0.38°C. (Fig. 7).

SALINIDAD:

La variación de la salinidad en general tuvo tendencias a disminuir hacia los 75 metros y aumentar hacia los 200 metros. Las capas de superficie 10, 20, 30 y 40 metros presentan un comportamiento muy similar, con una variación en el orden de -- 33.641‰ para las 6:57 horas y un máximo de 33.707‰ durante las primeras horas del muestreo de los 50 y 75 metros se observó un gradiente bien marcado; disminuyendo para las 2:54 horas con un valor de 33.606‰ en los 50 metros y 33.493‰ en --

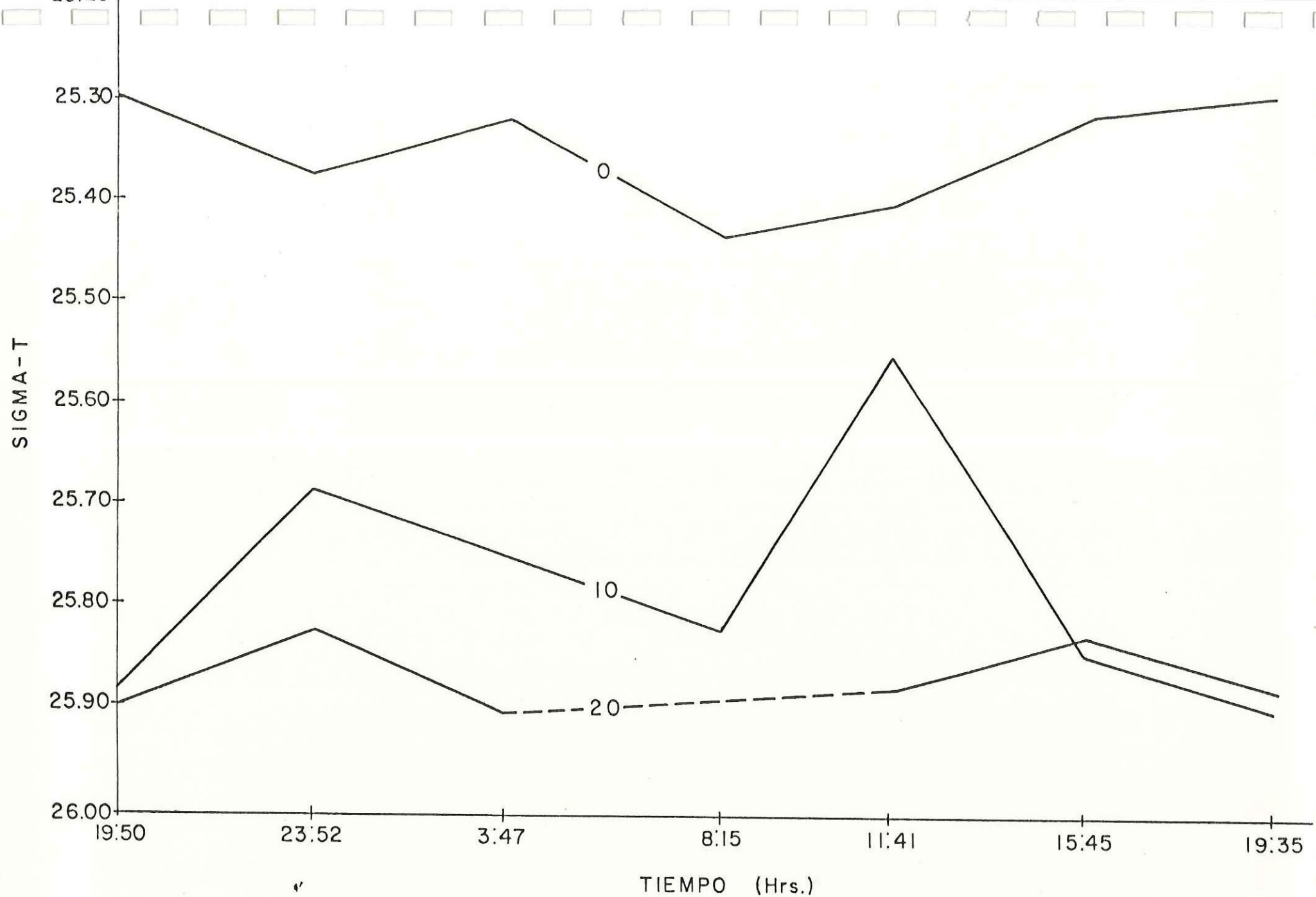


FIG. 6 .-DISTRIBUCION VERTICAL DE DENSIDAD (σ_t), ESTACION 1 DEL 12 AL 13 DE JUNIO DE 1976.

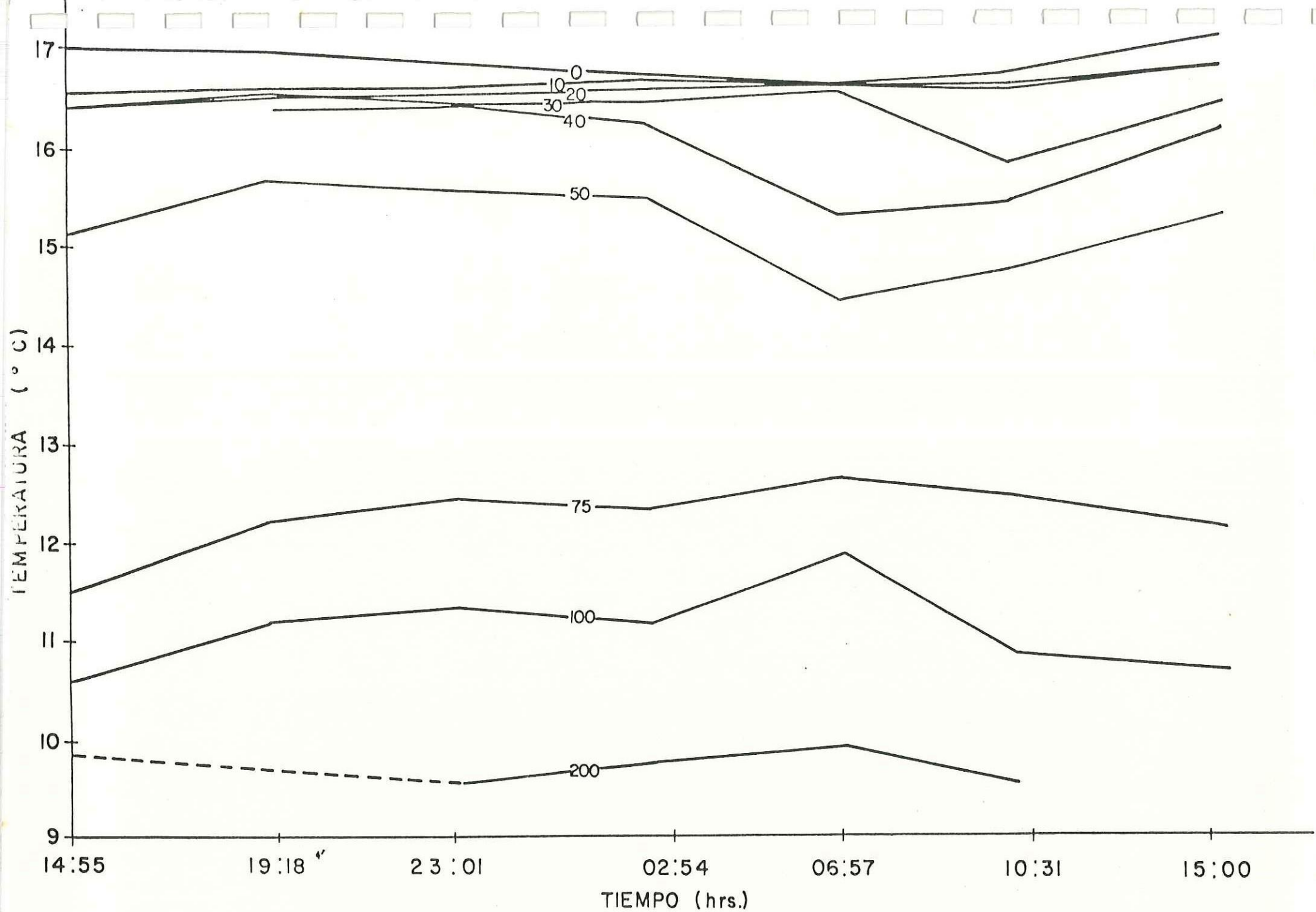


FIG. 7 .- DISTRIBUCION VERTICAL DE TEMPERATURA (°C), ESTACION 5 , DEL 14 AL 15 DE JUNIO DE 1976.

los 75 metros. El gradiente de los 100 metros presentó fluctuaciones marcadas durante las 19:18 y 2:54 horas con valores de 33.679 y 33.551⁰/oo respectivamente; siendo similar el comportamiento durante las primeras y últimas horas a la región superficial. En los 200 metros de profundidad la salinidad aumentó con respecto al resto de la columna, el rango de variación fue de 0.122⁰/oo. (Fig. 8).

