

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



VARIACIONES ESTACIONALES DE LA TEMPERATURA EN LA BAHIA DE TODOS LOS SANTOS, B. C.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
O C E A N O L O G O
P R E S E N T A
Carolina Morales Zúñiga
ENSENADA, B. C. 1977

INDICE

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION.	2
Antecedentes.	2
Algunos aspectos acerca de la distribución de temperatura en los océanos.. . . .	3
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.. . . .	6
EQUIPO Y METODO.	9
RESULTADOS.	11
DISCUSIONES	14
CONCLUSIONES.	18
BIBLIOGRAFIA.. . . .	19
FIGURAS	21

LISTA DE FIGURAS

Figura No.

- 1 Distribución de temperatura en un océano idealizado sin movi
 miento.
- 2 Temperatura superficial promedio de los océanos en Agosto.
- 3 Temperatura superficial promedio de los océanos en Febrero.
- 3bis Carta de circulación oceánica superficial.
- 4 Area de trabajo y estaciones durante los cruceros efectuados
 de junio de 1972 a febrero de 1973.
- 4bis Mapa batimétrico de la Bahía de Todos Santos, B.C.
- 5 Area de trabajo y estaciones durante el crucero efectuado el
 29 de abril de 1972.
- 6 Mapa que muestra la división arbitraria de la bahía de Todos
 Santos, B. C. en cuatro regiones.
- 7 Mapa que muestra los transectos verticales.
- 8 Temperatura superficial de la bahía observada el 29 de abril
 de 1972.
- 9 Temperatura observada a 5 m de profundidad en la bahía el 29
 de abril de 1972.
- 10 Temperatura observada a 10 m de profundidad en la bahía el
 29 de abril de 1972.
- 11 Temperatura observada a 15 m de profundidad en la bahía el
 29 de abril de 1972.
- 12 Temperatura observada a 20 m de profundidad en la bahía el
 29 de abril de 1972.
- 13 Temperatura observada a 30 m de profundidad en la bahía el 29
 de abril de 1972.
- 14 Perfil vertical de temperatura observada el 29 de abril de
 1972. Transecto 1.
- 15 Perfil vertical de temperatura observada el 29 de abril de

- 16 Perfil vertical de temperatura observada el 29 de abril de 1972. Transecto 3.
- 17 Temperatura superficial de la bahía observada el 20-21 de junio de 1972.
- 18 Temperatura observada a 5 m de profundidad en la bahía el 20-21 de junio de 1972.
- 19 Temperatura observada a 10 m de profundidad en la bahía el 20-21 de junio de 1972.
- 20 Temperatura observada a 15 m de profundidad en la bahía el 20-21 de junio de 1972.
- 21 Temperatura observada a 20 m de profundidad en la bahía el 20-21 de junio de 1972.
- 22 Temperatura observada a 30 m de profundidad en la bahía el 20-21 de junio de 1972.
- 23 Perfil vertical de temperatura observada el 20-21 de junio de 1972. Transecto 1.
- 24 Perfil vertical de temperatura observada el 20-21 de junio de 1972. Transecto 2.
- 25 Perfil vertical de temperatura observa el 20-21 de junio de 1972. Transecto 3.
- 26 Perfil vertical de temperatura observada el 20-21 de junio de 1972. Transecto 4.
- 27 Temperatura superficial de la bahía observada el 30-31 de agosto de 1972.
- 28 Temperatura observada a 5 m de profundidad en la bahía el 30-31 de agosto de 1972.
- 29 Temperatura observada a 10 m de profundidad en la bahía el 30-31 de agosto de 1972.
- 30 Temperatura observada a 15 m de profundidad en la bahía el 30-31 de agosto de 1972.
- 31 Temperatura observada a 20 m de profundidad en la bahía el 30-31 de agosto de 1972.
- 32 Temperatura observada a 30 m de profundidad en la bahía el 30-31 de agosto de 1972.
- 33 Perfil vertical de temperatura observada el 30-31 de agosto de 1972. Transecto 1.

- 34 Perfil vertical de temperatura observada el 30-31 de agosto de 1972. Transecto 2.
- 35 Perfil vertical de temperatura observada el 30-31 de agosto de 1972. Transecto 3.
- 36 Perfil vertical de temperatura observada el 30-31 de agosto de 1972. Transecto 4.
- 37 Temperatura superficial de la bahía observada el 10. de octubre de 1972.
- 38 Temperatura observada a 5 m de profundidad en la bahía el 10. de octubre de 1972.
- 39 Temperatura observada a 10 m de profundidad en la bahía el 10. de octubre de 1972.
- 40 Temperatura observada a 15 m de profundidad en la bahía el 10. de octubre de 1972.
- 41 Temperatura observada a 20 m de profundidad en la bahía el 10. de octubre de 1972.
- 42 Temperatura observada a 30 m de profundidad en la bahía el 10. de octubre de 1972.
- 43 Perfil vertical de temperatura observada el 10. de octubre de 1972. Transecto 1.
- 44 Perfil vertical de temperatura observada el 10. de octubre de 1972. Transecto 2.
- 45 Perfil vertical de temperatura observada el 10. de octubre de 1972. Transecto 3.
- 46 Perfil vertical de temperatura observada el 10. de octubre de 1972. Transecto 4.
- 47 Temperatura superficial de la bahía observada el 4-5 de febrero de 1973.
- 48 Temperatura observada a 5 m de profundidad en la bahía el 4-5 de febrero de 1973.
- 49 Temperatura observada a 10 m de profundidad en la bahía el 4-5 de febrero de 1973.
- 50 Temperatura observada a 15 m de profundidad en la bahía el 4-5 de febrero de 1973.
- 51 Temperatura observada a 20 m de profundidad en la bahía el 4-5 de febrero de 1973.

- 52 Temperatura observada a 30 m de profundidad en la bahía el 4-5 de febrero de 1973.
- 53 Perfil vertical de temperatura observada el 4-5 de febrero de 1973. Transecto.1.
- 54 Perfil vertical de temperatura observada el 4-5 de febrero de 1973. Transecto 2.
- 55 Perfil vertical de temperatura observada el 4-5 de febrero de 1973. Transecto 3.
- 56 Perfil vertical de temperatura observada el 4-5 de febrero de 1973. Transecto 4.

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi agradecimiento a las siguientes personas que contribuyeron a la realización de este trabajo:

A Oceanólogo María Luisa Argote Espinoza. Directora de Tesis y a M. en C. Luis Gustavo Álvarez Sánchez.

Oceanólogo Katsuo Nishikawa K. y Dr. Nicolás Grijalva O. ex-director del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y ex-director del C.I.C.E. S.E. respectivamente sin cuya valiosa ayuda este trabajo no se habría realizado.

P.O. José Luis Ortega P. por su valiosa colaboración en los cruceros efectuados, así mismo a Elliot Taylor B., Físico Saul Miranda Alonso, Físico José Luis Ochoa de la Torre, Oceanólogo Carmen Chávez de Ochoa, Oceanólogo Ignacio Contreras Rivas, P.O. Enrique Viveros A., P.O. Oscar Valenzuela Ll., Ricardo Vidal T., M. en C. Antonio Badán D., P.O. Horacio Guajardo y a los compañeros de la Escuela Superior de Ciencias Marinas y del C.I.C.E.S.E. que en distintas ocasiones participaron en este trabajo.

Dr. Niels Christensen por su valiosa crítica y por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

José Zertuche por el esmero y paciencia con que elaboró las gráficas presentadas en este trabajo.

RESUMEN

Con el fin de conocer la variación estacional de la temperatura en la Bahía de Todos Santos, B. C. se efectuaron cinco cruceros en las siguientes fechas: 29 de abril de 1972, 21 de junio de 1972, 31 de agosto de 1972, 10. de octubre de 1972 y 5 de febrero de 1973. Durante estos cruceros se obtuvieron batitermogramas en 33 estaciones que se eligieron con base en los estudios realizados por Cabrera Muro (1972). A partir de los batitermogramas se trazaron gráficas horizontales y verticales. Del análisis de las gráficas se concluye que la temperatura de la bahía aumenta de la parte NW de la bahía hacia el SE de la misma. La termoclina se observó bien desarrollada en junio debido a la radiación solar que es máxima en junio y a los vientos dominantes que soplan con mayor intensidad en este mes, los que dan origen a las surgencias y mezclan el agua. En febrero la termoclina se observó muy débil. La temperatura mínima superficial se observó en febrero debido a que las aguas del océano sufren también un retraso con respecto a la radiación mínima que ocurre en diciembre. La temperatura superficial varió 7.5°C de agosto de 1972 a febrero de 1973 en el NW de la bahía y 9.6°C en el SE. El gradiente de temperatura superficial máximo ocurre en el mes de junio y el mínimo en febrero. Existe relación entre los gradientes horizontales de temperatura y los índices de surgencia calculados por Bakun (1975).

INTRODUCCION

La Temperatura es uno de los factores más importantes en el medio ambiente marino, su acción es determinante sobre el metabolismo y los ciclos reproductivos de los organismos vegetales y animales que lo habitan. También influye en las innumerables reacciones químicas que actúan sobre los factores ambientales como son gases en solución, etc.. La Temperatura es también un buen índice para el estudio de los fenómenos de surgencia.

La densidad es también una propiedad muy importante del agua de mar que depende de la temperatura. De la distribución de densidad se derivan algunas corrientes oceánicas que influyen en los climas en las diferentes latitudes de la Tierra.

Como se puede apreciar la temperatura es uno de los parámetros ambientales que tienen mayor influencia sobre numerosos fenómenos y su conocimiento ofrece considerable información útil para el estudio de los mismos.

El presente estudio pretende establecer las variaciones estacionales de temperatura en la Bahía de Todos Santos, B. C.

Antecedentes.- La Bahía de Todos Santos, B. C. no ha sido estudiada en una forma sistemática sino que existen diversos trabajos que se han realizados en distintos períodos y zonas de acuerdo con el particular interés de los investigadores.

El primer estudio que existe de la Bahía de Todos Santos, B. C. es el efectuado por Walton (1955) sobre la ecología de foraminíferos bentónicos. En su estudio incluye datos de temperatura y salinidad para algunos meses del año. Benson (1959) estudió la ecología de ostrácodos recientes de la región de la bahía de Todos Santos, B. C. Hubbs y Hubbs (1963) midieron la temperatura superficial durante 14 años en diferentes puntos de las costas de California y Baja California desde La Jolla, California a Punta Banda, B. C. Siete estaciones estuvieron localizadas en la Bahía incluyendo tres que se encuentran en el Estero de Punta Banda. Alvarez Sánchez (1971) midió corrientes superficiales en la Bahía. Cabrera Muro (1972) observó la distribución

de temperatura en la Bahía de Todos Santos, B. C. de junio a octubre de 1971. Contreras Rivas (1973) efectuó mediciones de temperatura y salinidad en los meses de julio, agosto y septiembre de 1972 frente al Estero de Punta Banda. Agosta Ruiz y Alvarez Borrego (1973) midieron temperatura, salinidad, oxígeno no disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH en el Estero de Punta Banda en los meses de septiembre de 1972 a febrero de 1973.

Algunos aspectos acerca de la distribución de temperatura en los océanos.-

Las diferencias de temperatura que existen en los océanos se deben a que en las regiones ecuatoriales la superficie del mar recibe más calor que el que pierde y en las regiones polares ocurre a la inversa. Si los océanos estuviesen en completo reposo la distribución vertical y meridional de temperatura sería como la que se muestra en la figura 1 y que es el resultado de la conducción de calor tanto en la dirección meridional como en la vertical. Dado que las fuentes de calor, así como la pérdida del mismo en la superficie del mar se asume que son simétricas con respecto al ecuador, se observa que la distribución de temperatura que resulta es también simétrica con respecto al ecuador, y muestra gradientes verticales de temperatura muy fuertes en los estratos superiores de las regiones ecuatoriales y estratificación casi homoterma en las regiones polares.

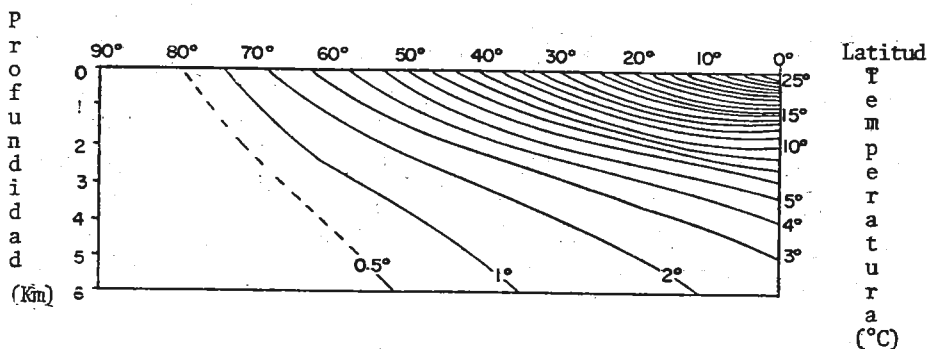


Figura No. 1.- Distribución de temperatura en un océano idealizado sin movimiento como un resultado de conducción de calor.- (Según Neumann y Pierson 1966).

Las figuras 2 y 3 muestran la distribución promedio de la temperatura superficial en los océanos para los meses de agosto y febrero. Si comparamos

estas distribuciones horizontales con las de un océano idealizado (figura 1) se puede notar que existe una diferencia de temperatura a lo largo de los paralelos en los extremos este y oeste de los océanos principalmente en el hemisferio norte (Neumann y Pierson 1966). En el océano Pacífico podemos observar que a altas latitudes, en el hemisferio norte el lado americano tiene temperatura mayor que en las costas asiáticas con un máximo alrededor de los 50°N, en latitudes medias esta diferencia decrece rápidamente y en regiones tropicales las costas asiáticas tienen temperatura mayor que en América. En el hemisferio sur, en latitudes bajas y medias el comportamiento de la temperatura es similar, pero en latitudes altas la temperatura es muy homogénea debido a que el área que ocupan los océanos en este hemisferio es diez veces mayor que la que ocupan los continentes (Neumann y Pierson 1966). Estas diferencias se deben principalmente a:

- a).- Corrientes de gran escala.
- b).- Movimientos verticales en regiones de convergencia y divergencia.
- c).- Variación de la radiación solar.

a).- Corrientes de gran escala.- Una parte importante de la circulación general de los océanos se desarrolla en los giros subtropicales, que se extienden desde el ecuador hasta los 45° donde predominan los vientos de oeste (figura 3 bis). En estos giros, el flujo superficial es predominantemente anticiclónico, con corrientes zonales en el norte y sur, fuertes corrientes permanentes con dirección al ecuador en el centro y este. A altas latitudes, especialmente en el Pacífico, se observan giros subtropicales ciclónicos con corrientes en el oeste, que en el presente caso son dirigidos hacia los polos (Wooster y Reid 1963). La Corriente del Golfo en el Atlántico se dirige hacia los polos y transporta agua de temperatura relativamente más alta que la que se encuentra en esas latitudes. La Corriente de Kuroshio en el Pacífico Norte y la Corriente del Atlántico del Norte también transporta agua de temperatura relativamente más alta hasta las costas oeste de los continentes americano y europeo respectivamente. Esto hace que el invierno en los países que se encuentran en las costas no sean tan severos como ocurriría en ausencia de dichas corrientes. La Corriente de California en el Pacífico del Norte y la Corriente de Perú en el Pacífico del Sur son corrientes que se dirigen al ecuador y que transportan agua de temperatura relativamente baja. En este caso sucede que los veranos en las costas, a lo largo de las cuales corren las corrientes, son menos calurosos que en los lugares que se localizan tierra adentro.

b).- Movimientos verticales en regiones de convergencia y divergencia.- En general, el agua de densidad más alta se forma en latitudes altas y su hundimiento llenando las cuencas oceánicas. El hundimiento del agua superficial no está limitado a regiones en las cuales se forma agua de densidad muy alta sino que tiene lugar dondequiera que convergen las corrientes. El agua que se hunde desciende hasta donde encuentra agua cuya densidad tenga el mismo valor. En general la densidad de las capas superiores aumenta de los trópicos hacia los polos y el agua que se hunde en una latitud alta se hunde a mayor profundidad que la que se hunde en latitudes medias. La convergencia más notable es la Convergencia Antártica que puede trazarse alrededor del Antártico. El agua que se hunde en esta Convergencia tiene baja salinidad pero también tiene temperatura baja y por lo tanto densidad relativamente alta. En latitudes medias y bajas se encuentran la Convergencia Subtropical y la Convergencia Tropical que no están tan bien definidas como la Convergencia Antártica. La Convergencia Subtropical se localiza en latitudes en las que la densidad de las capas superiores aumenta rápidamente hacia los polos. El movimiento ascendente a gran escala ocurre alrededor del Antártico, especialmente al sur del Océano Atlántico donde las aguas profundas que suben reemplazan el agua que contribuye a la formación del agua del fondo Atlántico y al agua que se hunde en la Convergencia Atlántica (Sverdrup et al, 1942). El agua que desciende en las zonas de convergencia está equilibrada con la que asciende en las zonas de divergencia. Los movimientos ascendentes ocurren en las regiones de corrientes divergentes.

c).- Variación de la radiación solar.- En el ecuador y en los polos la variación anual de temperatura superficial es menor de 2°C . El valor máximo de variación, 7°C , se presenta en latitudes entre los 30° y 40° donde se encuentra la máxima variación de la radiación solar (Dietrich 1963). La mínima variación en los trópicos se explica por la pequeña variación de la radiación solar que llega a los trópicos. En las regiones subtropicales (30° y 40°) las diferencias estacionales en el calentamiento y enfriamiento son muy grandes ya que con las estaciones las distancias cenitales del sol varían y la radiación reflejada es mayor debido a que hay menor nubosidad. A mayores latitudes la radiación es menos efectiva. (Neumann y Pierson 1966).

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en la Bahía de Todos Santos, B. C. (figura 4) que se localiza entre los $31^{\circ}40'$ y $31^{\circ}55'$ N de latitud y $116^{\circ}36'$ y $116^{\circ}50'$ W de longitud, tiene una área total de aproximadamente 167.6 Km^2 , está limitada en el sur y oeste por Punta Banda que es rocosa y montañosa y las islas de Todos Santos, y en el norte por la costa de Baja California. El límite interno de la bahía es bajo y está caracterizado por playas largas y arenosas y dunas bajas. El Estero de Punta Banda, una laguna costera, está separada de la bahía por una barra que se extiende desde Punta Banda hacia el noroeste por una distancia de aproximadamente 7.5 Km. Está caracterizada por un canal principal en forma de "L". La costa sur de la bahía de Todos Santos, a lo largo de Punta Banda es rocosa y con acantilados. La costa norte de la bahía también es rocosa con excepción de playas de bolsillo aisladas (Walton 1955).

La bahía no es muy profunda (figura 4 bis) ya que el 80% del área del fondo se encuentra a menos de 50 m de profundidad y 20% forma parte del cañón submarino entre las islas de Todos Santos y Punta Banda cuya salida se encuentra al suroeste. La bahía tiene dos entradas. La del noroeste tiene 12 Km de ancho, tiene profundidades menores de 50 m. La entrada suroeste, de 6 Km de ancho, tiene pendientes pronunciadas sobre todo en las proximidades de las islas. A un kilómetro de la isla sur, en dirección de Punta Banda, la profundidad es de 150 m y a dos kilómetros es poco menor de 400 m en el fondo del cañón submarino.

En la bahía las isobatas superiores a 50 m son irregulares y sólo a partir de la isobata de 15 m tienden a ser paralelas a la línea de costa, sobre todo en el margen este que está constituido por playas arenosas.

Generalmente los vientos dominantes en la bahía tienen dirección NW, con una velocidad promedio de 4 m/seg. En otoño e invierno se presenta la mayor variación de la dirección del viento (Alvarez Sánchez 1970).

En las costas de Baja California la distribución de temperatura se ve

afectada por la Corriente de California. El sistema de la Corriente de California lo forman, una corriente con frontera al este caracterizado por un flujo ancho (10,000 Km), poco profundo (500 m) con velocidad de 25 cm/seg, que fluye hacia el sur a lo largo de la costa de Norteamérica, una contracorriente que fluye al norte, y surgencias estacionales (Wooster y Reid 1963). A la corriente que fluye al sur se le conoce como Corriente de California. La contracorriente de California es una corriente subsuperficial que fluye hacia el norte a lo largo de la costa de Norteamérica desde Baja California hasta poco más al norte de Cabo Mendocino con su centro más o menos a 200 m de profundidad (Reid et al 1958). Los fuertes vientos del norte y noroeste que se desarrollan en primavera y verano hacen que el agua superficial sufra un transporte hacia afuera de la costa bajo la influencia de la fuerza de Coriolis. El agua subsuperficial, probablemente de menos de 200m, se eleva para reemplazar el agua que se ha alejado, a este proceso se le conoce como surgencia inducida por el viento (Sverdrup y Fleming 1941).

Los vientos norte y noroeste son generalmente más fuertes en Baja California en los meses de abril y mayo, en California central en mayo y junio, en el norte de California durante junio y julio, y en Oregon en agosto. Las surgencias pueden desarrollarse en cualquiera época del año si las condiciones del viento son favorables (Smith 1968). Los cambios hidrográficos que tienen lugar en zonas costeras a lo largo de California son causados por los cambios estacionales en el sistema de la Corriente de California y son similares a ellos (Smethie 1972). Estos cambios estacionales han sido muy bien establecidos para la bahía de Monterey por Skosberg (Smethie 1972).

Bakun en 1975 establece que los esfuerzos del viento tienden a tener una componente a lo largo de la costa durante todos los meses, lo que implica condiciones favorables para surgencias costeras durante todo el año. Los vientos estacionales varían más bien en magnitud que en dirección. El transporte de Ekman superficial computado del campo de esfuerzo de vientos indican que las surgencias son más fuertes a lo largo de la costa al sur de los 30°N de latitud de marzo a junio. De septiembre a diciembre se debilita, julio y agosto y enero y febrero son períodos de transición (Bakun 1975).

Bakun (1975) calculó índices de surgencia para los años 1972, 1973 y 1974 para las latitudes comprendidas entre los 21°N y 33°N espaciados en 3 grados de latitud. En la tabla siguiente se enlistan los índices calculados por Bakun para los años de 1972 y 1973 para una latitud de 33°N.

INDICES DE SURGENCIAS MENSUALES PARA LOS AÑOS DE 1972 Y 1973 PARA UNA LATITUD DE 33°N CON UNIDADES EN METROS CUBICOS POR SEGUNDO POR 100 METROS DE LONGITUD DE COSTA ($m^3/seg/100\ m$), SEGUN BAKUN (1975).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

8	33	168	228	243	283	254	201	144	36	16	24
---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

1973

15	1	182	216	290	282	288	234	167	65	75	24
----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

EQUIPO Y METODO

EQUIPO.

Para efectuar las observaciones en la bahía se utilizó el siguiente equipo:

Una lancha.

Un batitermógrafo con rango de 0 a 135 m y 0 a 30°C.

Termómetro de cubeta con rango de -2°C a 32°C.

Un sextante.

Anemómetro manual.

Disco de Secchi.

METODO.

Localización.- Para la obtención de los datos se analizó el trabajo realizado por Cabrera Muro (1972) (figura 5) en base a ello se planeó la red de estaciones que se muestra en la figura 4. Esta difiere básicamente con respecto a la de Cabrera Muro, en la línea que se localiza entre Punta Banda y la isla sur de Todos Santos y además se planeó tomar datos en la zona costera entre Punta San Miguel y el puerto de Ensenada.

Para obtener los datos de temperatura se planeó la red de estaciones que se muestra en la figura 4. El recorrido se hizo a bordo de la embarcación "Citlalli" de la E.S.C.M. siguiendo los rumbos de las hidrolíneas trazadas en la carta de navegación. La navegación se hizo por estima. Para comprobar la posición de cada estación se utilizó el sextante.

Obtención de datos.- Los datos de temperatura se obtuvieron por medio de batitermogramas.

En cada estación se efectuaron también las siguientes observaciones:

Velocidad y dirección del viento.

Nubosidad.

Visibilidad (estimada).

Altura y dirección de las olas (estimada).

Transparencia del agua.

Análisis de datos.- Una vez obtenidos los batitermogramas se procedió a trazar las gráficas horizontales y verticales. Las gráficas horizontales se trazaron a 0m, 5m, 10m, 15m, 20m y 30m. Los perfiles verticales hasta 50 m donde lo permitió la profundidad del fondo.

Para describir con mayor facilidad los perfiles horizontales, se dividió la bahía en cuatro Regiones que se les llamará Región NW, Región NE, Región SE y Región SW y Zona Central (figura 6). Al área de la bahía localizada entre Punta Banda y la isla sur se le llamará "Canal" y a la que se encuentra entre la isla norte y Punta San Miguel se le llamará "Boca de la Bahía".

Al trazar los perfiles verticales se escogieron cuatro transectos, tal como se indica en la figura 7, para observar con mayor claridad los gradientes de temperatura. El valor de los gradientes de temperatura fué calculado entre los puntos marcados en la figura 7 localizados en la Boca de la Bahía y el fondo de la bahía en la Región SE.

Para apreciar mejor el comportamiento de las isotermas, se trazaron los perfiles verticales con escala horizontal 1:100,000 y escala vertical 1:250.

RESULTADOS

Se efectuaron cinco cruceros en las siguientes fechas: 29 de abril de 1972, el 20-21 de junio de 1972, el 30-31 de agosto de 1972, el 10. de octubre de 1972 y el 4-5 de febrero de 1973.

Los resultados que se obtuvieron se describen a continuación:

ABRIL DE 1972.-

En el crucero del mes de abril se observó el gradiente más pronunciado en la superficie (figura 8) en la Región SW. Lo forman las isopletras de los 14.5°C, mientras que en el resto de la bahía la temperatura varía 0.1°C/Km aproximadamente. A los 5 m (figura 9) las isotermas de los 12.°C a los 17.°C forman un gradiente de 0.8°C/Km en la Región SW. A los 10 m (figura 10) se presenta un gradiente en la Región SE con la temperatura más alta del lado de la costa y la menor cerca de Punta Banda. A 15 m el gradiente se encuentra en la Zona Central y las isotermas varían de 11.°C en el suroeste de la bahía a 13.°C en la Zona Central. A los 20 y 30 m (figuras 12 y 13) las isotermas, en general, se curvan hacia el oeste con la temperatura mayor cerca de la costa.

En los perfiles se observa que las isotermas, de los 16.°C a los 14.°C son paralelas en los tres transectos (figuras 14, 15 y 16) y en todos se observa que las isopletras descienden hacia la costa.

La temperatura vertical varía de 17.°C en la superficie a 10.°C a 30 m.

JUNIO DE 1972.-

En la figura 17 se puede observar que en el crucero del mes de junio que la temperatura superficial varió de 17.°C en la Boca de la Bahía hasta 21.°C en la Región SW formando un gradiente de 0.3°C/Km aproximadamente. A los 5 m (figura 18) las isotermas se comportan de manera similar a la superficie. Esta vez varió de 15.5°C en la Boca de la Bahía a 21.°C en la Región

SW. A los 10 m las isotermas se orientan con una dirección norte-sur y el gradiente horizontal es más fuerte.

De los 15 m a los 30 m (figuras 20, 21 y 22) la distribución de temperatura se hace muy irregular. Las isopletras que se localizan en la Boca de la Bahía y en las Regiones NE y NW se curvan fuertemente y tienden a avanzar hacia el centro de la bahía.

En los transectos 2 y 3 (figuras 24 y 25) se puede apreciar que la termoclina se presenta entre los 10 y 15 m mientras que en el Canal (transecto 4) ocurre entre los 5 y 10 m. En la Boca de la Bahía (transecto 1, figura 23) la temperatura varió uniformemente hasta los 30 m presentando en la superficie una zona de temperatura más alta (18.°C) en Punta San Miguel.

AGOSTO DE 1972.-

En el crucero de este mes se registraron las temperaturas más altas de todos los muestreos. En la superficie (figura 27) la temperatura menor fue de 18.5°C en la isla norte y la más alta de 22.5°C se registró en Punta Morro y al sur del puerto. En la superficie (figura 27) las isotermas forman un gradiente de 0.15°C/Km entre la Boca de la Bahía y la Región SE. A los 5 m (figura 28) las isotermas tienen una orientación norte-sur y varían de 17.°C en la isla norte a 22.°C frente al estero formando entre estos puntos un gradiente de 0.4°C/Km. A los 10 m (figura 29) el patrón de distribución es similar al de la superficie, salvo en el puerto y en la isla sur en el Canal. El gradiente entre la Boca de la Bahía y la Región SE es de 0.2°C/Km. De los 15 m a los 30 m (figuras 30, 31 y 32) se puede observar que las isotermas tanto en la Boca de la Bahía como en la Región NE tienden a avanzar hacia la Región SW por el Canal. Se puede apreciar también como en la Región SE se forma un gradiente más marcado (presentándose en esta Región las temperaturas más altas en estos tres niveles).

En los perfiles verticales (figuras 33, 34, 35 y 36) se puede observar que la termoclina ocurre entre los 7 y 15 m de profundidad y que la temperatura aumenta siempre hacia la costa.

La temperatura vertical varía de 22.5°C en la superficie a 11.°C a 30 m.

