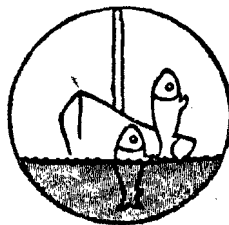


I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



BOLETÍN
CIENTÍFICO N° 13

DESCRIPCION OCEANOGRAFICA PRELIMINAR
DEL GOLFO DE ARAUCO

PRELIMINARY OCEANOGRAPHIC DESCRIPTION
FOR THE GULF OF ARAUCO

Elias Alarcón

SANTIAGO, CHILE, 1970

I N D I C E - C O N T E N T S

Versión en español - Spanish v e r s i ó n

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 1. EXTRACTO | 1 |
| 2. INTRODUCCION | 1 |
| 3. OBTENCION Y ELABORACION DE LOS DATOS | 2 |
| 4. CLIMA E INFLUENCIA FLUVIAL, BATIMETRIA Y SEDIMENTOS | 3 |
| 5. DESCRIPCION OCEANOGRAFICA POR CRUCERO | 4 |
| 5.1 Crucero 10 (1) 65 CD | 4 |
| 5.2 Crucero 36 (3) 67 CD | 5 |
| 5.3 Crucero 44 (2) 68 CD | 7 |
| 5.4 Crucero 60 (1) 69 TI | 7 |
| 5.5 Crucero 71 (4) 69 CD | 8 |
| 5.6 Crucero 76 (1) 70 CD | 9 |
| 5.7 Crucero 84 (3) 70 CD | 10 |
| 6. DISCUSION ESTACIONAL Y CONCLUSIONES | 11 |
| 7. AGRADECIMIENTOS | 13 |
| FIGURAS - FIGURES | 15 |

serie de observaciones oceanográficas realizadas en el interior del Golfo de Arauco, como parte de los cruceros estacionales que realiza el IFOP. En él se formulan, además, algunas conclusiones finales, cuyo objetivo es contribuir a un mayor conocimiento oceanográfico de tan importante zona pesquera.

3. OBTENCION Y ELABORACION DE LOS DATOS

Toda la información oceanográfica utilizada en este trabajo fue extraída de las hojas-resumen de los cruceros efectuados por IFOP que contienen observaciones realizadas en el interior del Golfo de Arauco. Estas hojas-resumen, que se encuentran ya computadas, se publicarán posteriormente en los "Informes de Datos" de cada crucero, indicándose en cada uno la metodología y procesamiento seguidos para su obtención, corrección y computación.

Como parte de este procesamiento se trazan las líneas que unen los valores de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) versus profundidad (m), salinidad (S%) versus temperatura (diagrama T-S) y oxígeno (O_2 ml/l) versus profundidad. De estos trazados se obtienen los valores enteros de cada una de las propiedades a diferentes profundidades.

Para dar una visión más clara de la distribución espacial de cada propiedad se confeccionaron gráficos que reproducen la distribución horizontal y vertical de temperatura, salinidad y oxígeno de cada uno de los cruceros realizados. En gráficos independientes se muestra la posición geográfica de las estaciones y el track de navegación seguido entre ellas. Además, una línea entrecortada indica los perfiles oceanográficos seleccionados.

Los datos meteorológicos fueron proporcionados por la Oficina Meteorológica de Chile, incluyéndose en este trabajo los promedios mensuales, obtenidos a través de todo el año, de la dirección y fuerza (en escala Beaufort) de los vientos que prevalecen en las estaciones meteorológicas de Tumbes, Isla Santa María y Punta Lavapié.

La información relativa al gasto medio mensual de las aguas desembocadas por el río Bío Bío, incluyendo los valores de los últimos siete años, fue proporcionada por la División Hidrológica de ENDESA, que lleva a cabo sus observaciones cerca de la desembocadura de dicho río.

La extracción de sedimentos se efectuó durante el crucero 71 (4) 69 CD, utilizándose una draga cualitativa, marca "Marukawa", que extrae aproximadamente 300 cc. El análisis de estas muestras se realizó mediante el sistema de tamizado en seco en el Laboratorio de Geomorfología del Instituto de Geografía de la Universidad de Chile, empleándose los tamices Nos. 30, 50, 120, 230 y -270, indicados en la escala de Wentworth (1922). Las denominaciones de arenas o fangos (limos + arcillas) se adoptaron de las combinaciones dadas por Ro Revelle (1946), quien usa la misma escala granulométrica ya mencionada. Los valores obtenidos se indican para cada tipo de grano, en gráficos de distribución horizontal, y se refieren sólo a los sedimentos superficiales.

La distribución de profundidades en las 53 estaciones oceanográficas realizadas en el interior del Golfo de Arauco se trazó empleando la totalidad de las profundidades corregidas.

Los perfiles batimétricos del cañón del Bío Bío se diseñaron aplicando los datos del crucero 76 (1) 70 CD, proporcionados por los ecogramas de un ecosonda Simrad EH, de 38 kc y papel húmedo, instalado a bordo del B/C "Carlos Darwin".

4. CLIMA E INFLUENCIA FLUVIAL, BATIMETRIA Y SEDIMENTOS

Clima e influencia fluvial

La región geográfica que incluye al Golfo de Arauco está considerada dentro de un clima templado-cálido, con lluvias invernales y estación seca prolongada, que abarca de ocho a siete meses secos (Fuenzalida, 1966). Las mayores precipitaciones se observan en los meses de mayo, junio, julio y agosto. Los demás meses presentan valores por debajo del promedio anual, considerándose, por lo tanto, secos.

Fuenzalida (1965) expresa que "los vientos que acompañan a las lluvias son siempre del norte y norweste, con influencia marítima. Los dominantes, en cambio, son los vientos del sur y surweste, con los cuales se observa buen tiempo. En la costa, sin embargo, estos vientos alcanzan gran fuerza y persistencia durante la estación estival".

Al observar la Figura 1 se puede establecer que lo expuesto por ese autor concuerda con la relación viento-lluvia, a excepción del mes de agosto. De la misma figura se puede deducir que en el área del Golfo de Arauco predominan los vientos del sur y surweste, cuya intensidad aumenta en verano y disminuye en otoño y primavera. Durante el invierno predominan los vientos del norte, con igual o mayor intensidad que los vientos del verano,

En la Figura 2 se indica el gasto medio en m³/seg de las aguas del río Bío Bío, obtenido cerca de la desembocadura del río y promediado mensualmente entre los años 1963 y 1969.

Los mayores gastos se aprecian entre mayo y diciembre. Durante septiembre y octubre el gasto disminuye un tanto, para luego aumentar, aunque con valores inferiores a los de junio y julio, debido a los deshielos primaverales que comienzan en esta época del año.

A pesar de que la información disponible es escasa, durante los meses estivales parece haber un gran aumento en la temperatura de estas aguas, la que baja notablemente en invierno. El rango total de la variación térmica es de aproximadamente 12°C.

Batimetría

Aunque la distribución de profundidades dada en la Figura 3 está sujeta a futuras confirmaciones, ella nos da una idea preliminar de la batimetría de esta zona.

La impresión general es que el fondo del Golfo de Arauco es una plataforma baja, con su parte central levemente más profunda, hundiéndose hacia el norte y norweste hasta alcanzar el borde del cañón del Bío Bío (Fig. 3), que la delimita en ambas direcciones. Algo parecido se aprecia en la "boca chica" (dirección weste), donde la plataforma que se extiende fuera de la Isla Santa María se hunde y alcanza rápidamente el talud continental.

El cañón del Bío Bío, representado en las Figuras 3 y 4, es bastante profundo. Hacia el weste, y a pocas millas de la desembocadura del Bío Bío, alcanza ya los 500 m de profundidad, hundiéndose rápidamente a más de 900 m frente a Itü JsXd. Santa María. Esto se confirma si se observa que al norte del cañón la plataforma continental posee una extensión bastante ancha.

Sedimentos

La Figura 5 indica la siguiente granulación, por tamaño de grano: para arena gruesa (a), arena media (b), arena fina (c), arena muy fina (d), limo-arcilla (e), y combinaciones entre arenas y fangos (limos + arcillas) (f).

En la distribución granulométrica se observa una secuencia lógica de los tamaños, predominando las arenas gruesas en el borde costero del golfo, aumentando la preponderancia de las arenas más finas hacia el centro, hasta alcanzar los fangos que en mayor porcentaje prevalecen en su parte centro-norte.

La distribución de las combinaciones de arenas y fangos es también la misma, notándose mayor preponderancia de las arenas en los bordes costeros y de los fangos en la parte central.

5. DESCRIPCION OCEANOGRAFICA POR CRUCERO

Sol Crucero 10 (1) 65 CD

Este crucero se llevó a cabo durante enero y febrero de 1965 a bordo del B/C "Carlos Darwin".

En la Figura 6 se indica la posición geográfica de las estaciones, el track de navegación seguido entre éstas y el perfil oceanográfico utilizado (a), la distribución superficial de temperatura (b), la distribución superficial de salinidad (c) y la distribución del oxígeno sobre el fondo (d).

La Figura 7 muestra la distribución vertical de temperatura (e), la distribución vertical de salinidad (f) y la distribución vertical de oxígeno (g).

Temperatura

En la distribución superficial de temperatura (b) se observa de norte a sur un decrecimiento térmico de las isotermas, encontrándose la mayor

temperatura frente a la desembocadura del Bío Bío. Este alto valor se debe, probablemente, a la mayor temperatura que trae el agua desembocada por este río.

En el perfil de distribución vertical de temperatura (e) se aprecia, a baja profundidad, una termoclina irregular, cuyas isotermas afloran a la superficie. Bajo esta termoclina se detecta una estabilidad térmica con valores superiores a 10°C, que alcanza hasta el fondo, advirtiéndose asimismo una lengua de agua más fría con valores inferiores a 10°C, que no penetra al interior del golfo.

Salinidad

En la distribución superficial de la salinidad (c) se advierten bajos valores salinos, que en la parte norte del golfo coinciden con los altos valores de temperatura señalados anteriormente. Por ello también podemos atribuir esta baja salinidad al agua desembocada por el río Bío Bío.

La lengua de agua más salina que se observa en la parte sur del golfo, con valores superiores a 34,5%, parece haber alcanzado la superficie desde una profundidad mayor, a través de mecanismos de advección y de afloramiento, que pueden relacionarse con el ascenso de las isotermas hasta la superficie, como ya se expuso en el comentario sobre la temperatura..

En la distribución vertical de la salinidad (f) se observa la presencia de un mínimo con valores inferiores a 34,3%. Este mínimo de salinidad, que al parecer no llega a la superficie, puede atribuirse a las aguas del mínimo subantártico (Alarcón y Pineda, 1969).

Las aguas que cubren el cañón del Bío Bío y la parte más profunda del golfo alcanzan valores superiores a 34,6% y revelan la presencia del máximo de salinidad correspondiente al agua subecuatorial.

Oxígeno

La distribución del oxígeno sobre el fondo (d) indica que gran parte del Golfo de Arauco se encuentra cubierto por aguas con bajo contenido de oxígeno, el cual fluctúa entre 0,25 y 1 ml/l. Los bordes costeros, y por lo tanto la parte menos profunda, se encuentran cubiertos por aguas con mayor oxigenación, cuyos valores varían entre 2 y 3 ml/l.

En la distribución vertical del oxígeno (g) se aprecia una buena oxigenación de la capa superior, surgiendo a la superficie casi todas las oxilíneas. En general, todo el fondo del Golfo de Arauco y parte del cañón del Bío Bío se encuentran cubiertos por aguas con escaso contenido de oxígeno, cuyos valores son inferiores a 1 ml/l.

5.2 Crucero 36 (3) 67 CP

Este crucero se efectuó a bordo del B/C "Carlos Darwin" durante los meses de junio, julio y agosto de 1967.

La Figura 8 indica la posición geográfica de las estaciones, el track de navegación y el perfil usado (a), la distribución superficial de temperatura (b), la distribución superficial de salinidad (c) y la distribución del oxígeno sobre el fondo (d).

La Figura 9 muestra las distribuciones verticales de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Temperatura

Se observa que la temperatura superficial (b) es homogénea, con dos focos más templados, en la parte norte y sureste del golfo. Por ser ésta la época en que el Bío Bío aporta mayor cantidad de agua, podríamos atribuir la temperatura, que es inferior a 11°C, a los menores valores que traería esa agua. Este hecho coincide, como se verá en seguida, con la distribución de las salinidades superficiales y provoca una inversión vertical de la temperatura. En la distribución vertical de temperatura (e) se observa que el agua fría ya mencionada alcanza a formar sólo una delgada película, que no se profundiza más allá de los 10 m. Ello provoca entre los 8 y 30 m una inversión en la temperatura, cuyos valores sobrepasan los 11°C. Bajo esta inversión se advierte una distribución homogénea de temperatura, que se profundiza más allá de los 200 m, con valores superiores a 10°C.

Salinidad

La salinidad superficial (c) presenta valores muy bajos, debido a su mezcla con las aguas del Bío Bío. Al parecer estas aguas, de bajas salinidades, son arrastradas hacia el sur por los vientos del norte, cubriendo superficialmente todo el golfo y deslizándose fuera de éste a través de la "boca chica".

En la distribución vertical de la salinidad (f) se puede apreciar que los bajos valores salinos no se profundizan más allá de los 20 m. Esto se confirma al considerar que la isohalina de 34,0‰ puede tomarse como índice de los valores salinos más bajos encontrados fuera del golfo en igual época del año. Bajo los 20 m de profundidad observamos una estratificación con aumento de los valores salinos hasta alcanzar, bajo los 100 m, valores característicos del agua subecuatorial, que en este crucero sobrepasan los 34,6‰.

Oxígeno

En la distribución del oxígeno sobre el fondo del golfo (d) se detecta una buena oxigenación, que en la "boca chica" llega a valores superiores a 5 y 6 ml/l. Los menores valores están fuera del golfo y alcanzan a más de 1 ml/l.

En la distribución vertical del oxígeno (g) también se observa una buena oxigenación superficial, disminuyendo los valores a medida que aumenta la profundidad hasta alcanzar un mínimo inferior a 1 ml/l, que cubre el cañón del Bío Bío más allá de los 100 m de profundidad.

La distribución vertical de temperatura (e) coincide con lo expresado en el párrafo anterior, apreciándose un calentamiento superficial. Bajo los 20 m de profundidad se detecta una homogeneidad térmica, con valores superiores a 10°C. En este gráfico también se nota que al interior del cañón del Bío Bío hay un ascenso de la isoterma de 10°C, lo que no se observó en los cruceros comentados anteriormente en este trabajo.

Salinidad

En la distribución superficial de la salinidad (c) se advierte una penetración de aguas de baja salinidad desde el norte, causada probablemente por las aguas del Bío Bío, cuyos valores son inferiores a 33,0%.

En la distribución vertical de salinidad (f) se aprecia que estos mismos valores no sobrepasan los 10 m de profundidad. Los valores superiores a 34,6%, que corresponden al agua subecuatorial, se distribuyen en la parte superior del cañón del Bío Bío.

Oxígeno

En la distribución del oxígeno sobre el fondo (d) se observa que un mínimo de oxígeno cubre casi todo el Golfo de Arauco, incluso a través de la "boca chica". Este hecho no fue observado en los cruceros comentados anteriormente.

En la distribución vertical del oxígeno (g) se advierte una buena oxigenación en la capa superficial, la que disminuye hasta alcanzar valores inferiores a 1 ml/l, que cubren todo el fondo del golfo. Los valores inferiores a 0,5 ml/l cubren la parte exterior de éste y el cañón del Bío Bío, sin penetrar en el interior del golfo.

5.6 Crucero 76 fl) 70 CP

Este crucero se efectuó entre enero y febrero de 1970 a bordo del B/C "Carlos Darwin".

La Figura 15 muestra la posición geográfica de las estaciones, el track de navegación y perfil oceanográfico utilizado (a), la distribución superficial de temperatura (b), la distribución superficial de salinidad (c) y la distribución del oxígeno sobre el fondo (d).