DENSIDAD:

La variación en el campo de la densidad presentó en general tendencias a aumentar con respecto a la profundidad. El cambio de densidad en las capas de superficie, 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad fue leve durante el muestreo, excepto para las 10:31 horas en los 30 y 40 metros donde se presenta una disminución en el orden de 24.782 y 24.851 σ_t respectivamente. En los niveles de 50, 75, 100 y 200 metros, el gradiente es bien definido con una tendencia a aumentar con respecto a la profundidad. El rango de fluctuación en los 200 metros fue de 0.246 σ_t . (Fig. 9).

VARIACION DIURNA ESTACION 1 (16-17)

TEMPERATURA:

La distribución vertical de la temperatura en la estación E-1 los días (16-17), se presentó disminuyendo con respecto a la profundidad, observándose valores más similares en los 10 y 20 metros que en la superficie. La temperatura superficial en el ciclo diurno disminuye en las primeras horas del muestreo, presentando en las 0:39 horas un valor mínimo de 14.09°C; posteriormente aumenta con algunos cambios hacia un valor máximo de 16.16°C. Los valores de temperatura se presentaron más altos en las primeras y últimas horas del muestreo, (13.37 y 13.78°C) para el nivel de 10 metros, el valor mínimo fue de 11.09°C. En los 20 metros los valores se presentan con leves fluctuaciones disminuyendo en las primeras horas del muestreo,

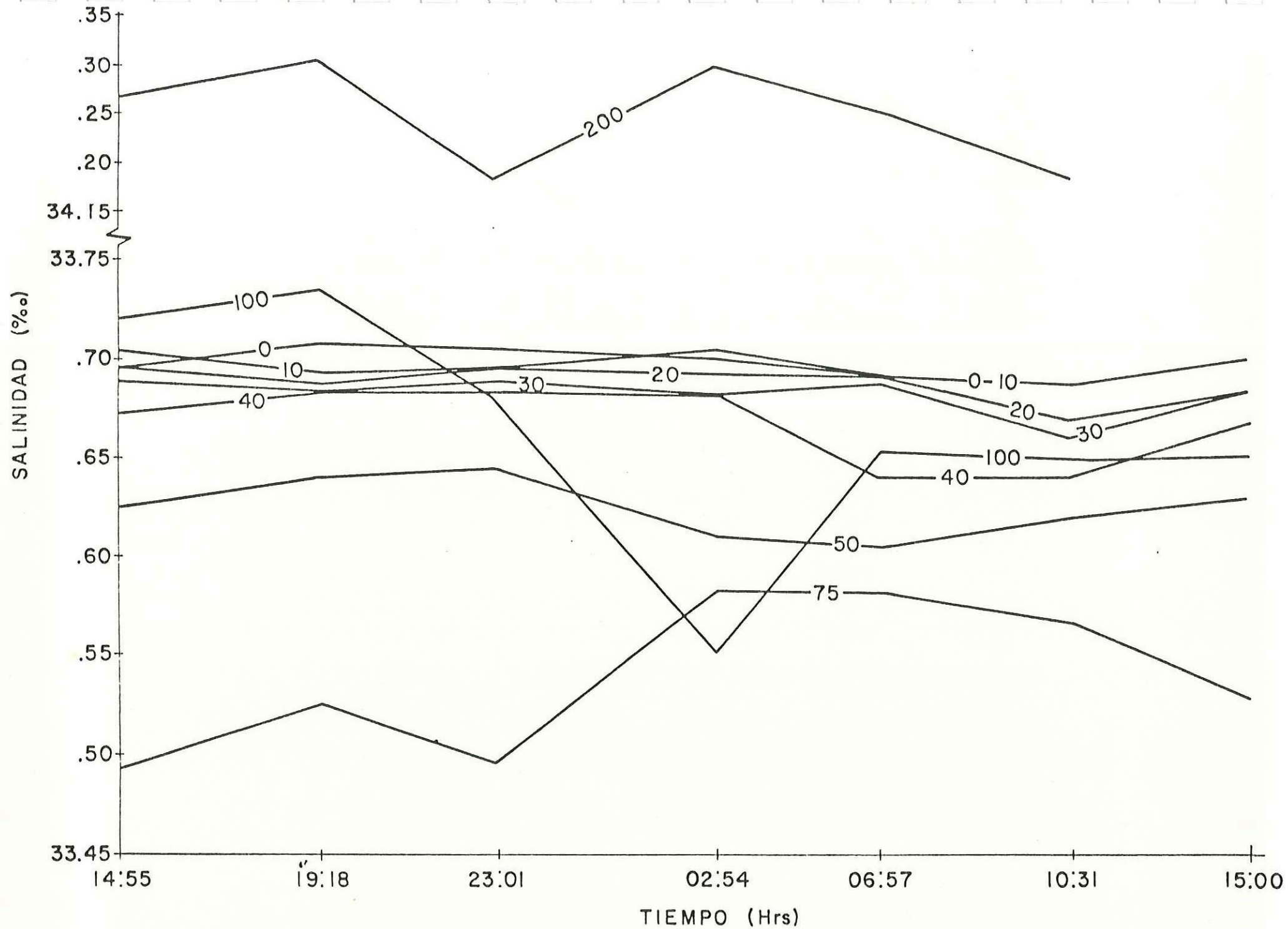


FIG. 8 -DISTRIBUCION VERTICAL DE SALINIDAD (‰), ESTACION 5 DEL 14 AL 15 DE JUNIO 1970

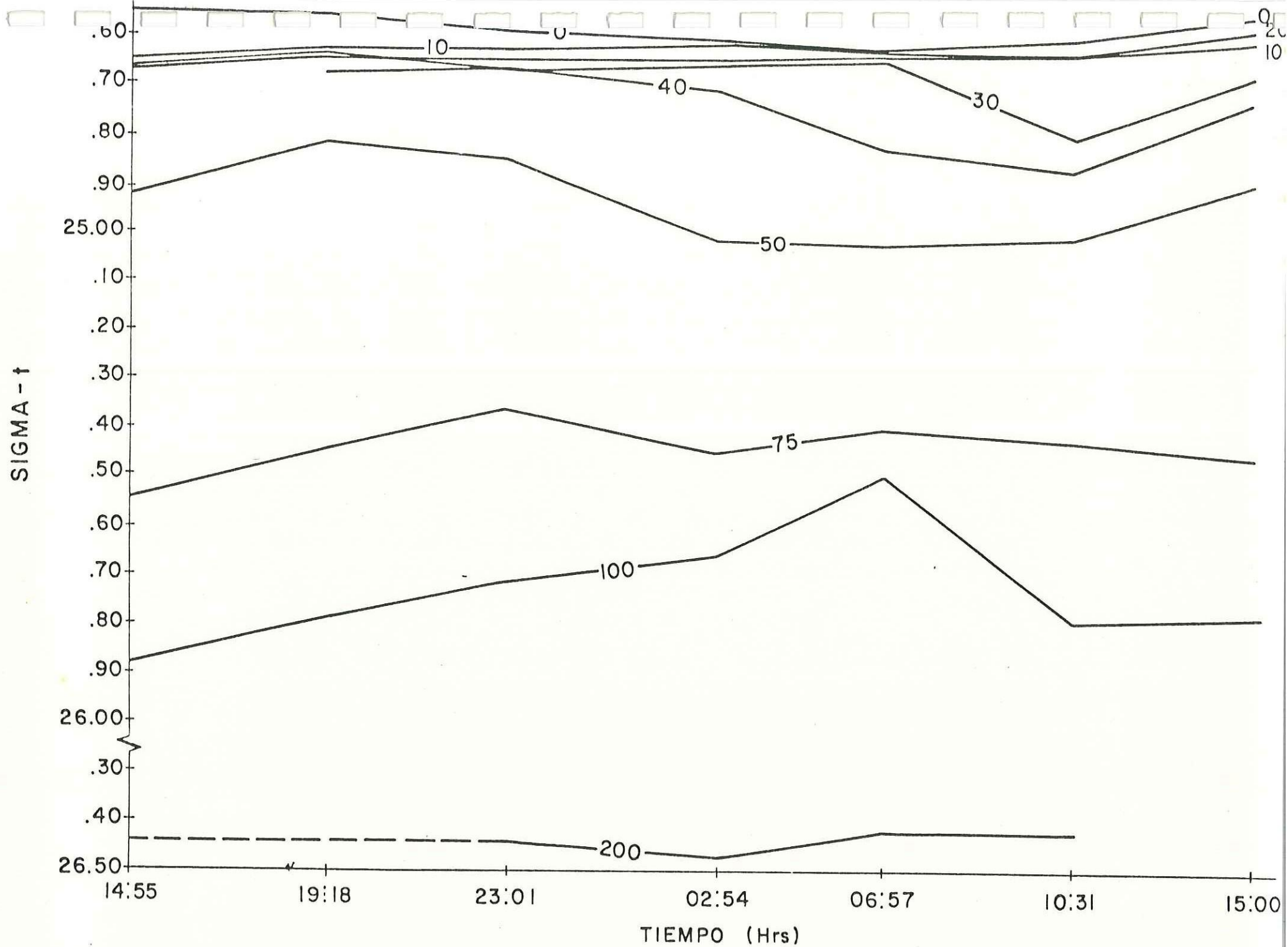


FIG. 9 -DISTRIBUCION VERTICAL DE DENSIDAD (σ_t), ESTACION 5 DEL 14 AL 15 DE JUNI DE 1976.