OCTUBRE DE 1972.-

En la superficie (figura 37) las isotermas forman un gradiente entre la Boca de la Bahía y la Región SE de 0.1°C/Km. La temperatura varió, en la superficie, de 18.°C en la Boca de la Bahía a 20°C frente a la costa entre Pun

ta Sauzal y el puerto. De los 10 m a los 30 m (figuras 39, 40, 41 y 42) se observa que la distribución de temperatura es más o menos semejante, las isotermas de temperatura más alta tienden a formar curvas cerradas en la Zona Central.

En los perfiles 2 y 3 (figuras 44 y 45) el gradiente vertical entre 5 m y 10 m es más marcado cerca de la costa mientras que alejado de ella la termoclina se debilita. En el Canal el comportamiento de las isotermas es muy irregular.

La temperatura vertical varió de 20.°C en la superficie a 14.°C a 30 m.

FEBRERO DE 1973.-

En el crucero de este mes el gradiente horizontal en la superficie (figura 47) fué muy débil. Lo mismo ocurre en los niveles de 5m, 10, 15m, 20m y 30 m (figuras 48, 49, 50, 51 y 52). La característica más notable es la curva cerrada que forma la isoterma de los 11.5°C en la Zona Central. La bahía presenta casi en su totalidad una temperatura de 12.°C. La isoterma de los 13.°C se localiza en la Región SE con dirección norte en los niveles de 0 m a 20 m. A los 30 m casi desaparece.

El gradiente vertical también se observó muy débil en este mes, la temperatura disminuye paulatinamente con la profundidad (figuras 53, 54, 55 y 56).

La temperatura varía de 13.°C en la superficie a 11.5°C a 30 m.

DISCUSIONES

ABRIL DE 1972.-

Durante este crucero se observó que la temperatura superficial de la bahía no varió mucho a través de la misma, con excepción del gradiente que se encuentra en la Región SW formado por agua de temperatura menor que el resto de la bahía.

La presencia de agua de baja temperatura en la Región SW se debe a que son aguas del exterior que penetran a la bahía por el Canal, ya que el agua en el interior de la bahía tiene temperatura más alta. Esto se debe a que en esta época del año la cantidad de radiación solar que recibe la tierra va en aumento y la temperatura en la parte continental es mayor que en el océano ya que el agua tiene un calor específico alto y no incrementa su temperatura en la misma razón que la tierra. Así, el agua que se encuentra cerca de la costa tiene temperatura más alta que la que se encuentra alejada de ella.

La termoclina no se observó muy bien definida en este crucero.

JUNIO DE 1972.-

En el crucero del mes de junio se observó un gradiente horizontal bien desarrollado entre la Región NW y la Región SW.

Este gradiente se debe a que en esta época del año la radiación solar es mayor y la temperatura del agua va aumentando, sobre todo en la cercanía de la costa. Los vientos dominantes en esta época del año son propicios para el desarrollo de surgencias. El proceso de surgencia mediante el cual el agua subsuperficial, asciende para reemplazar el agua que se aleja de la costa, tiene lugar en la costa de California y Baja California principalmente en puntas o cabos. Se desarrolla en los meses de mayo a junio que es la época en que los vientos del N y NW son más fuertes. El transporte de Ekman superficial computado del campo de esfuerzo de viento indica que las surgen--cias son más fuertes a lo largo de la costa al sur de los 30°N de latitud

de marzo a junio (Bakun 1975). El índice de surgencia calculado por Bakun (1975) para el mes de junio de 1972 es de 283, el más alto valor para este año. Hubbs y Hubbs (1963) en sus observaciones de temperatura efectuados de 1955 a 1961 observaron rasgos de surgencias en Punta San Miguel. Cabrera Mu ro (1972) encontró durante los meses de junio a octubre de 1971 temperaturas menores que en el resto de la bahía en esta zona. Igualmente Argote Espinoza (en preparación) encontró indicios de surgencias cuando las condiciones de viento son favorables.

Por otro lado la influencia del Estero hace que la temperatura del agua aumente en la Región SE. (Contreras Rivas 1973).

Así, debido a las surgencias cuya influencia se manifiesta en la Región NW, por un lado, y a la influencia del Estero por el otro, el gradiente superficial es pronunciado en este mes.

La termoclina, en este crucero, se encontró bien definida a los 12 m de profundidad porque la intensidad de la radiación que llega a la superficie del mar es mayor y la acción de los vientos del NW que dominan durante el año, y que son especialmente constantes en los meses cálidos (Alvarez Sánchez(1970), mezclan el agua superficial.

AGOSTO DE 1972.-

En el crucero efectuado en este mes se observaron las temperaturas más altas de todos los muestreos lo que concuerda con Walton (1952), Cabrera Mu ro (1972) y Argote Espinoza (en preparación). Como se mencionó anteriormente la intensidad de la radiación solar en estas latitudes (30° - 40°) es mayor en junio pero como el calor específico del agua es muy alto, el océano responde lentamente, por lo tanto es en agosto (Neumann y Pierson 1966) cuando la temperatura del agua es mayor.

El gradiente horizontal durante este crucero fué menos pronunciado que en junio. Esto se debe a que en esta época del año los vientos se presentan con menor intensidad que en junio y las surgencias que se presentan en Punta San Miguel parecen ser menos evidentes en este mes como lo indica el hecho de que en la Región SE la temperatura varió 0.5°C de junio a agosto mientras que en la Región NW aumentó 2.5°C . El índice de surgencia para este mes es de 201 según Bakun (1975).

La termoclina se presentó entre los 5 m y 10 m no muy bien desarrollada ya que la intensidad del viento disminuye al final del verano.

OCTUBRE DE 1972.-

En el crucero de octubre el gradiente horizontal es menos marcado que en agosto ya que en otoño la temperatura del agua comienza a disminuir porque la intensidad de la radiación solar disminuye y los vientos soplan con menor intensidad que en agosto.

FEBRERO DE 1973.-

Durante el crucero efectuado en este mes los gradientes tanto horizontal como vertical se observaron muy débiles.

La combinación de factores que controlan la estructura térmica vertical en latitudes alrededor de 30°N causa que los 150 m de agua superficial sean isotérmicos en invierno (Lafond 1962). Esta situación fué la que se observó en este crucero (figuras 53, 54, 55 y 56). Uno de los factores principales es la disminución en la intensidad de la radiación solar que es mínima en diciembre. Debido al alto valor del calor específico del agua las temperaturas mínimas se presentan en el océano en febrero (Neumann y Pierson 1966). En este crucero se registraron las temperaturas superficiales más bajas de todos los muestreos. Argote Espinoza (en preparación) observó también las temperaturas mínimas superficiales en este mes.

El índice de surgencias para febrero-73 es de 1 según Bakun (1975).

A través de los muestreos se observó que en abril (figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16) se registraron temperaturas de 11.°C desde los 15 m de profundidad y 10°C a los 30 m mientras que en febrero a los 30 m la menor fué de 11.5°C (figuras 52, 53, 54, 55 y 56). Así mismo la temperatura más alta a los 30 m se encontró en octubre y fué de 14.°C a 15.°C (figura 42), mientras que en agosto, que fué el mes en que se encontró la temperatura superficial más alta, se encontró a los 30 m, valores de 11.°C en la Boca de la Bahía y 14.5°C en la Región SE.

A continuación se anotan los índices de surgencia computados por Bakun (1975) y los gradientes horizontales de temperatura para los meses que se muestrearon calculados entre la Boca de la Bahía y la Región SE en los puntos marcados en la figura 7.

	Gradiente de Temperatura °C/Km	Indice de Surgencia m ³ /seg/100m
Abril de 1972	.08	228
Junio de 1972	.28	283
Agosto de 1972	.15	201
Octubre de 1972	.10	36
Febrero de 1973	.07	1

Bakun (1975) calculó los índices de surgencia para latitudes entre los 21°N y 33°N espaciados en 3 grados de latitud, una área muy grande comparada con la bahía, sin embargo dan una idea general del comportamiento de la zona.

El índice de surgencia presenta su valor más alto en junio de 1972 y coincide con el gradiente horizontal máximo de temperatura en la bahía, y el valor mínimo concuerda con el gradiente mínimo que fué en el mes de febrero de 1973.

Se intentó obtener una correlación entre los Indices de Surgencia de Bakun y los Gradientes de Temperatura horizontal, eliminándose los datos del mes de abril de 1972 ya que no obedecían la tendencia general del resto de los datos. Se obtuvo la Ecuación de Regresión:

$$Y_c = .0495 + .0637 \text{ Log } X$$

para la cual el error estandard de estimación es de .072 y el coeficiente de correlación es de 0.69.

Es importante hacer notar que la distribución de temperatura que se observó en la bahía en las fechas en que se efectuaron los cruceros puede variar de un día a otro. Estas variaciones de temperatura dependen principalmente de los vientos predominantes, mareas, ondas internas, corrientes; sin embargo estas variaciones no son importantes. Por lo tanto la distribución de temperatura observada durante los cruceros dan una idea del comportamiento de la temperatura en las distintas estaciones del año, ya que en general las isotermas se comportan de manera similar, de acuerdo con los estudios realizados en los mismos meses muestreados por Cabrera Muro (1972) y Argote Espinoza (en preparación).

CONCLUSIONES

De las discusiones se puede concluir que:

Generalmente la temperatura de la bahía aumenta de la Región NW hacia la Región SE.

El gradiente horizontal máximo de temperatura se encontró en el mes de junio entre la Boca de la Bahía y la Región SW. En la Boca de la Bahía, la temperatura está afectada tanto por el aumento y descenso de temperatura es tacional como por las surgencias. En la Región SW está afectada principalmente por el aumento y descenso de temperatura estacional.

El gradiente horizontal mínimo, en las capas superficiales, ocurrió en febrero que es cuando la intensidad de la surgencia es mínima (Bakun 1975) y la pérdida de calor del océano es máxima.

La termoclina se encontró bien desarrollada en junio debido al calentamiento de la superficie del mar y a la acción de los vientos dominantes del NW que soplan con mayor intensidad y mezclan el agua.

En febrero el gradiente vertical fué muy débil.

La radiación solar es máxima en junio y mínima en diciembre pero debido a que el calor específico del agua es alto y el océano responde lentamente, la temperatura máxima superficial se presentó en agosto y la mínima en febrero.

De los meses muestreados, la temperatura varió en la Región SE 9.6°C de agosto de 1972 a febrero de 1973. En la Boca de la Bahía la temperatura varió 7.5°C de agosto de 1972 a febrero de 1973.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ Sánchez, Luis Gustavo 1970. Vientos en Ensenada, B. C. publicado por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. 9 pp.
- ALVAREZ Sánchez, Luis Gustavo 1971. Medición de Corrientes Superficiales en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis que para obtener el título de Oceanólogo presentó en la E.S.C.M. Ensenada, B. C.
- ARGOTE Espinoza, Maria Luisa (en preparación). Distribución de los Parámetros Temperatura y Salinidad y Tendencias de la Circulación en la Bahía de Todos Santos, B. C.
- BAKUN, Andrew 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America 1946-71. NOAA Rept. NM-FE, SSRF-671, 85 pp.
- BAKUN, Andrew y CRAIG S. Nelson 1975. Climatology of the Upwelling- Related Processes off Baja California. Paper to be presented at and published in the Proceedings of a Symposium on Fisheries at Higher School of Marine Sciences, Ensenada Baja California, 17-22 February 1975.
- BENSON, H.R. 1959. Ecology of Recent Ostracodes of the Todos Santos Bay, B. C. México, University of Kansas pp 6-37.
- CABRERA Muro, Homero Rafael 1971. Distribución de Temperatura en la Bahía de Todos Santos. Tesis que para obtener el título de Oceanólogo presentó en la E.S.C.M. Ensenada, B. C.
- CONTRERAS Rivas, Ignacio 1973. Influencia Termohalina del Estero en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis que para obtener el título de Oceanólogo presentó en la E.S.C.M. Ensenada, B. C.
- DIETRICH, Gunther 1963. General Oceanography, Interscience Publishers
- HUBBS, Carl y Laura 1962. Shoreline Surface Water Temperature. Data Between La Jolla, California and Punta Baja, Baja California, 1955-1961, Scripps Contribution.
- LAFOND, E.C. 1962. Temperature Structure of the Upper Layer of the Sea and Its Variation with Time. Temperature and Measurements Control in Sea Industries Vol. 3 Part I pp 751-767.

- NEUMANN, Gerhard y PIERSON, Willard J. 1966. Principles of Physical
, Oceanography. Prentice Hall, Inc. N.J.
- SMETHIE, W.M. Jr. 1973. Some Aspects of the Temperature, Salinity,
Oxygen and Nutrients Distributions in Monterey Bay. Monterey
California Moss Landing Marine Laboratories, Technical. Technical
Publications 73-1, 1973. 106 pp.
- SMITH, R.L. 1968. Upwelling Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 6:11-46.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W., FLEMING, R.H. 1942. The Oceans, their
Chemistry and General Biology, Prentice Hall, Inc. N.J.
- WALTON, W.R. 1955. Ecology of Living Benthonic Foraminifera, Todos
Santos Bay, Baja California, J. of Paleontology, Vol. 29, No. 6
952 1018.
- WOOSTER, W.S. y REID, J.L. Jr. 1963. Eastern Boundary Currents. In: M.N.
Hill The Sea, Ideas and Observations on Progress in the Study of
the Seas. Vol. 2 pp. 253-280. Interscience Publ.

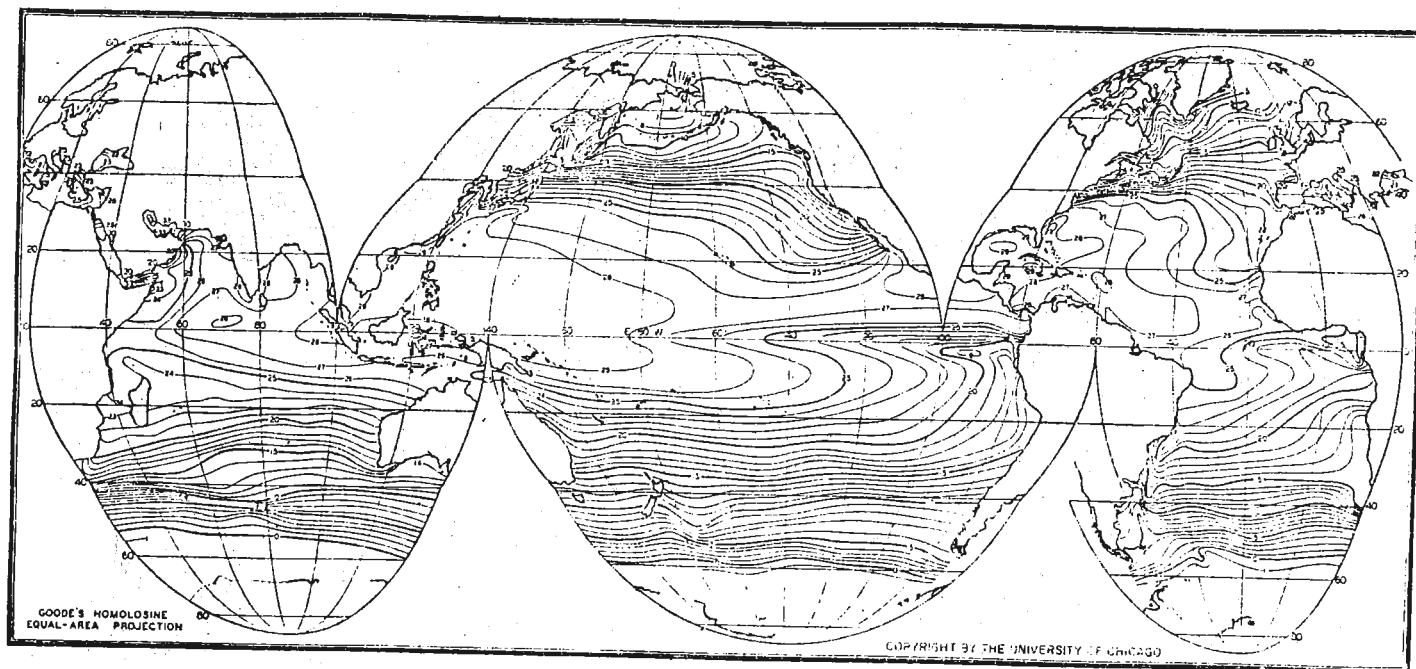


Figura No. 2 Temperatura superficial promedio de los océanos en Agosto. (Según Sverdrup, et al., (1942))

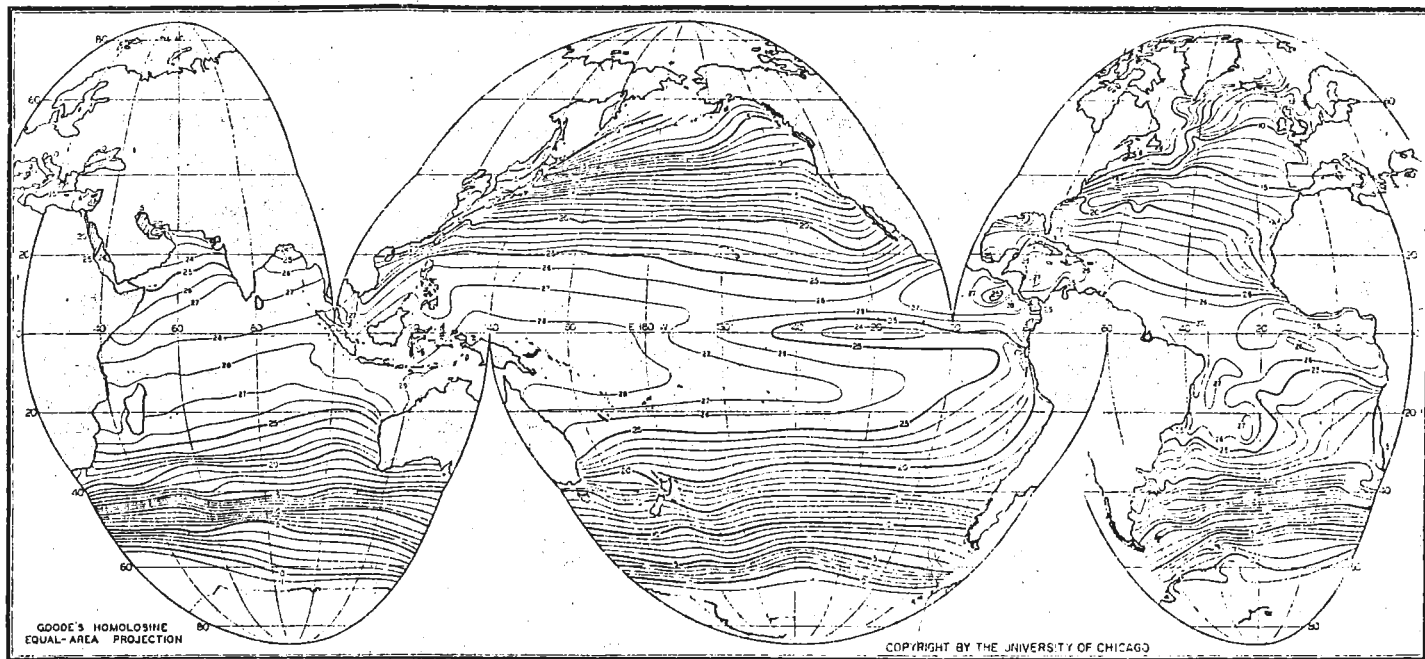


Figura No. 3 Temperatura superficial promedio de los océanos en
en febrero. (Según Sverdrup et al, (1942)).

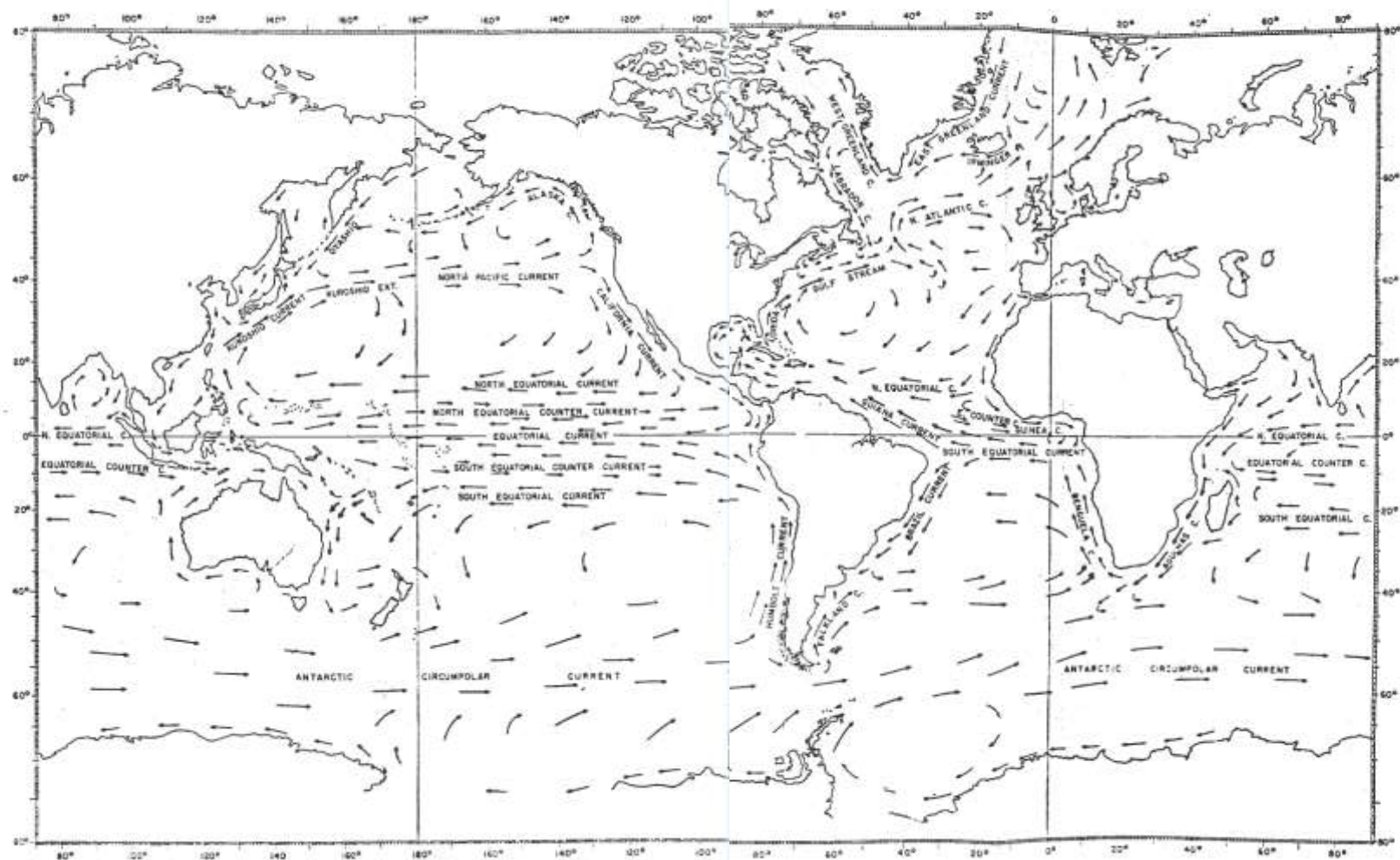
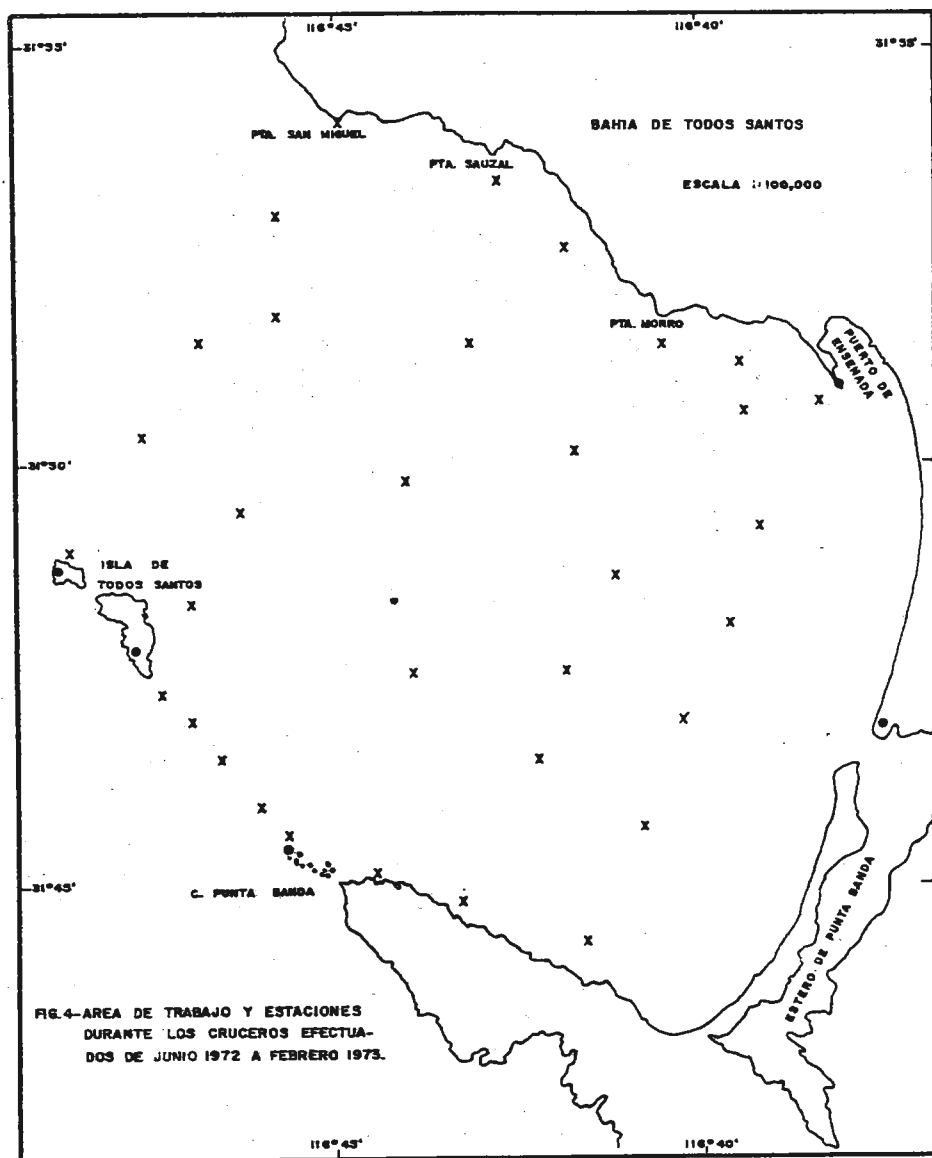
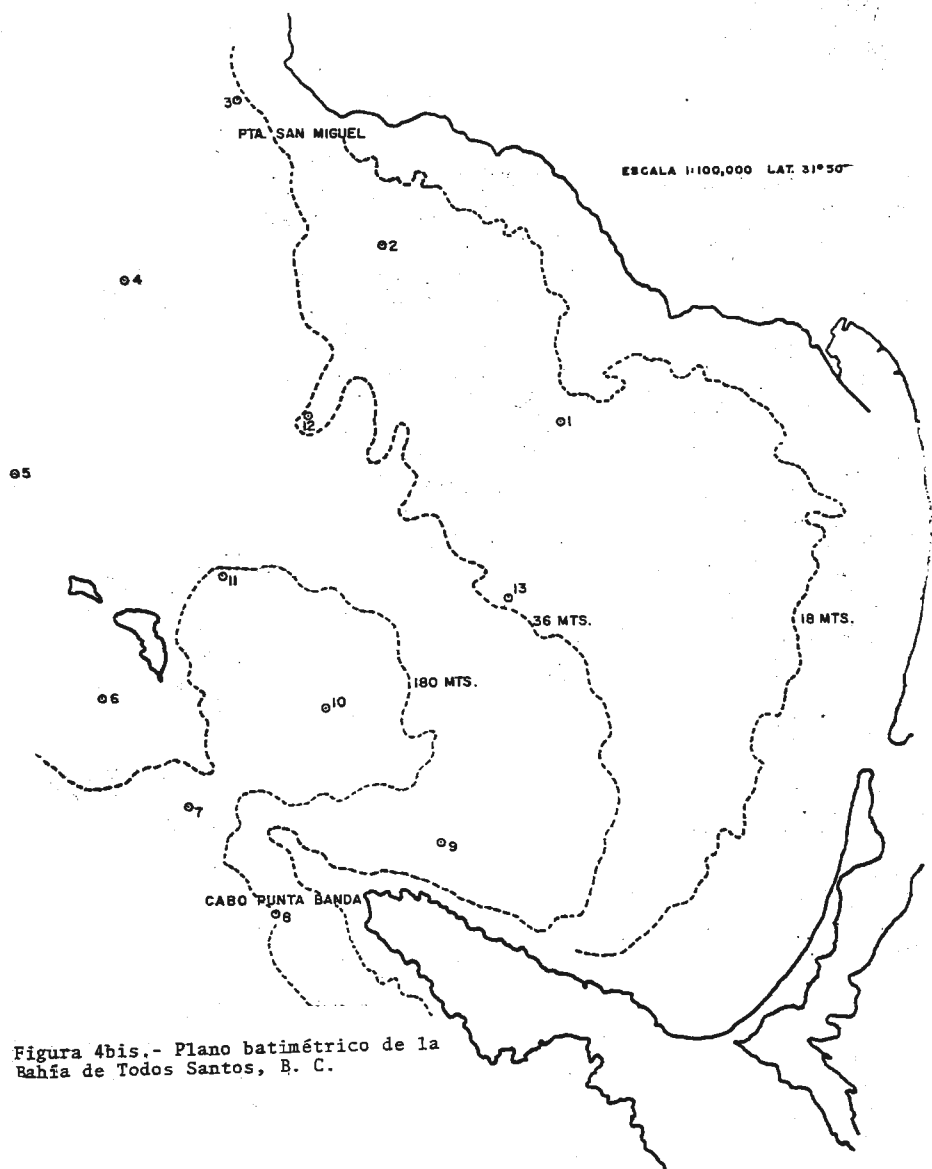


Figura 3bis.- Circulación superficial de los océanos.