En la Figura 16 se reproduce la distribución vertical de temperatura (e), la distribución vertical de salinidad (f) y la distribución vertical de oxígeno (g).

Temperatura

La distribución superficial de temperatura (b) señala un mayor calentamiento dentro del golfo, con isotermas de 13, 14 y 15°C, las que interrumpen su penetración en la parte norte a causa del agua más fría

desembocada por el río Bío Bío, cuya influencia aumentó . probablemente por un atraso de los deshielos y/o una producción más sostenida de éstos. Por otra parte, en el lado sur del golfo se aprecia una disminución de la temperatura debida, al parecer, a procesos de ascensión de aguas más profundas.

En la distribución vertical de la temperatura (e) se advierte una sucesión de isotermas que no forman una termoclina muy definida. Bajo esta sucesión de isotermas encontramos una masa de agua, térmicamente homogénea, cubriendo todo el fondo del golfo con temperaturas mayores de 10°C.

Salinidad

La distribución superficial de salinidad (c) revela un descenso de los bajos valores salinos frente a la desembocadura del río Bío Bío, que coincide con los bajos valores de la temperatura comentados más arriba. Estos bajos valores tienden a orientarse hacia el norte, probablemente a causa de los vientos del sur y surweste que predominan en esta época del año.

En la distribución vertical de salinidad (f) se observa que los bajos valores salinos no se profundizan más allá de los 15 ó 20 m. La masa de agua predominante es la que alcanza valores superiores a 34,6%, que corresponden al agua subecuatorial. Bajo esta agua, se puede apreciar una disminución de los valores salinos en el cañón del Bío Bío, ocasionada por una mezcla entre el agua subecuatorial y el agua intermedia antártica.

Oxígeno

La distribución de oxígeno sobre el fondo (d) muestra que éste se halla cubierto completamente por un mínimo de oxígeno, cuyos valores son inferiores a 1 ml/l y 0,5 ml/l, encontrándose en la parte central del golfo un foco con valores inferiores a 0,25 ml/l.

La distribución vertical del oxígeno (g) muestra que existe una buena oxigenación en las capas superiores, la que disminuye rápidamente hasta alcanzar menos de 0,5 ml/l, formando una gran masa que cubre casi toda la profundidad del golfo y también el fondo, como lo comentáramos anteriormente.

5.7 Crucero 84 (3) 70 CP

Este crucero se realizó entre septiembre y octubre de 1970 a bordo del B/C "Carlos Parwin".

La Figura 17 indica la posición geográfica de las estaciones, el track de navegación y perfil oceanográfico usado (a), la distribución superficial de temperatura (b), la distribución superficial de salinidad (c) y la distribución del oxígeno sobre el fondo (d).

La Figura 18 muestra la distribución vertical de temperatura (e), la distribución vertical de salinidad (f) y la distribución vertical del oxígeno (g).

Temperatura

En la distribución superficial de temperatura (b) se aprecia una estabilidad térmica con valores superiores a 10°C. Se observa, además, una penetración de agua más temperada desde el NW, la que alcanza valores superiores a 11 °C. En la distribución vertical de temperatura (e) no se detecta formación alguna de termoclina, advirtiéndose que el fondo del golfo está cubierto por aguas frías que alcanzan valores superiores a 9°C.

Salinidad

La distribución superficial de salinidad (c) indica un descenso de los valores superficiales de salinidad frente a la desembocadura del Bío Bío, lo que se puede atribuir al agua desembocada por éste. Los valores aumentan paulatinamente hacia el interior del golfo, hasta alcanzar valores superiores a 34,1%, los que deben ser producto de las mezclas costaneras. En la distribución vertical de salinidad (f) se observan bajos valores superficiales, aunque no menores que en invierno, hecho que puede atribuirse al menor flujo de agua desembocada por el Bío Bío en esta época del año. Esta capa no sobrepasa los 20 m de profundidad, desde cuyo nivel aumenta rápidamente hasta cubrir el fondo del golfo con valores superiores a 34,4%. La zona superior del cañón del Bío Bío aparece con valores superiores a 34,5%, pero inferiores a los encontrados en la misma zona durante agosto, lo que estaría indicando que el invierno se presenta realmente aquí a fines de agosto y principios de septiembre.

Oxígeno

Los valores del oxígeno sobre el fondo (d) alcanzan a más de 1 ml/l dentro del golfo y menos de 1 ml/l fuera de él, indicando que el mínimo puede estar iniciando su penetración hacia el interior del golfo. La distribución vertical del oxígeno (g) indica una buena oxigenación de las aguas del golfo, con una zona de bajos valores en la parte superior del cañón del Bío Bío.

6. DISCUSION ESTACIONAL Y CONCLUSIONES

La información utilizada abarca todas las estaciones del año y es suficiente para dar a conocer algunos de los rasgos más sobresalientes de este análisis, relacionando estacionalmente las variaciones que experimentan las propiedades oceanográficas.

El mayor intercambio de agua con el océano se realiza a través de la "boca grande", dada su mayor extensión y profundidad. La "boca chica",

menos amplia y menos profunda, es afectada por procesos de mareas y vientos, manteniendo probablemente durante todo el año una mezcla vertical hasta el fondo, la cual lo oxigena, aunque sólo en una pequeña área en torno a la "boca chica".

Entre 0 y 40 m de profundidad la capa superficial es la que presenta mayores variaciones en sus propiedades oceanográficas, lo que no ocurre desde los 40 m hasta el fondo, zona que a través de todo el año presenta una temperatura con escasas variaciones. En esta capa se advierte durante las distintas estaciones del año un efecto más variable en la salinidad y el oxígeno. Sobre la base de estas consideraciones se han confeccionado gráficos para las estaciones extremas (verano e invierno), separando ambas capas (0-40 m y 40 m-fondo) (Figs. 19 y 20) e indicando en ellas la salinidad y el oxígeno versus la temperatura, por ser este último el parámetro menos variable en ambas estaciones.

La penetración del agua subecuatorial desde el cañón del Bío Bío comienza bajo la superficie y a través de la "boca grande" durante la primavera. Ello implica un aumento de las salinidades y una disminución de la concentración de oxígeno sobre los fondos del Golfo de Arauco. Por sobre el agua subecuatorial se produce una mezcla, de menor salinidad, entre estas aguas y las subantárticas. En algunas zonas superficiales del golfo, el agua subantártica podrá aumentar sus valores salinos por evaporación, o disminuirlos debido a las aguas desembocadas por el Bío Bío durante los deshielos primaverales.

En el verano se observa una gran estabilidad de las masas de agua dentro del golfo. En la capa superficial, 0-40 m (Fig. 19), se advierte una estabilidad salina de altos valores, causada aparentemente por combinaciones de la evaporación, y el ascenso hacia la superficie de aguas de mezcla entre subecuatoriales y subantárticas. Los valores de oxígeno son variables y fluctúan entre 0,25 y 6 ml/l. La temperatura presenta una variación térmica entre 11 y 15°C.

Bajo la capa 0-40 m se encuentra el agua subantártica, cuyo mínimo salino absoluto en esta época del año debe encontrarse fuera del golfo. Bajo el agua subantártica encontramos la subecuatorial (Fig. 20) que cubre todos los fondos del golfo, con altos valores salinos que sobrepasan los 34,6%. Los valores de oxígeno son muy bajos y fluctúan entre 0,15 y 0,55 ml/l. Estos valores, característicos del agua subecuatorial en nuestras costas, se ven aún más disminuidos debido a la reducción bacterial.

Si consideramos que el Golfo de Arauco es un golfo cerrado, la posibilidad de renovación del agua sobre el fondo es escasa durante la estación estival. La temperatura bajo los 40 m se presenta constante hasta el fondo, con valores superiores a 10°C.

Durante el otoño comienza en la superficie el aumento del agua desembocada por el río Bío Bío y el retiro subsuperficial del agua subecuatorial, desde el interior del golfo a través de la "boca grande".

En la capa superficial encontramos una mezcla de los valores salinos del agua subantártica con el agua desembocada por el Bío Bío. Bajo esta mezcla se ubica el agua subantártica, con su mínimo salino que penetra en el golfo. Bajo esta agua los fondos del golfo quedan cubiertos por aguas de mezcla entre subantártica y subecuatorial al retirarse estas últimas del golfo. El oxígeno tiende a aumentar sus valores, ya que las aguas de mezcla antes citadas aportan mayor cantidad de oxígeno hacia el fondo. Las isotermas más cálidas se retiran desde el interior del golfo hacia el océano, dejando en aquél una capa térmicamente homogénea, cuyos valores fluctúan entre menos de 10°C sobre el fondo y más de 11°C hacia la superficie.

Durante el invierno (Fig. 19) las condiciones oceanográficas en la capa superficial de 0-40 m varían fundamentalmente con respecto al verano, hallándose en la superficie aguas de mezcla entre subantártica y dulce, la que es aportada en su mayor parte por el Bío Bío. Esta mezcla parece no profundizarse más allá de los 25 m. En la capa 0-40 m el oxígeno es bastante alto, con valores que fluctúan entre 4 y 7 ml/l.

En esta época del año las temperaturas que traen las aguas del Bío Bío son menores que las que se encuentran en el interior del golfo, provocando inversiones de temperatura en la isoterma de 11°C.

Desde los 40 m hasta el fondo (Fig. 20) encontramos aguas subantárticas y mezcla entre éstas y aguas subecuatoriales residuales, mezcla que se aprecia más cerca del cañón del Bío Bío.

El agua subecuatorial se ha retirado del interior del golfo, siendo reemplazada por aguas subantárticas que descienden desde su ubicación superficial de verano y primavera. Este mecanismo produce una buena oxigenación de las aguas que cubren el fondo del golfo.

La temperatura desde los 40 m hasta el fondo permanece estable, con valores superiores a 10°C, lo que lleva a suponer que bajo los 40 m de profundidad la temperatura en el interior del golfo es constante todo el año, o puede variar en no más de 1°C.

7. AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos a las siguientes personas, sin las cuales este trabajo no hubiese sido posible: Sr. F. Robles, del Instituto de Fomento Pesquero, por sus sugerencias y revisión final del manuscrito, Sr. J. Spiro, de la Fuerza Aérea de Chile, Sr. L. Bravo, de la División Hidrológica de ENDESA y Sr. J. F. Araya, del Instituto de Geografía de la Universidad de Chile.

F I G U R A S

F I G U R E S

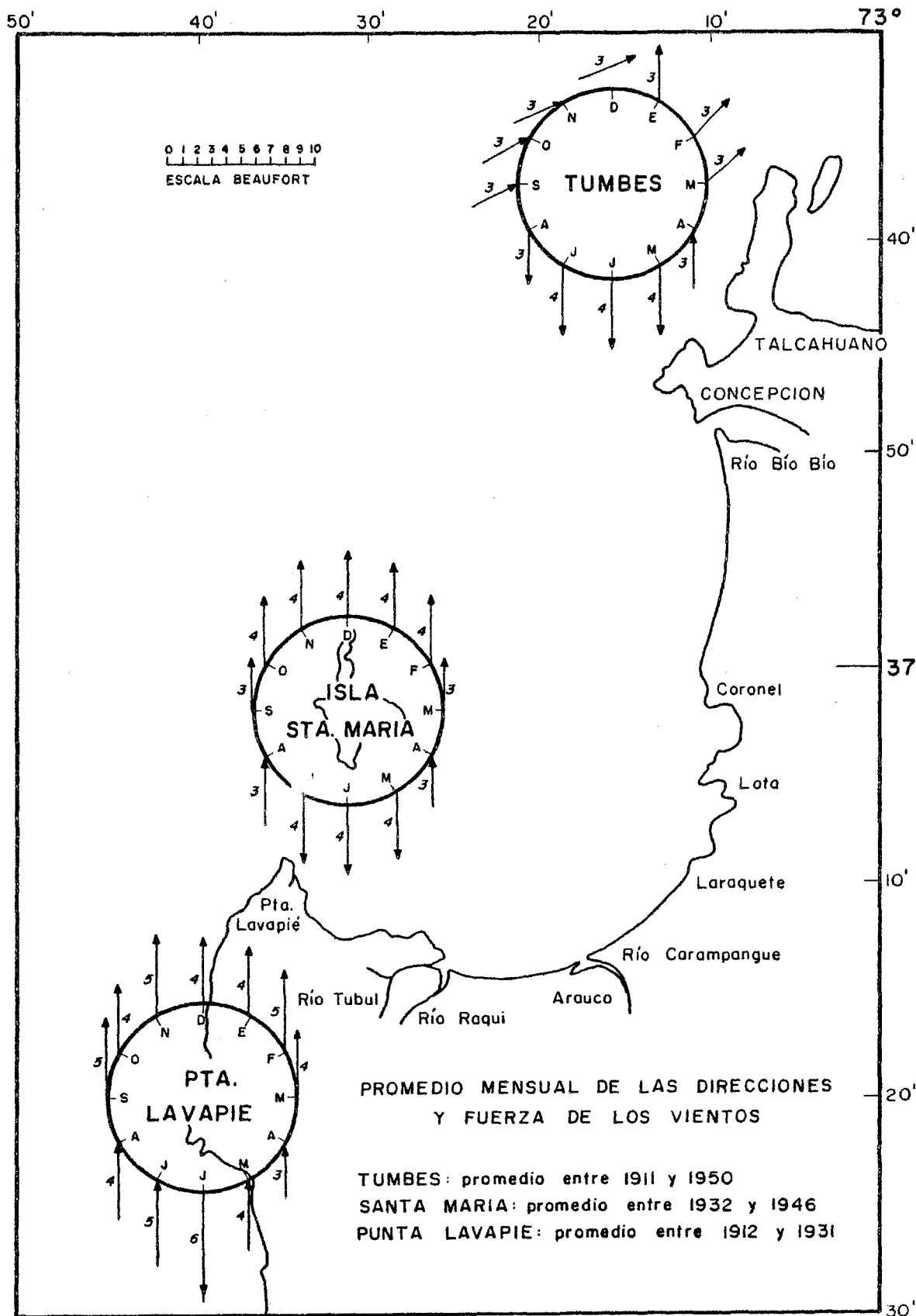


Figura 1. Promedio mensual de las direcciones y fuerza de los vientos.
Figure 1. Mean monthly wind direction and force.

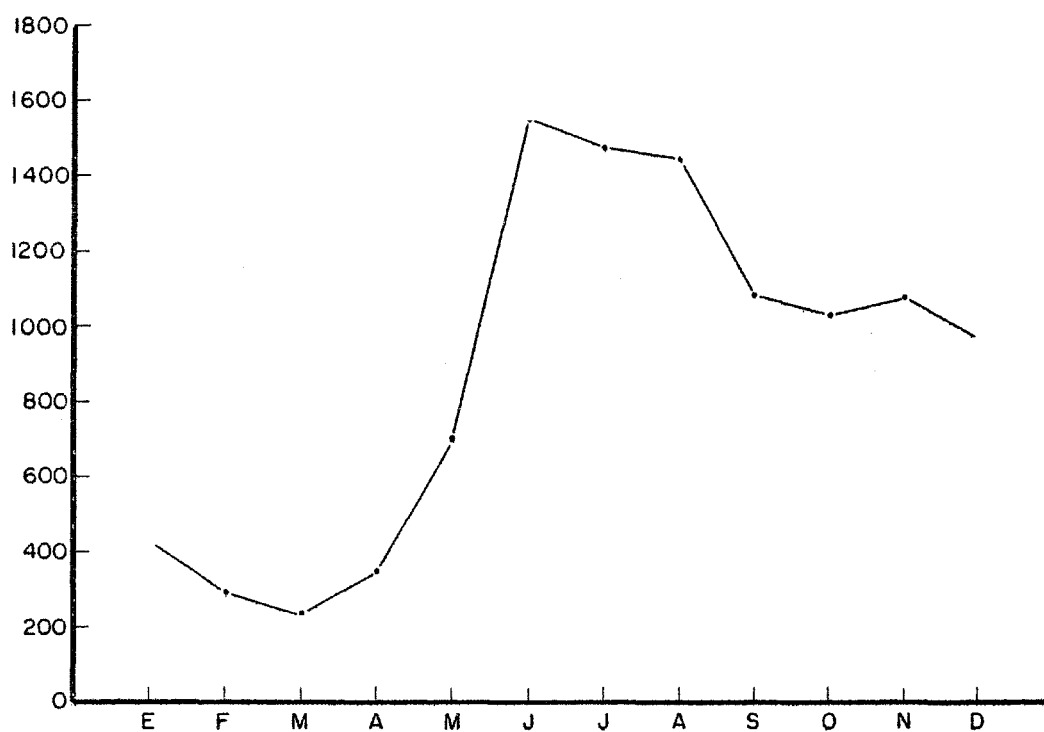


Figura 2. Promedio mensual del gasto medio, en m^3/seg , del agua desembocada por el río Bío Bío entre 1963 y 1969.