presentando a las 4:45 horas un valor mínimo de 10.88°C , aumentando --
gradualmente en el resto de las horas a un valor máximo de - --
 11.57°C . (Fig. 10).

SALINIDAD:

La distribución de la salinidad es muy inestable en la columna de agua con tendencias a aumentar con respecto a la profundidad. En la región superficial en función del tiempo disminuye en las primeras horas hacia un mínimo de $33.644^{\circ}/\text{oo}$ a las 20:53 horas, aumentando posteriormente a un valor máximo de $33.66^{\circ}/\text{oo}$. En los 10 metros se observan fluctuaciones con rangos muy amplios presentando un máximo muy marcado de $33.731^{\circ}/\text{oo}$ a las 8:45 horas. Para el nivel de 20 metros, en las primeras horas aumenta gradualmente a un valor máximo de $33.679^{\circ}/\text{oo}$ a las 4:45 horas. En los siguientes se observó una variación con valores de 33.65 y $33.69^{\circ}/\text{oo}$. (Fig. 11).

DENSIDAD:

El campo de la densidad se presentó bien definido aumentando hacia el fondo. En la capa superficial, fluctuó regularmente durante el muestreo oscilando sus valores máximos y mínimos entre 25.412 y 25.288 σ_t respectivamente. En los 10 y 20 me---tros en las horas comprendidas entre los 20:53 y 12:40 horas --sus valores se asemejan. distribuyéndose casi homogeneamente --presentando rangos amplios en las 17:03 y 16:16 horas con valores de 25.746 y 25.640 σ_t respectivamente. (Fig. 12).

VARIACION DIURNA ESTACION 5 (18-19)

TEMPERATURA:

La distribución vertical de temperatura en la columna de -agua estación E-5 (18-19), se presentó disminuyendo con respecto a la profundidad oscilando sus valores entre un máximo de --
 18.02°C en la superficie, y un mínimo de 9.10°C en los 200 me--

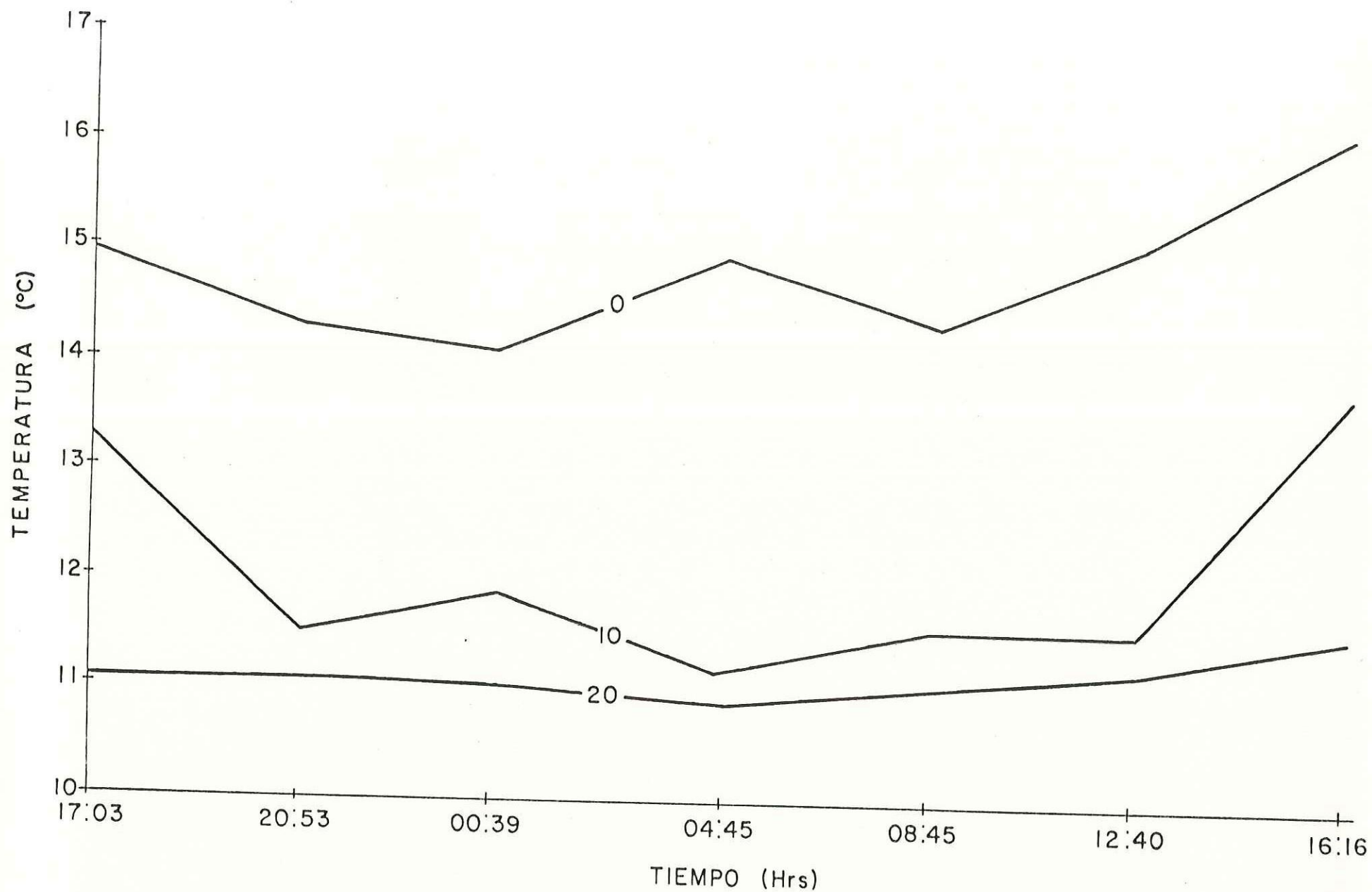


FIG. 10.-DISTRIBUCION VERTICAL DE TEMPERATURA (°C), ESTACION 1 DEL 16 AL 17 DE JUNIO DE 1976.