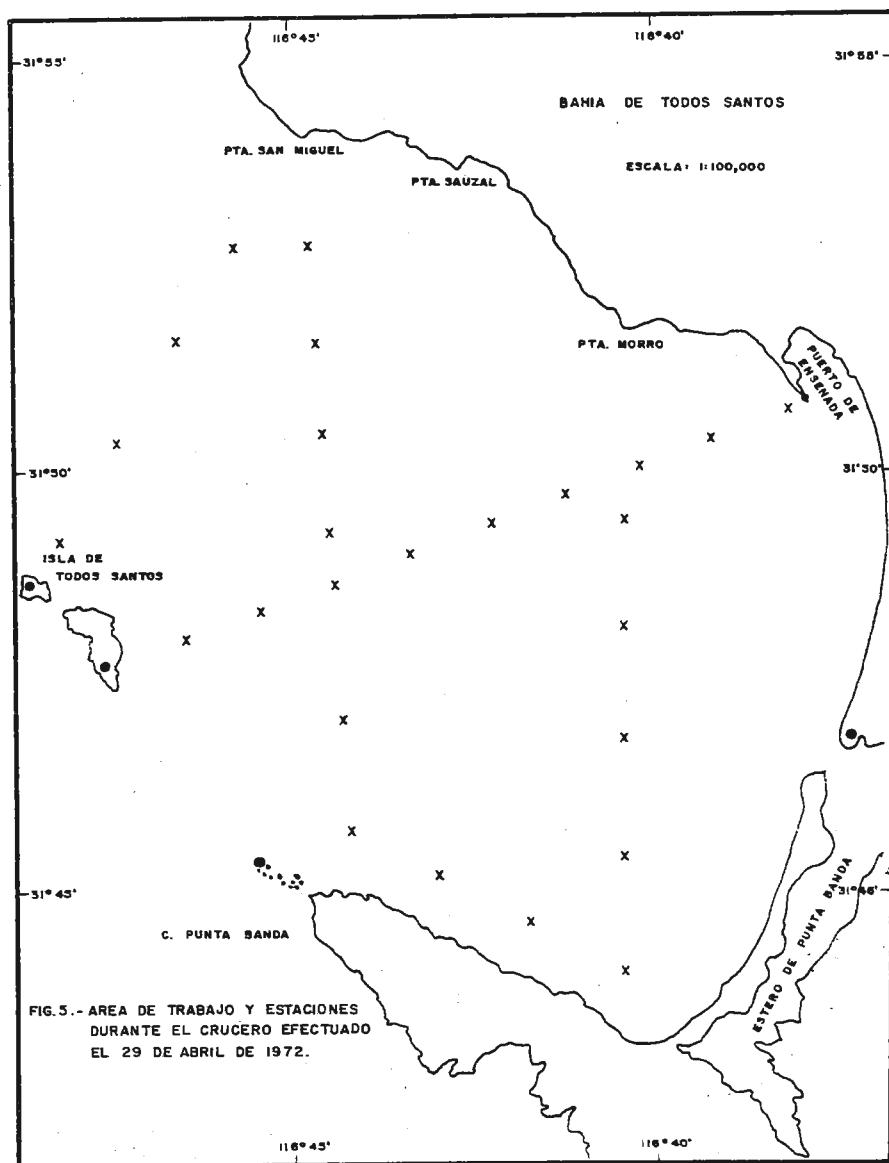
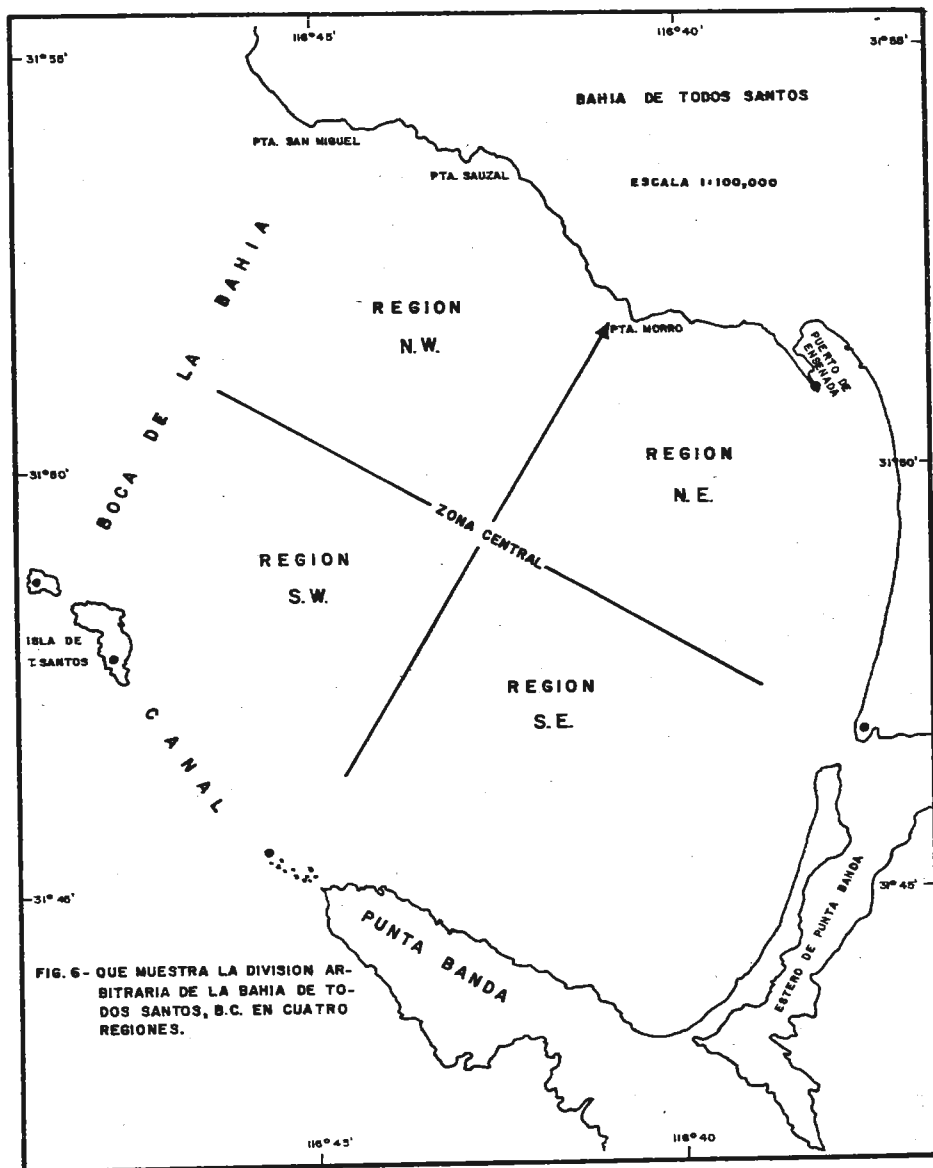


FIG.5.- AREA DE TRABAJO Y ESTACIONES
DURANTE EL CRUCERO EFECTUADO
EL 29 DE ABRIL DE 1972.



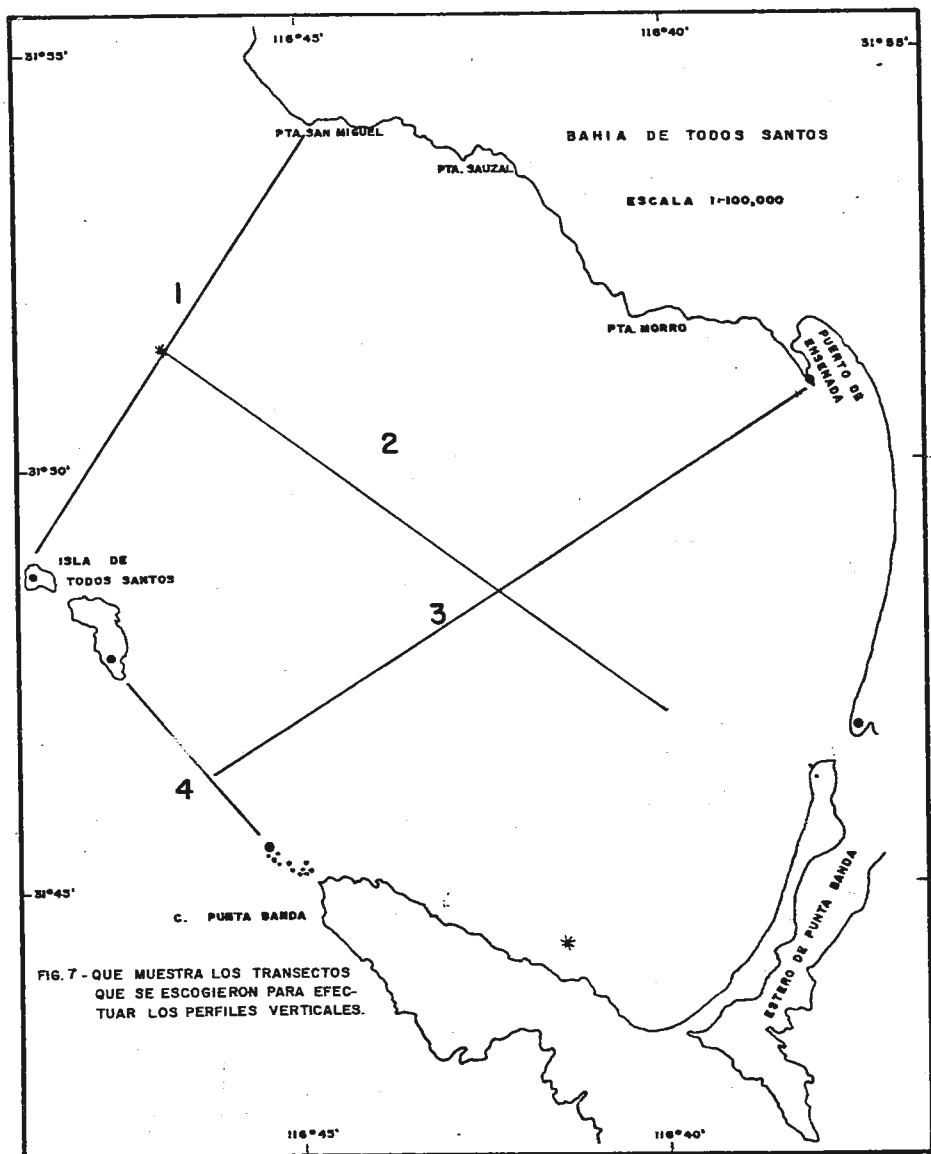
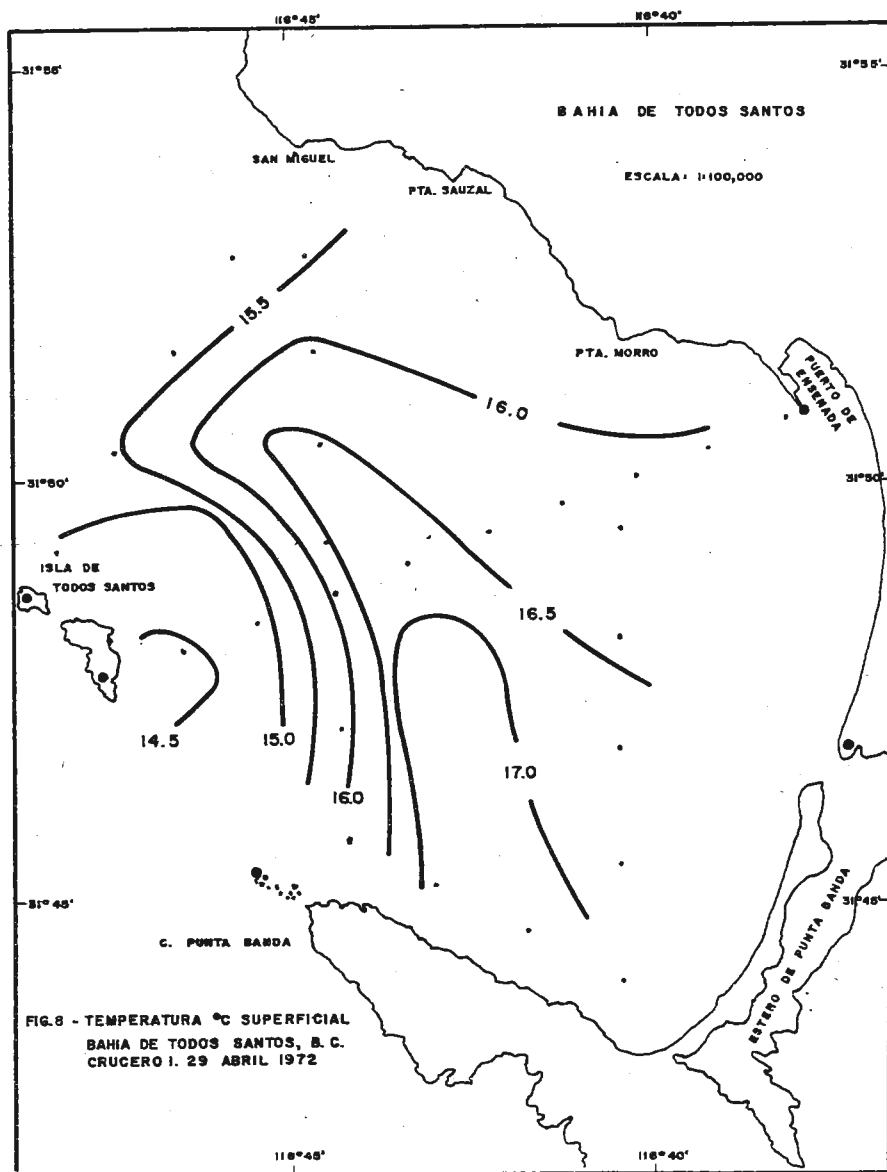
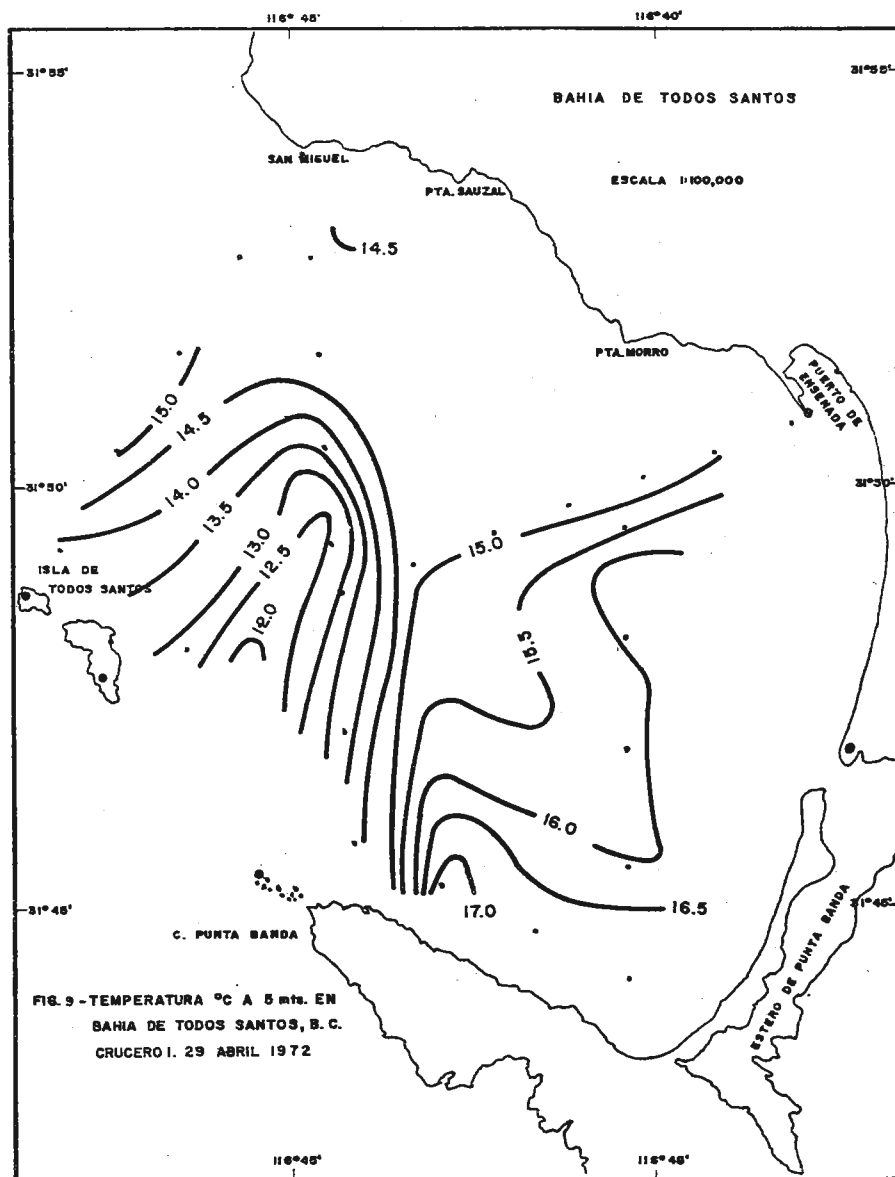
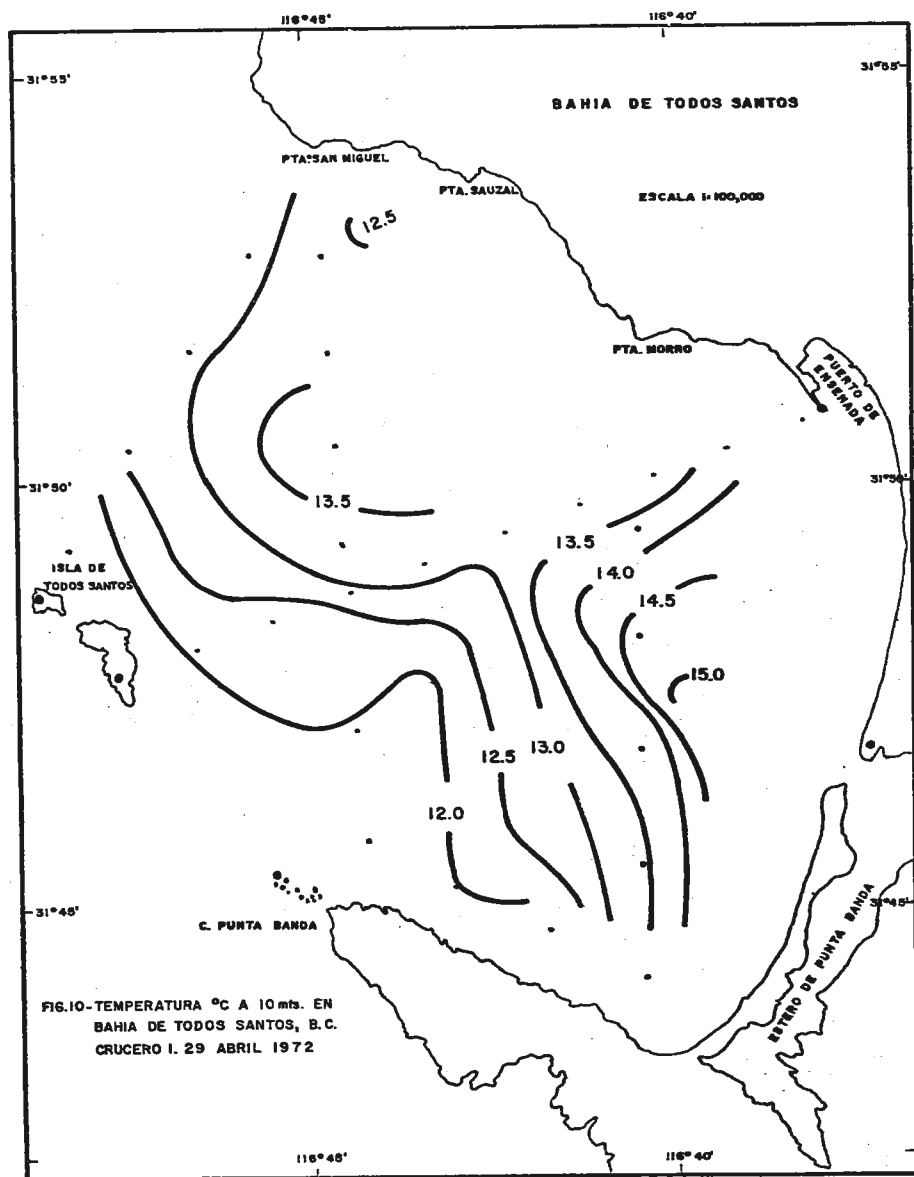
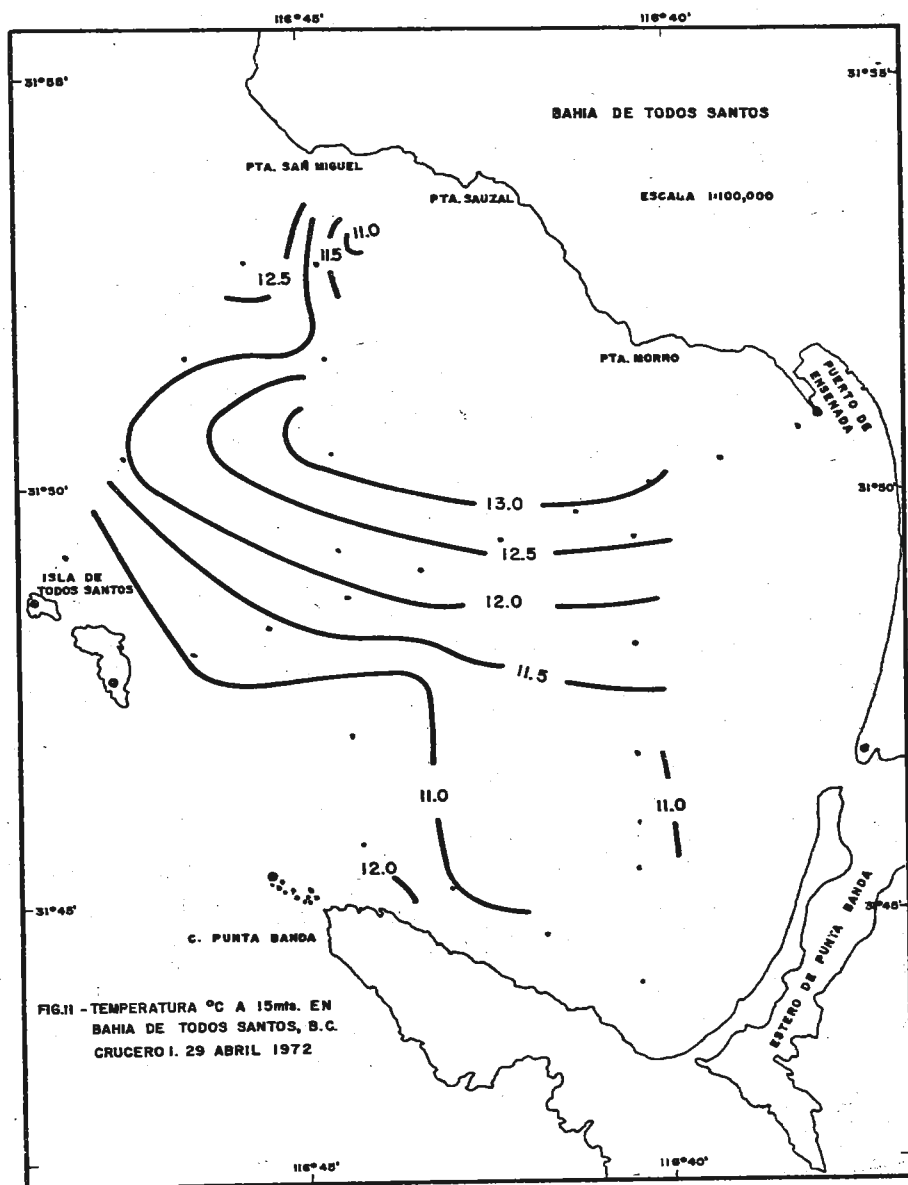


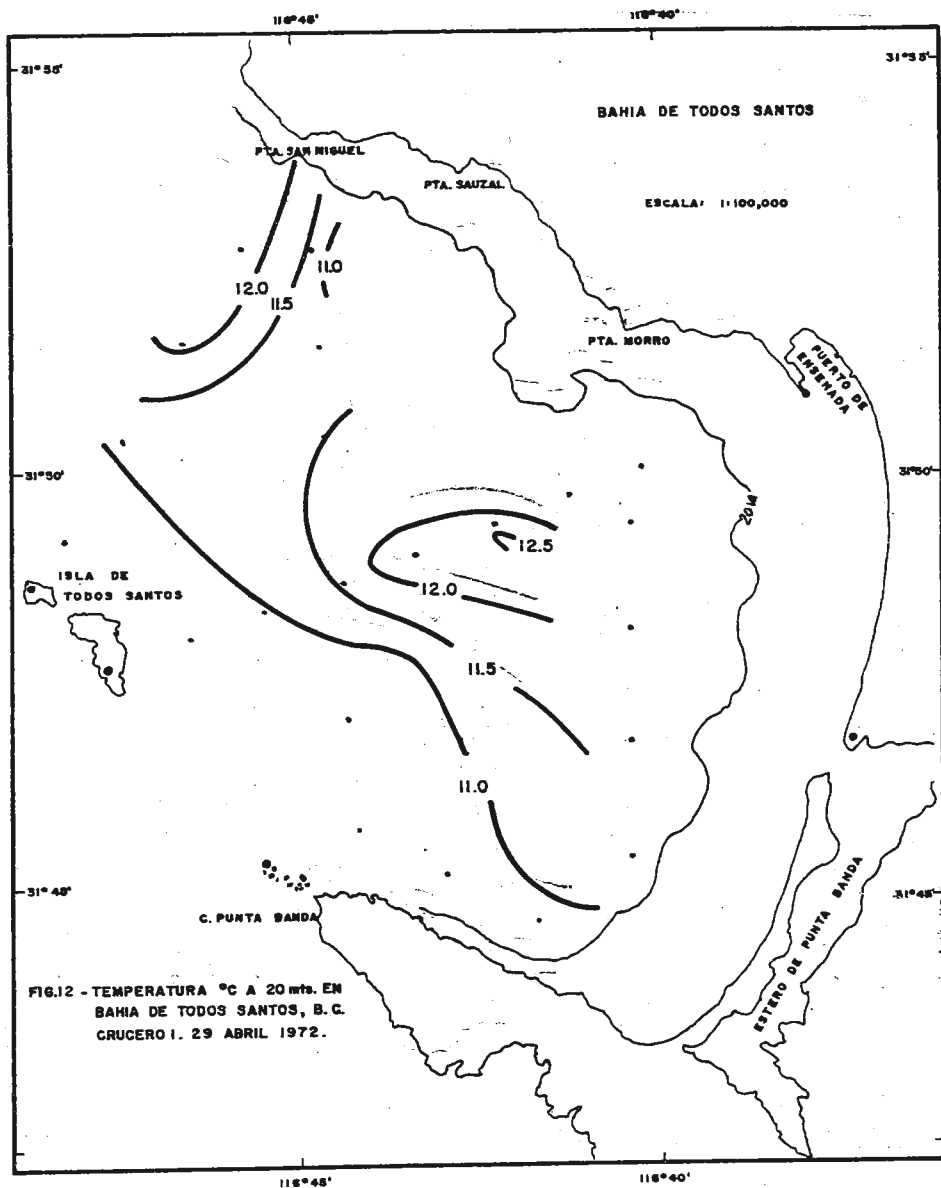
FIG. 7.- QUE MUESTRA LOS TRANSECTOS QUE SE ESCOGIERON PARA EFECTUAR LOS PERFILES VERTICALES.