Figure 2. Average monthly displacement, in m^3/sec , of the Bío Bío river between 1963 and 1969.

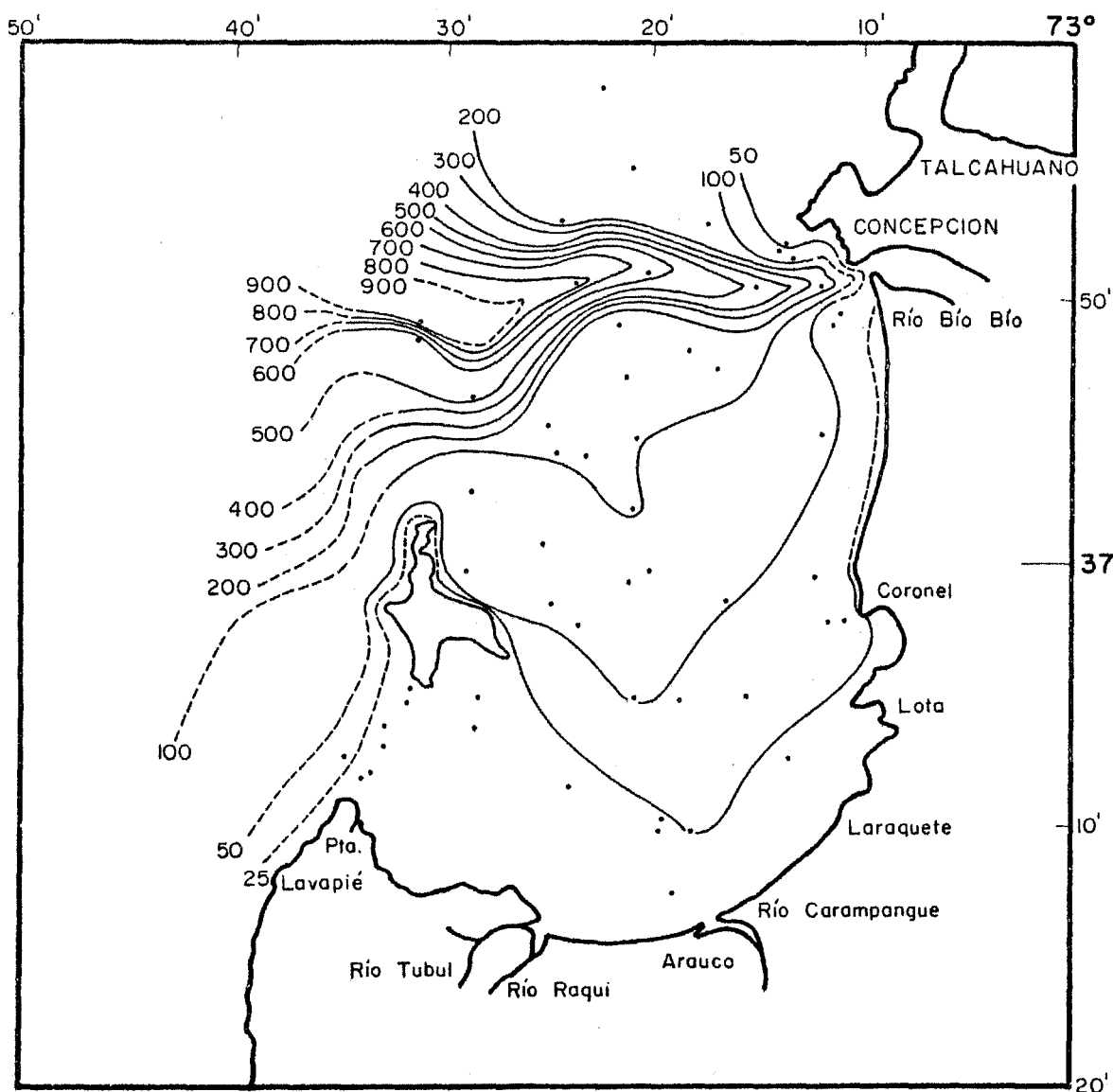


Figura 3. Distribución batimétrica del Golfo de Arauco.

Figure 3. Bathymetry of the Gulf of Arauco.

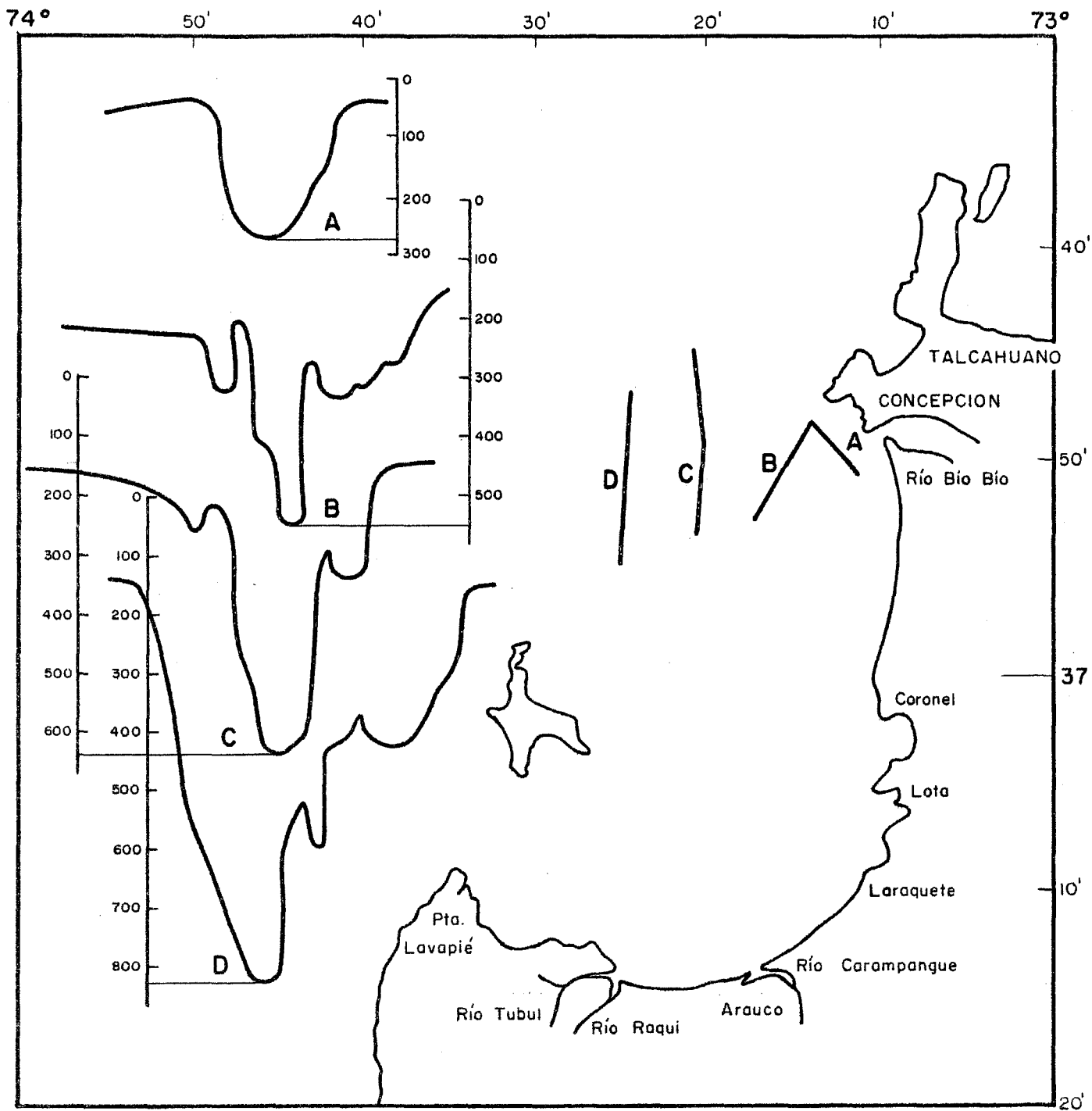


Figura 4. Perfiles batimétricos del cañón del Bío Bío.

Figure 4. Bathymetric profiles of the Bío Bío canyon.

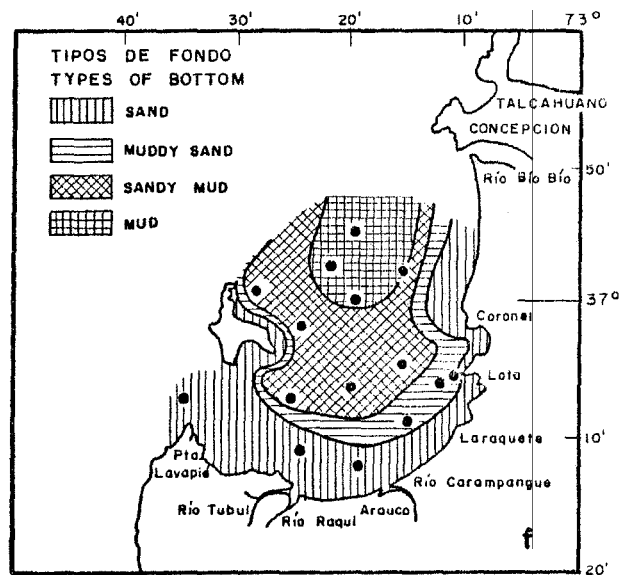
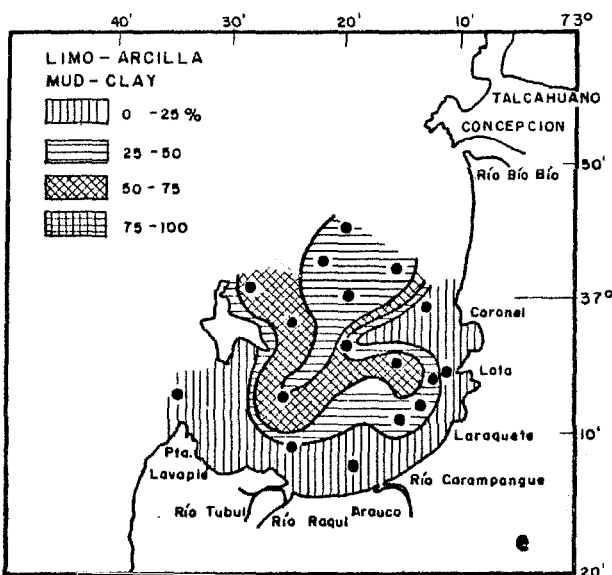
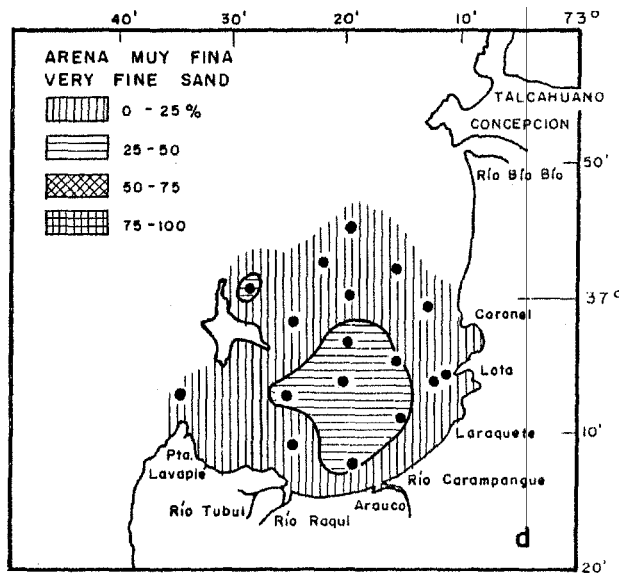
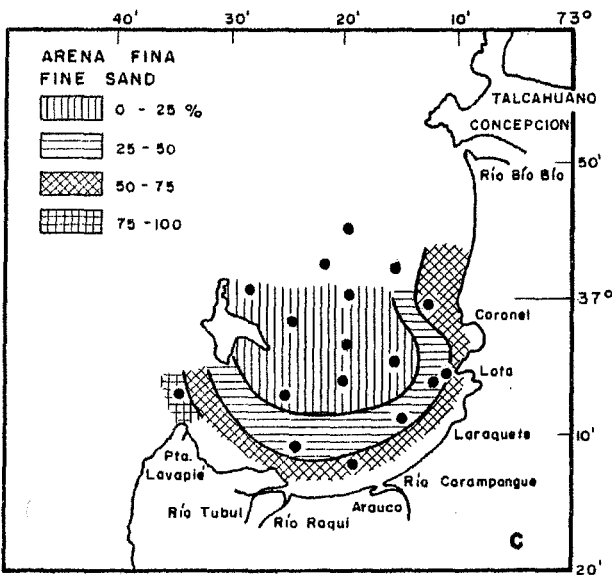
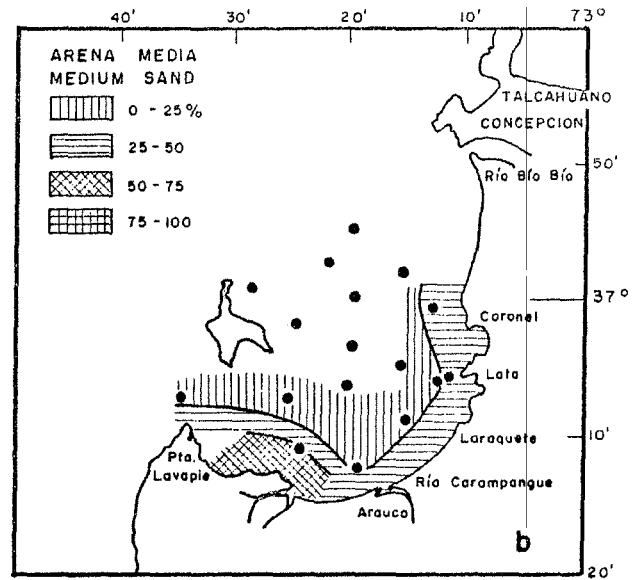
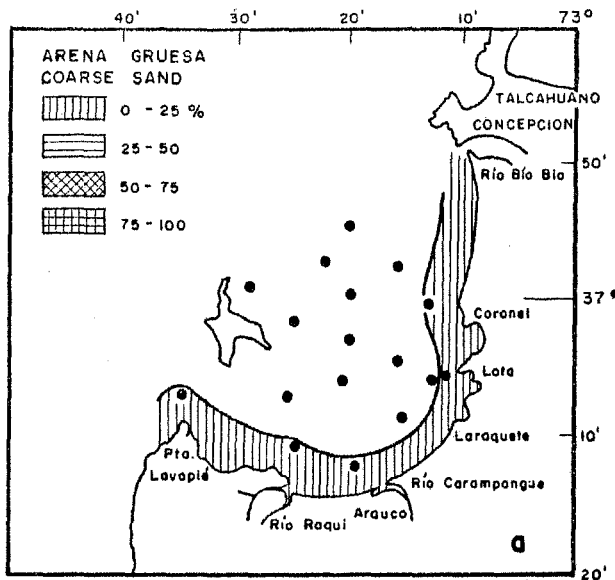


Figura 5. Distribución de sedimentos superficiales por tamaño de grano
 Figure 5. Distribution of surface sediments per grain size.