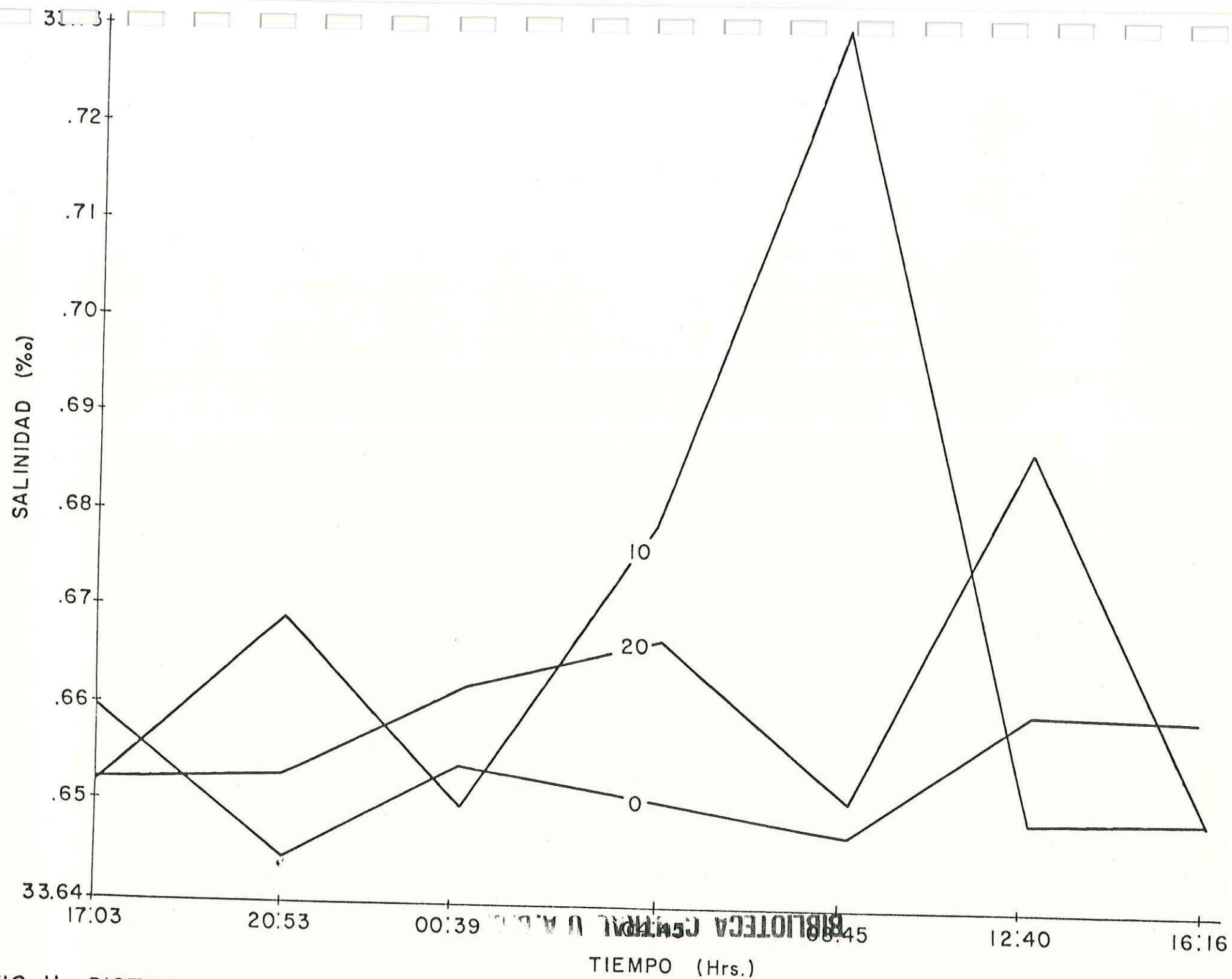


FIG. II -DISTRIBUCION VERTICAL DE SALINIDAD (‰), ESTACION 1 DEL 16 AL 17 DE JUNIO

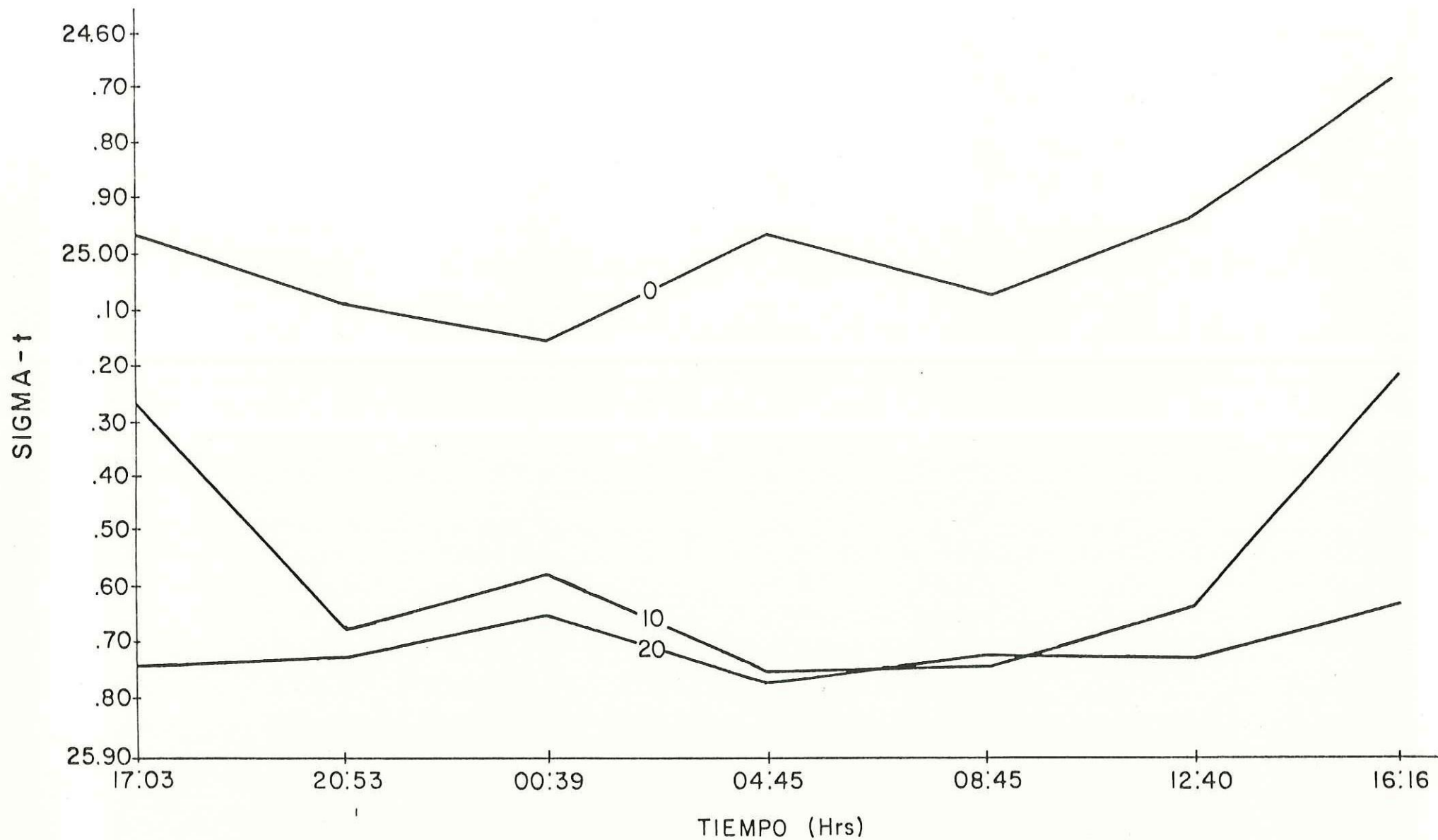


FIG. 12 - DISTRIBUCION VERTICAL DE DENSIDAD (σ_t), ESTACION 1 DEL 16 AL 17 DE JUNIO DE 1976.

tros de profundidad. La distribución superficial con respecto a un ciclo diurno, presentó valores con poco rango de variación que fluctuaron entre un máximo de 18.02°C y un mínimo de 17.76°C . En los 10 metros presentó valores muy similares con un rango de variación de 0.32°C a las 16:47 horas. A los 20 metros, disminuye en las primeras horas del muestreo a un valor mínimo de 16.30°C , aumentando a un valor de 17.93°C para las 20:51 horas. En los 30 metros no presentó una variación, aumentando levemente en el transcurso del muestreo, con un valor máximo de 16.750°C para las 20:51 horas. En los niveles de 40, 50, 75 y 100 metros presentó una variación bien definida, disminuyendo sus valores (15.36 , 13.30 , 11.88 y 10.66°C respectivamente) en las 8:54 horas. Para las siguientes horas se observó un aumento con valores de (16.43 , 16.28 , 15.23 y 13.16°C respectivamente) para las 16:47 horas. En los 200 metros las variaciones son muy leves fluctuando entre un valor máximo de 9.51°C y un mínimo de 9.10°C . (Fig. 13).