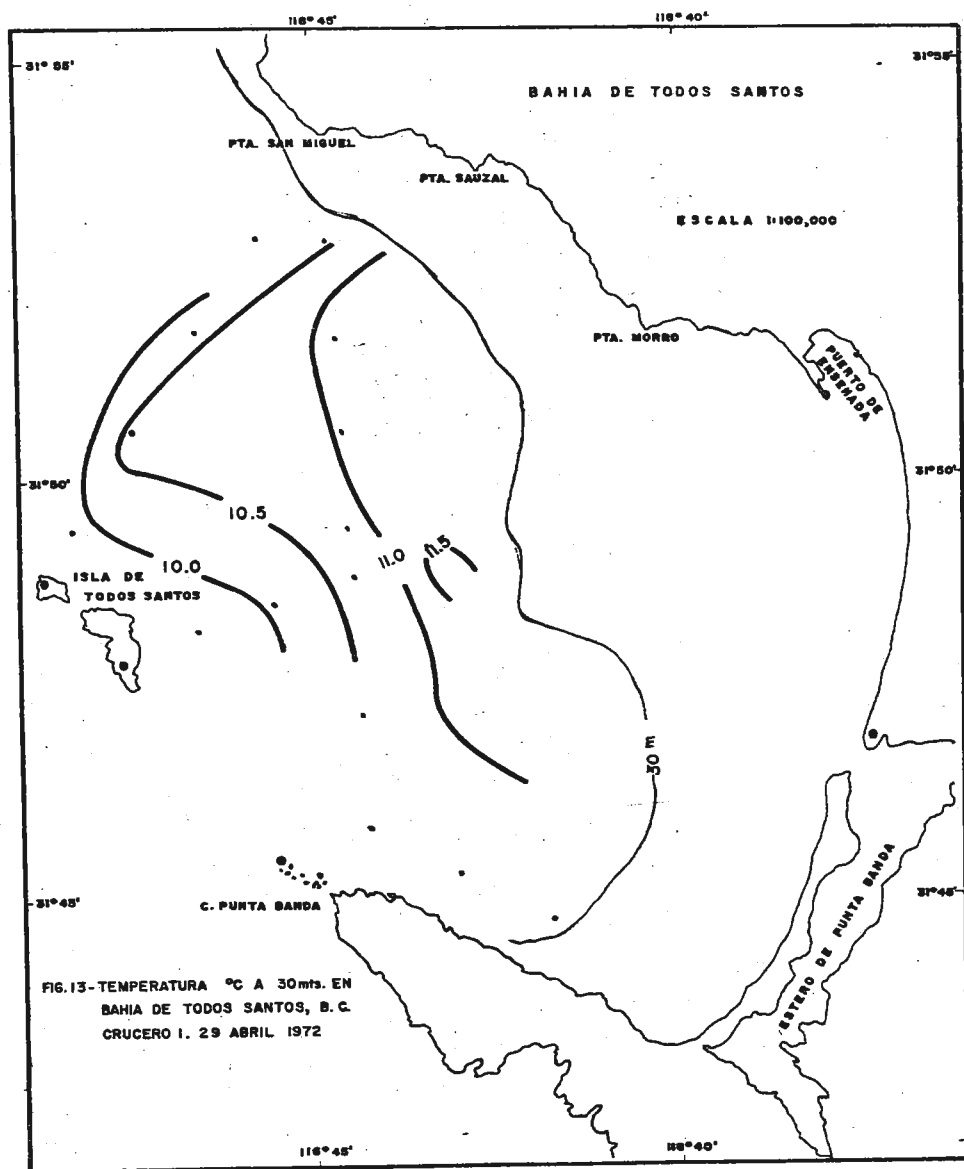


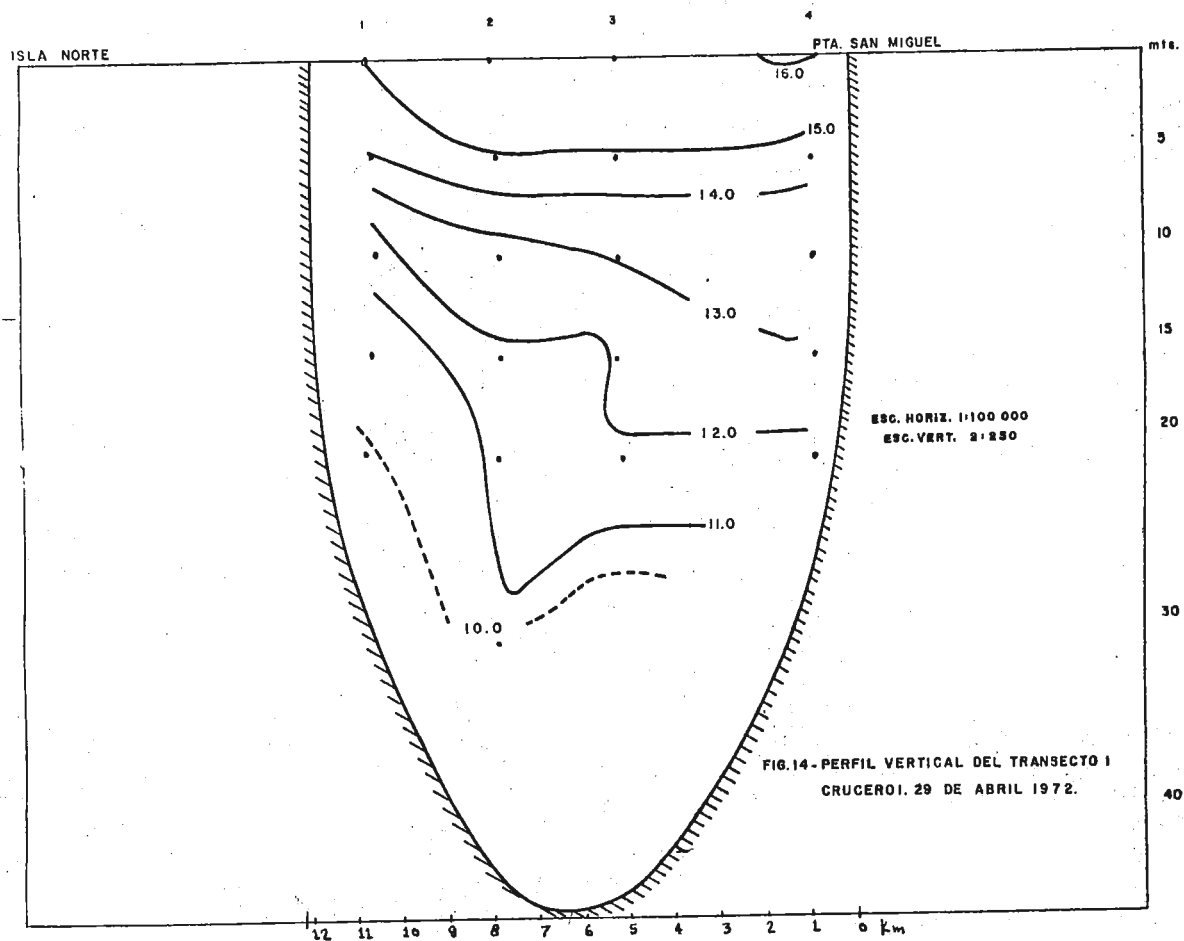


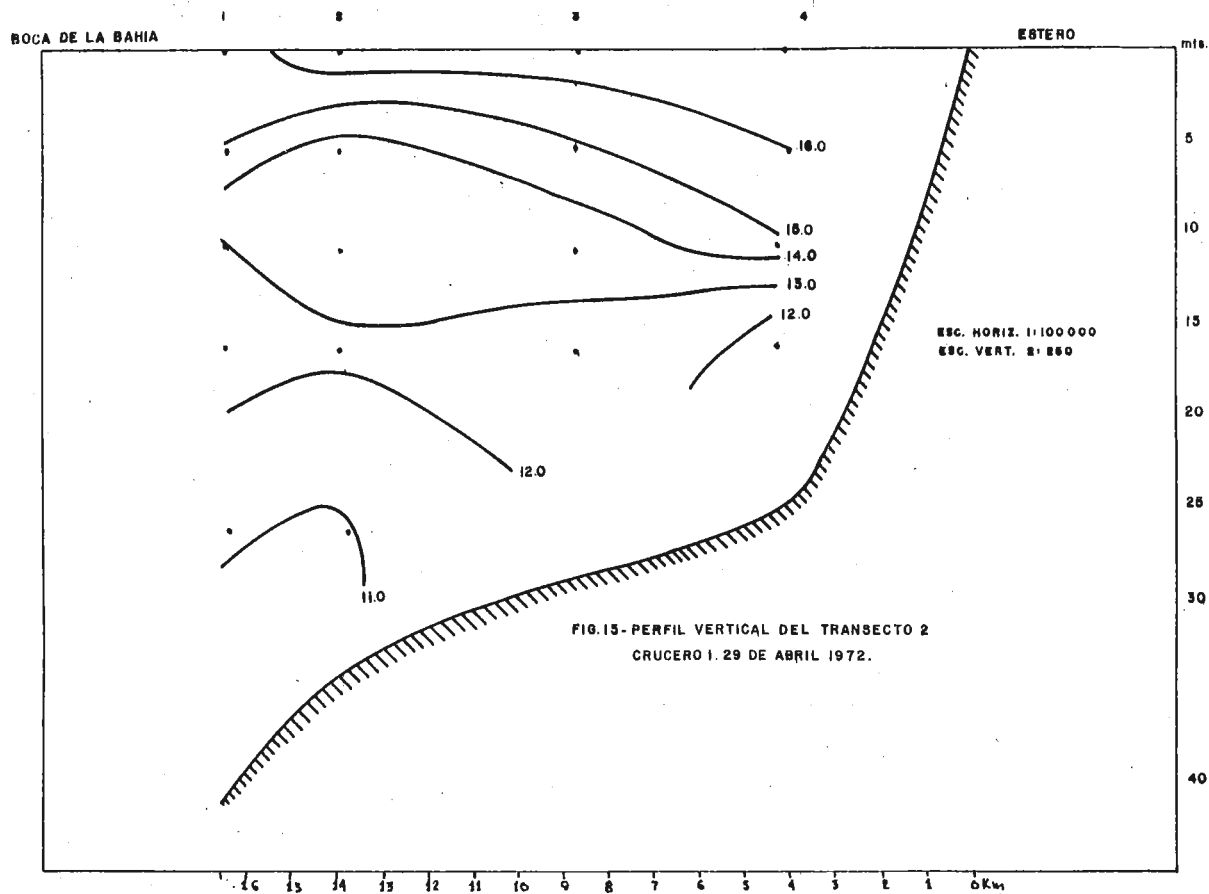


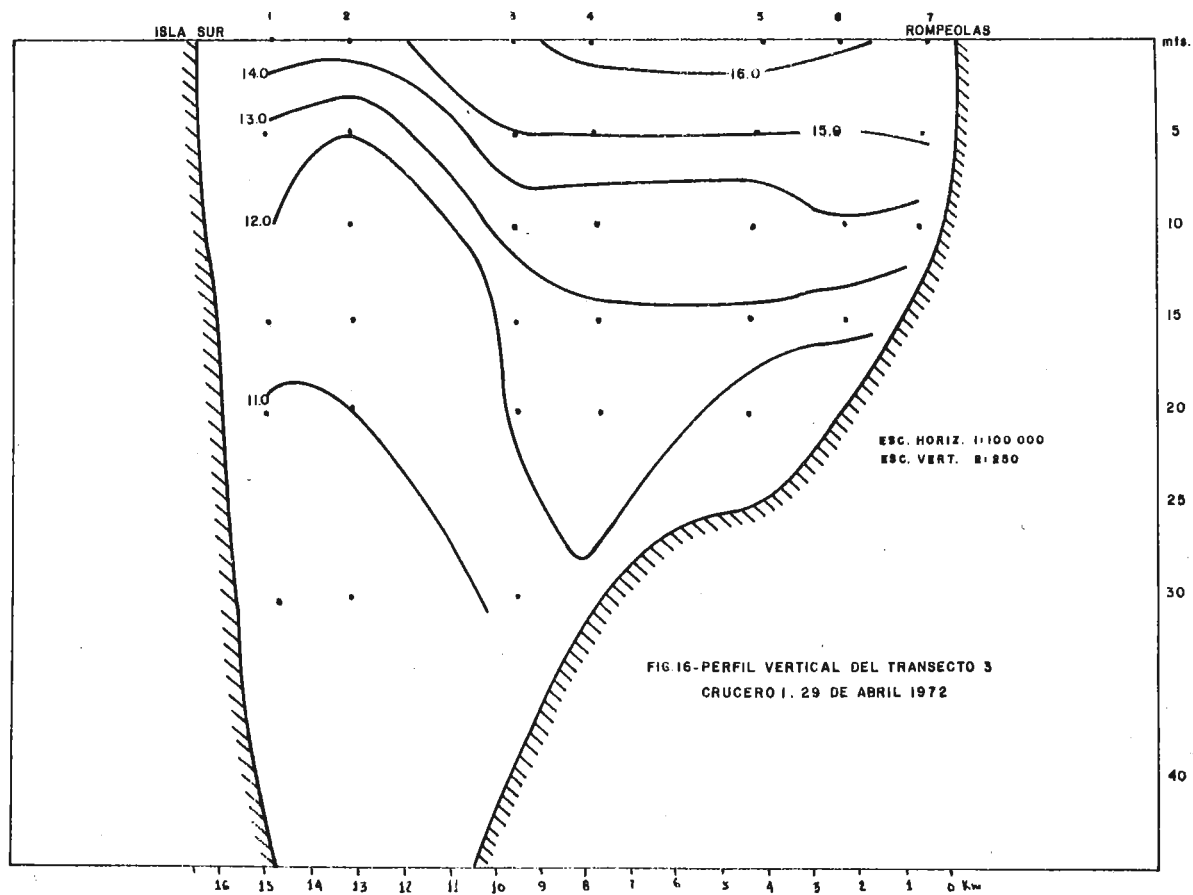












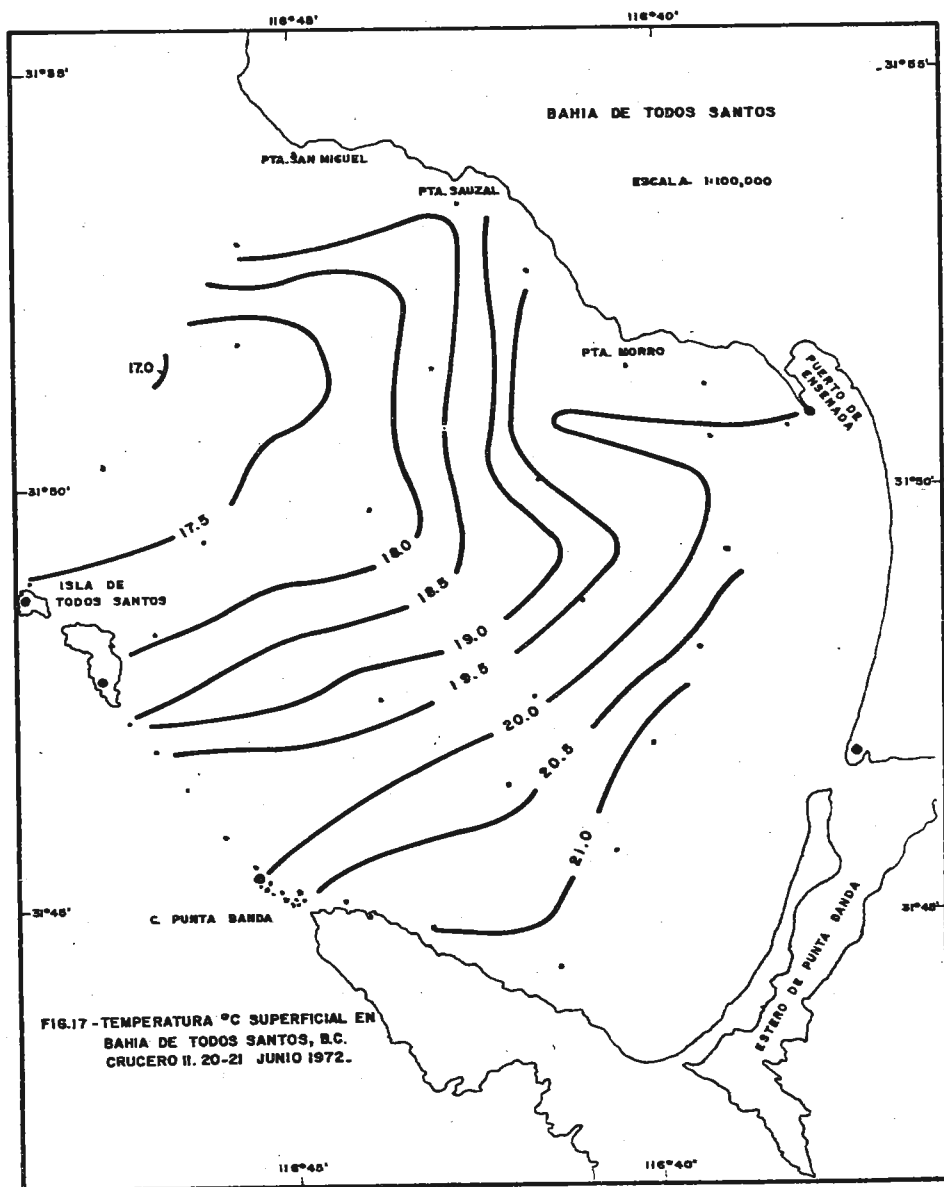
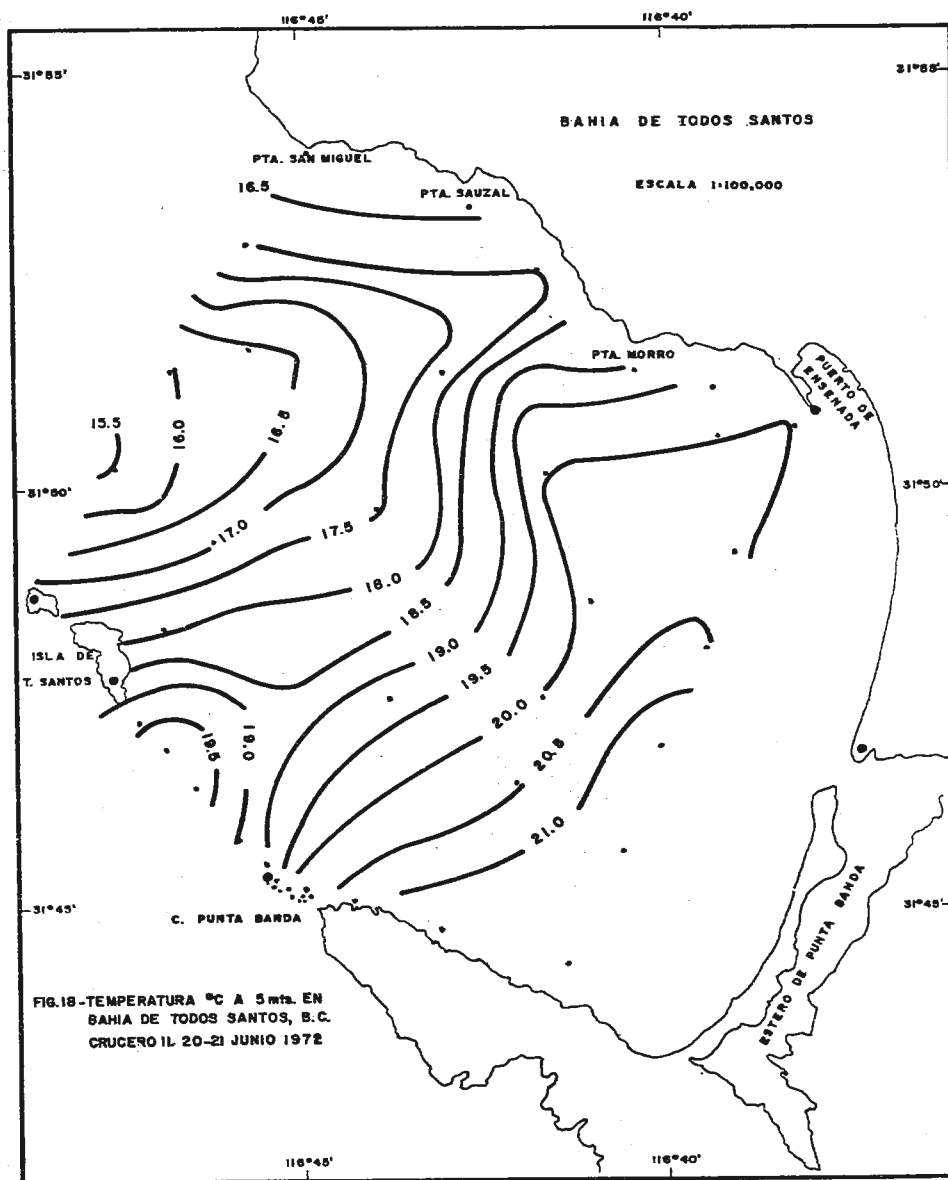


FIG.17 - TEMPERATURA °C SUPERFICIAL EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO II. 20-21 JUNIO 1972.



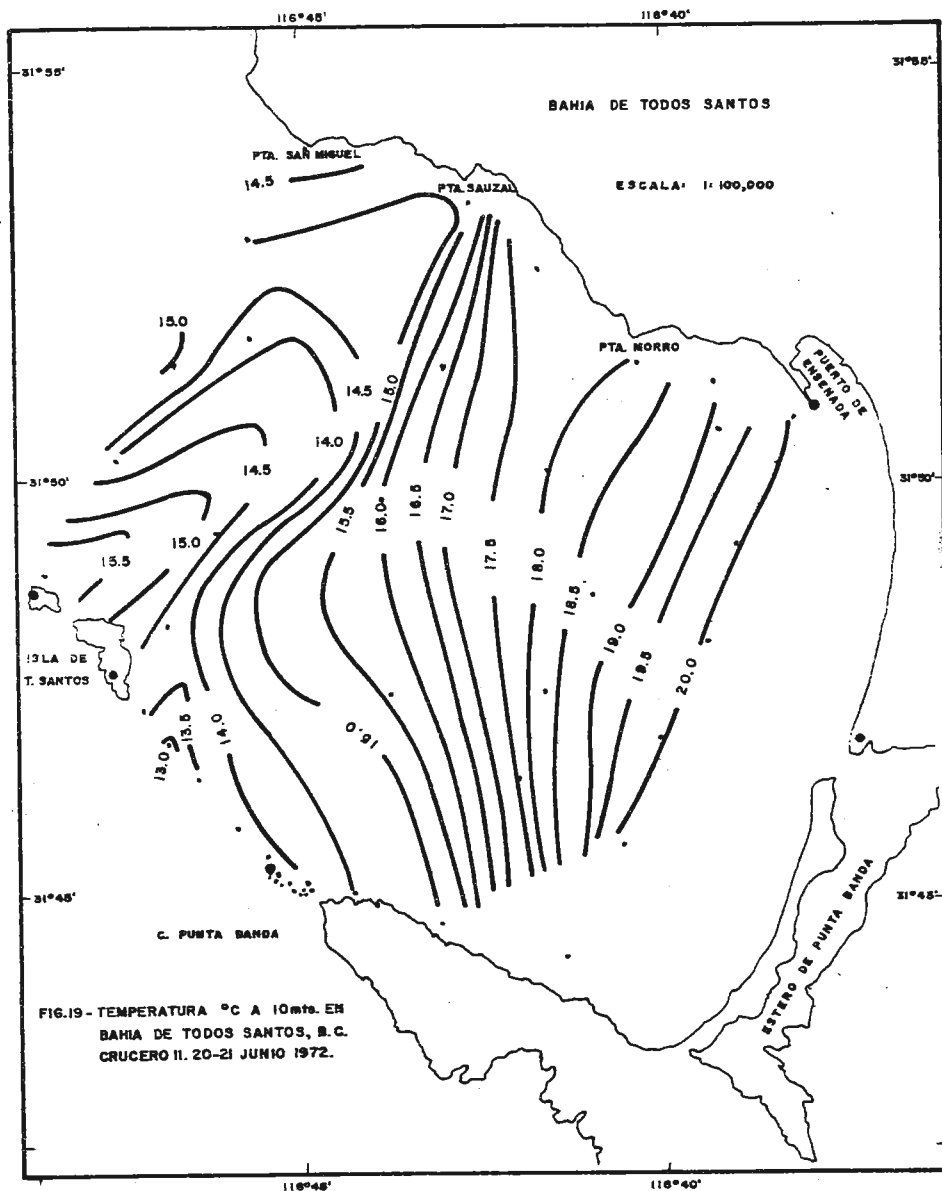
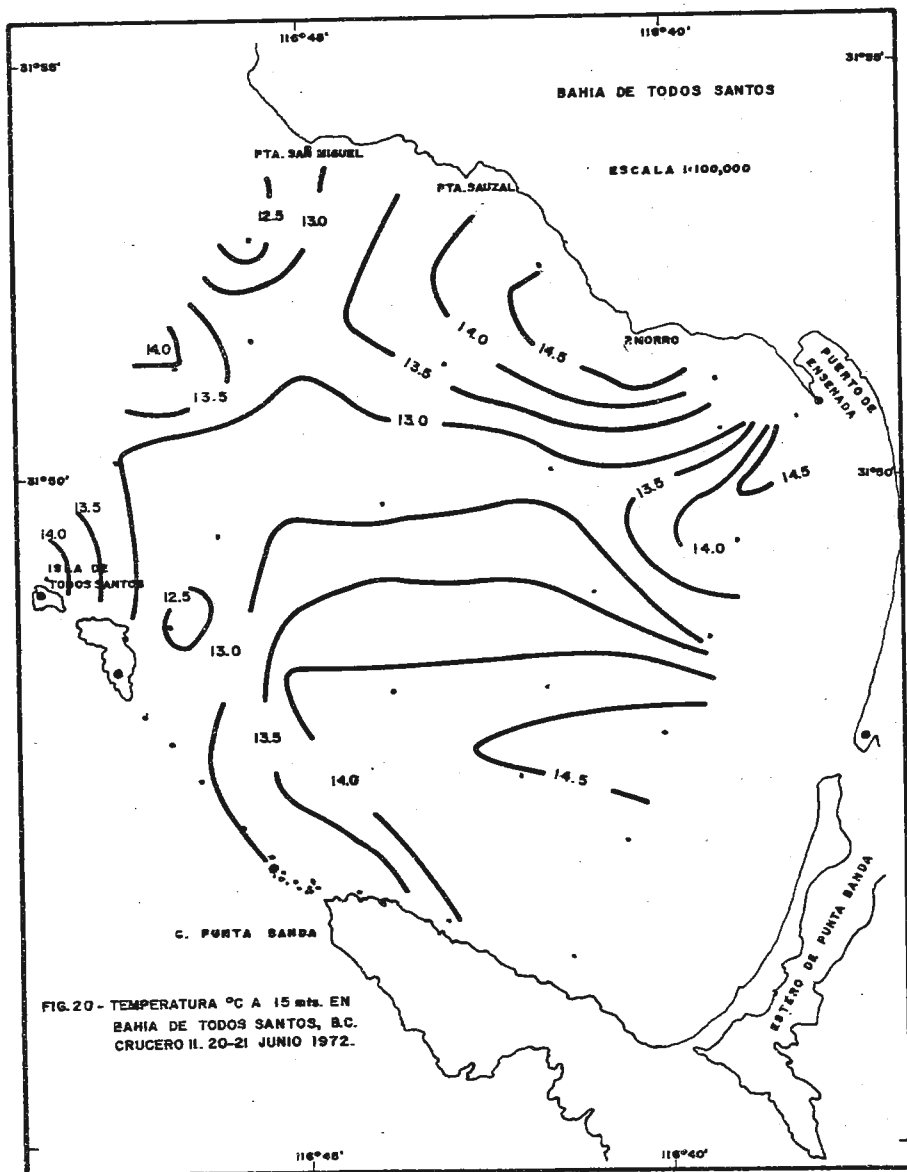
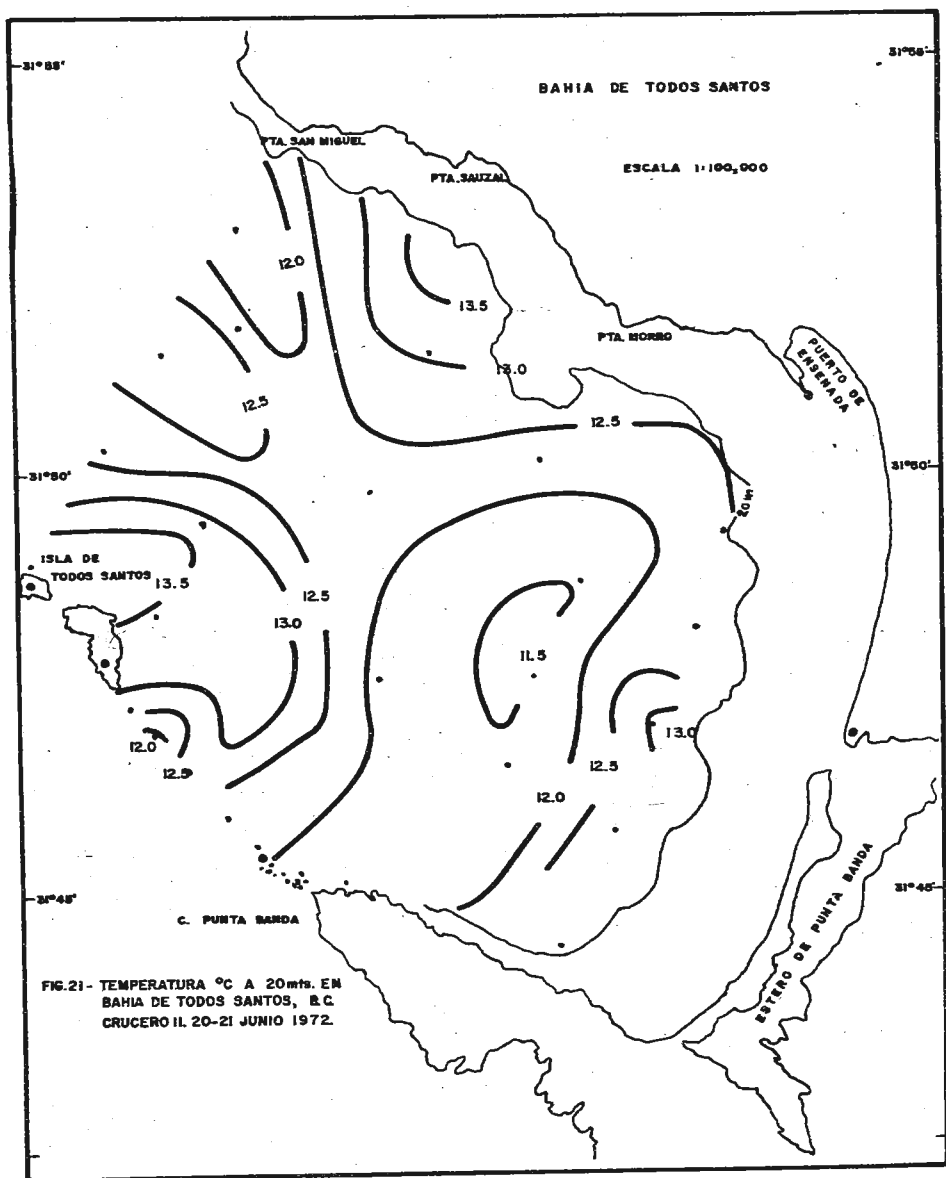
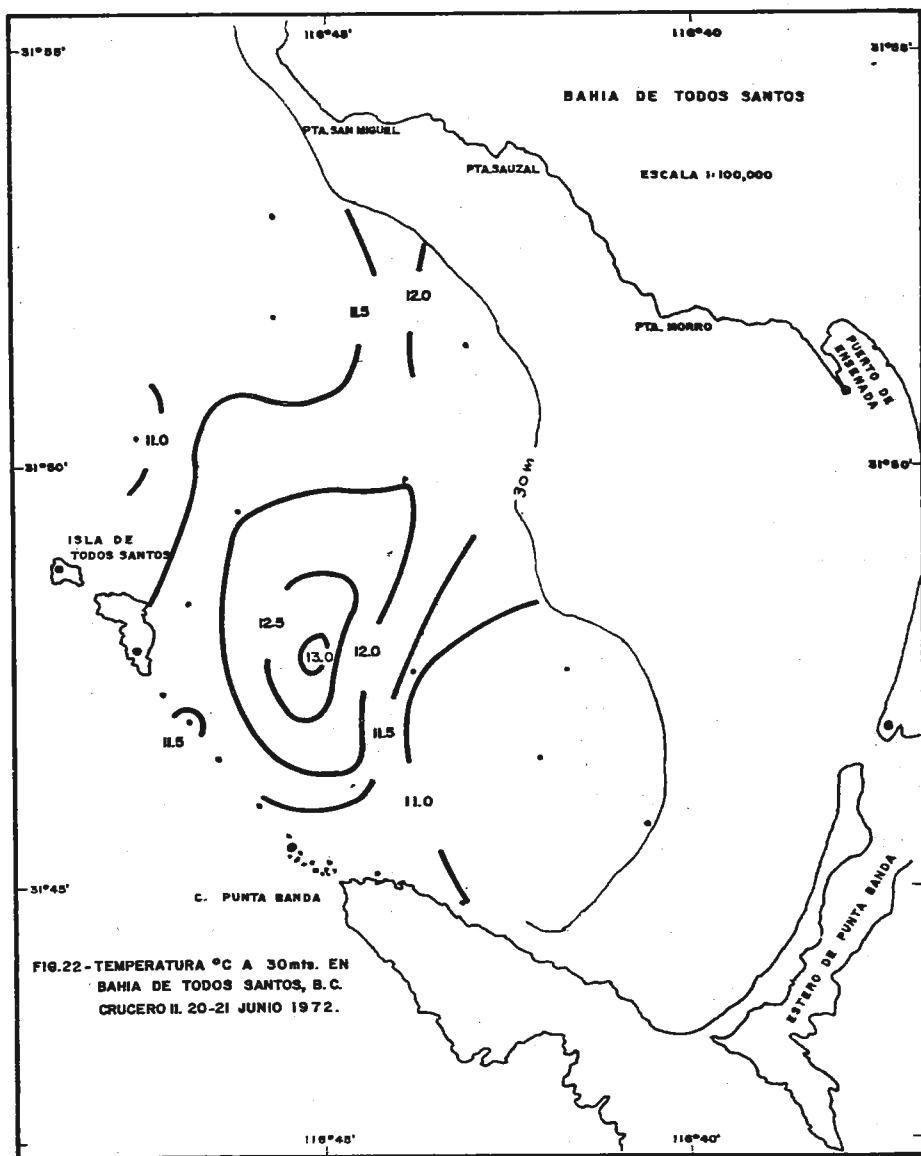
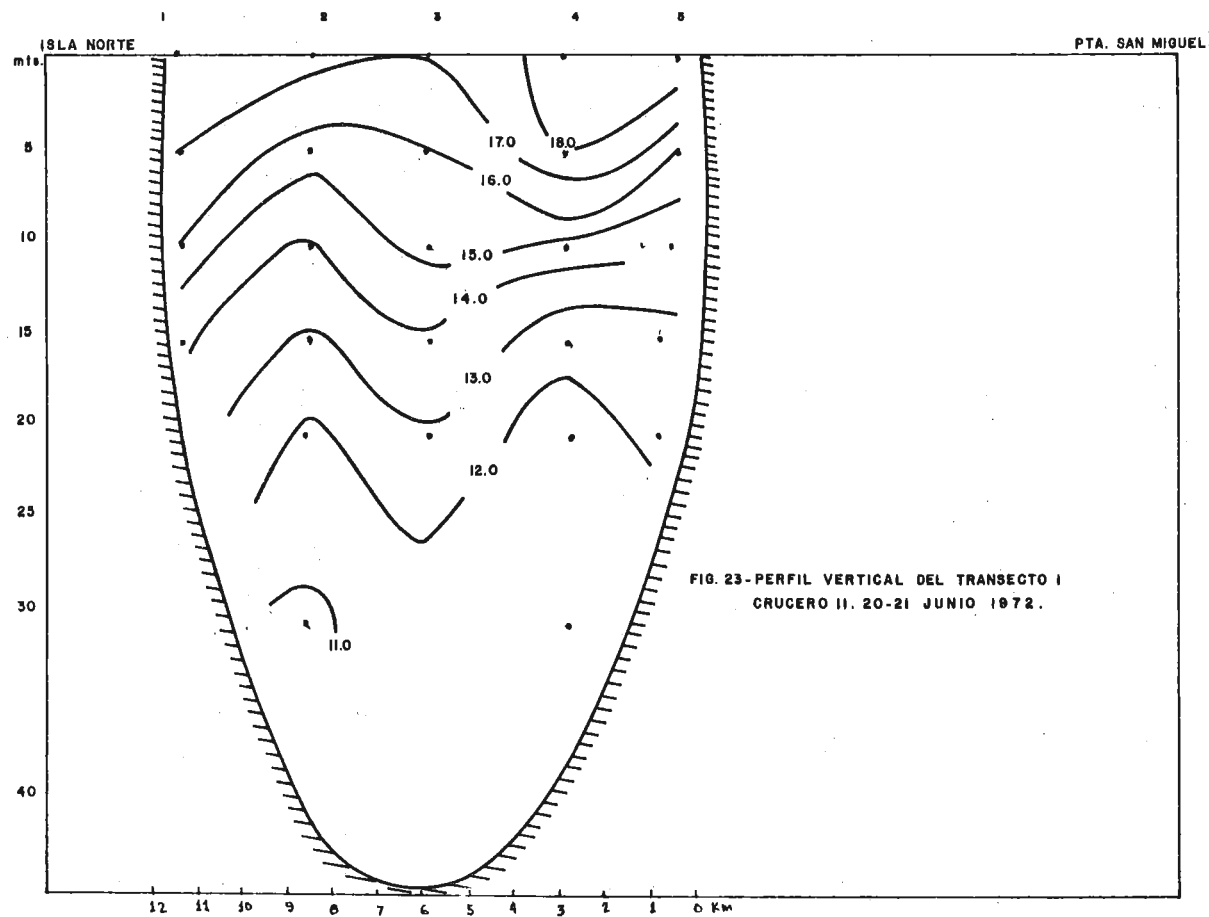