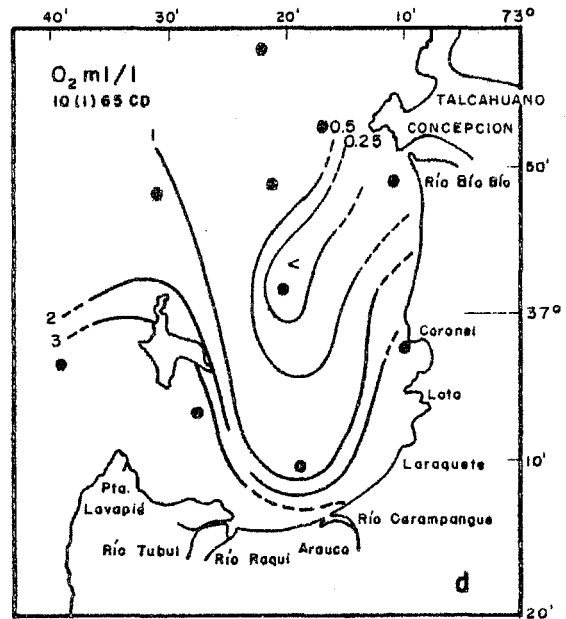
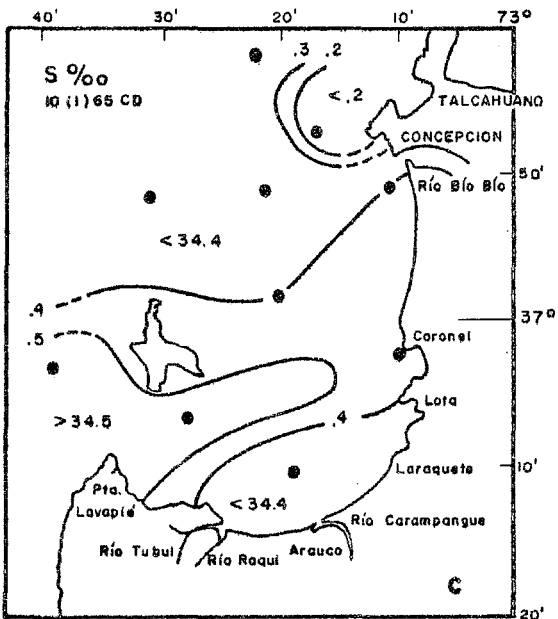
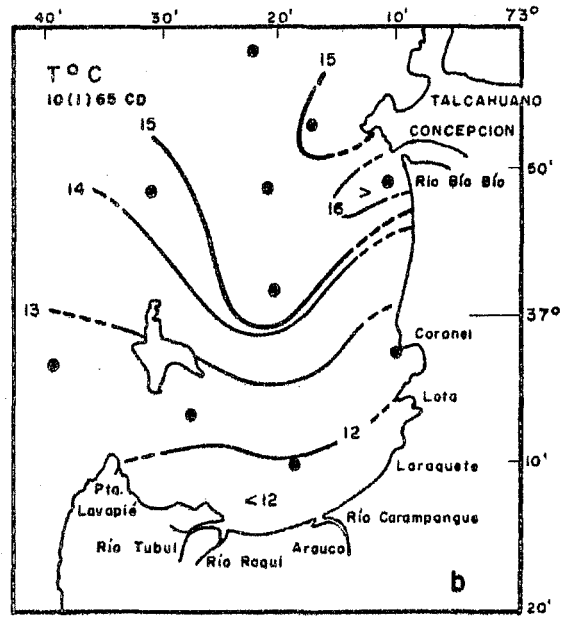
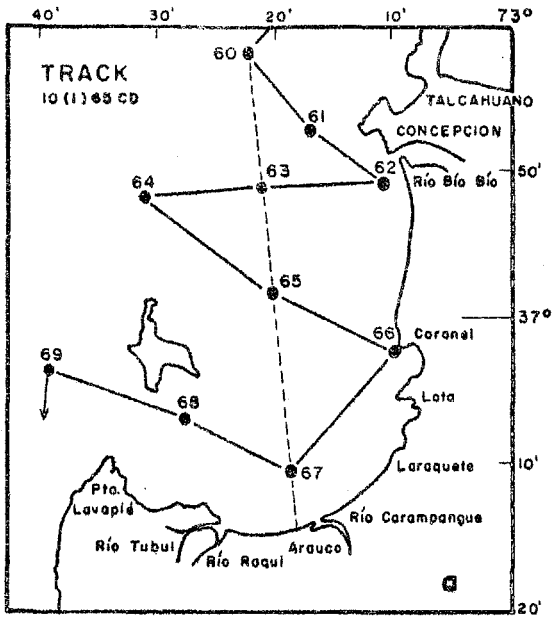


Figura 6. Track de navegaci3n (a), distribuci3n superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxigeno sobre el fondo (d).

Figure 6. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

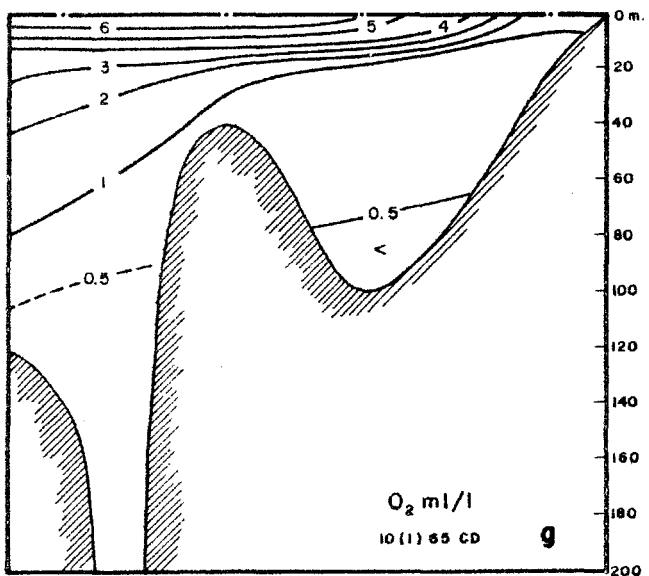
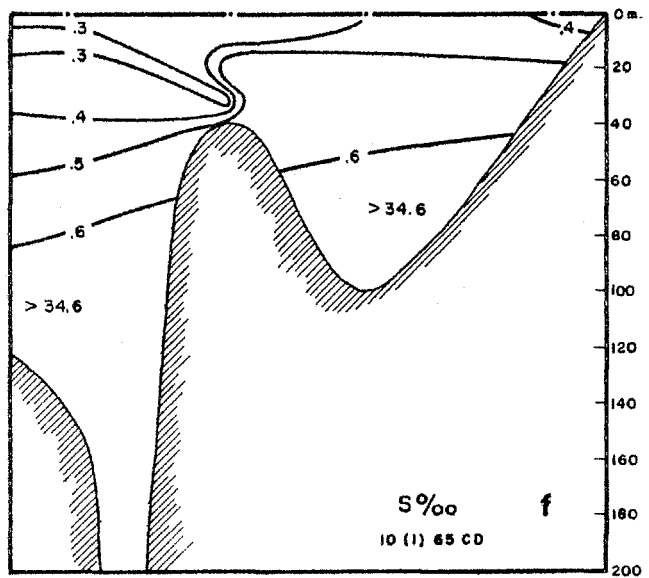
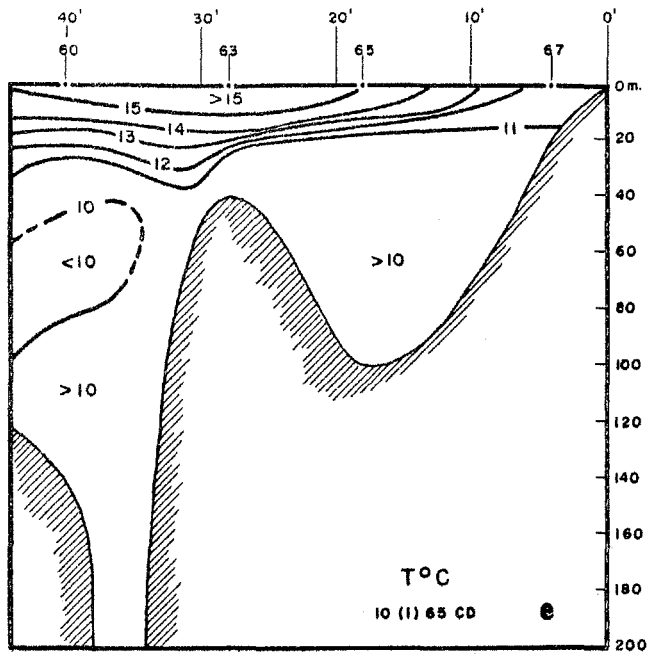


Figura 7. Distribución vertical de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Figure 7. Vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

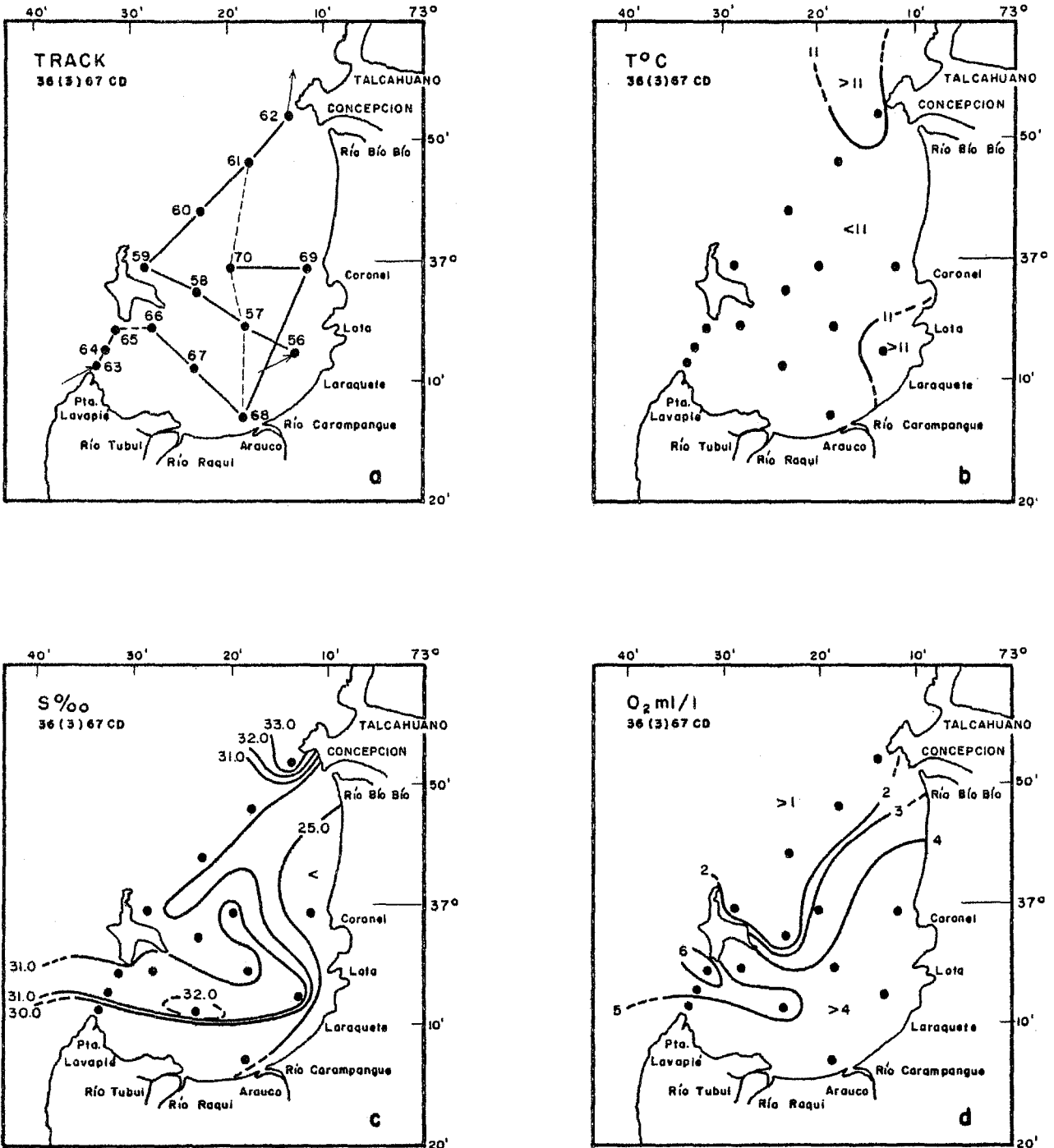


Figura 8. Track de navegación (a), distribución superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxígeno sobre el fondo (d).

Figure 8. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

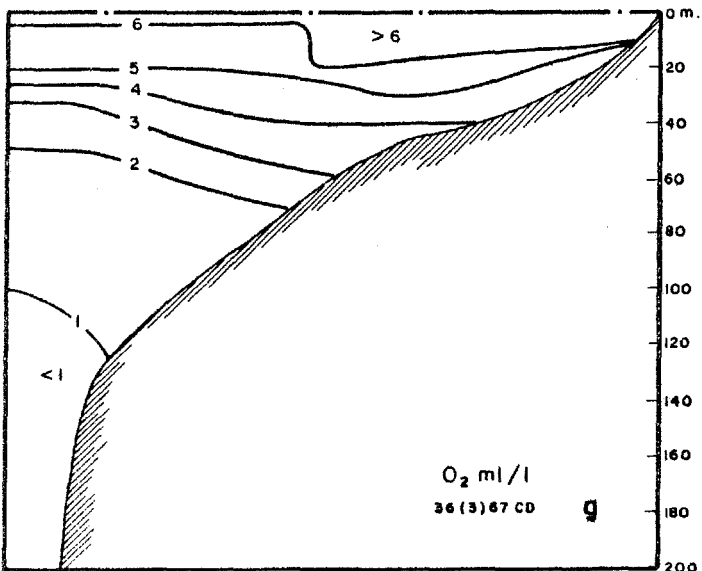
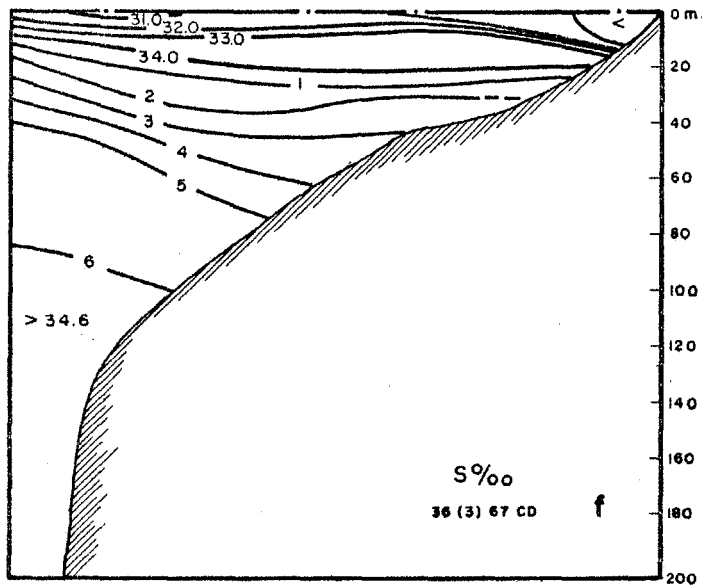
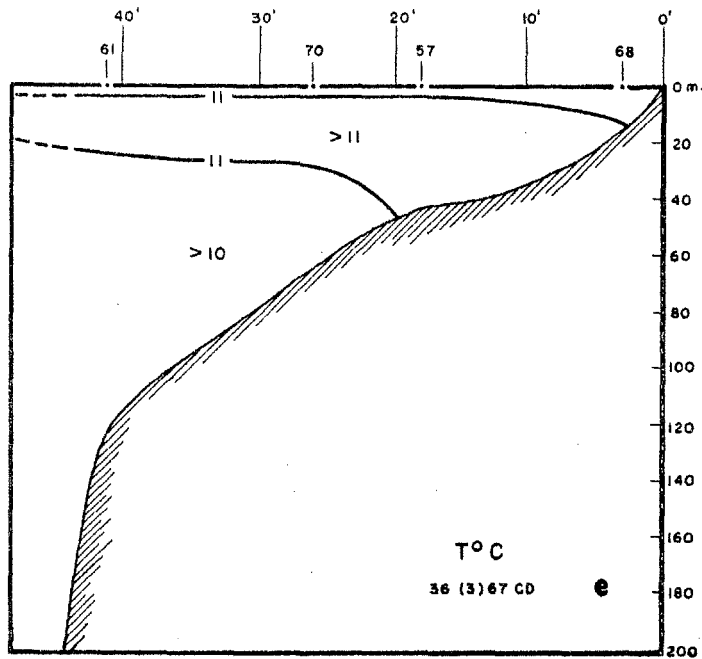