SALINIDAD:

La distribución vertical de salinidad, disminuye de la superficie hacia los 75 metros, aumentando en las capas más profundas con valores máximos de 33.750 , 33.589 y $34.138^{\circ}/\text{oo}$ respectivamente. En el ciclo diurno la salinidad superficial presentó pequeñas fluctuaciones oscilando sus valores entre un máximo de $33.750^{\circ}/\text{oo}$ a las 16:47 horas a un mínimo de $33.732^{\circ}/\text{oo}$ a las 4:34 horas. En los 10 metros, es más estable, con un valor máximo de $33.730^{\circ}/\text{oo}$ se observan leves fluctuaciones con un rango de $0.012^{\circ}/\text{oo}$. En los 20 metros a las 4:34 horas presentó un valor mínimo de $33.660^{\circ}/\text{oo}$ aumentando al final del muestreo con un valor máximo de $33.745^{\circ}/\text{oo}$. A los 30 metros es más estable aumentando ligeramente en el transcurso del muestreo a un máximo de $33.704^{\circ}/\text{oo}$. Al nivel de 40, 50 y 75 metros se presenta con una secuencia más uniforme con valores mínimos de 33.642 , 33.613 y $33.589^{\circ}/\text{oo}$ respectivamente; entre las 8:59 y 12:55 horas, aumentando uniformemente a las 16:47 -

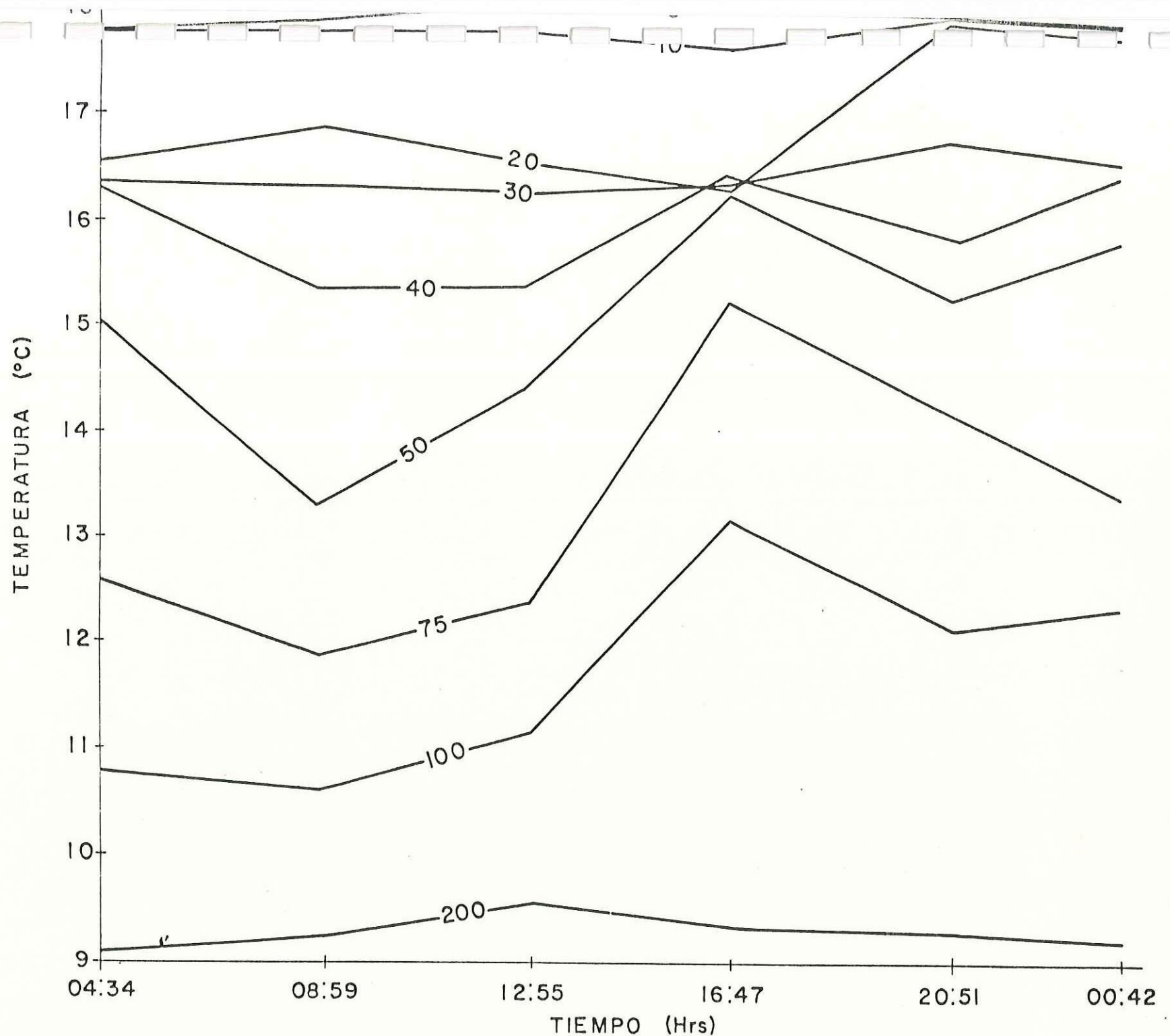


FIG. 13 - DISTRIBUCION VERTICAL DE TEMPERATURA (°C), ESTACION 5 DEL 18 AL 19 DE JUNIO DE 1976

horas con valores máximos de 33.740, 33.730 y 33.680⁰/oo respectivamente. En los 100 metros es muy inestable, sus valores oscilan entre un máximo de 33.692⁰/oo a un mínimo de 33.660⁰/oo. En los 200 metros disminuye en el transcurso del muestreo fluctuando sus valores entre un máximo de 34.138⁰/oo y un mínimo de 33.870⁰/oo. (Fig. 14).

DENSIDAD:

La distribución vertical en el campo de la densidad aumenta con respecto a la profundidad oscilando sus valores entre un mínimo de 24.320 σ_t en la superficie a un máximo de 26.435 σ_t a los 200 metros de profundidad. En el ciclo diurna la distribución fue muy homogénea en la superficie, fluctuando los valores entre un máximo de 24.383 σ_t y un mínimo de 24.320 σ_t . En los 10 metros es muy similar a los valores superficiales presentando un rango de 0.06 σ_t en las 16:47 y 20:51 horas. En los 20 metros durante las primeras horas del muestreo presenta leves fluctuaciones observándose a las 16:47 horas un máximo de 24.69 σ_t , posteriormente disminuye bruscamente sus valores con un mínimo de 24.36 σ_t , a las 0:42 horas. En los 30 metros se observó un valor máximo de 24.68 σ_t a las 12:55 horas, disminuyendo ligeramente en el transcurso del muestreo. En los niveles de 40, 50, 75, 100 y 200 metros presentó secuencia bien definida, aumentando para las 8:59 horas con valores de (24.871, 25.283, 25.540, 25.863 y 26.430 σ_t) respectivamente; disminuyendo gradualmente a las 16:47 horas con valores de (24.70, 24.73, 24.93, 25.33 y 25.90 σ_t) respectivamente. (Fig. 15).

Las variables meteorológicas utilizadas en este trabajo fueron tomadas en una estación de la costa (Fig. 3), por la sección meteorología del CICESE y procesadas por el grupo de Dinámica del Océano. Las gráficas muestran una gran variación en la frecuencia diurna. Esta frecuencia es mayor en la componente normal a la costa (componente U), que en la componente paralela a la costa (componente V). (Fig. 16).