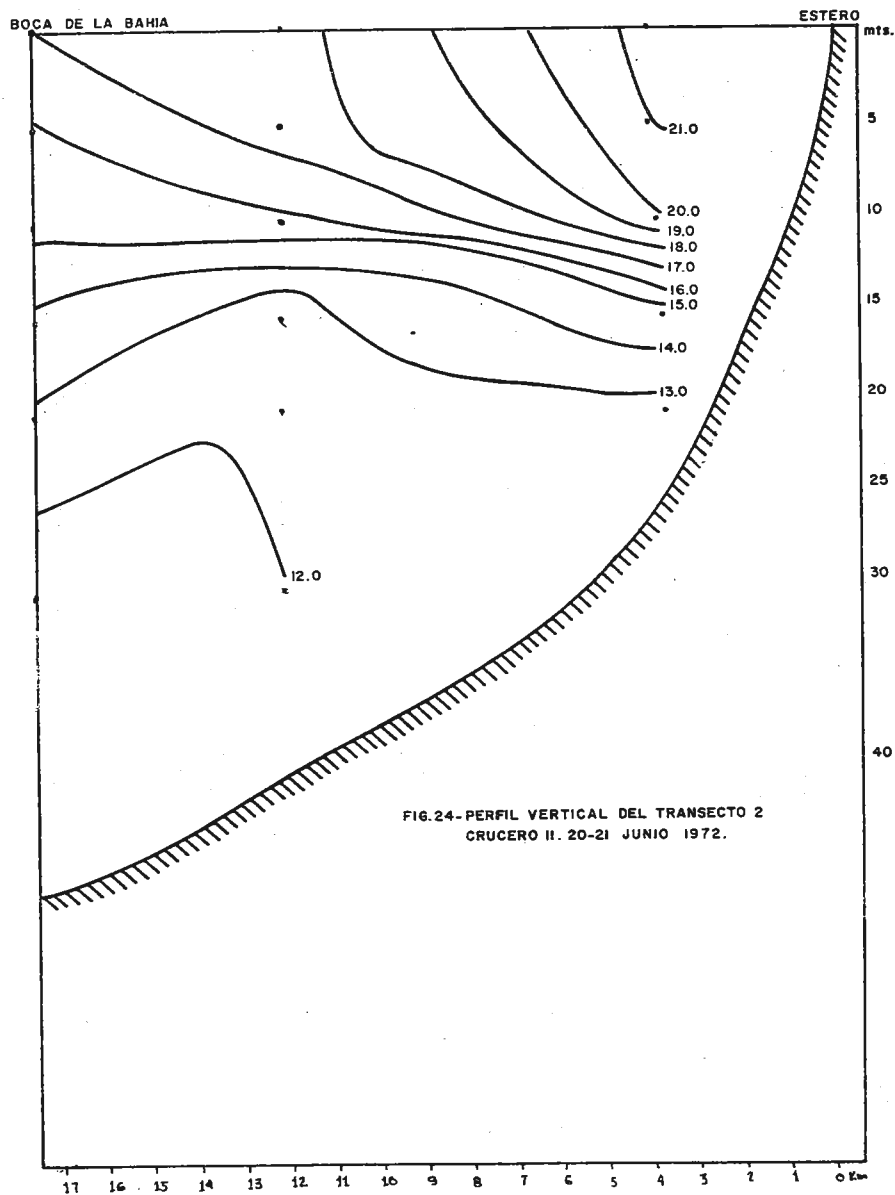
FIG.19 - TEMPERATURA °C A 10mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO II. 20-21 JUNIO 1972.

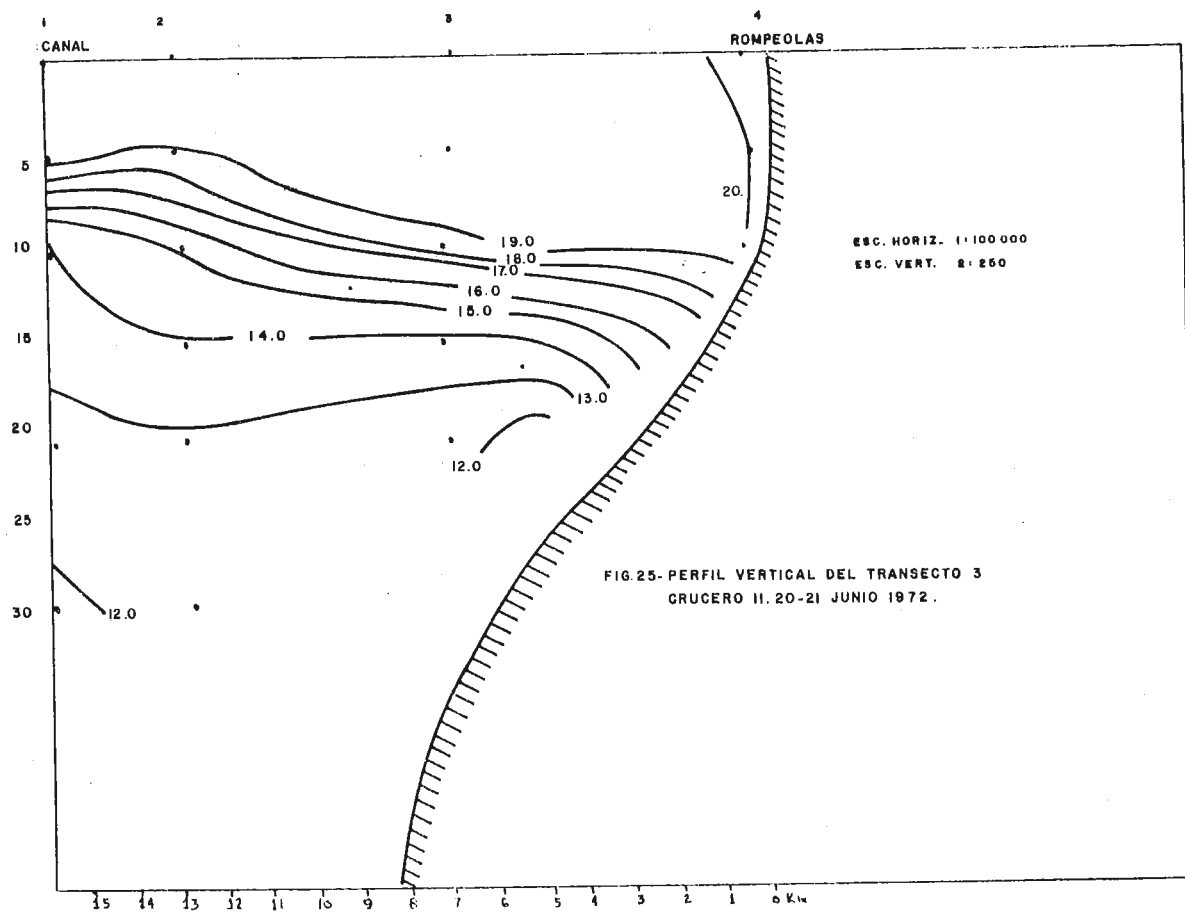


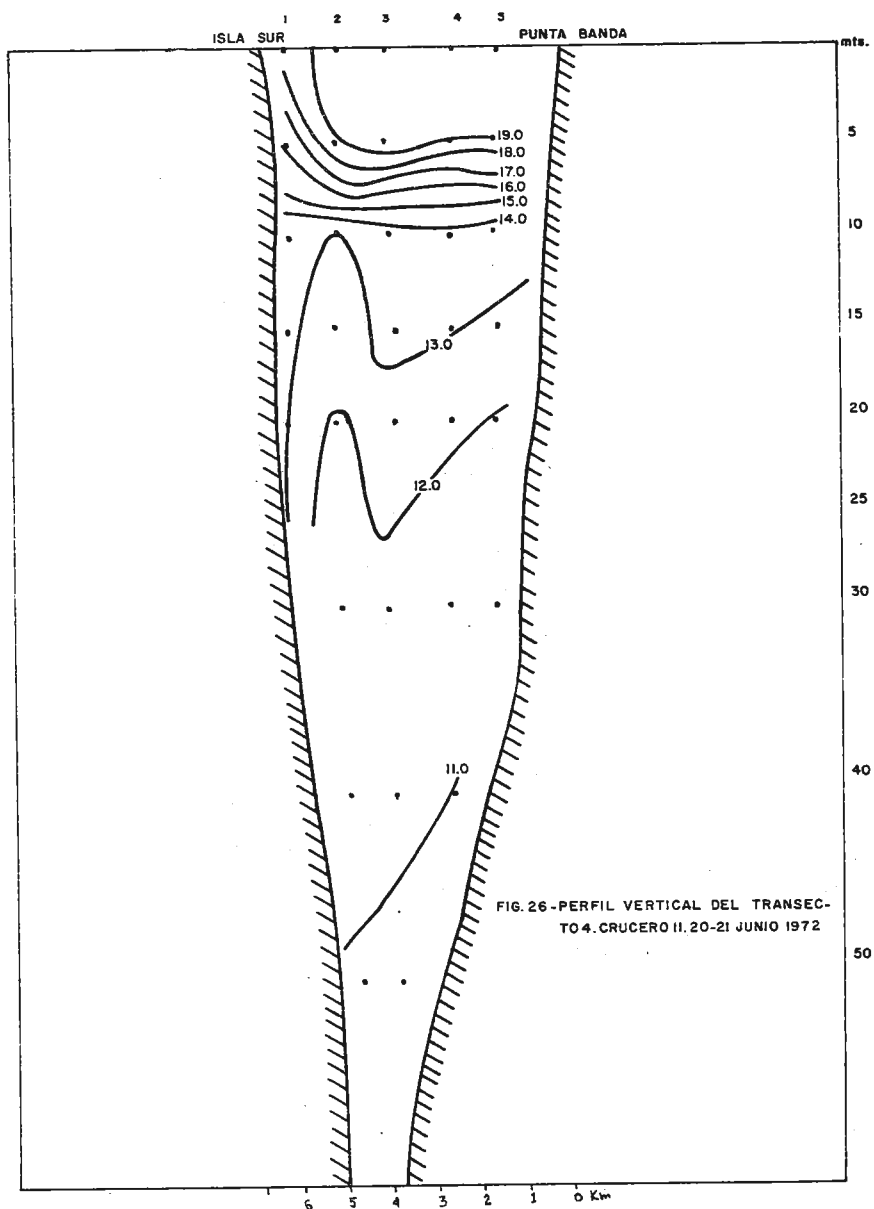












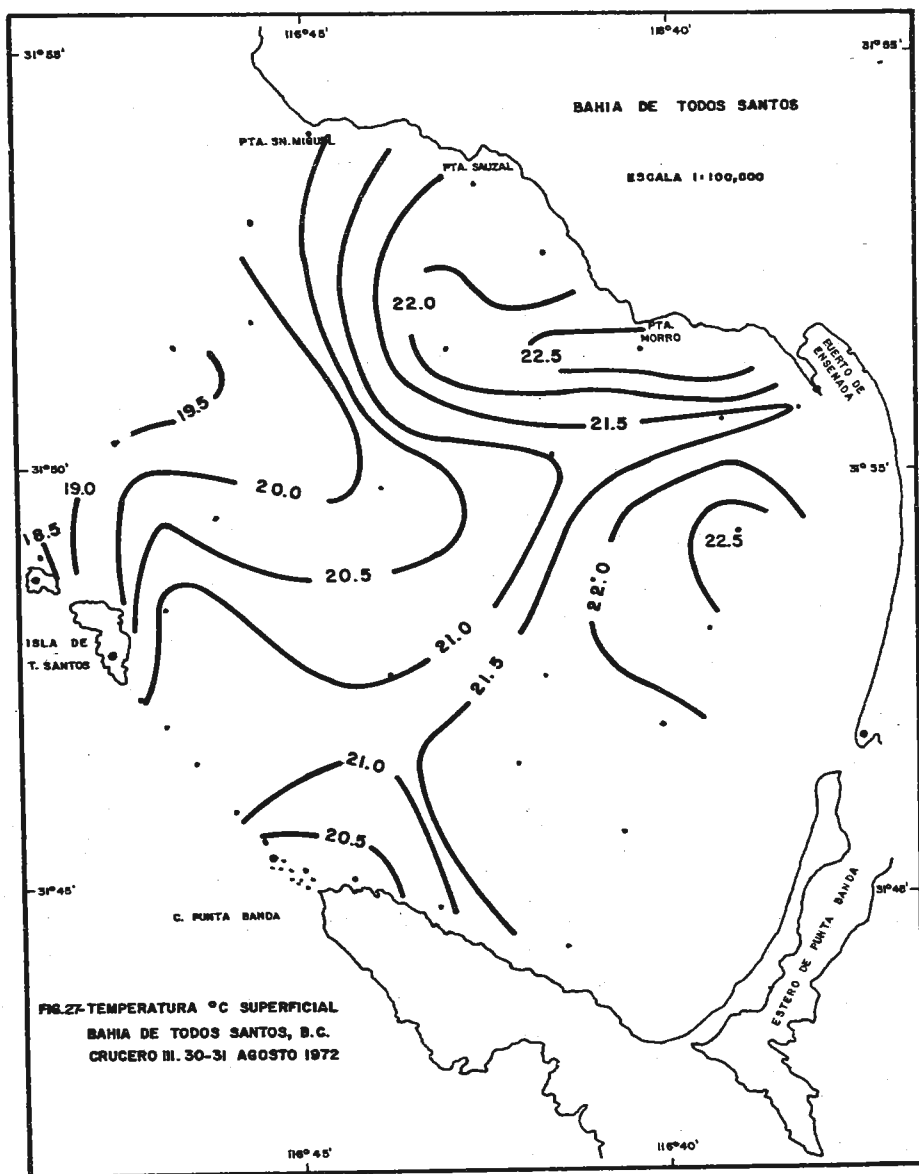


FIG. 27-TEMPERATURA °C SUPERFICIAL
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO III. 30-31 AGOSTO 1972

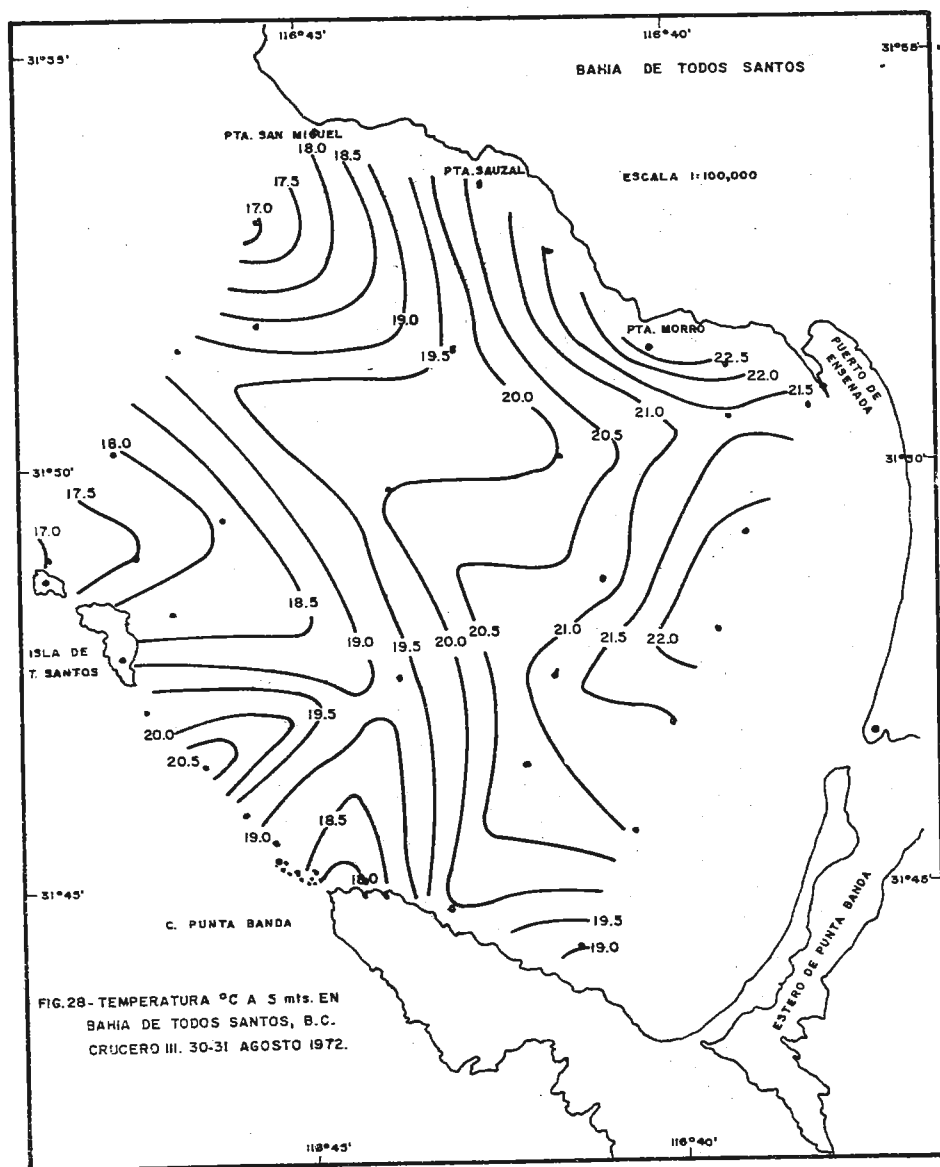
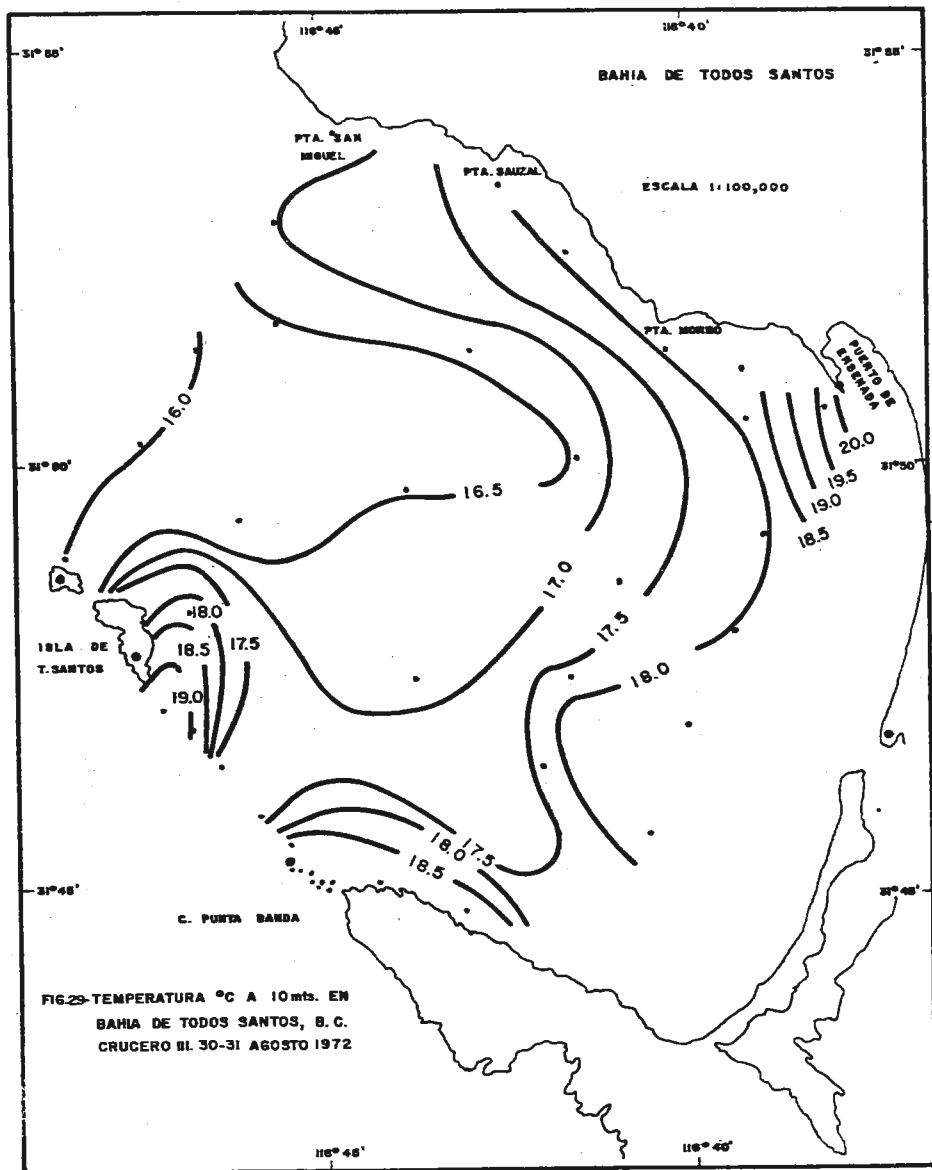


FIG.28-TEMPERATURA °C A 5 mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO III. 30-31 AGOSTO 1972.