Figura 9. Distribución vertical de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Figure 9. Vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

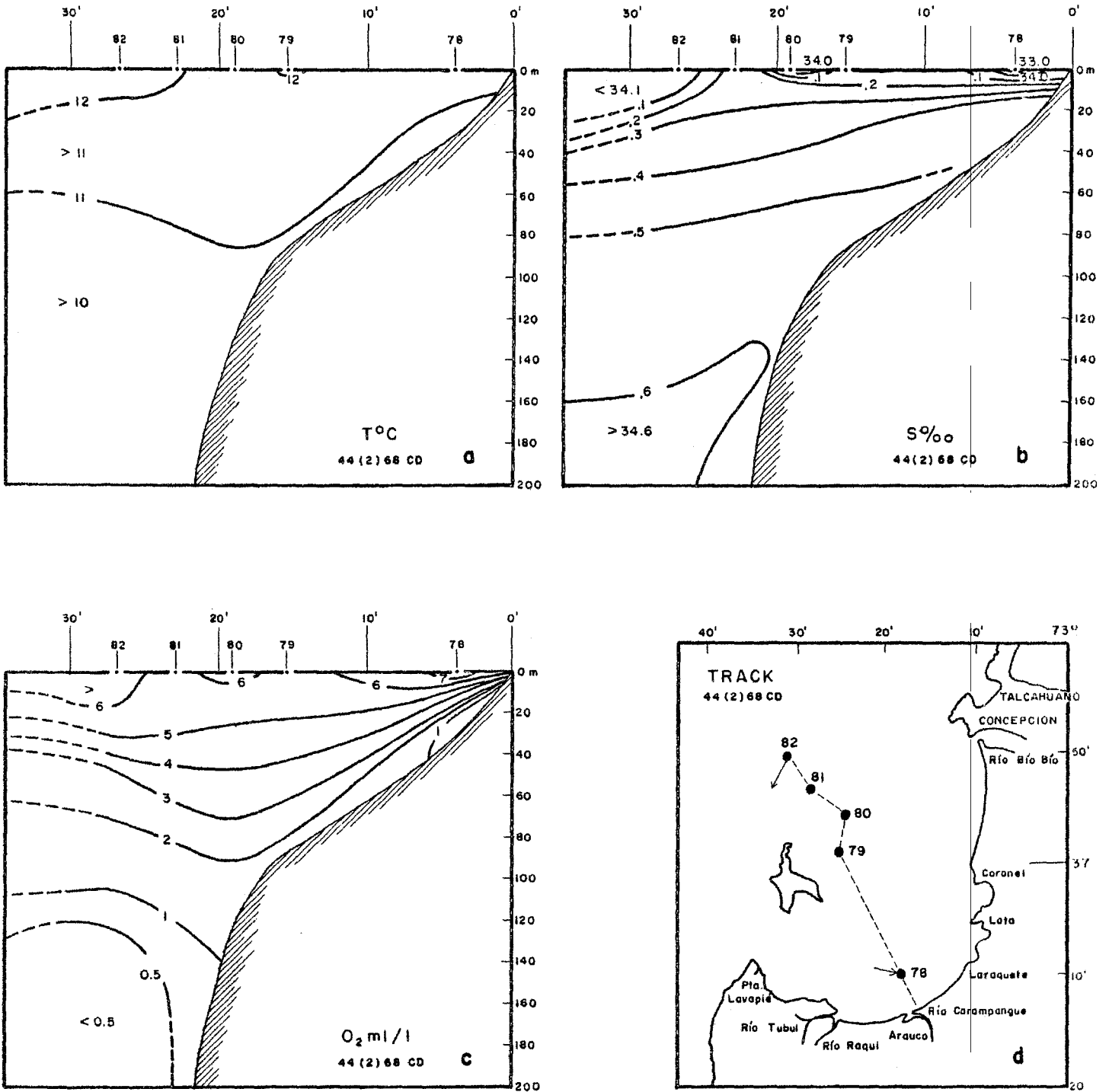


Figura 10. Distribución vertical de temperatura (a), salinidad (b), oxígeno (c) y track de navegación (d).

Figure 10. Vertical distribution of temperature (a), salinity (b), oxygen (c) and navigation track (d).

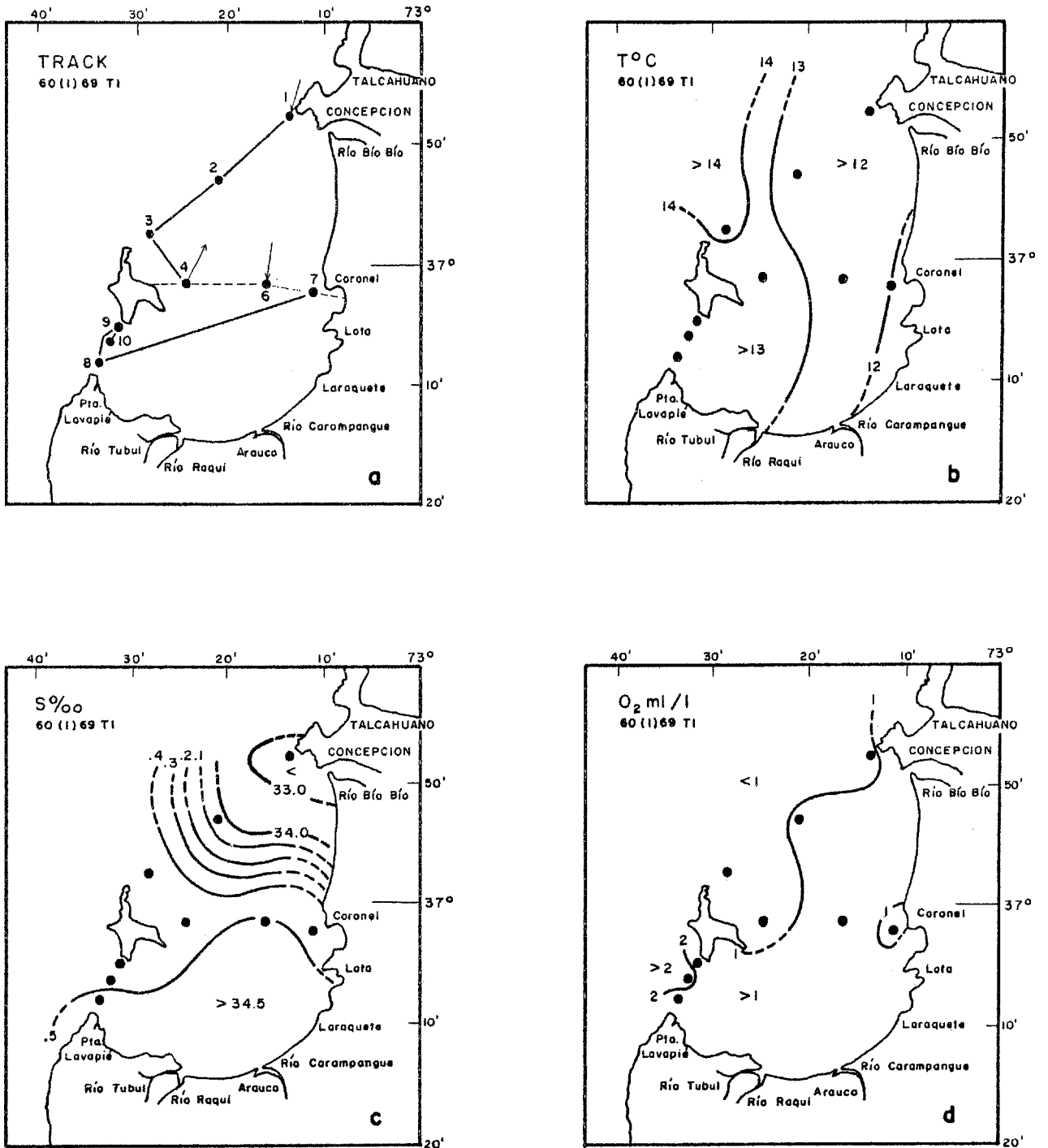


Figura 11. Track de navegación (a), distribución superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxígeno sobre el fondo (d).

Figure 11. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

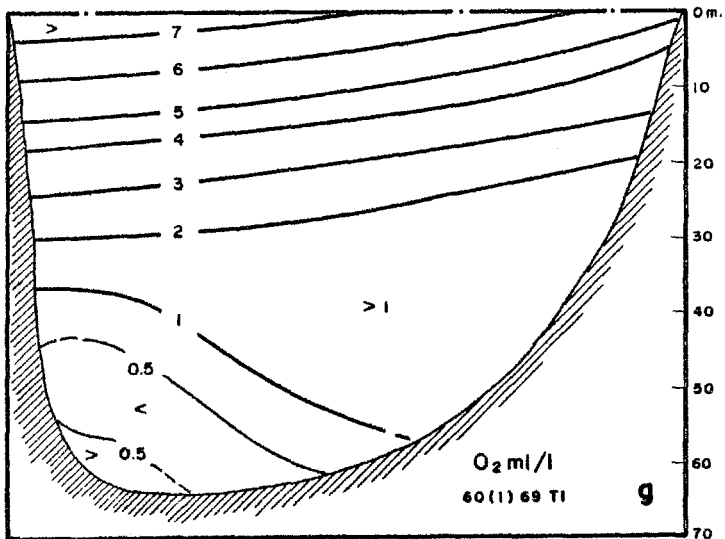
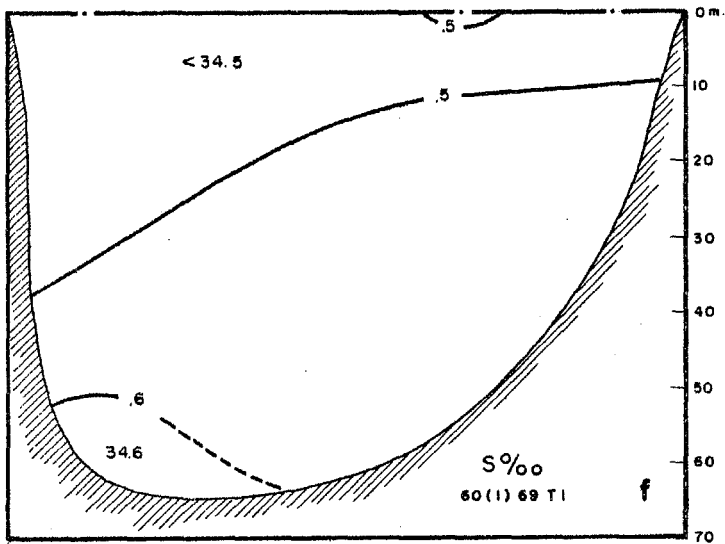
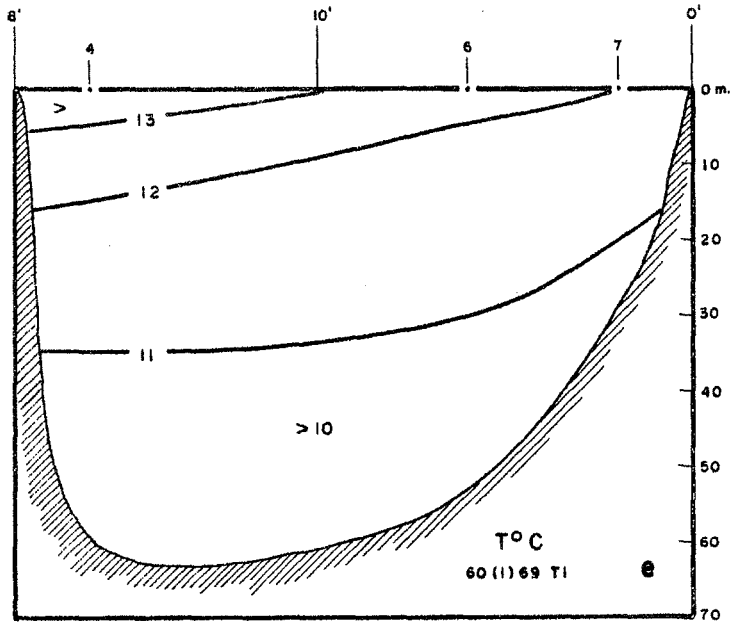


Figura 12. Distribución vertical de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Figure 12. Vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

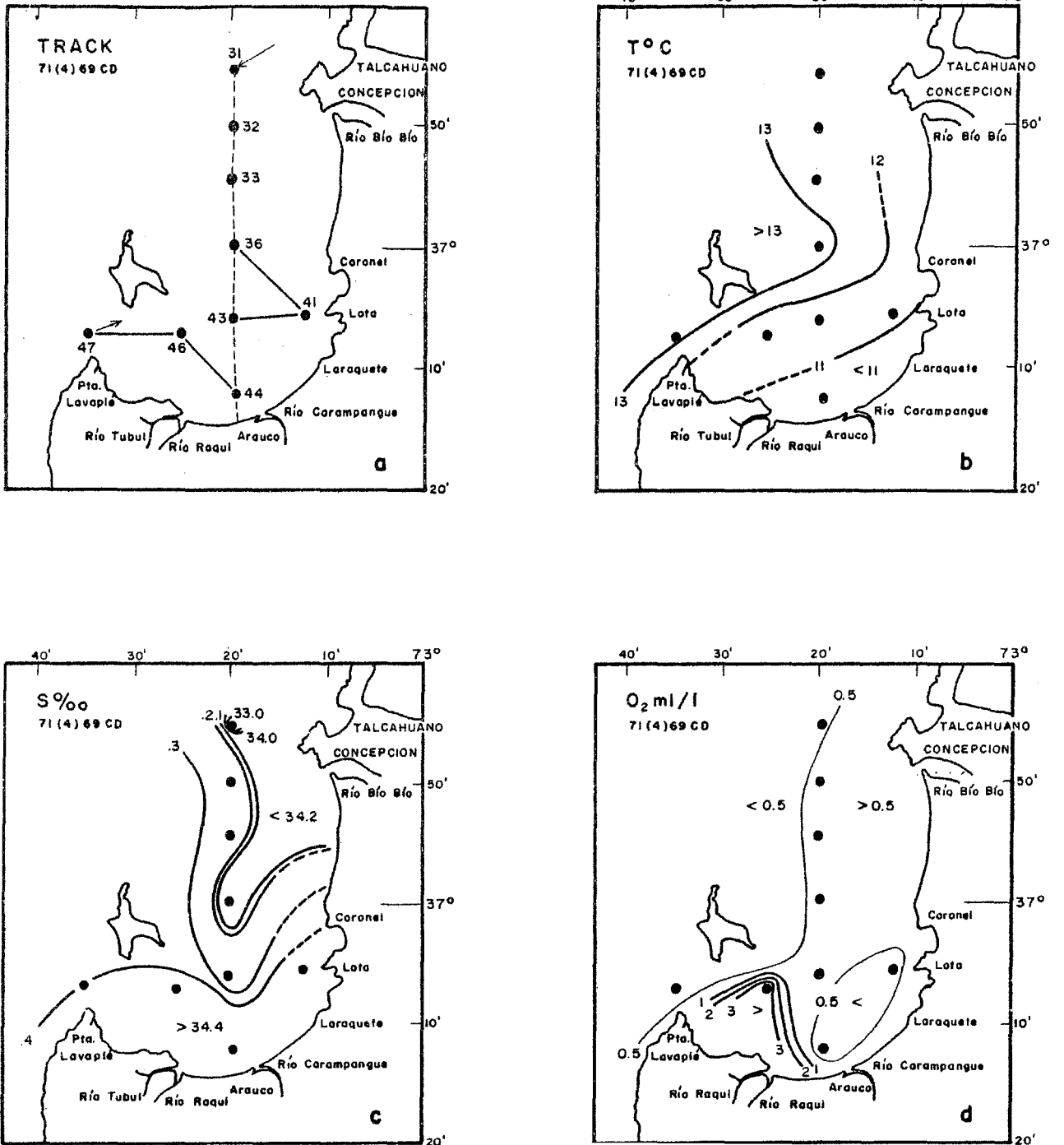


Figura 13. Track de navegación (a), distribución superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxígeno sobre el fondo (d).