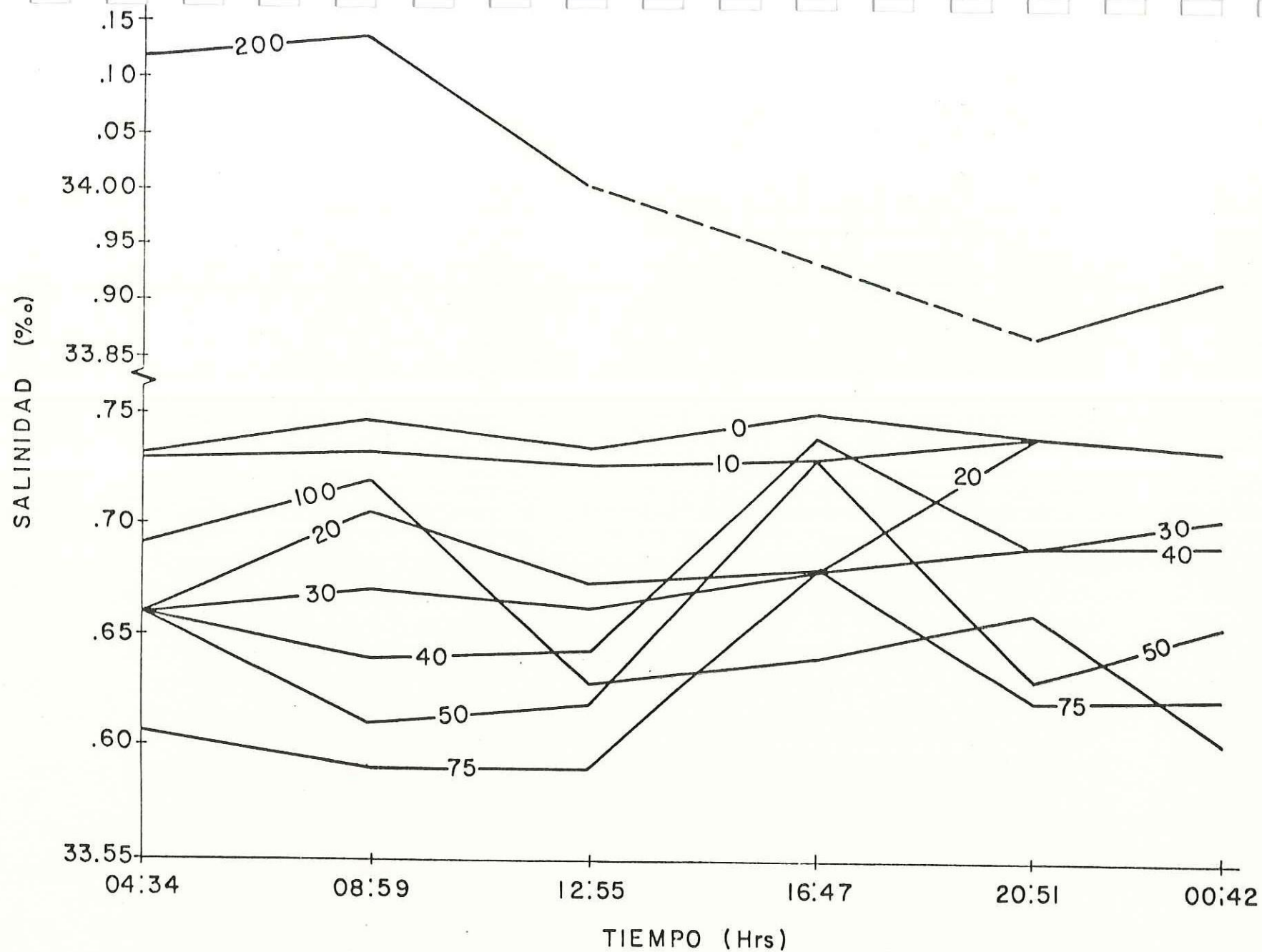


FIG. 14.-DISTRIBUCION VERTICAL DE SALINIDAD (‰), ESTACION 5 DEL 18 AL 19 DE JUNIO DE 1976.

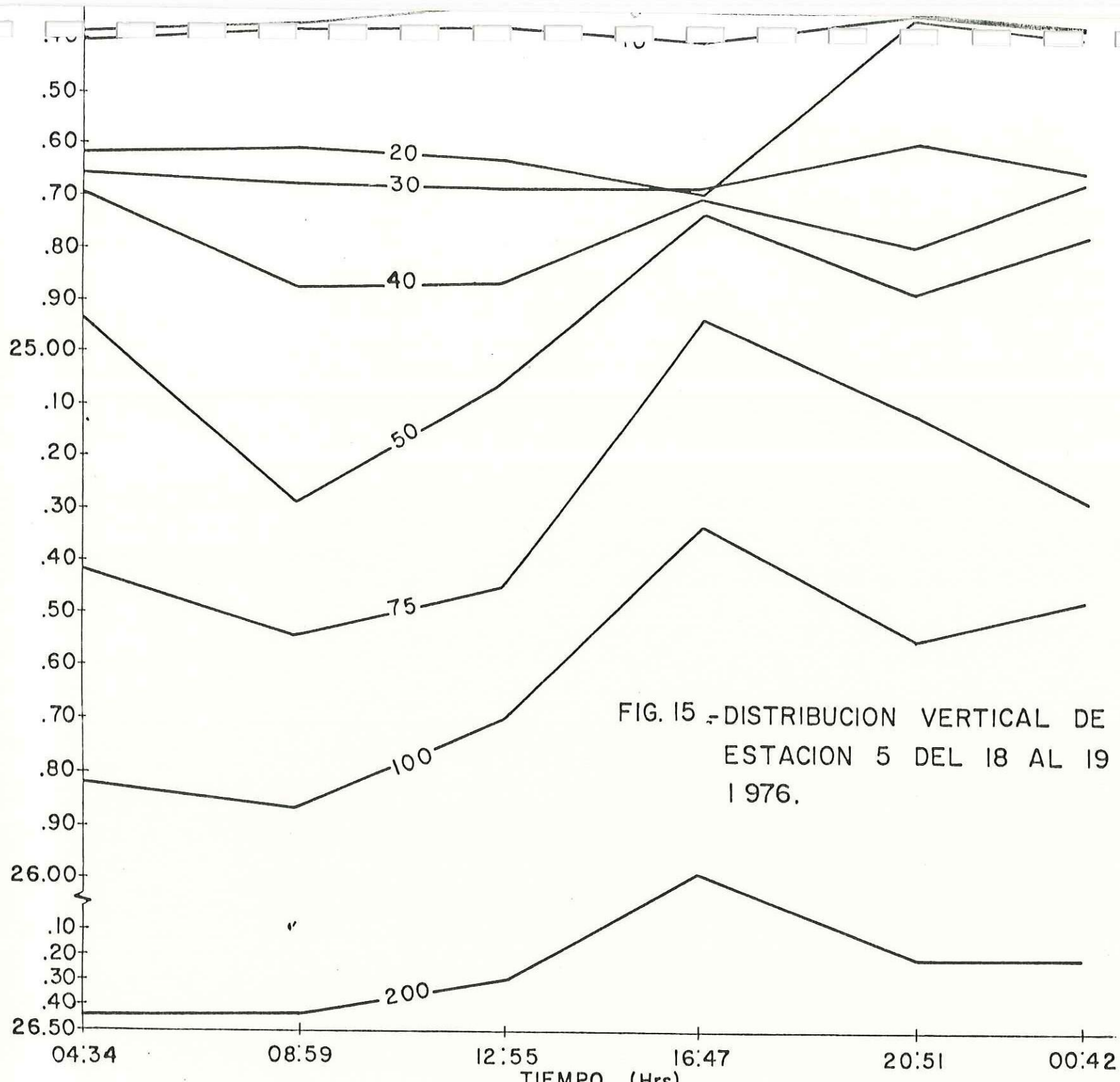


FIG. 15.-DISTRIBUCION VERTICAL DE DENSIDAD (σ_t)
ESTACION 5 DEL 18 AL 19 DE JUNIO DE
1976.