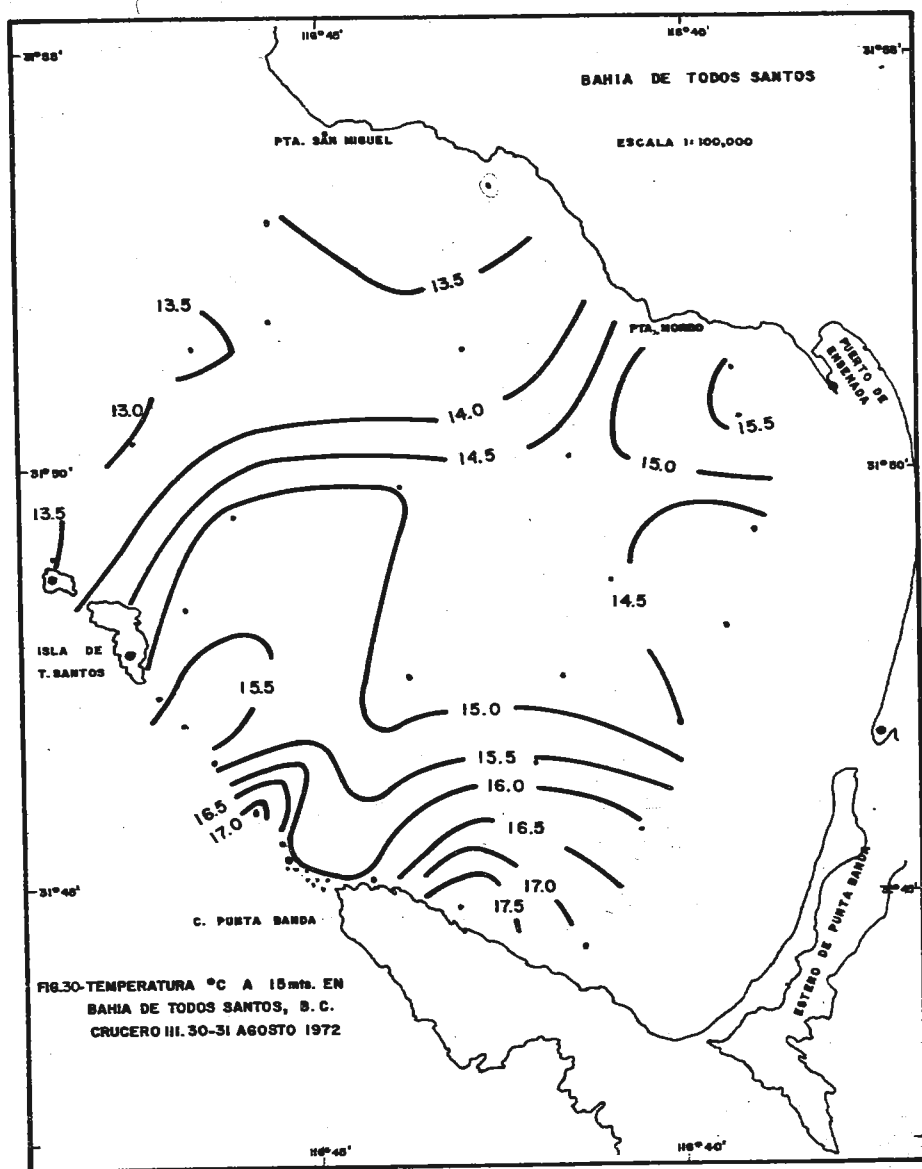


FIG.30-TEMPERATURA °C A 15mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO II. 30-31 AGOSTO 1972

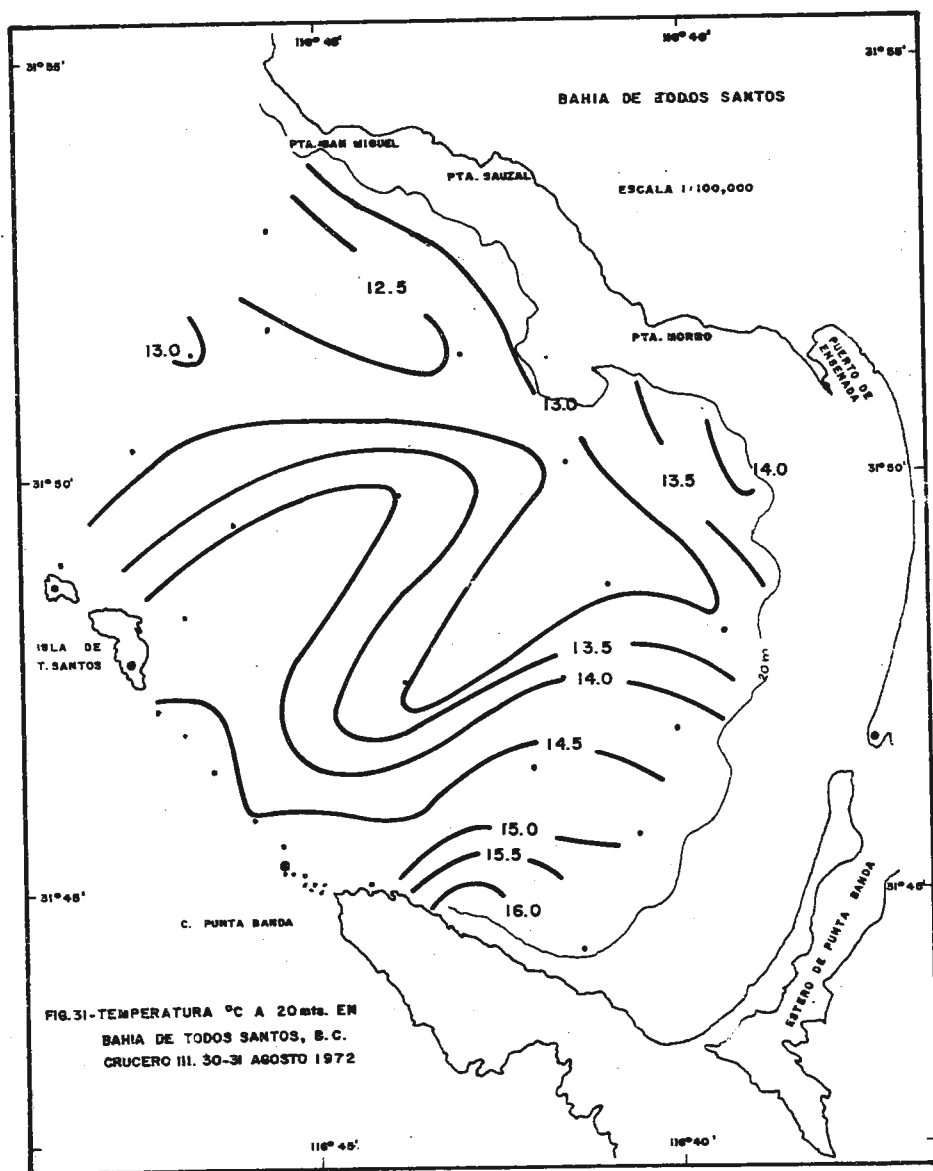


FIG.31-TEMPERATURA °C A 20mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO III. 30-31 AGOSTO 1972

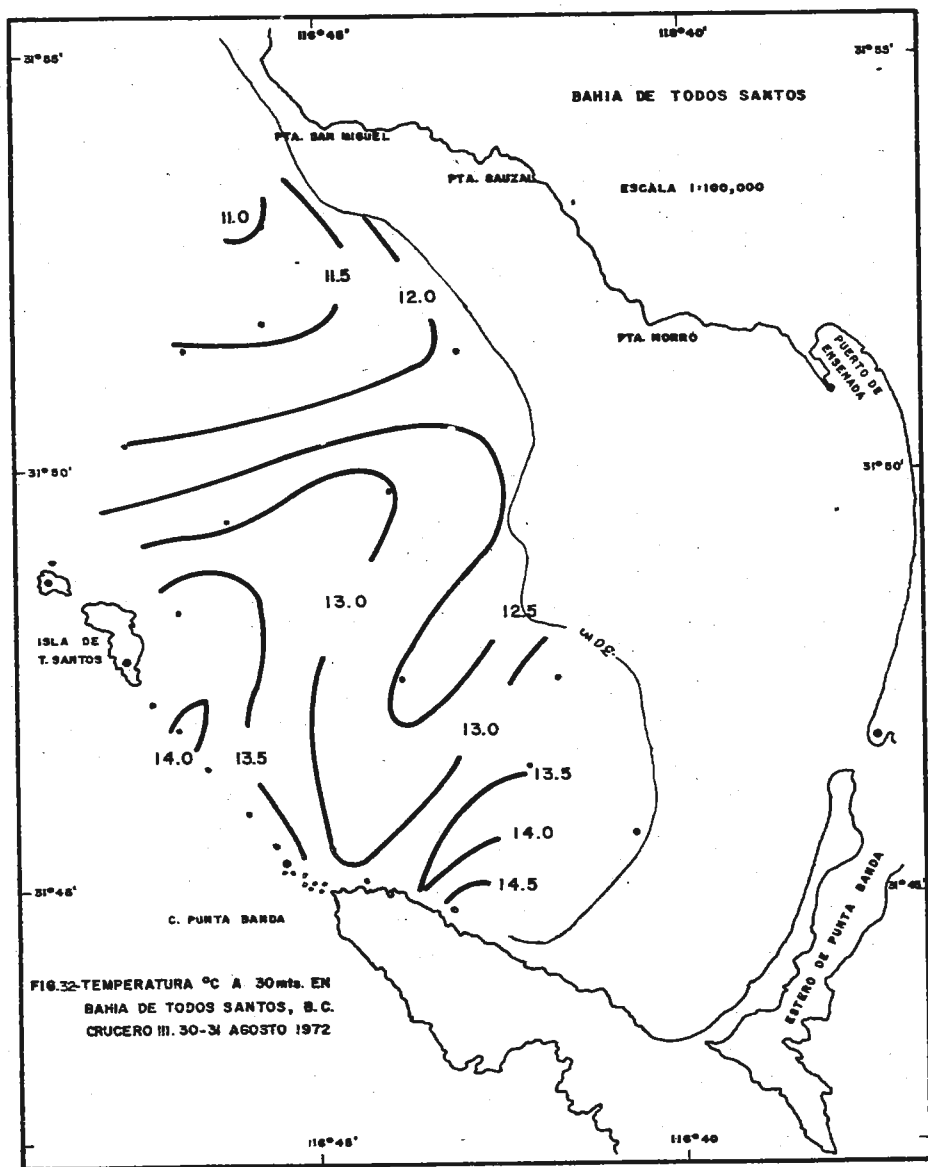
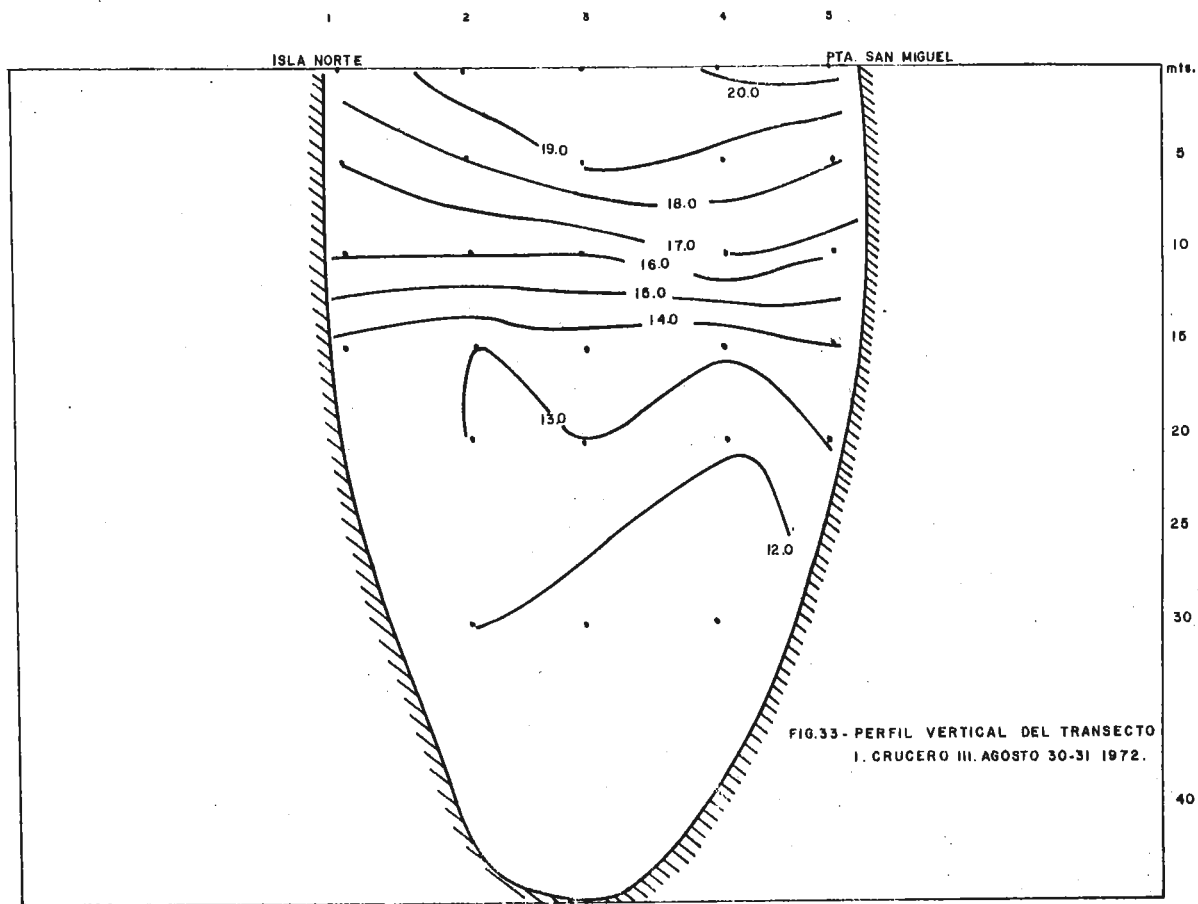
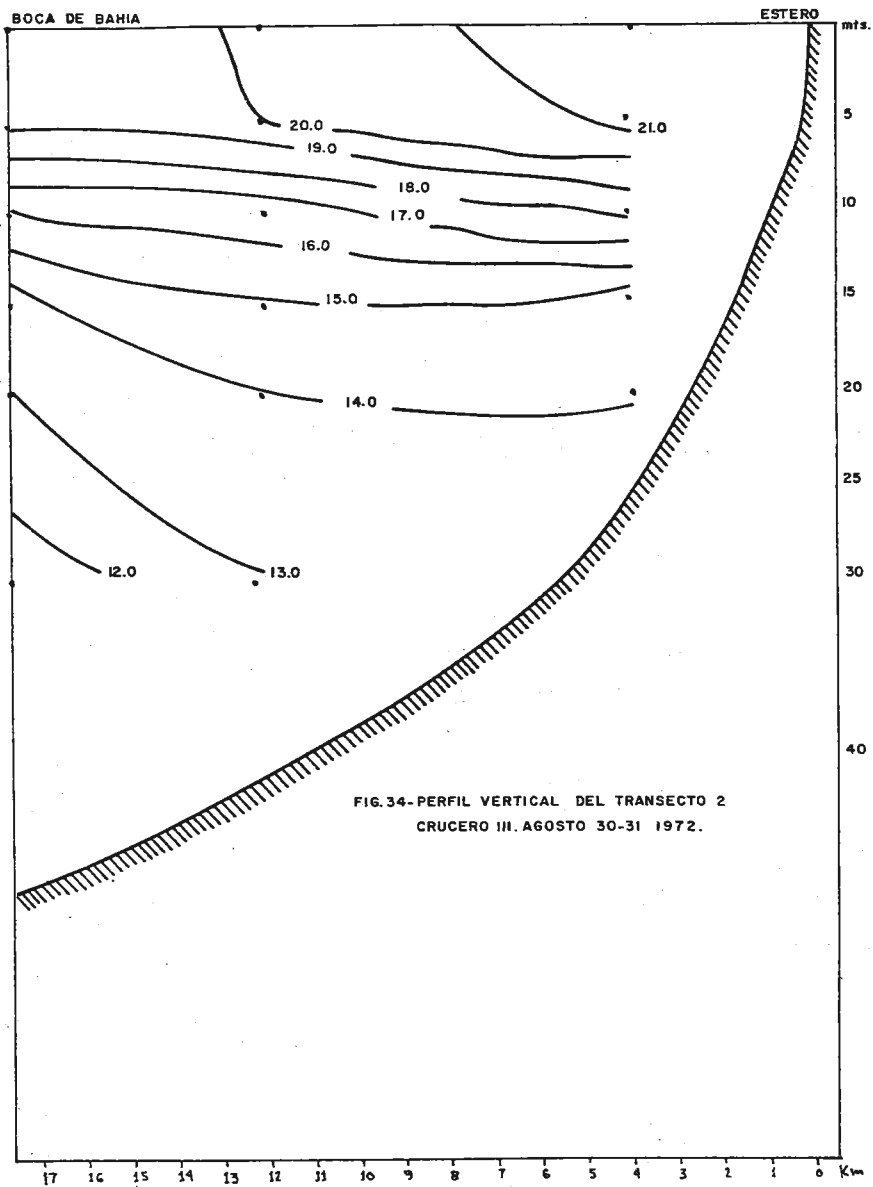


FIG. 32-TEMPERATURA °C A 30mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO III. 30-31 AGOSTO 1972





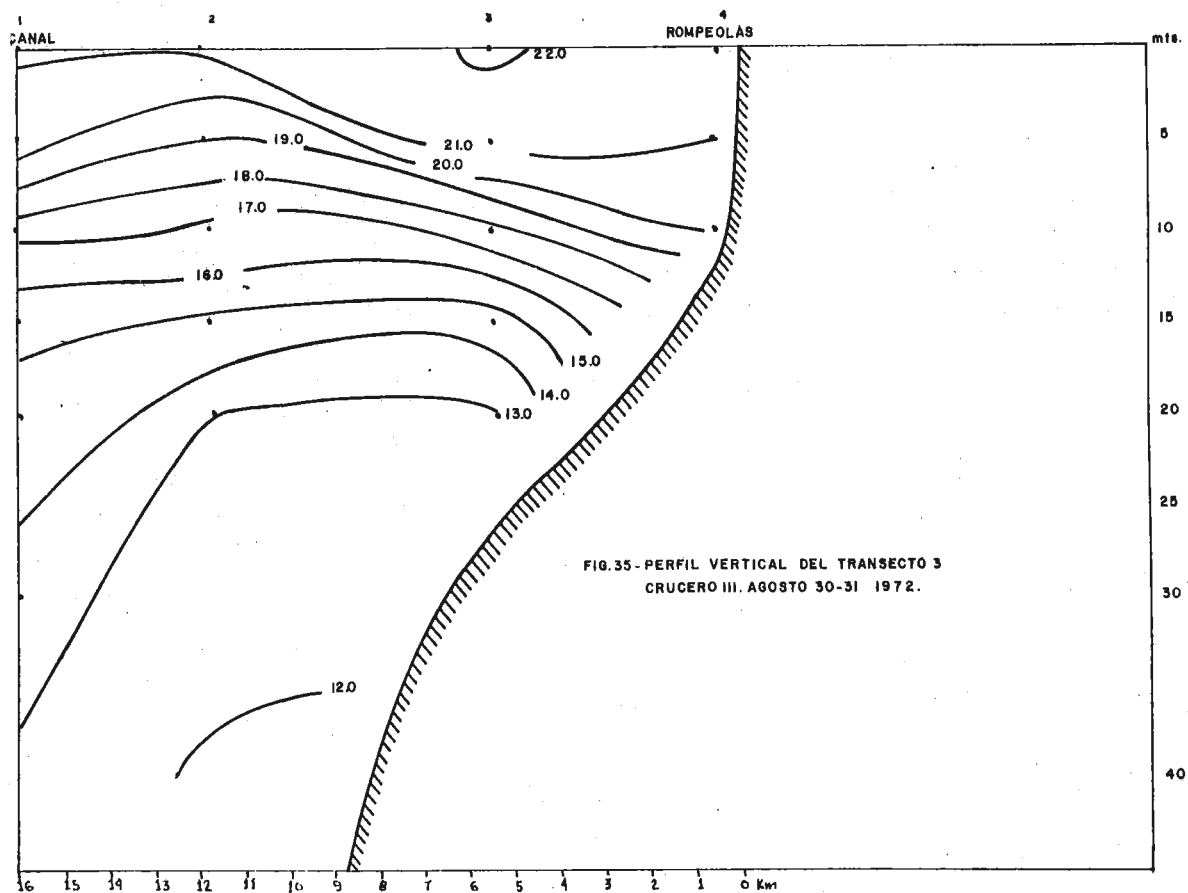


FIG.35-PERFIL VERTICAL DEL TRANSECTO 3
CRUCERO III. AGOSTO 30-31 1972.

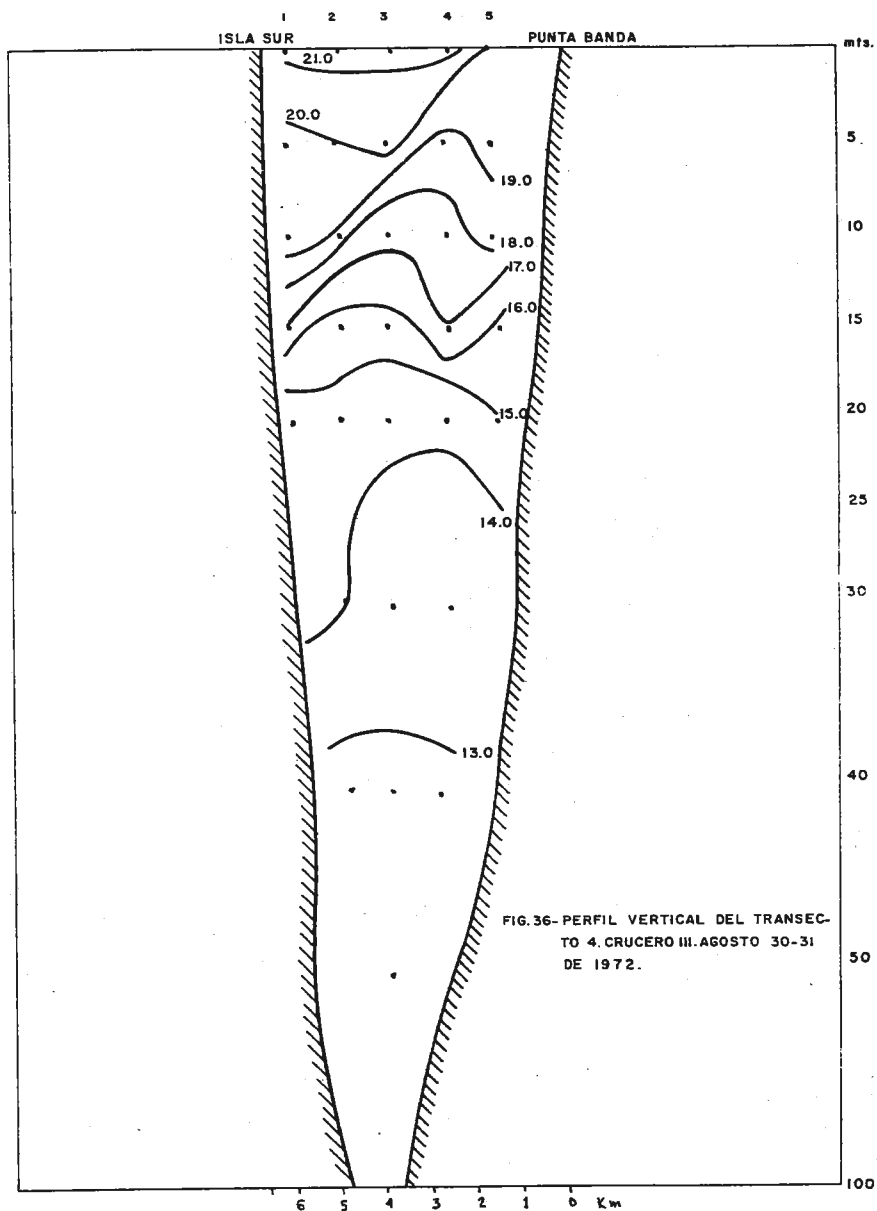


FIG.36- PERFIL VERTICAL DEL TRANSEC-
TO 4. CRUCERO III. AGOSTO 30-31
DE 1972.