Figure 13. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

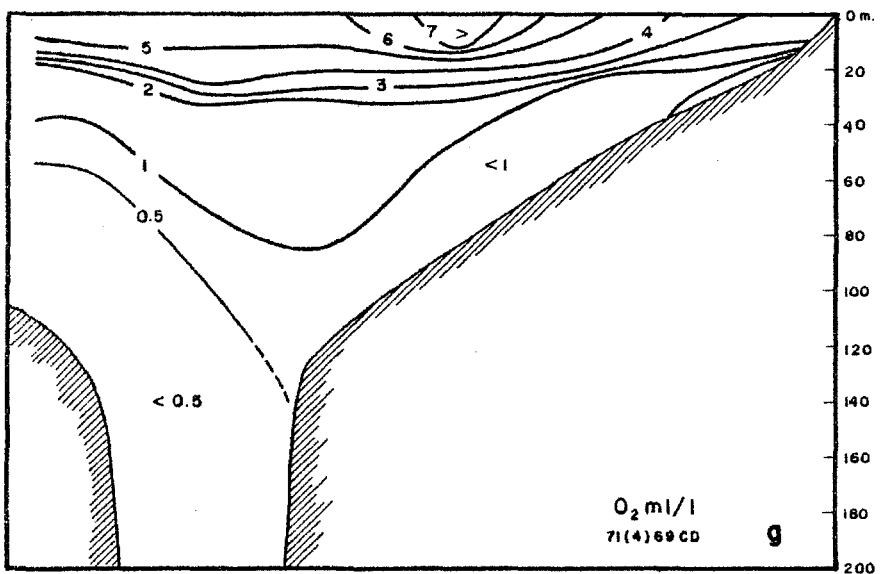
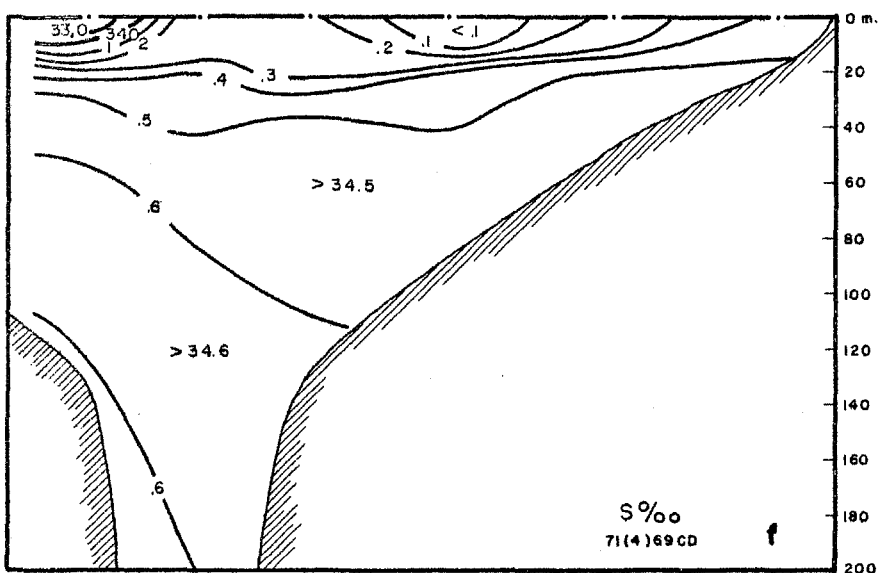
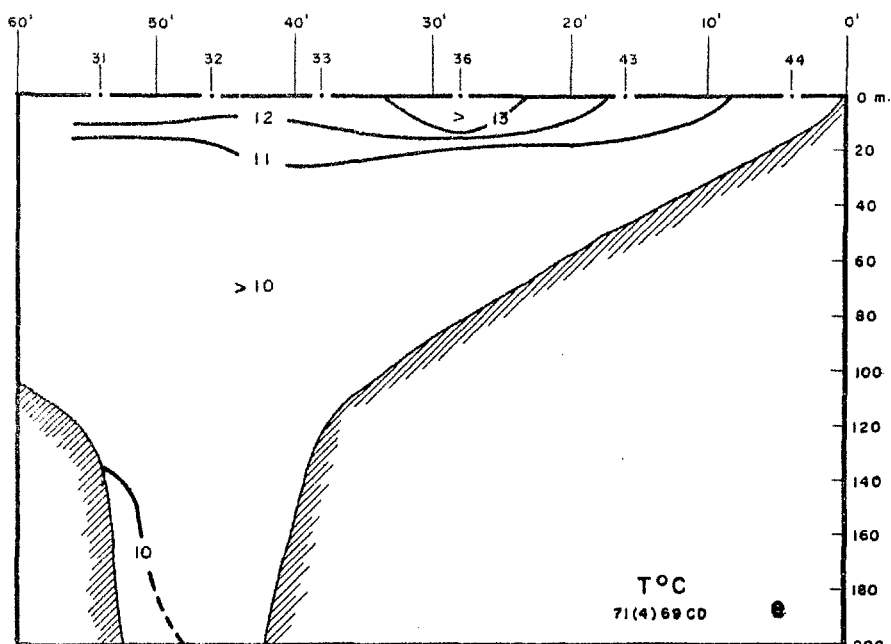


Figura 14. Distribución vertical de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Figure 14. Vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

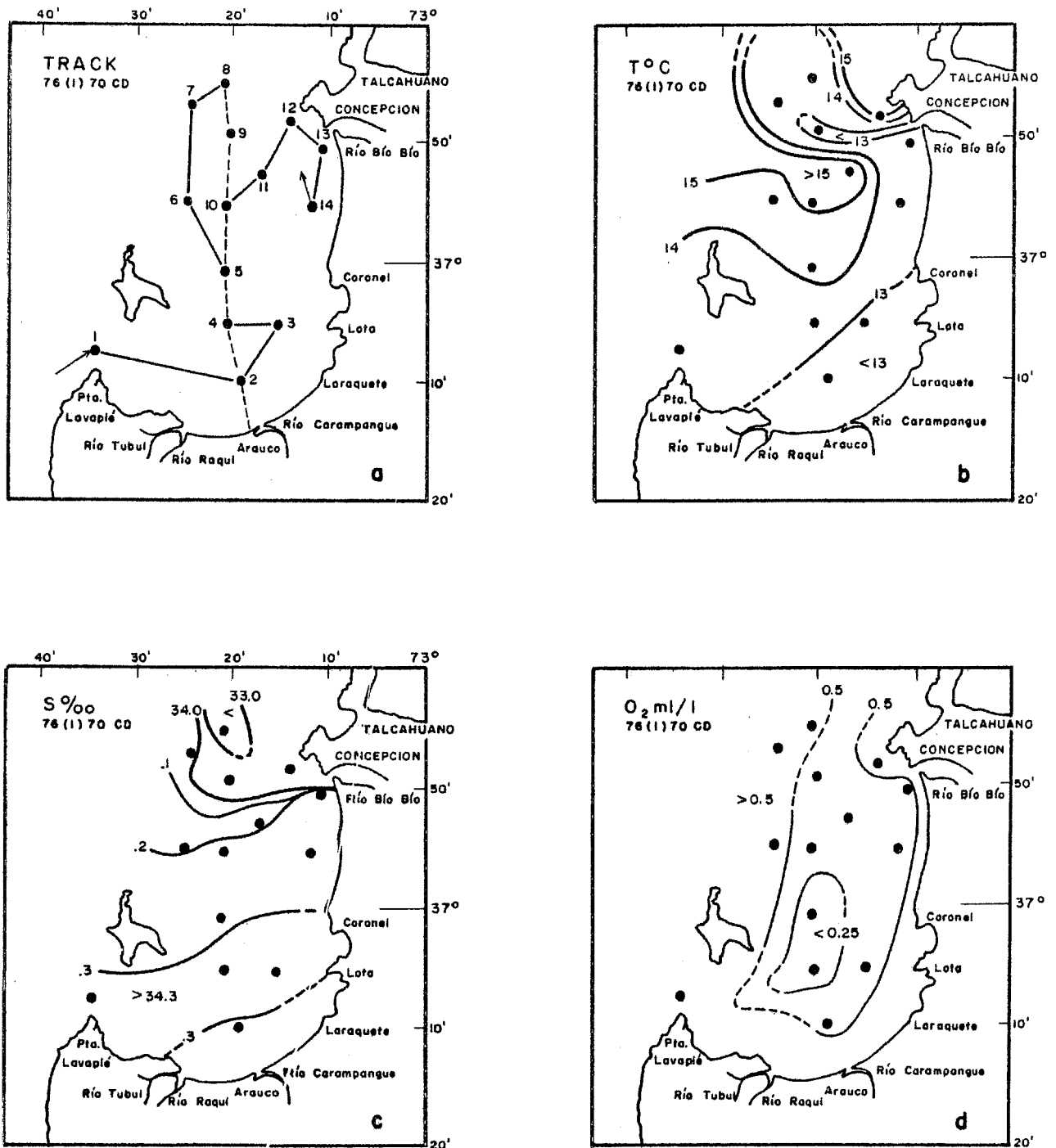


Figura 15. Track de navegación (a), distribución superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxígeno sobre el fondo (d).

Figure 15. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

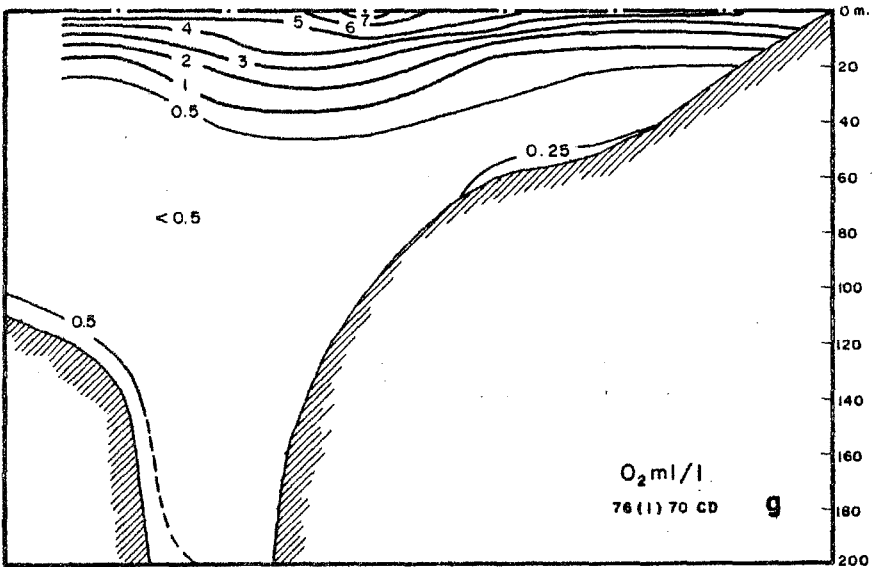
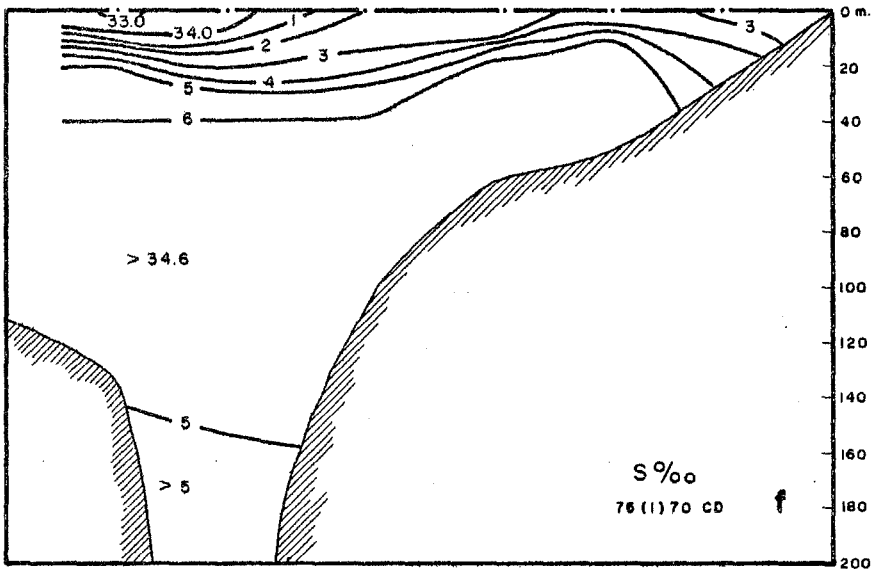
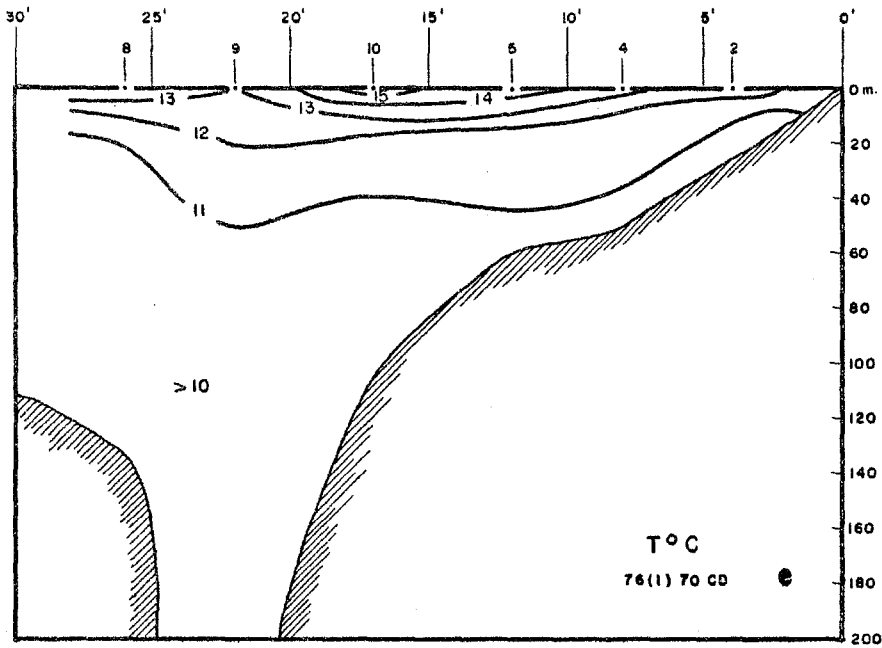


Figura 16. Distribución vertical de temperatura (e), salinidad (f) y oxígeno (g).