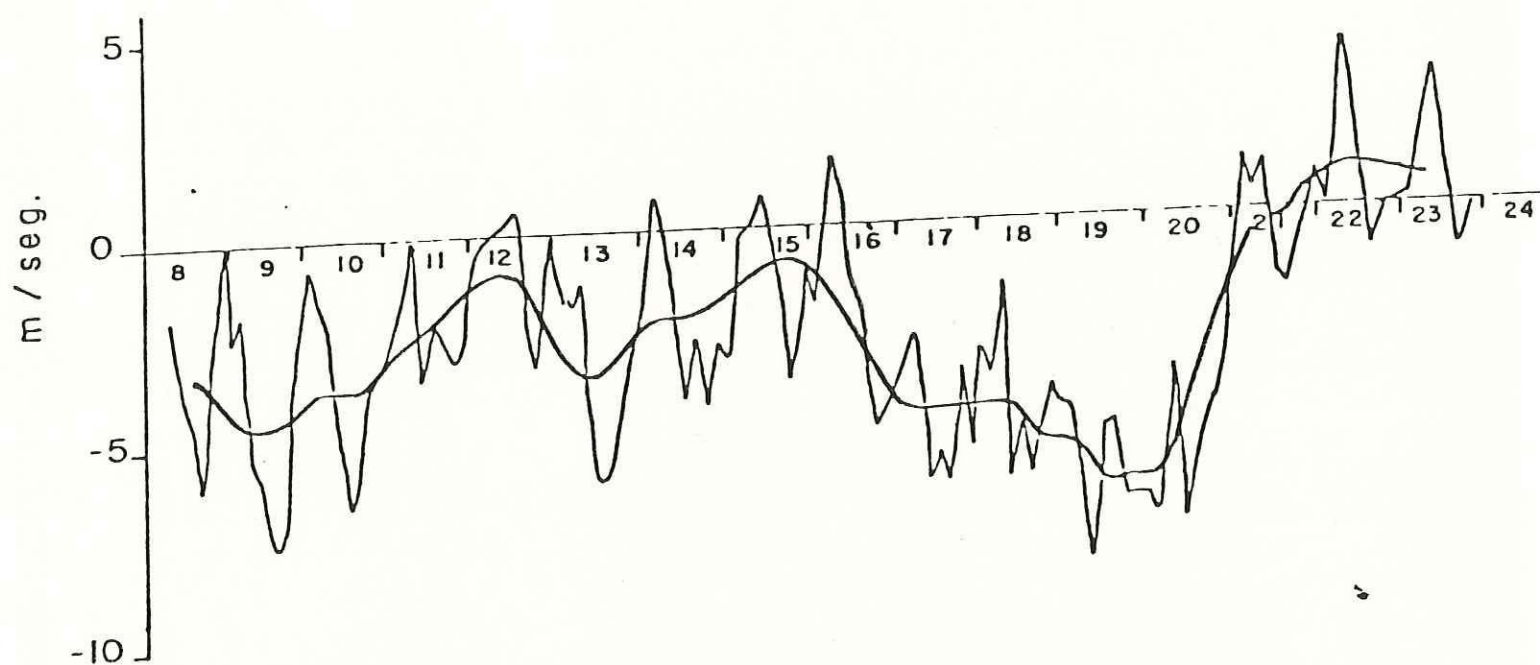
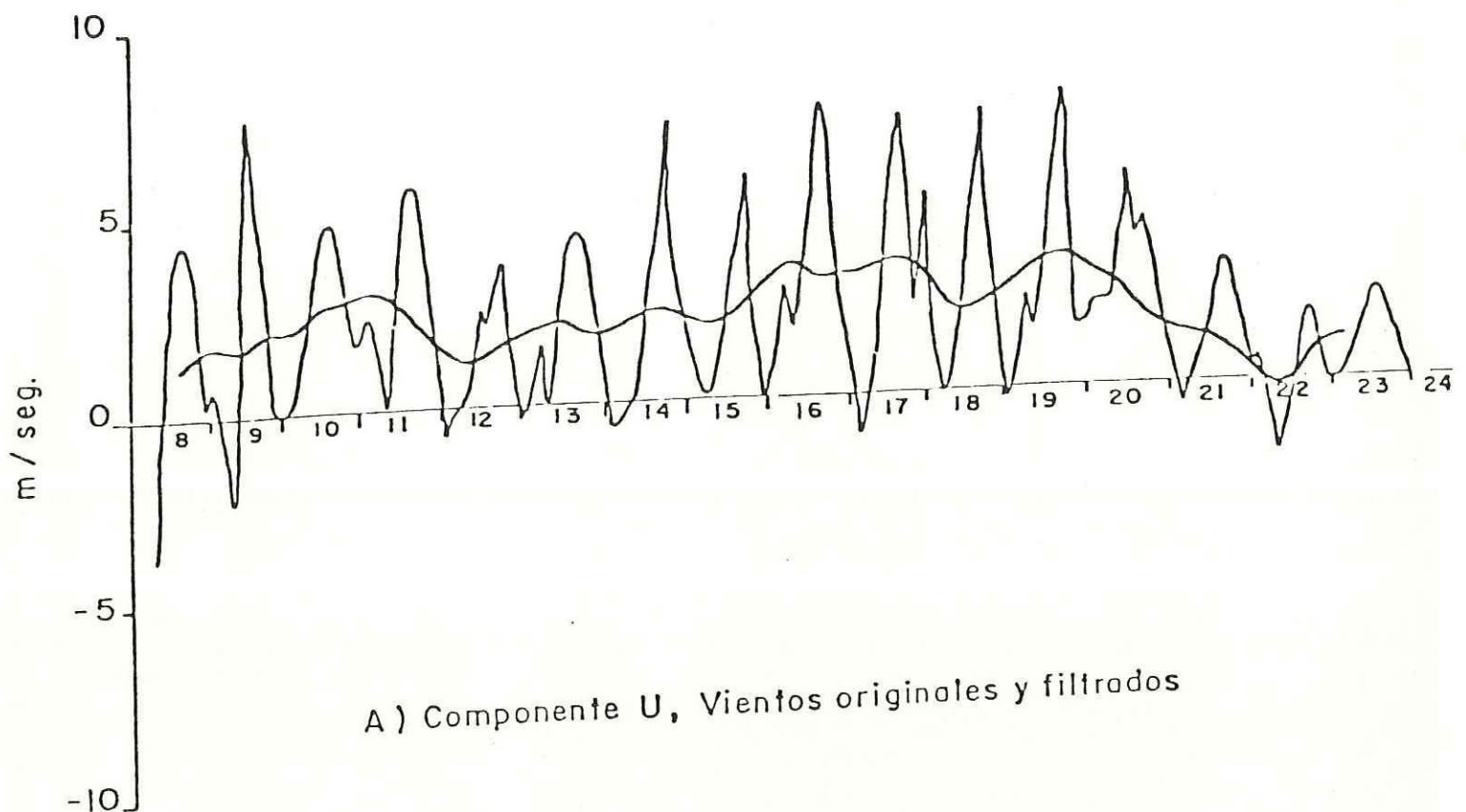


FIG. 16-VIENTO A 2 METROS DE ALTURA

Con los resultados obtenidos de temperatura y salinidad, se elaboró un diagrama T-S. Los datos agrupados presentaron dos tipos de agua con distintas características; aguas de la Corriente de California detectable en los primeros 100 metros de la columna de agua y, aguas que parecen ser de la Corriente Nor-ecuatorial a la profundidad de 200 metros. (Fig. 17).

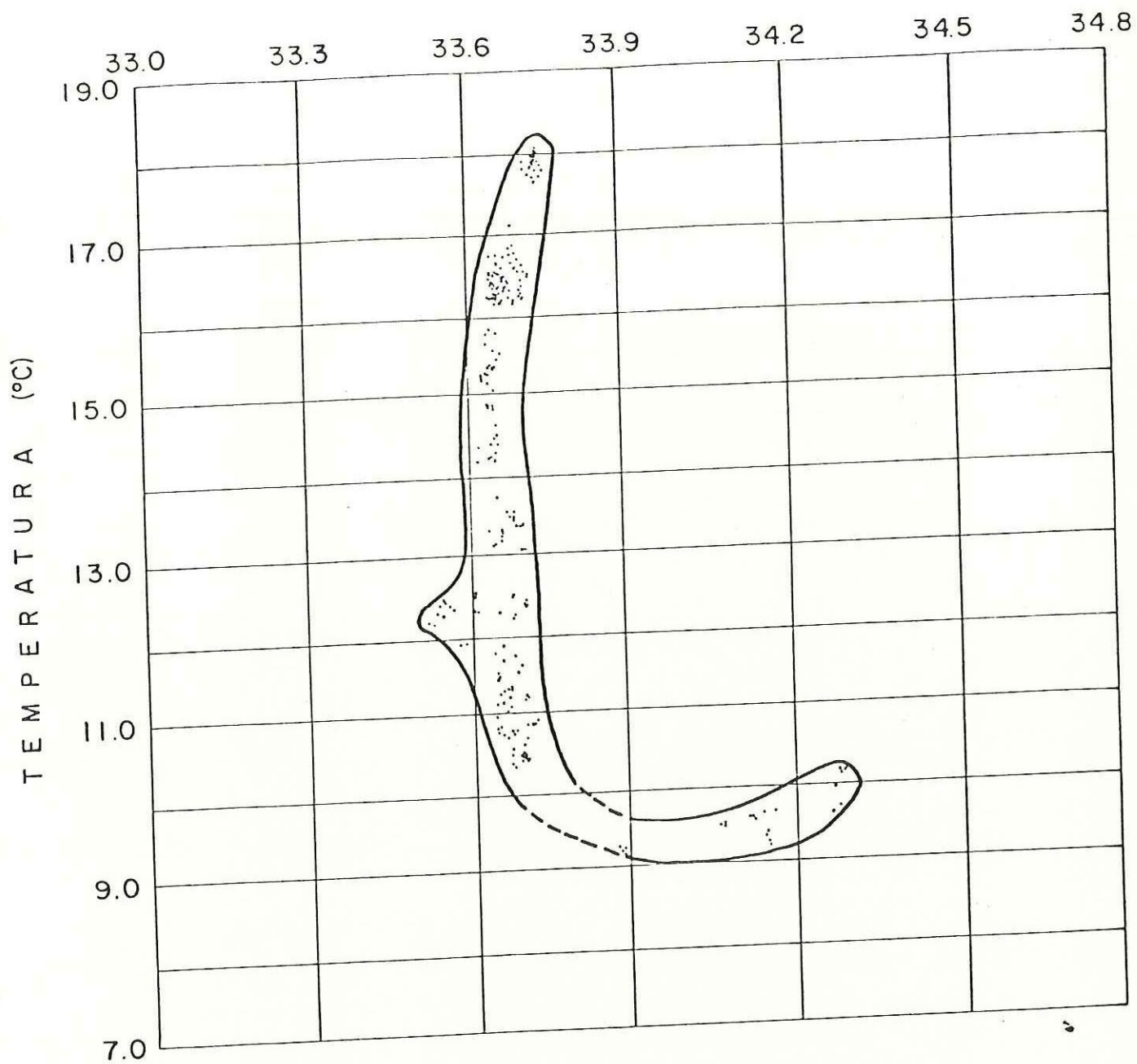


FIG. 17.- DIAGRAMA T-S.

DISCUSIONES.