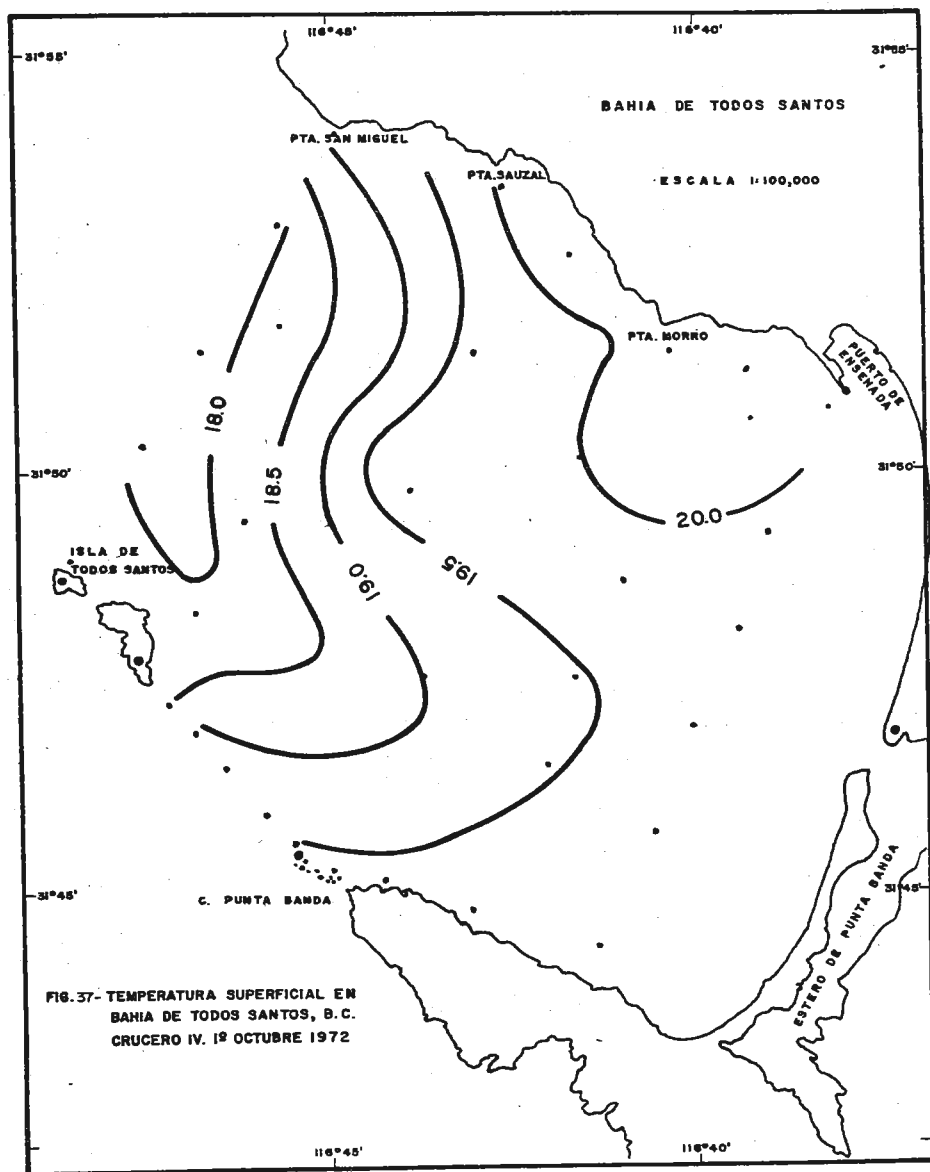
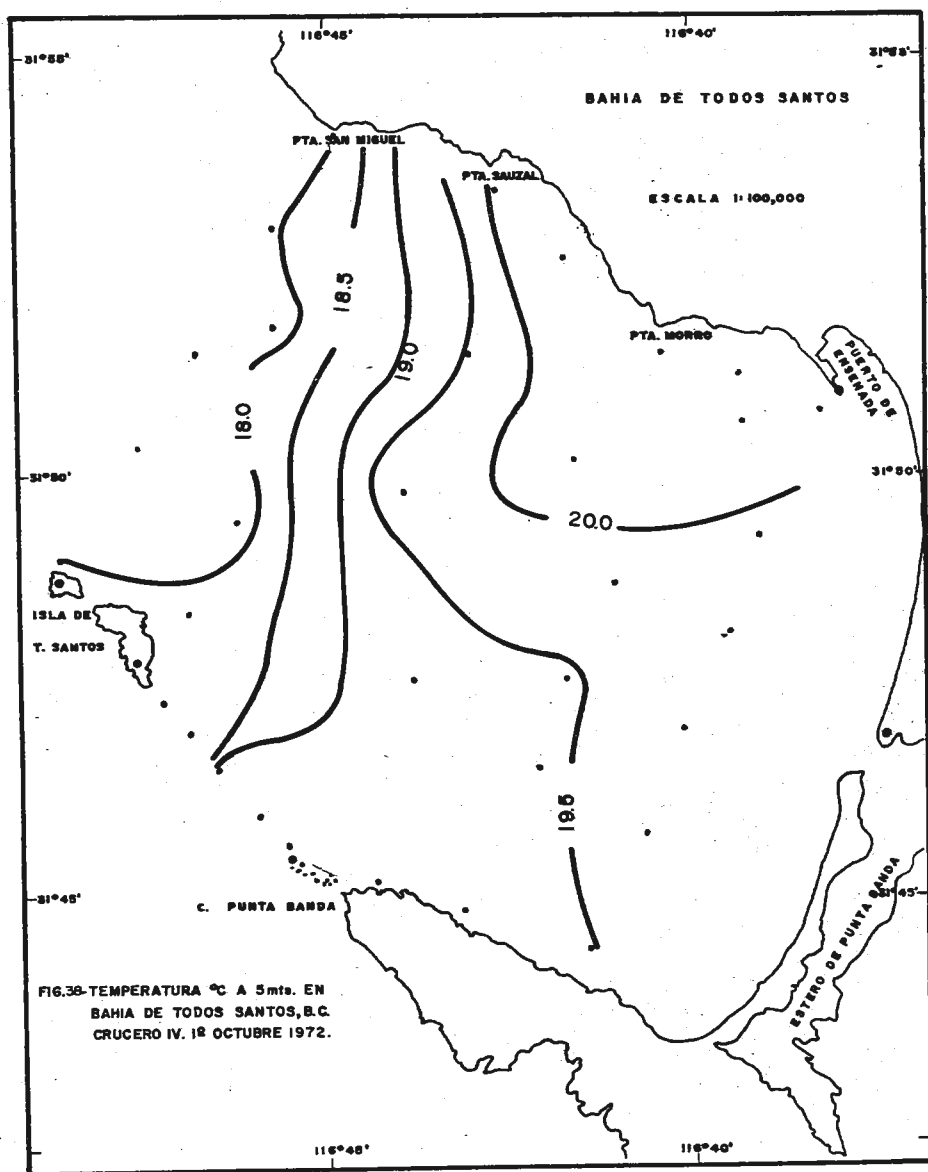
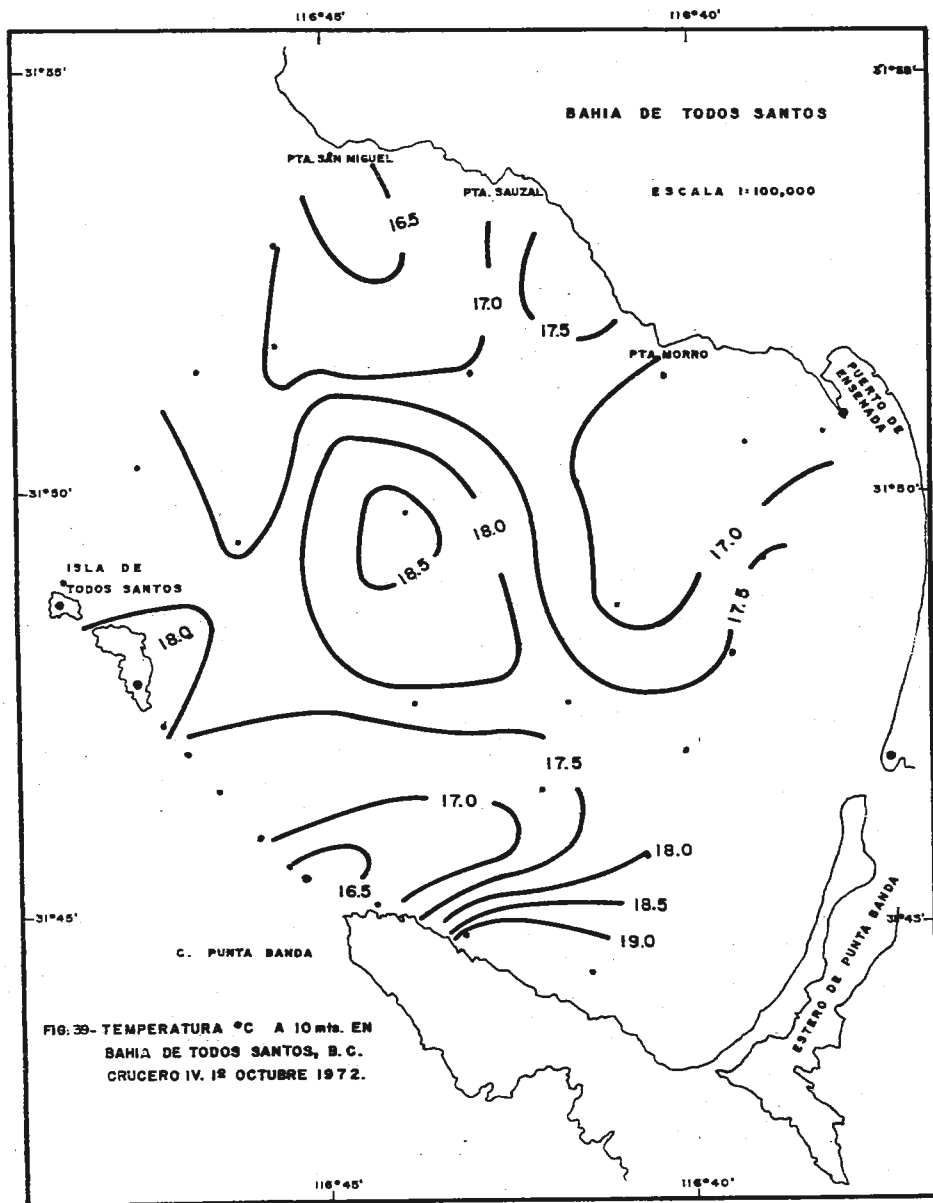


FIG. 37- TEMPERATURA SUPERFICIAL EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO IV. 12 OCTUBRE 1972





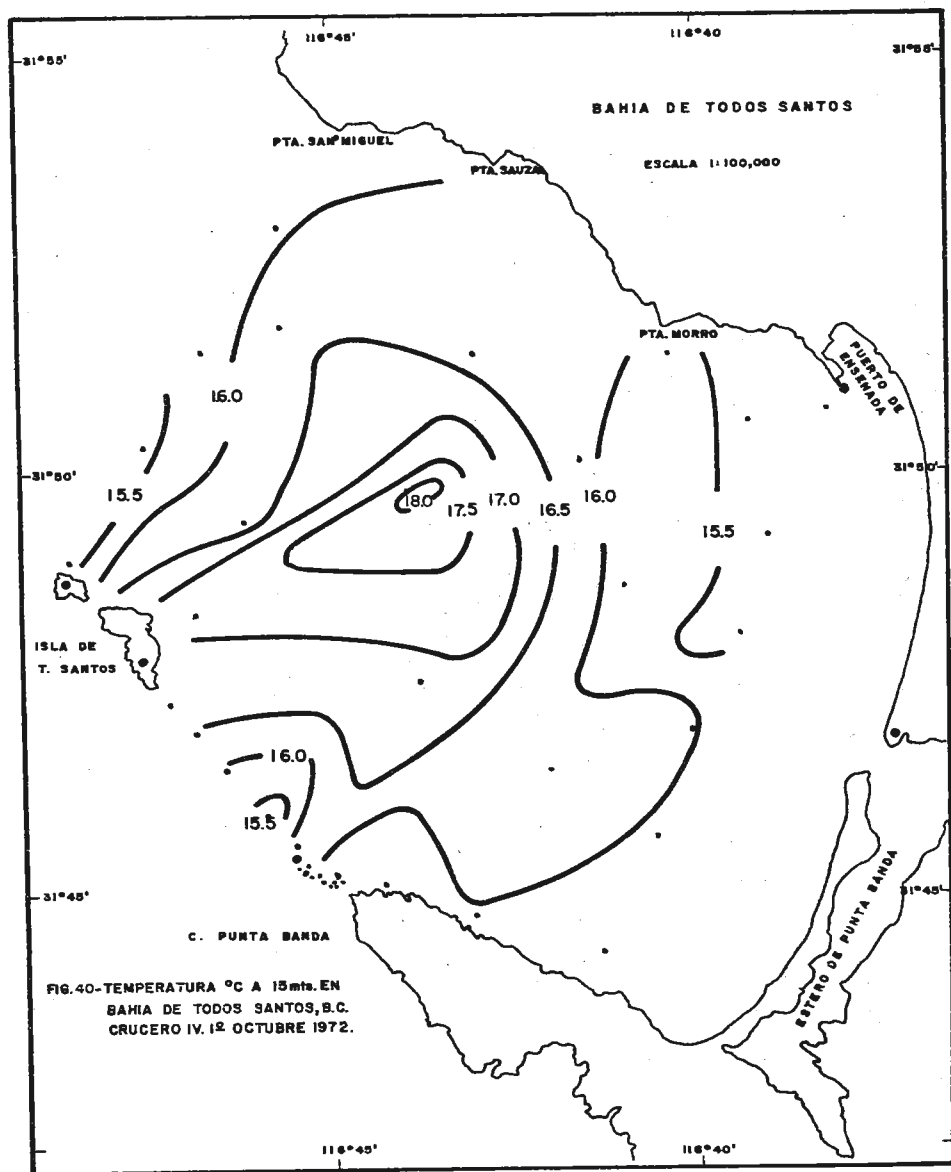
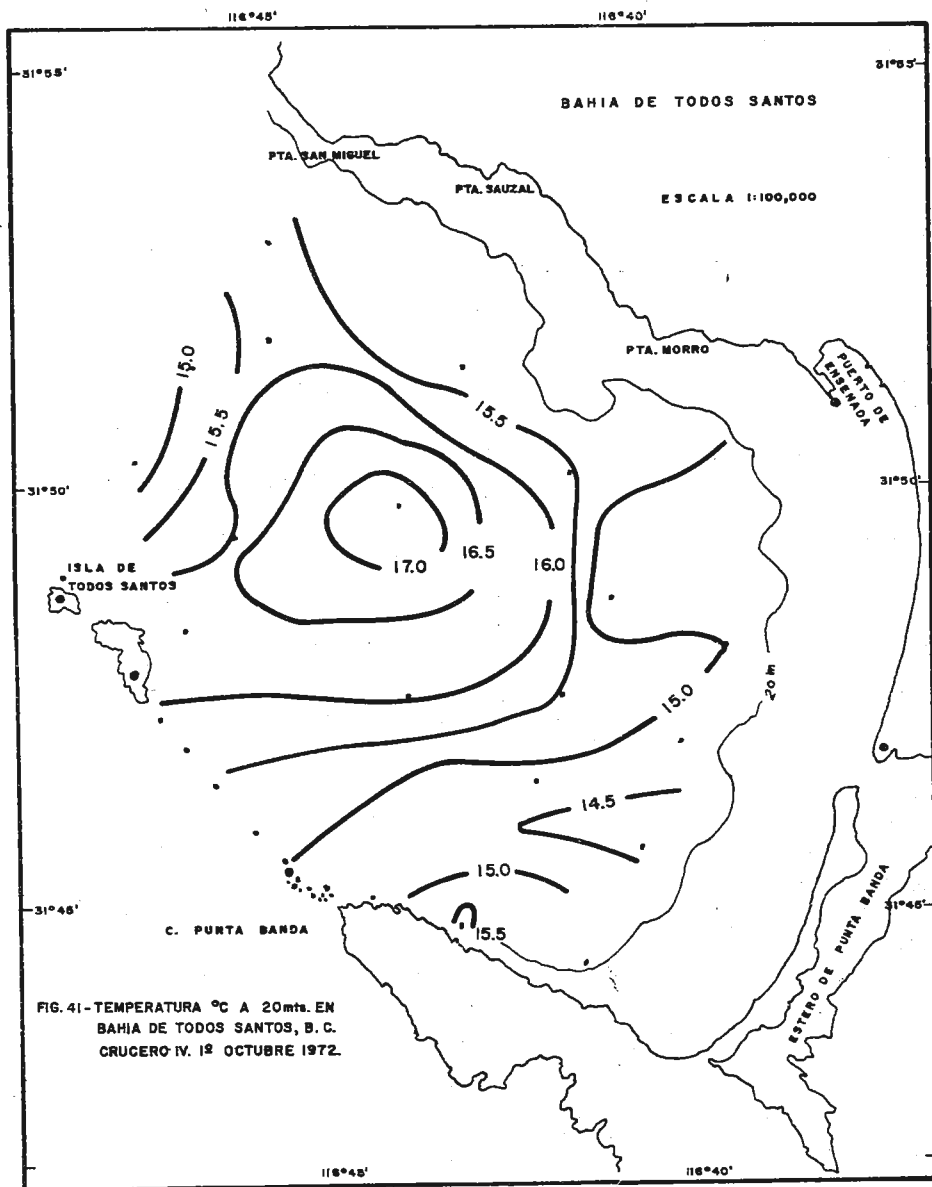


FIG. 40-TEMPERATURA °C A 15mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO IV. 12 OCTUBRE 1972.



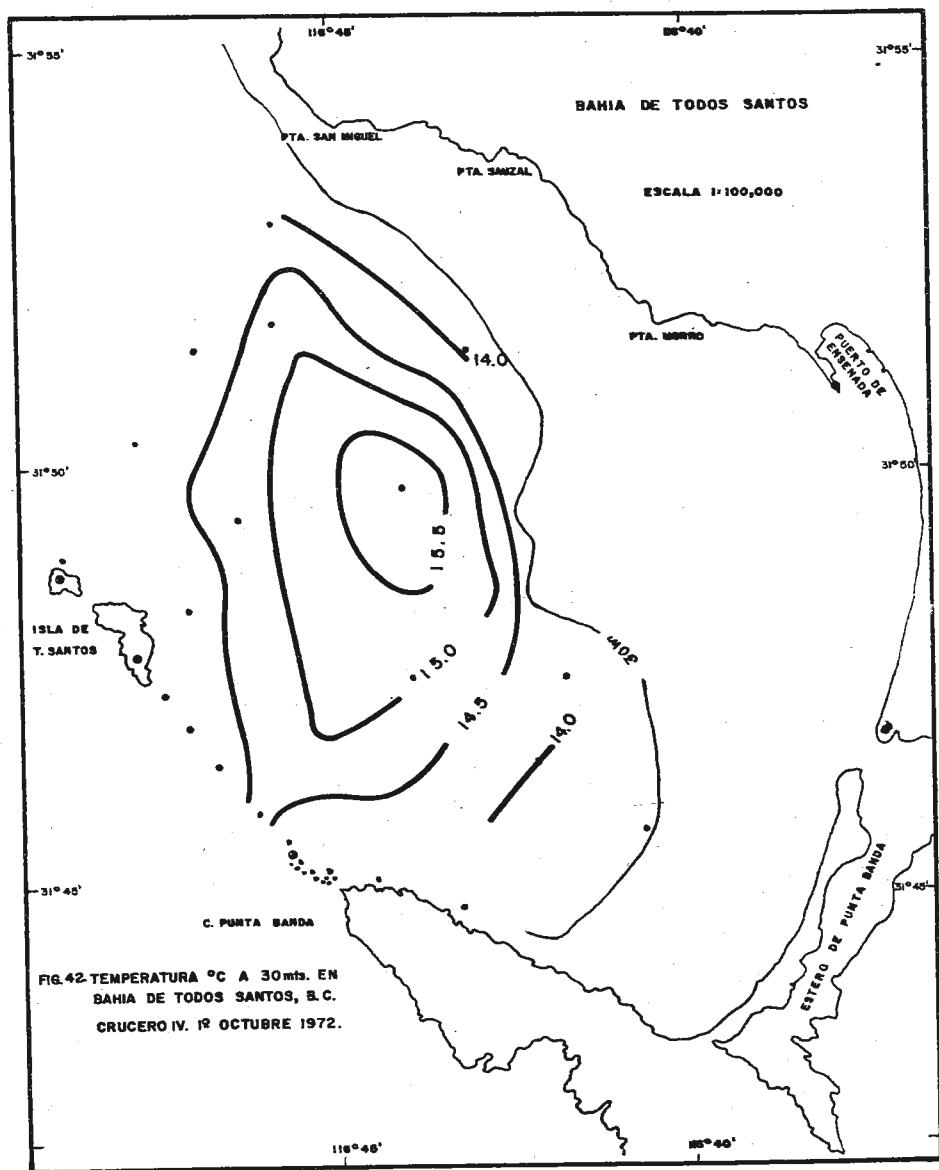
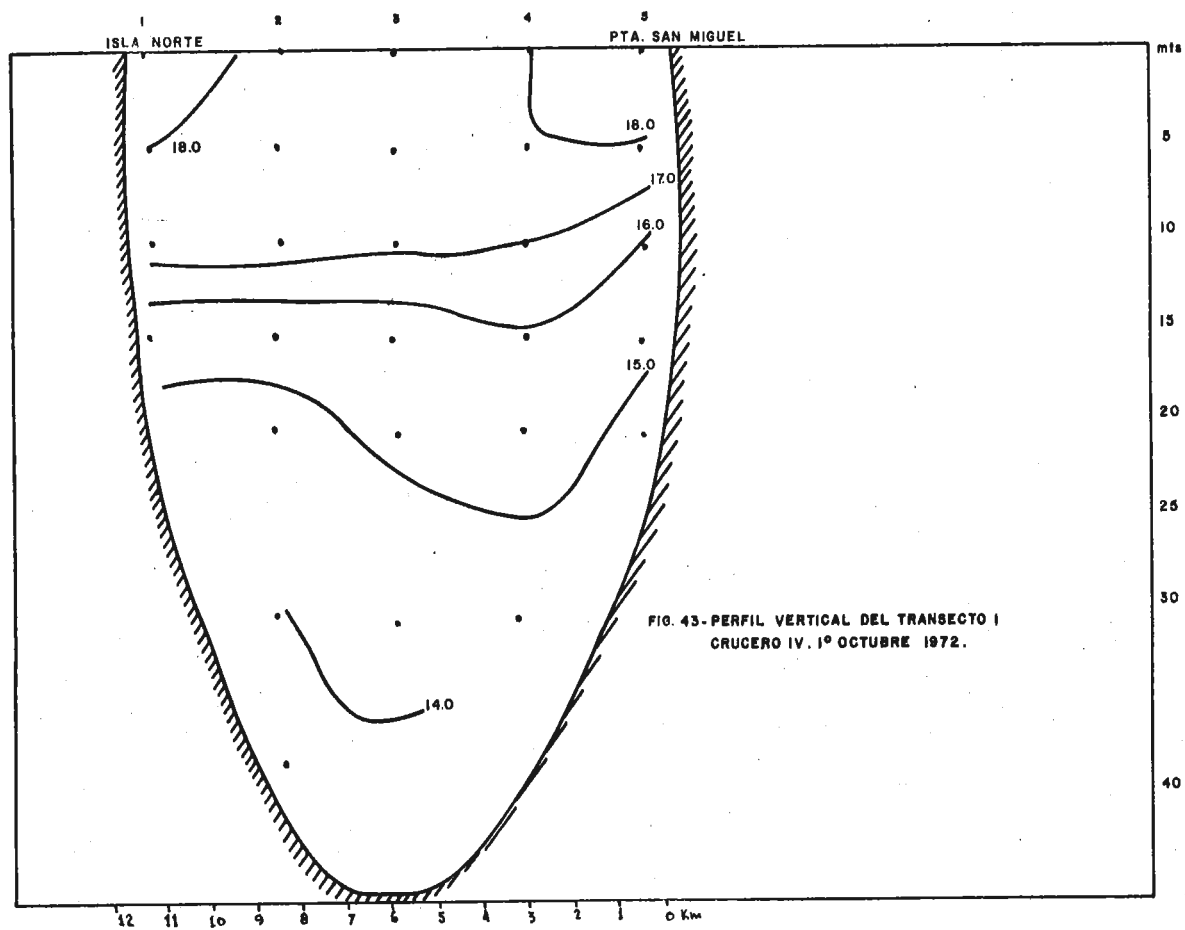
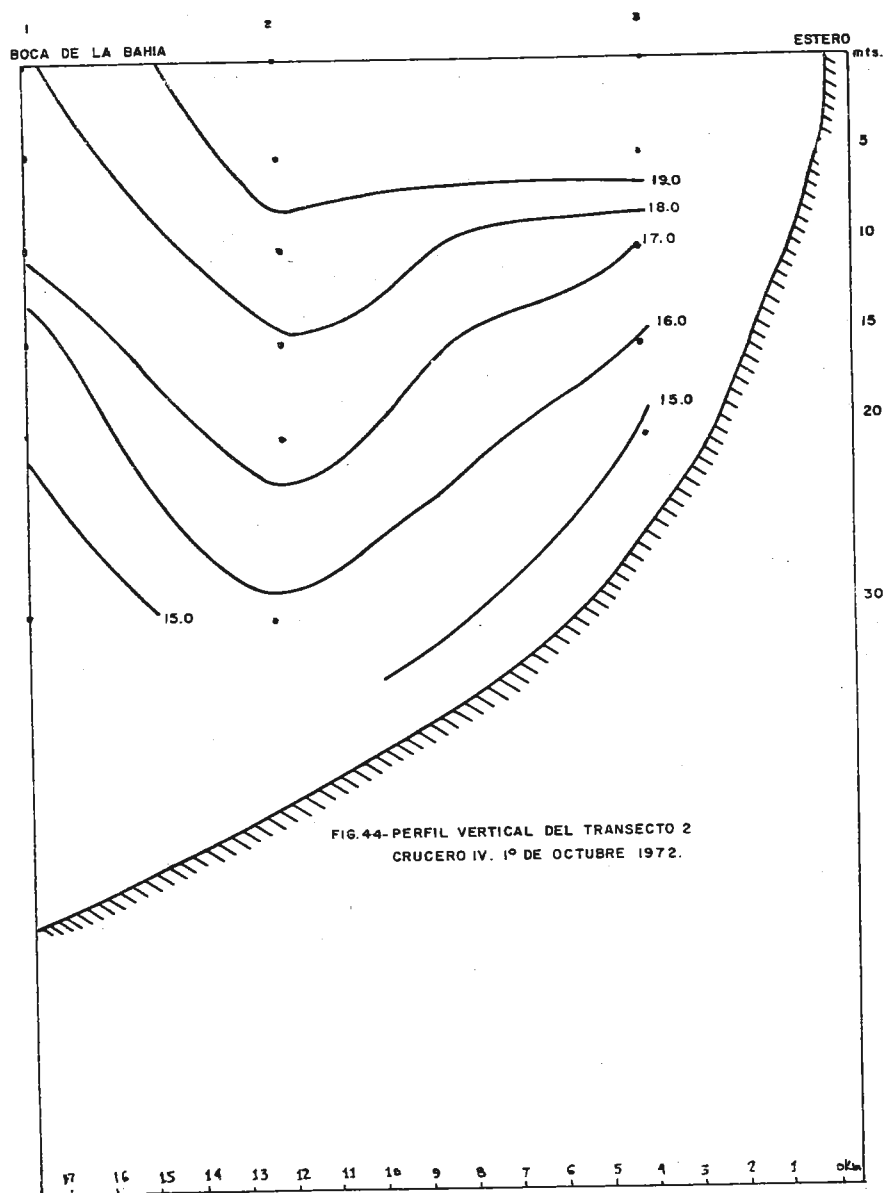
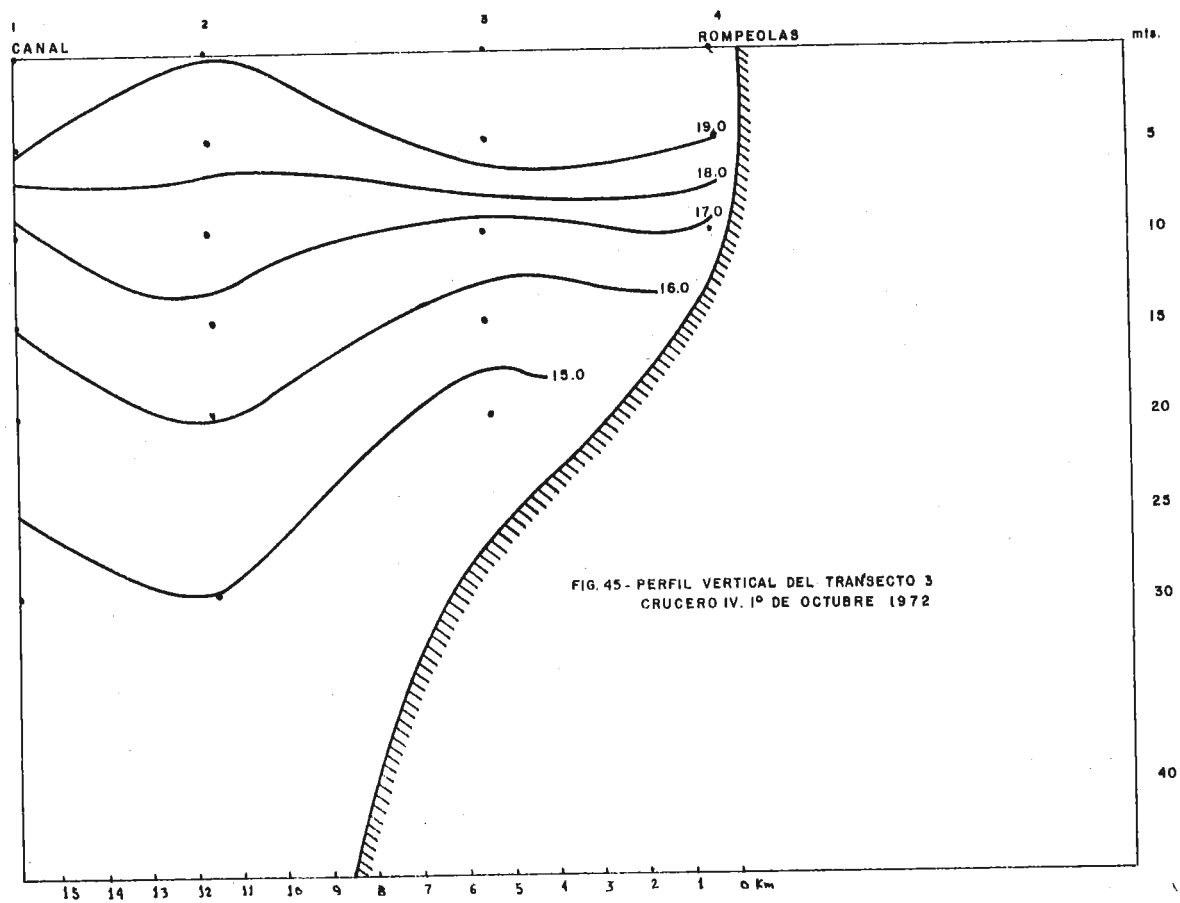
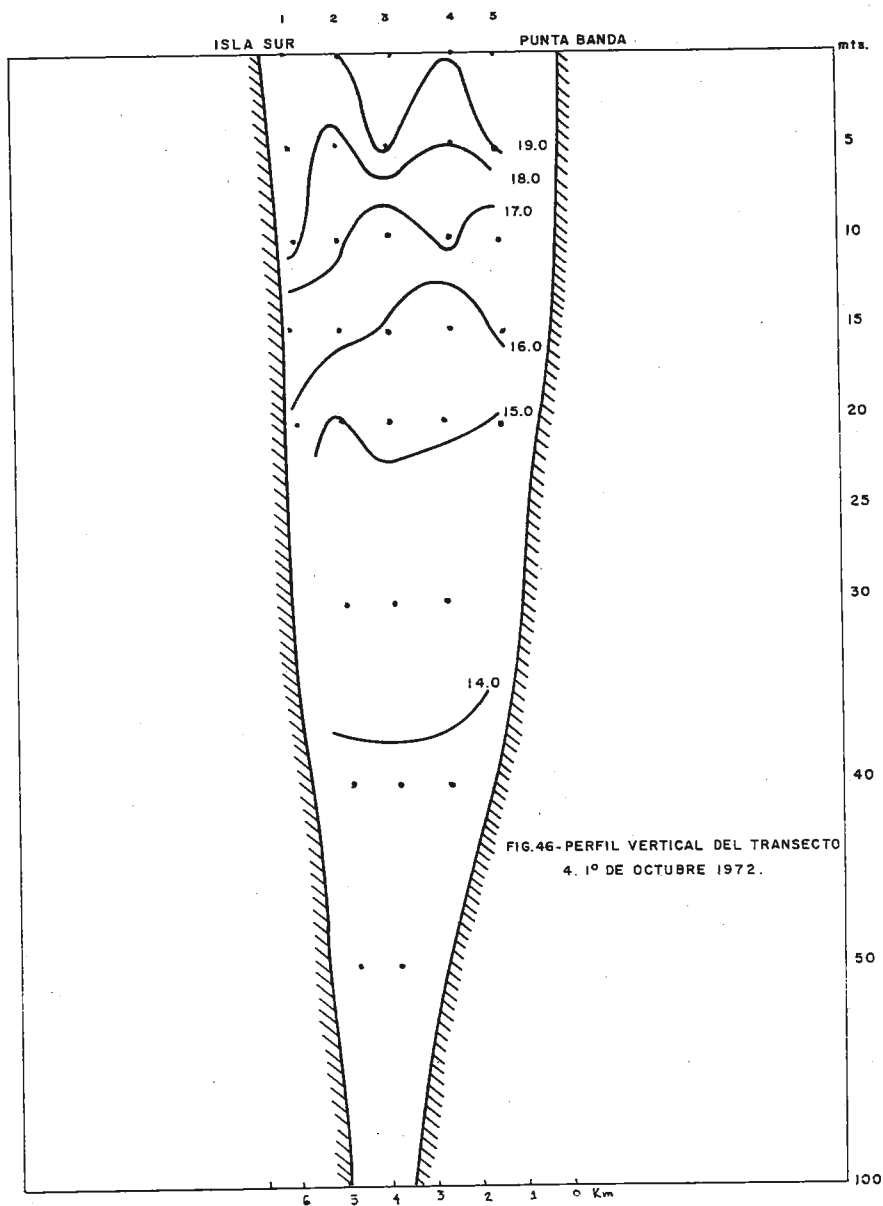