Figure 16. Vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

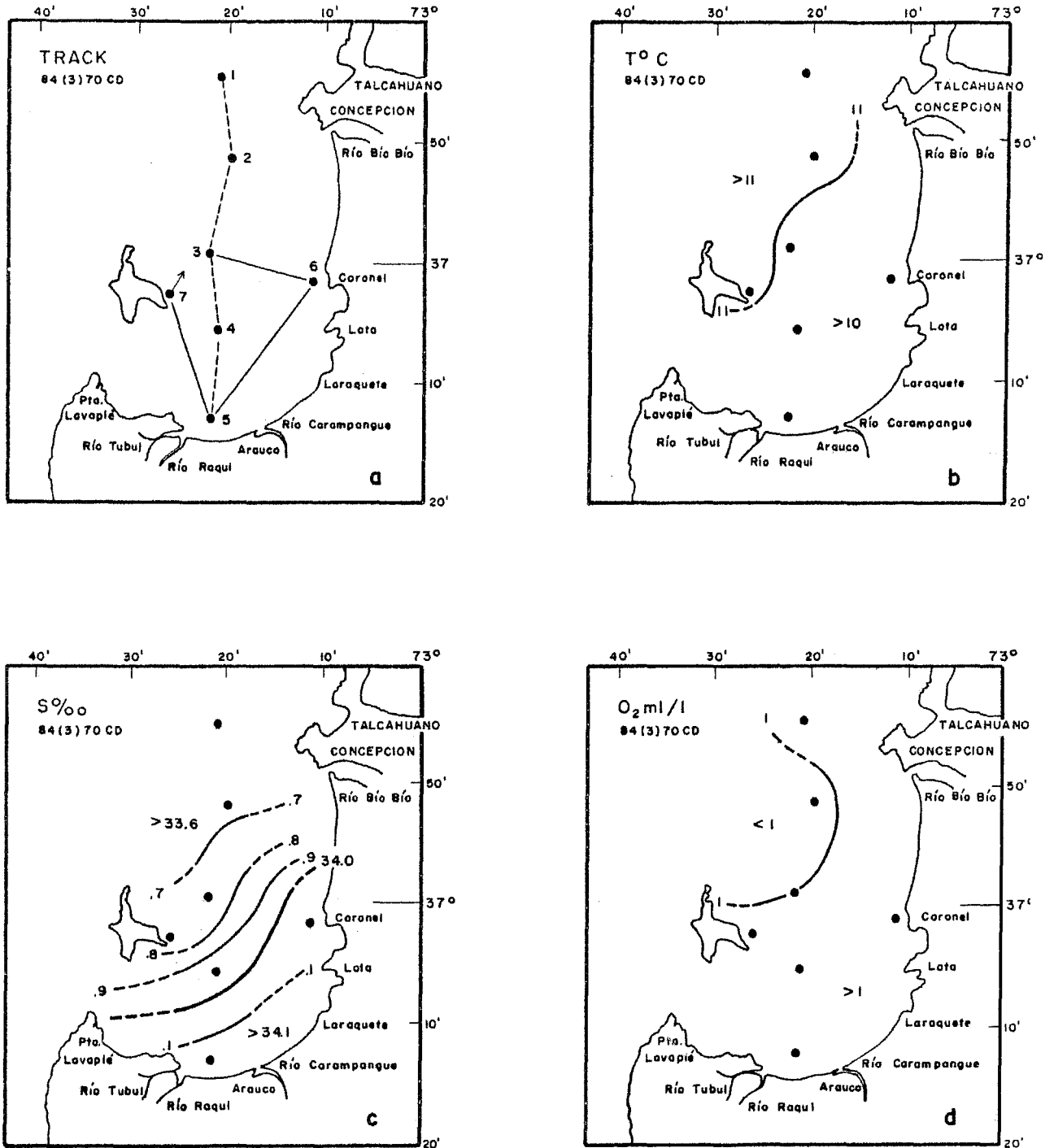


Figura 17. Track de navegación (a), distribución superficial de temperatura (b), salinidad (c) y oxígeno sobre el fondo (d).

Figure 17. Navigation track (a), surface temperature (b), surface salinity (c) and bottom oxygen (d).

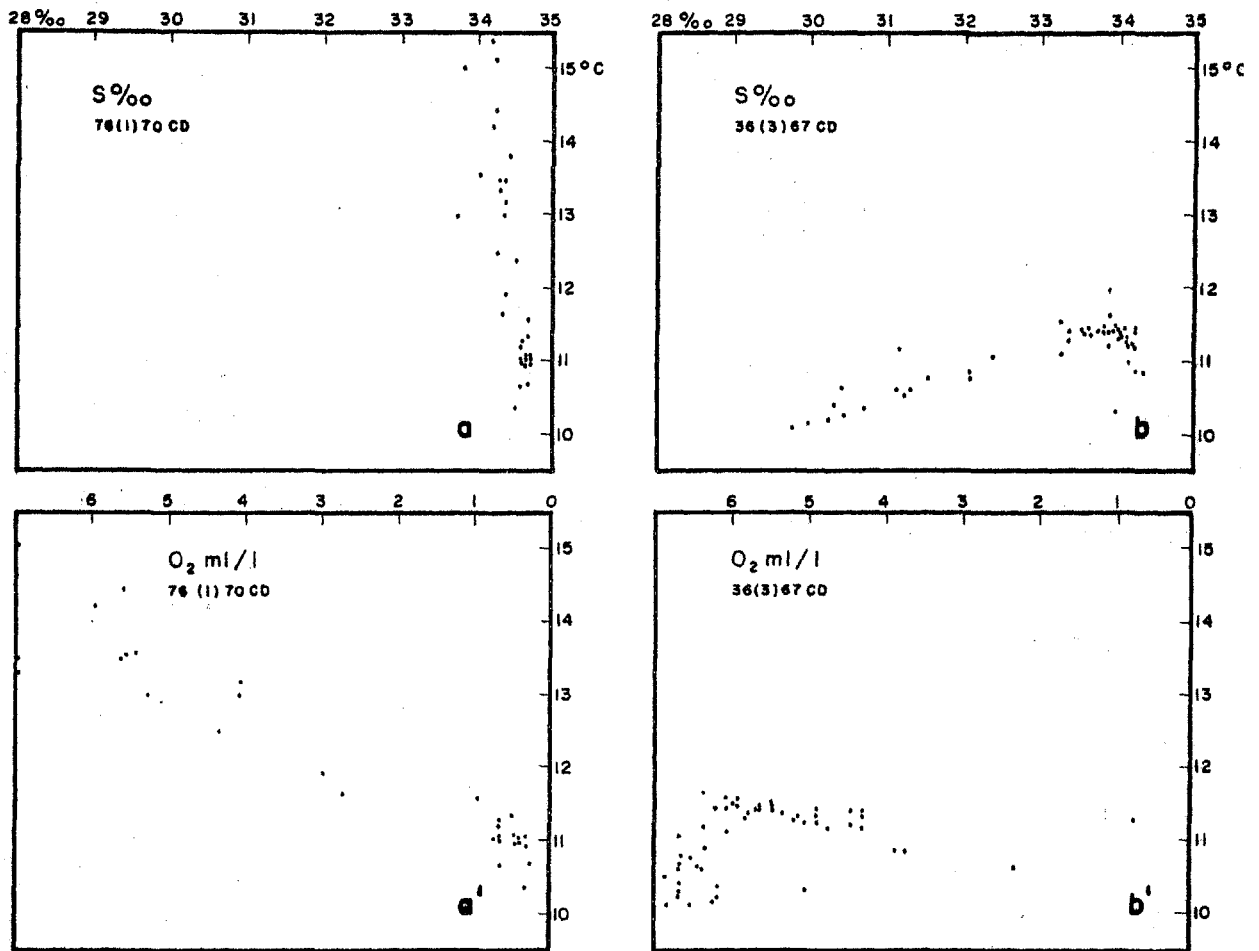


Figura 19. Distribución de salinidad y oxígeno vs. temperatura en verano (a y a') e invierno (b y b') en la capa 0-40 m.

Figure 19. Distribution of salinity and oxygen vs. temperature during summer (a and a') and winter (b and b') in the 0-40 m. layer.

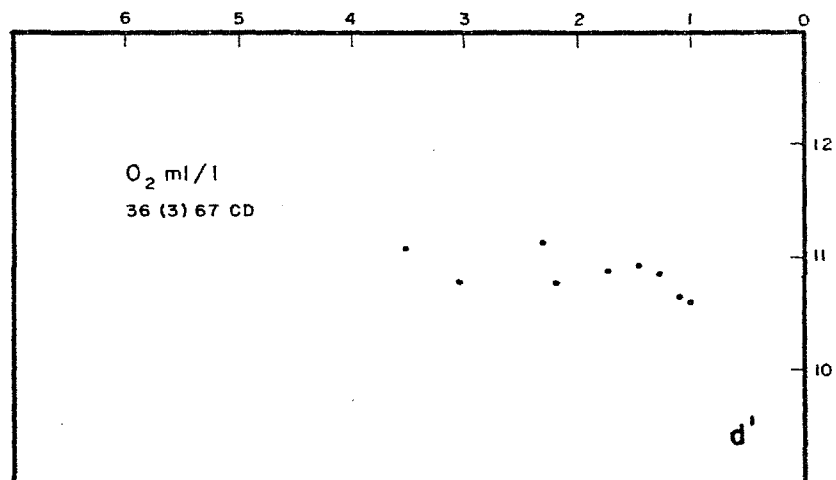
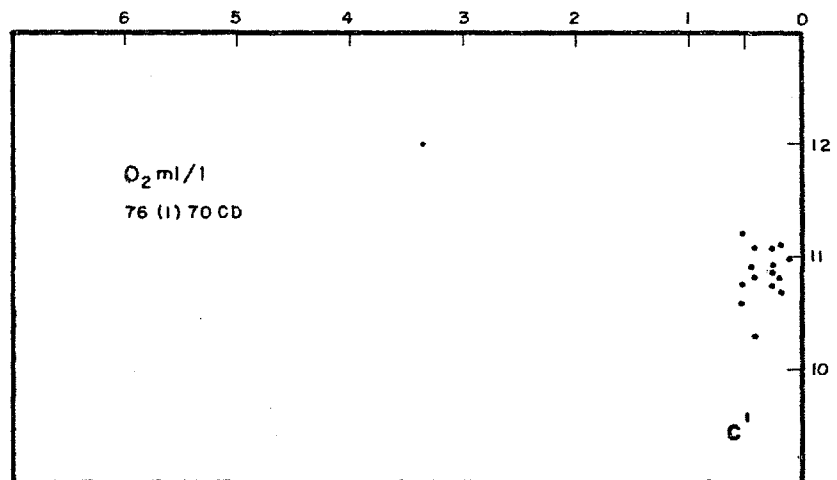
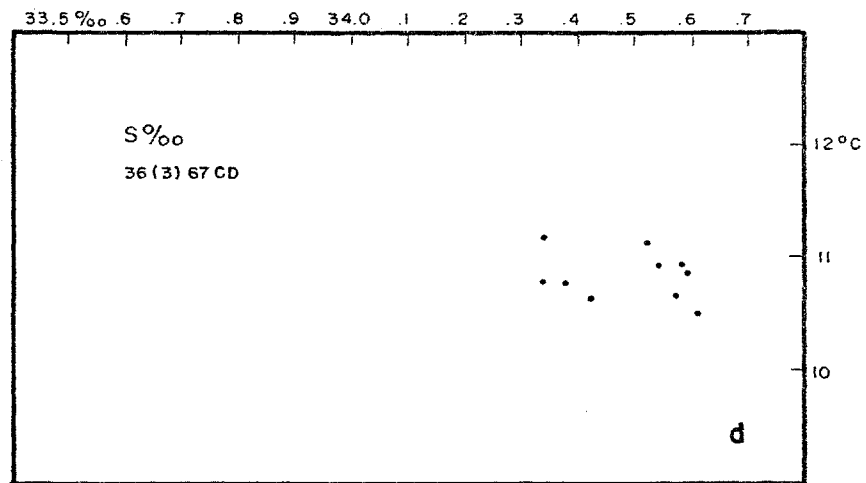
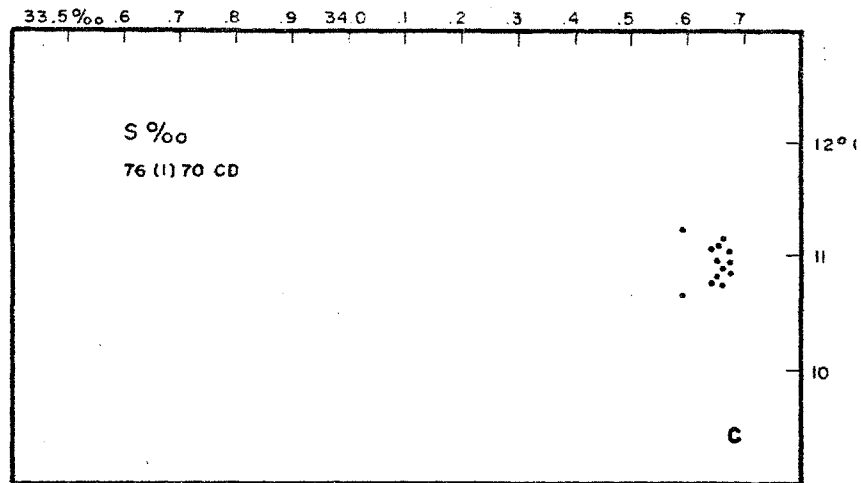


Figura 20. Distribución de salinidad y oxígeno vs. temperatura durante el verano (c y c') e invierno (d y d') desde 40 m hasta el fondo.

Figure 20. Distribution of salinity and oxygen vs. temperature in summer (c and c') and winter (d and d'), from 40 m. to the bottom.

CONTENTS - INDICE
English, version - Versi6n en ingles

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| 1. SUMMARY | 39 |
| 2. INTRODUCTION | 39 |
| 3. DATA COLLECTION AND PROCESSING | 40 |
| 4. CLIMATE AND FLUVIAL INFLUENCE > BATHYMETRY AND SEDIMENTS | 41 |
| 5. OCEANOGRAPHIC DESCRIPTION PER CRUISE | 42 |
| 5.1 Cruise 10 (1) 65 CD | 42 |
| 5.2 Cruise 36 (3) 67 CD | 43 |
| 5.3 Cruise 44 (2) 68 CD | 44 |
| 5.4 Cruise 60 (1) 69 TI | 45 |
| 5.5 Cruise 71 (4) 69 CD | 46 |
| 5.6 Cruise 76 (1) 70 CD | 47 |
| 5.7 Cruise 84 (3) 70 CD | 48 |
| 6. DISCUSSION AND CONCLUSIONS | 49 |
| 7. ACKNOWLEDGEMENTS | 50 |
| BIBLIOGRAFIA CITADA - LITERATURE CITED | 51 |

1. SUMMARY

Oceanographic information concerning the Gulf of Arauco, including a series of meteorological, hydrographic, bathymetric and sediment data has been gathered from the cruises carried out by the Fisheries Development Institute (Instituto de Fomento Pesquero, IFOP).

The analysis of these data have established that several factors modify the distribution of oceanographic properties. Among these are the influence of fresh water supplied by the Bio Bio river, the importance of the "boca grande" through which all the exchange with the ocean occurs, and the importance of the Bio Bio canyon as a regulating agent in the penetration of subequatorial water in the northern side of the Gulf of Arauco.

It will be necessary in the near future to study more in detail the chemical and physical mechanisms determining the dynamics of this ocean-bay-river system.

2. INTRODUCTION

The Gulf of Arauco lies in the central zone of Chile, between Punta Cullinto (lat. 36°47' S) and Punta Lavapié (lat. 37°09' S), and extends westward to Santa Maria Island. This gulf has two areas of contact with the open ocean, one called "boca grande" which stretches between Punta Cullinto and Santa Maria Island, and another, known as "boca chica", which lies between Punta Lavapié and Santa Maria Island. These two points of contact differ greatly, both in extension and depth.

Though numerous rivers flow into the Gulf of Arauco, the Bio Bio has the greatest influence due to its volume and continuous flow throughout the year.

From the point of view of fishing, the Gulf of Arauco is important because of the quantity of demersal and pelagic fish taken from its waters.