El factor principal que influye para que se desarrolle un evento de surgencias costeras en Baja California, es la presencia de fuertes vientos con dirección predominante hacia el sur. En la época de verano éstos son producidos por el sistema de alta presión sobre el Océano Pacífico y un sistema de baja presión sobre el Norte de Nuevo México; de manera que el viento sopla entre ellos con dirección Ne, N ó Nw, presentando vientos fuertes locales favorables de surgencias, CUSHING (1971).

De acuerdo a los registros de vientos, durante la primera variación diurna efectuada en E-1 los días (12-13) se obtuvieron velocidades mayores de 5.0 m/seg., mientras que en los siguientes días (14-15, 16-17 y 18-19) fluctuó entre 2.0 y 4.0 m/seg. SMITH (1974) menciona que vientos > 5.0 m/seg. favorecen condiciones de surgencia, por lo que existe una correlación con los índices presentados por BAKUN (1973). Los resultados obtenidos muestran que la influencia del viento en la columna de agua es más marcada en E-1, se observó que al aumentar la intensidad del viento la temperatura superficial disminuye, aunque se conserva dentro de un ciclo normal. Mientras que en E-5 el rango de variación fue de 0.28°C en superficie. De acuerdo con SVERDRUP (1942) el rango de variación diurna de temperatura promedio en la superficie del mar no es mayor de 0.20 a 0.30°C, dependiendo principalmente de la nubosidad y velocidad del viento.

Son observados valores altos y una ausencia de estratificación de la salinidad en las capas subsuperficiales de la E-1 y E-5, los días (12-13, 14-15 y 16-17). BARTON et al. (1977) y SMITH (1974) presentan evidencias de la inestabilidad de la salinidad en la columna de agua, influenciada por los movimientos horizontales, verticales y la mezcla causada por el viento, que no permite una estratificación bien definida. En E-5 los días 1849 presentaron una estratificación, indicando evidencias de relajamiento de las surgencias.

El comportamiento de la columna de agua en la E-5, mostró un cambio de temperatura y salinidad en la profundidad de los 75 metros. Se observa la presencia de un mínimo de salinidad. REID and WORRAL (1964) mencionan que normalmente en la corriente de California, éste mínimo corresponde al límite inferior de la termoclina. La termoclina se presentó estable entre los 50 y 75 metros de profundidad. Esto concuerda con la especificación dada por WYRTKI (1964) citado por STEVENSON (1969).

La variación de la densidad para ambas estaciones presentó una dependencia mayor con la temperatura durante un ciclo de variación diurna. SVERDRUP (1942), SMITH (1968) mencionan que en la corriente de California es normal que en una sección vertical el comportamiento de la densidad sea casi paralela a la temperatura. Los resultados de la densidad mostraron en E-1, para las profundidades de 10 y 20 metros la franja de agua que corresponde a las isopícnas 25.50 y 25.90 σ_t ; mientras que en la E-5 se presenta entre las profundidades de 75 y 100 metros.

En algunas ocasiones el origen de las aguas de surgencia en las costas de Baja California es la corriente Nor-ecuatorial, REID (1958). En este evento las características hidrológicas son de la corriente de California. Los rangos de temperatura y salinidad detectados en el área de muestreo, coinciden con los presentados por WALSH (1974).

Conclusiones:

- 1.- De las mediciones hidrológicas de este estudio se observó que cuando se presentó un evento de surgencia, los vientos tuvieron intensidades mayores de 5.0 m/seg.
- 2.- La distribución de las variables físicas medidas presentaron en general una variación más marcada cerca de la costa que lejos de ella. Esta variación parece estar fuertemente asociada a variaciones en la intensidad del viento.
- 3.- En la estación alejada de la costa, la termoclina se encontró siempre entre 50 y 75 metros de profundidad. Mientras que en la estación cercana a la costa se encontró cerca de la superficie ó intersectándola cuando la surgencia fué más intensa.
- 4.- Durante el período de muestreo, el origen de las aguas de surgencia, fué de características similares a las de la corriente de California.

RECOMENDACIONES.

Para poder tener una idea clara de la relación entre los parámetros temperatura, salinidad y densidad en función del es fuerza del viento y el tiempo en una área con eventos de surgencias, es necesario ampliar el número de días del muestreo - con el fin de tener series de tiempo lo suficientemente grandes, que nos permitan describir la variación de éstos.

Otro aspecto de interés es el de efectuar el muestreo en forma simultánea, para tener una caracterización de la surgen-cia más apegada a la realidad.

BIBLIOGRAFIA

- Amador Buenrostro, A. (1978). Análisis de vientos, corrientes y nivel del mar en una área de surgencias cerca de Punta Colonet, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE
- Argote Espinoza, Ma. Luisa (1978). Evidencias de surgencias - frente a Punta Colonet, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE, 50 pp.
- Barber, R.T. (1977). The JOINT-I expedition of the Coastal -- upwelling Ecosystems Analysis Program. Deep-Sea - - - - Research, Vol. 24, pp. 1-6.
- Barton, Eric D., Adriana Huyer and Smith, R. L. (1977) - - - - Temporal Variation observed in the Hydrographic regime near Cabo Corveiro in the North West African upwelling region, February to April, 1974. Deep-Sea Research - - Vol. 24, pp. 7-23.
- Bakun, A. (1973). Coastal Upwelling Indices West Coast of - - North America 1946-71. NOAA Report, N.M.F.S. S.S.R.F., 671, 85.
- Bakun, A, and Craig S., Nelson (1975). Climatology of - - - - Upwelling related processes off Baja California. - - - - Symposium on Fisheries Science, presented by the - - - - Autonomous University of B. C., 16-22, February 1975.
- CALCOFI (1963). Atlas of 10 meter temperatures and salinities 1949 through 1959, Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest., Atlas No. 1.
- Cox, R.A, Culkin, F. and Riley, P. (1967). The electrical - - conductivity/chlorinity relationship in natural sea - - water. Deep-Sea Research, 14, pp. 203-220.
- Cushing, D. H., (1971). Upwelling and the production of fish. Adv. Mar. Biol., Vol. 9, pp. 255-334.
- Cushing, D. H., (1975). Marine Ecology and Fisheries, - - - - Cambridge University Press.
- Chavez García, Ma. del C., (1975). Algunas condiciones de surgencias durante la primavera de 1974 para el área adyacente a Punta Banda, Baja California. Tesis Profesional, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C.

- Dawson, Yale, E. (1951). A further study of upwelling and -- associated vegetation along Pacific Baja California, -- Mexico. Journal Marine Research (10) 39-58.
- Michael Laurs, Robert (1967). Coastal upwelling and the - - - ecology of lower tropic levels. Doctoral thesis. - -- Oregon State University.
- Morales Zuñiga, Carolina (1977). Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Ciencias Marinas Vol. 4 (1): 23-33.
- Newmann and Pierson (1966). Principles of physical Oceanography. Park, Kilho; June G. Patullo and Bruce Wyatt (1962). Chemical properies as indicator of upwelling along the Oregon -- Coast. Collected reprints 1956-62 Vol. 1 pp. 142-144.
- Reid, J. L. Jr., G. I. Roden and J. G. Willie (1958). Studies of the California Current System. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., Prog. Contribucion de S. I. O. new - - - series No. 998 pp. 293
- Reid, J. L. Jr., and C. G. Worrall (1964). Detailed measure-- ments of a shallow salinity minimum in the thermocline. Journal of Geophysical Research Vol. 69 No. 22, Nov. 15, 1964.
- Smith, R. L., (1968). Upwelling. Collected reprints. 1968 - Vol. 7, pp. 237-272.
- Smith, R. L. (1974). A description of Current, wind, and sea level variations during Coastal Upwelling off the Oregon Coast. July - August 1972. Journal of Geophysical - - Research Vol. 79, No. 3. (1974).
- Stevenson, Merrith, R. (1969). Oceanografía Física y Biológica cerca a la entrada del Golfo de California. Octubre - - 1966 - Agosto 1967. Inter-American Trop. tuna, Comon. - Bull. A.: 389 - 504.
- Sverdrup, H. V., M. V. Johnson, and R. H. (1942). The Ocean. - Prentice-Hall in N. J.
- Walsh, J. John, James, C. Kelley, Terry E. Whitlegey, Jane, J.- MacIssac (1974). Spin-up of the Baja California - - - -

upwelling ecosystem. Limnology and Oceanography Vol. -
19 (4).

Wooster, W. S., and Reid, Jr. (1963). Eastern Boundary - - -
Currents. in M. N. Hill (editor) The sea. Vol. 2, pp.
252 -280. Interscience, Public., N. J.

Wyrtky, Klaus (1962). The oxygen minima in relation to ocean
circulation. Deep-Sea Research, Vol. 9: 11-23.