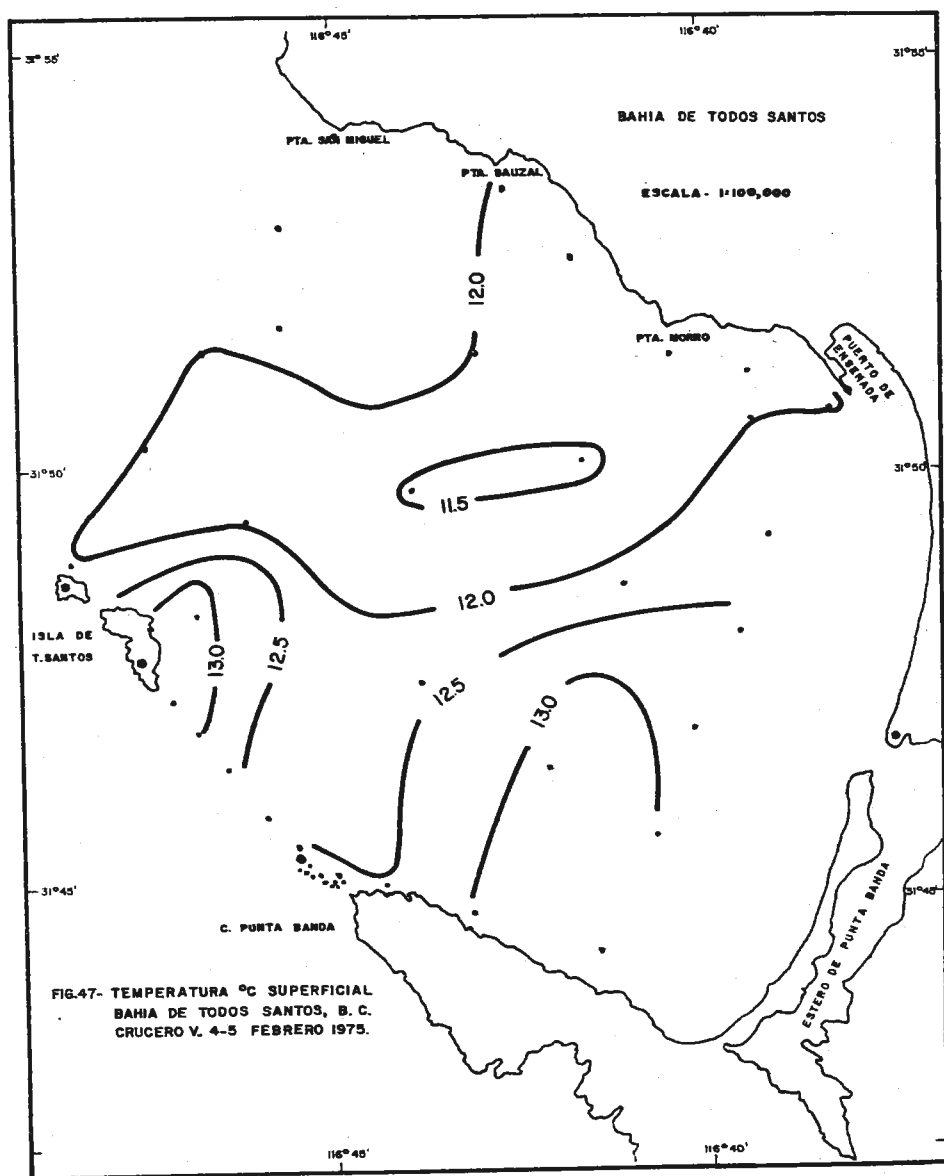
FIG. 42. TEMPERATURA °C A 30mts. EN
BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.
CRUCERO IV. 12 OCTUBRE 1972.

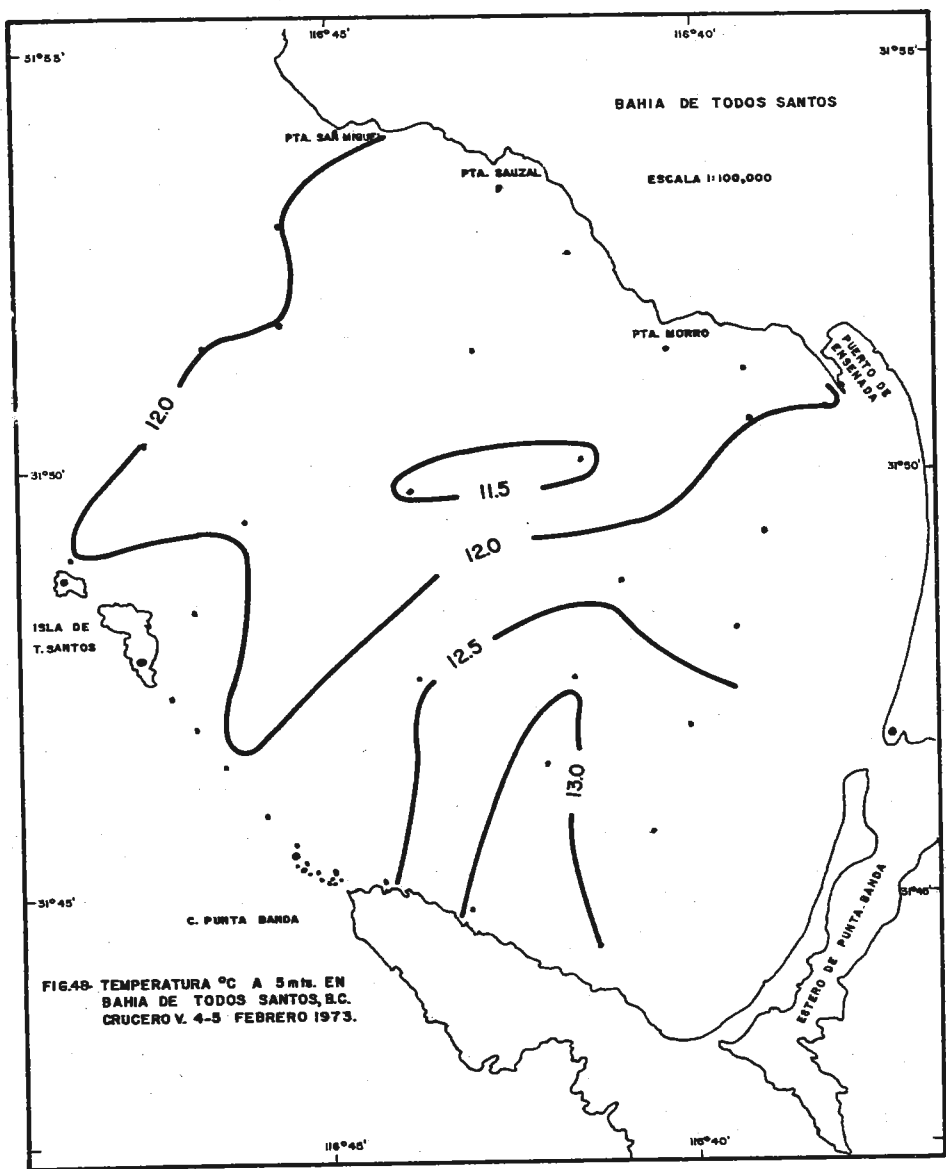


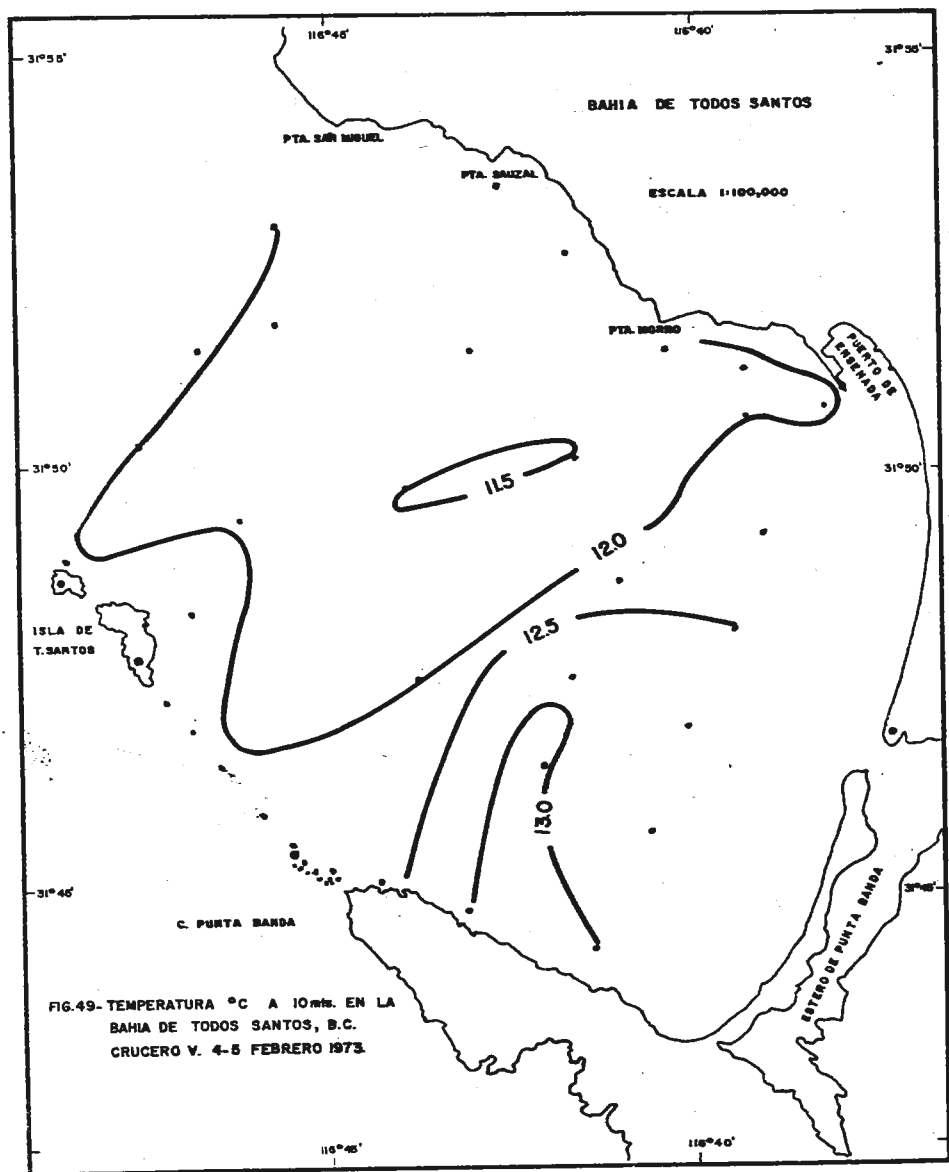


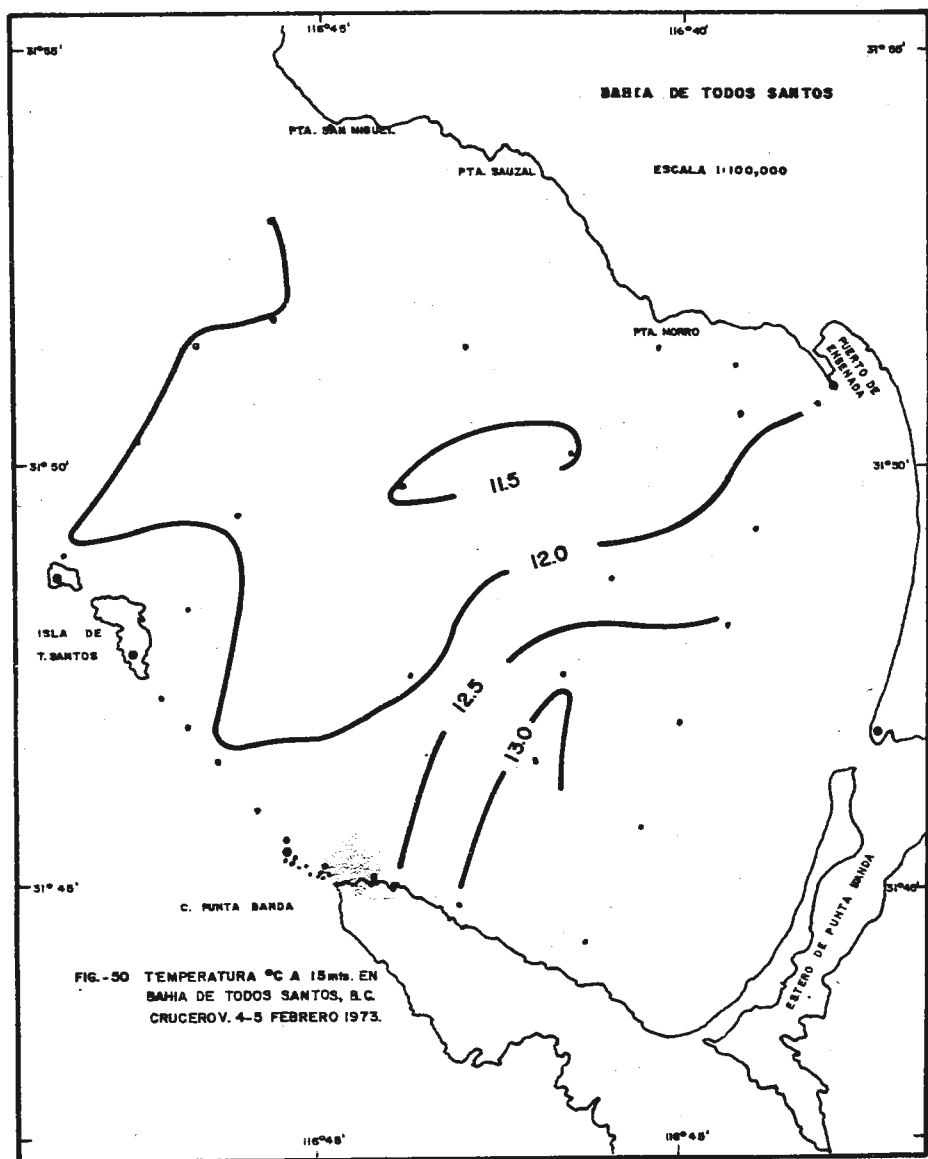


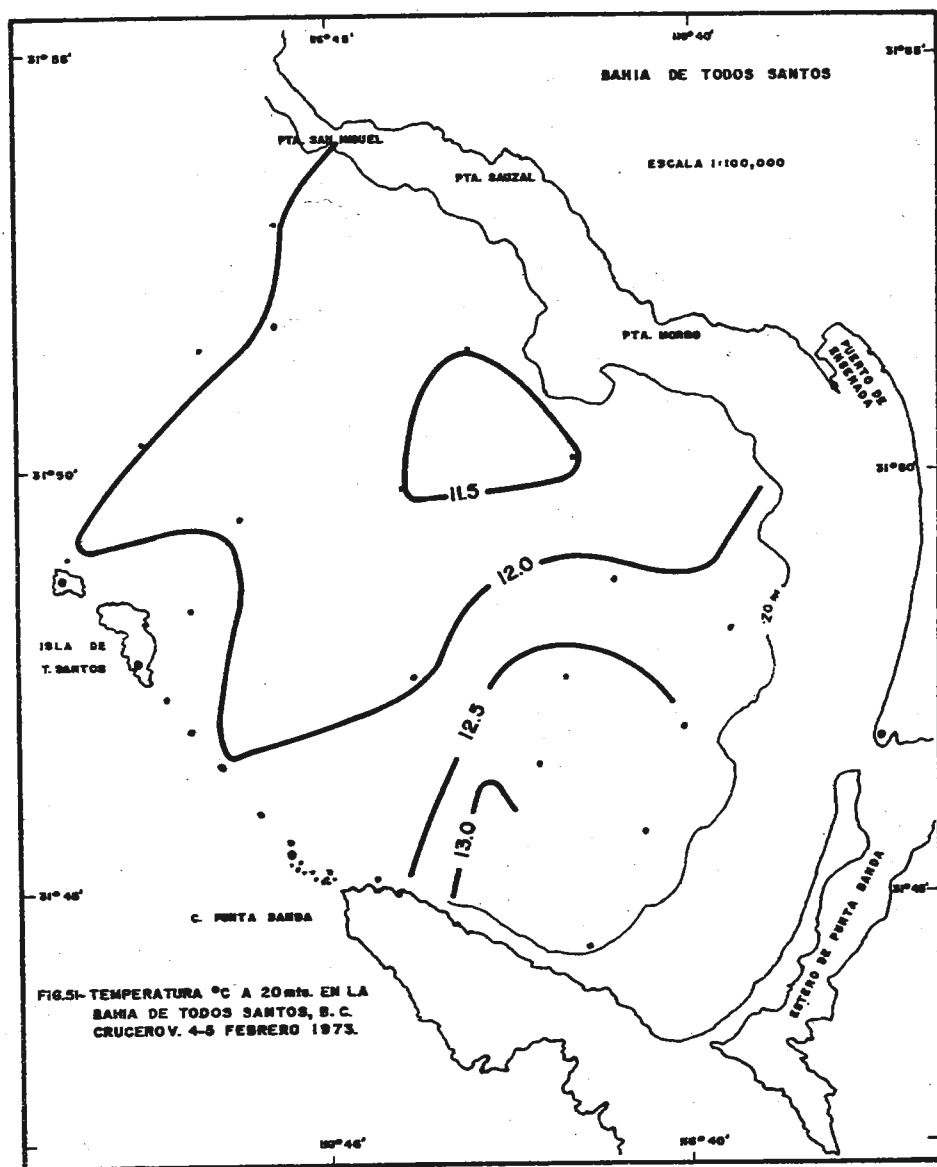


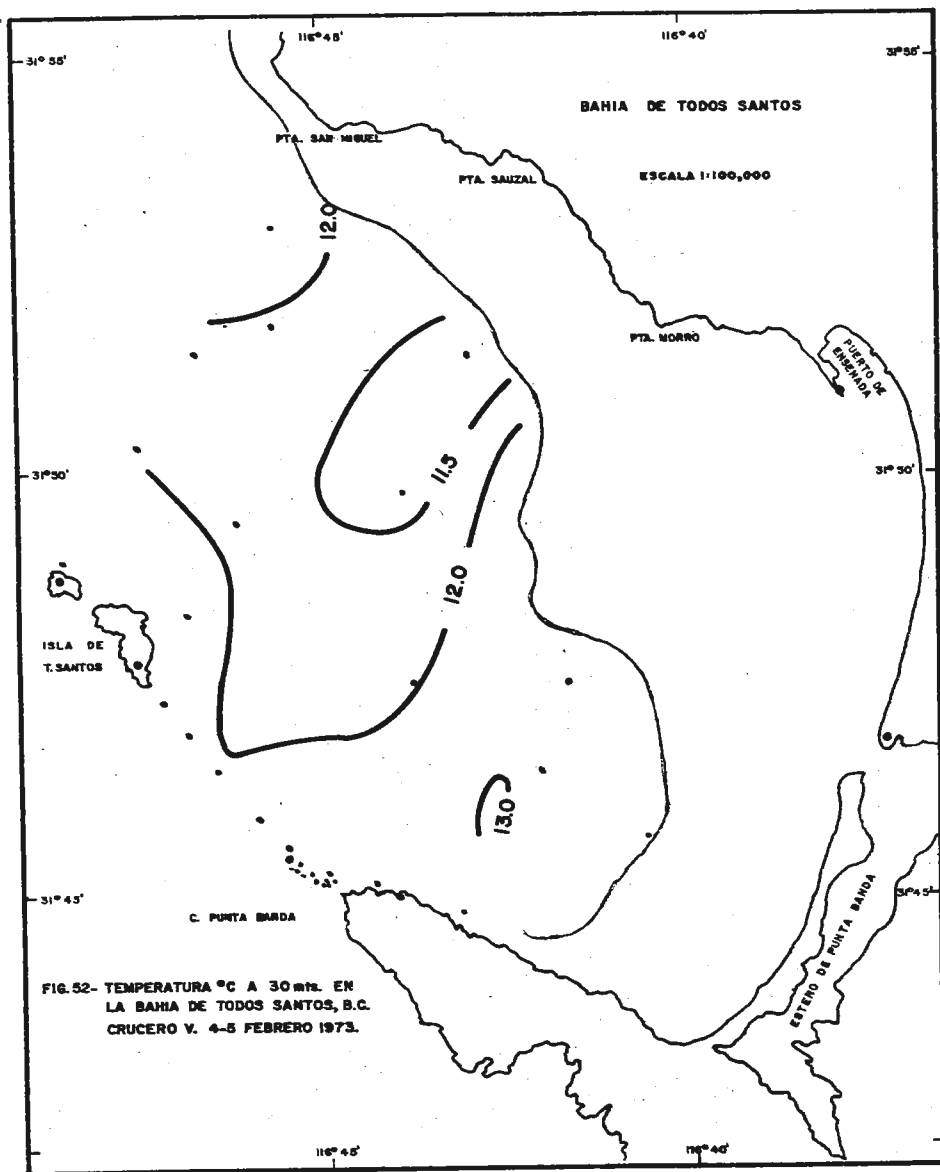


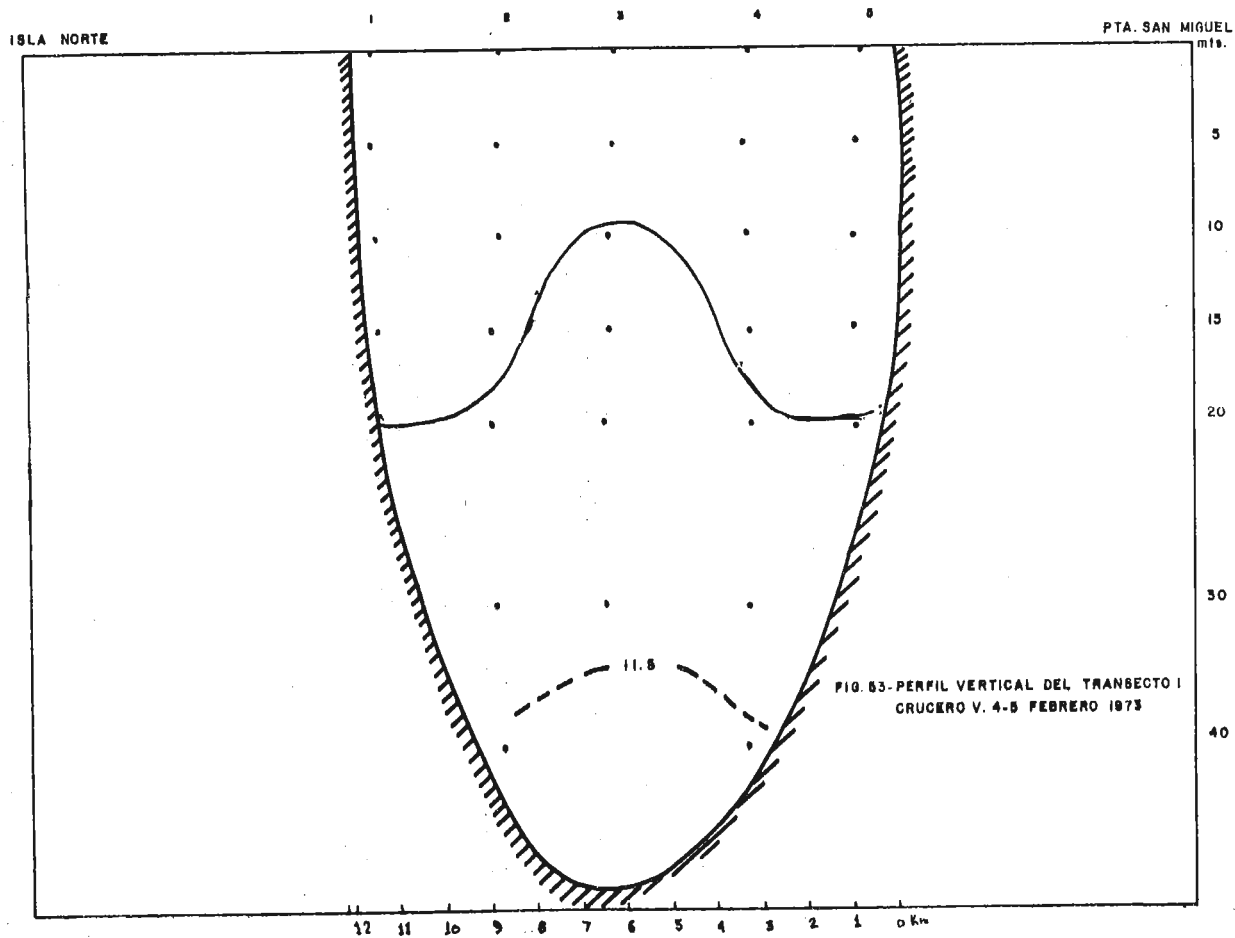












BOCA DE LA BAHIA

ESTERO

mts.

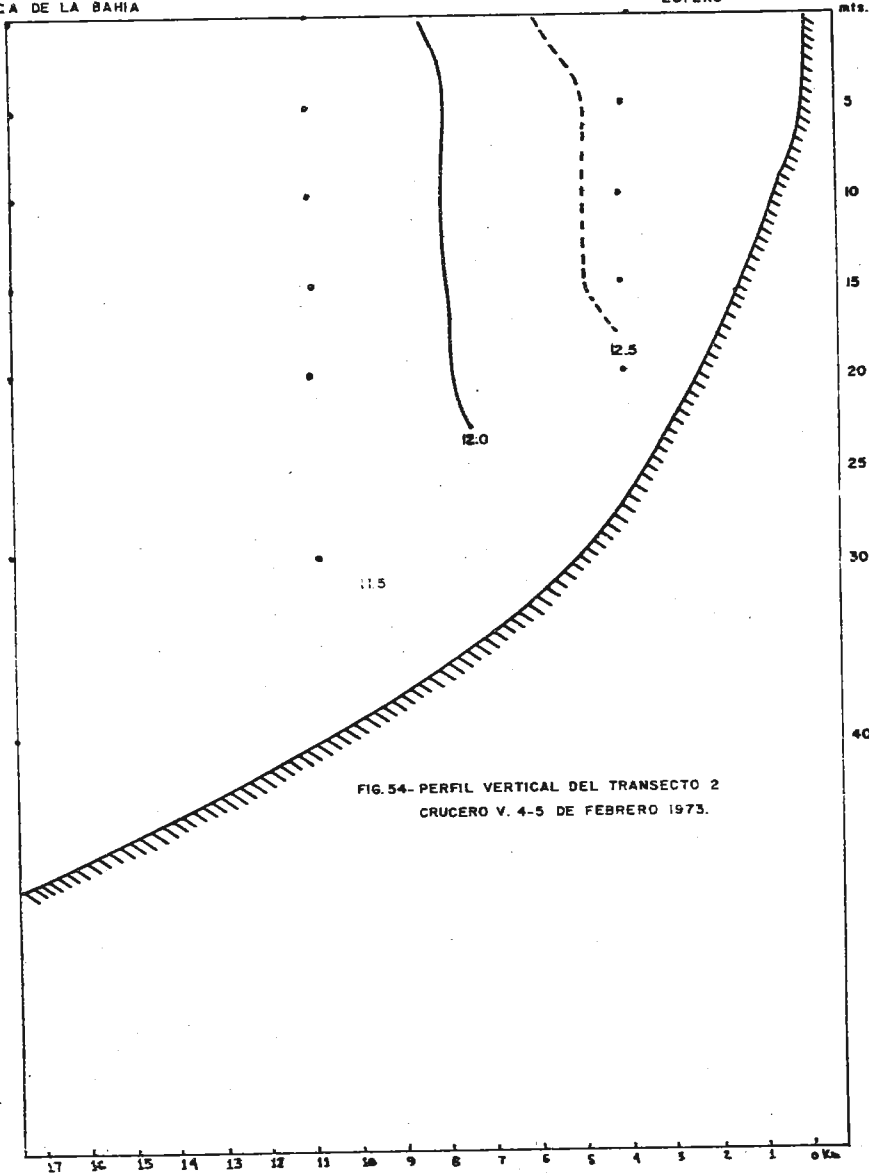


FIG. 54- PERFIL VERTICAL DEL TRANSECTO 2
CRUCERO V. 4-5 DE FEBRERO 1973.