Due to a wide distribution of species of commercial interest, oceanographic cruises of the Fisheries Development Institute usually cover large areas. However, the Institute has lately concentrated its oceanographic efforts in an attempt to gather as much information as possible on the fisheries-oceanographic relation in this area.

Brandhorst (1963) reported the intrusion of a minimum oxygen layer into the gulf's interior. Previous oceanographic information may be also found in this work. Biological information about the Gulf of Arauco has been published in works by Schneider (1943) and Gallardo (1968).

This paper reports a series of oceanographic observations carried out inside the gulf, during the Institute's regular seasonal cruises. It

also contains some final conclusions, which furnish a better oceanographic knowledge of such an important fishing area.

3. DATA COLLECTION AND PROCESSING

The oceanographic data used in this report was extracted from summary-sheets which contain observations from the interior of the Gulf of Arauco collected in cruises carried out by IFOP.

These summary-sheets have been computed and will be published later in "Data Reports". for each cruise, showing the methodology and data processing procedure followed.

As part of the processing, lines joining the values of temperature (T°C) versus depth (m), salinity (S‰) versus temperature (T-S diagram) and oxygen (O₂ ml/l) versus depth were drawn. From these lines the values of each of the properties at different depths can be estimated.

To get a clearer picture of the spacial distribution of each property diagrams (Figs. 8, 10, 11, 13, 15 and 17) of the horizontal and vertical distribution of temperature, salinity and oxygen were drawn for each cruise. The geographical position of the stations and the navigation track between them are shown in separate diagrams (Figs. 7, 9, 12, 14, 16 and 18). In addition, a broken line shows the selected oceanographical profiles.

The meteorological data were provided by the Meteorological Office of Chile. This report includes monthly averages for the direction and force (Beaufort scale) of prevailing winds at the meteorological stations in Tumbes, Santa Maria Island and Punta Lavapié.

The information regarding the average monthly displacement of the Bio Bio water flow during the last seven years (1963-1969) was supplied by the Hydrology Division of ENDESA, from observations carried out near the Bio Bio outlet.

During cruise N° 71 (4) 69 CD sediment samples were taken, using a "Marukawa" qualitative dredge, which has a capacity of approximately 300 cc. These samples were analyzed by the Geomorphology Laboratory staff, at the University of Chile's Geography Institute, applying the dry sifting method. Sifts Nos 30, 50, 120, 230 and 270, in the Wentworth scale were used. The classifications of sand or mud (mud-clay) were obtained from the combinations given by Revelle (1946), who used the same granulometric scale mentioned above. The values obtained are indicated for each type of grain, in horizontal distribution diagrams, and refer only to surface sediments.

The depth distributions of the 53 oceanographic stations carried out inside the Gulf of Arauco were made using corrected depths.

Bathymetric profiles of the Bio Bio canyon were drawn according to data gathered during cruise N° 76 (1) 70 CD, and compiled using paper

ecograms from an EH type Simrad echosounder installed aboard the R/V "Carlos Darwin"

4. CLIMATE AND FLUVIAL INFLUENCE, BATHYMETRY AND SEDIMENTS

Climate and fluvial influence

The geographical area in which the Gulf of Arauco is located can be regarded as having a mild-warm type of climate, with winter rains and a dry season lasting about seven to eight months (Fuenzalida. 1966). Most of the precipitation occurs during May, June, July and August. The remaining months are below the annual average and thus considered dry months.

Fuenzalida (1965) states that "the winds which accompany the rains are always from the north and northwest and under maritime influence. The prevailing winds, on the other hand, are from the south and southwest, and accompany good weather. On the coast these winds are persistent and strong during the summer season." This statement is confirmed by Figure 1.

In fact, excluding August, there appears to be a wind-rain relation. From the same figure it can be inferred that south and southwesterly winds prevail in the Gulf of Arauco area, becoming stronger in summer and milder in autumn and winter. However, during winter, the north winds have equal or greater strength than the summer winds.

The Bio Bio river average monthly displacement between 1963 and 1969 (in m³ per sec) is shown in Figure 2.

The highest water flow occurs from May to December. From September to October this water flow decreases slightly, rising later on, but not as much as during June and July, when the spring thaw starts.

Though the available information is scarce, it seems that the temperature of this water rises greatly during summer, and then decreases during winter. The total range of thermic variation is of approximately 12°C.

Bathymetry

Although the depth distributions shown in Figure 3 are preliminary, and therefore subject to future confirmation, they give an accurate idea of this area's bathymetry.

The general impression is that the bottom of the gulf is a low platform, with its central area slightly deeper and sinking towards the north and northwest until it reaches the border of the Bio Bio canyon (Fig. 4) which limits it in both those directions. Something similar occurs with the "boca chica" (to the west), where the platform extending from Santa Maria Island drops and soon reaches the continental shelf.

The Bio Bio canyon^as shown, in Figures 3 and 4, is very deep towards the west; reaching a 500-m depth a few miles from the Bio Bio river outlet, and then sinks rapidly to more than 900 m. off Santa Maria Island. This statement is confirmed by the fact that north of the canyon the continental shelf reaches a considerable width,,

Sediments

Figure 5 shows the following granulation per grain sizes coarse sand (a). medium sand (b), fine sand (c) . very fine sand (d), mud-clay (e). and sand and mud-clay combinations (f).

In the granulometric distribution a logical sequence of grain sizes can be noticed. The coarse sands prevail on the coastal border, with fine sand towards the center of the gulf, and mud-clay in the northern-central area.

There is a similar distribution of the sand and mud combinations, with a greater predominance of sand in the coastal borders and of mud in the central area.

5. OCEANOGRAPHIC DESCRIPTION PER CRUISE

5.1 Cruise N° 10 (I) 65 CD

This cruise took place during January and February 1965, on board the R/V "Carlos Darwin"

Figure 6 shows the geographical position of the stations, the navigation track followed between stations., the oceanographical profile used (a), the surface' temperature distribution (b), the surface salinity-distribution (c) and the distribution of oxygen over the sea bottom (d).

The vertical temperature distribution (e), salinity (f) and oxygen (g) are shown in Figure 7.

Temperature

In the surface temperature distribution (b) a thermal decrease can be noticed in the isotherms from north to south with the highest temperature found off the Bio Bio's outlet. This high value is probably due to the higher temperature of the river water.

In the vertical distribution of temperatures (e) . an irregular thermocline can be detected; in shallow waters. Under this thermocline a thermic stability, with values above 10°C and reaching the bottom, can be noticed. A cold water layer, with values below 10°C, can also be observed., but it does not penetrate into the gulf.

Salinity

In the surface salinity distribution (c), low saline values were found. These coincided in the northern part of the gulf with the high temperature values already mentioned. For this reason we can also attribute the low salinity to the discharge of the Bio Bio river.

A strip of water showing the highest salinity was observed in the southern part of the gulf, with values over 34.5%. This water seemed to reach the surface (from a greater depth) through advection and upwelling mechanisms which could be related to the rising of the isotherms to the surface, as stated above.

In the vertical distribution of salinity (f), values below 34.3% were observed. These salinities, which do not seem to reach the surface, can be attributed to the minimum corresponding to subantarctic waters.

The surface water covering the Bio Bio canyon and the deepest part of the gulf, which reached values above 34.6%, denoted a maximum of salinity corresponding to the subequatorial water.

Oxygen

The distribution of oxygen over the sea bottom (d) indicated that a large area of the Gulf of Arauco was covered by water of low oxygen content, which fluctuated between 0.25 and 1 ml/l. The coastal borders, and therefore the shallower depths, were covered by water with a higher oxygen content, ranging between 2 and 3 ml/l.

In the vertical distribution of oxygen (g) a good oxygenation of the surface layer could be found, with most of the oxylines rising to the surface. In general, the whole Gulf of Arauco and part of the Bio Bio canyon were covered with water of low oxygen contents, with all values below 1 ml/l.

5.2 Cruise N° 36 (3) 67 CD

This cruise took place on board the R/V "Carlos Darwin" from June to August 1967.

Geographical positions for the stations, navigation track and profile used (a), surface temperature distribution (b), surface salinity distribution (c), and distribution of oxygen over the sea bottom (d) are shown in Figure 8.

The vertical distribution of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g) is shown in Figure 9.

Temperature

Figure 9 shows that the surface temperature (b) was constant, with two higher centers located in the northern and southeastern sides of the gulf. Since the largest flow of water from the Bio Bio occurs at this time of the year, the gulf temperatures which dipped below 11°C could

be traced to a lower temperature in the water carried by this river. As stated below, this fact coincided with the surface salinities, causing a vertical inversion in temperature. The vertical distribution of temperature (e) showed that the above-mentioned cold water barely formed a thin film sinking to less than 10 m. This created a temperature inversion between 8 and 30 m, with values not exceeding 11°C. Detected under this inversion was an even temperature distribution (with values above 10°C) which plunged beyond 200 m.

Salinity

Due to its merging with waters from the Bio Bio, the surface salinity (c) was extremely low. These low-salinity waters were apparently driven to the south by the northern winds, covering the whole surface of the gulf and flowing out of it through the "boca chica".

In the vertical distribution of salinity (f) low saline values not protruding beyond 20 m could be detected. This was shown by the 34.0‰ isohaline, which can be regarded as an index of the lowest saline values encountered off the gulf during the same months of the year. Under a 20-m depth, a stratification with an increase in the saline values was noticeable. Beyond 100 m this stratification reached typical values of subequatorial waters, which in this cruise rose above 34.6‰.

Oxygen

Good oxygenation was detected in the distribution of oxygen over the bottom of the gulf (d). At the "boca chica" this oxygenation reached values above 5 and 6 ml/l. The lower values were found outside the gulf and reached above 1 ml/l.

In the vertical distribution of oxygen (g) a good surface oxygenation could be observed. These values decreased at lower depths and reached the minimum of 1 ml/l which covered the Bio Bio canyon below a 100-m depth.

5.3 Cruise N° 44 (2) 68 CD

This cruise was carried out aboard the R/V "Carlos Darwin" from April to June 1968. Though few observations were made in the gulf's interior, it was still possible to draw an oceanographic profile using the available data.

Figure 10 shows the position of the stations, the vertical distribution of temperature (a), salinity (b), oxygen (c) and the navigation track (d)

Temperature

In the vertical distribution of temperature (a) some thermic stability could be traced in conjunction with a flow of warmer water from the

northwest. This revealed a general heating process within the gulf at this time of the year. No thermocline was encountered, and the bottom of the gulf was covered by waters with a temperature above 10°C.,

Salinity

In the vertical distribution of salinity (b) it was possible to detect some surface lenticular areas of low salinity. The low saline values observed in the upper left part of diagram b may have been caused by the presence of the minimum subantarctic salinity. Below a 20-m. depth the salinities gradually increased until they reached values above 34.6‰. This corresponded to subequatorial water covering only the Bio Bio canyon.

A deepening of the high values in the vertical distribution of oxygen (c) could be observed. These values decreased until they reached a minimum below 0.5 ml/l. located outside the gulf but inside the Bio Bio canyon.

5.4 Cruise N° 60 (1) 69 TI

This cruise was carried out by the R/V "Tiberiades" during February and March 1969.

Figure 11 shows the position of the stations, the navigation track and profile used (a), plus the surface distribution of temperature (b) and salinity (c). besides the distribution of oxygen over the bottom (d). Figure 12 shows the vertical distribution of temperature (e). salinity (f) and oxygen (g).

Temperature

The surface distribution of temperature (b) showed a heating of the gulf from the ocean towards the coast.

In the vertical distribution of temperature (e) it was evident that this heating penetrated considerably offshore. though the isotherms reached the surface near the coast. The bottom of the gulf was covered to a large extent. by temperatures above 10°C.

Salinity

In the surface distribution of salinity (c) it was possible to detect a low salinity area in the northern part of the gulf. off the mouth of the Bio Bio. and which corresponded to the water discharged by the river. The high salinity in the southern part of the gulf might. conversely. correspond to mixed waters reaching the surface.

Below the surface. in the salinity vertical profile (f) a marked saline stabilization could be observed. which vertically covers most of the

gulf. The above-mentioned surface values were excepted, as well as the values above 34.6‰, which were spread close to the bottom and corresponded to subequatorial water.

Oxygen

The distribution of oxygen over the bottom (d) revealed that most of the gulf's bottom was covered by water containing more than 1 ml/l. The oxygen minimum observed in the vertical distribution (g) is apparently of little influence and did not exceed values beyond 0.5 ml/l.

5.5 Cruise N° 71 (4) 69 CD

This cruise was carried out during November and December 1969 by the R/V "Carlos Darwin".

Figure 13 indicates the positions of the stations, the navigation track and the profile used (a), the surface distribution of temperature (b) and salinity (c), plus the distribution of oxygen at the bottom (d).

The vertical distributions of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g) are shown in Figure 14.

Temperature

In the surface distribution of temperature (b) a flow of warmer isotherms from the ocean coastward was noticed. These isotherms were compressed towards the interior of the gulf.

The vertical distribution of temperature (e) coincided with the above statement and some heating of the surface could be observed. Below a 20-m depth a thermic homogeneity could also be detected, with values above 10°C. Inside the Bio Bio canyon Figure 14 shows a 10°C increase in the isotherm, which had not been detected in the above cruises.

Salinity

A low salinity penetration from the north, probably caused by the Bio Bio waters and with values below 33.0‰, can be noticed in the superficial distribution of salinity (c).

These same values, as can be observed in the vertical distribution of salinity (f), did not rise above a 10-m. depth. Values above 34.6‰, corresponding to subequatorial waters, were distributed in the upper area of the Bio Bio canyon.

Oxygen

In the distribution of oxygen over the bottom (d) a minimum oxygen content could be observed, covering most of the gulf, even through the

"boca Chicago This extended minimum was not observed during the cruises described above.

High oxygenation of the upper layer could be observed in the vertical distribution of oxygen (g). decreasing until it reached values below 1 ml/l. which covered the entire bottom of the gulf. Values under 0.5 ml/l covered the outer part of the gulf and the Bio Bio canyon. without entering the gulf.

5.6 Cruise N° 76 (1) 70 CD

This cruise was carried out from January to February 1970 by the R/V "Carlos Darwin". Figure 15 shows the position of the stations, navigation track and oceanographic profile used (a). the surface distribution of temperature (b) and of salinity (c). plus the distribution of oxygen over the bottom (d).

The vertical distribution of temperature (e) is reproduced in Figure 16. together with the vertical distribution of salinity (f) and of oxygen (g).

The surface distribution of temperature (b) showed a higher temperature increase inside the gulf. with isotherms of 13°. 14° and 15°C interrupting their flow into the northern part due to the colder water shed by the Bio Bio river. whose influence is probably increased by a delayed thawing and/or by a larger amount of water produced by thawing. On the other hand. a decrease in temperature along the southern side of the gulf. due apparently to the upwelling of deeper waters. could be detected.

In the vertical distribution of temperature (e) a sequence of isotherms which do not form a well defined thermocline. is noticeable^ Under this sequence. and covering the entire gulf's bottom with temperatures above 10°C. a mass of thermically homogeneous water is found.

Salinity

The surface distribution of salinity (c) revealed a decrease in the low saline values off the Bio Bio outlet. which coincided with the low temperature values analyzed above. These low values tend to flow towards the northern side of the gulf. probably due to the south and southwest winds which prevail at this time of the year.

The vertical distribution of salinity (f) showed that the low salinity values do not go beyond 15 or 20 EU The predominant water mass reached values above 34.6%. corresponding to subequatorial water. Under this water mass. a decrease in the salinity values in the Bio Bio canyon. caused by a mixture of subequatorial and intermediate antarctic water. is evidento

The oxygen distribution over the bottom (d) showed that it was completely covered by a minimum oxygen content, whose values ranged between 1 ml/l and 0.5 ml/l, containing a nucleus, located in the central part of the gulf, with values under 0.25 ml/l.

5.7 Cruise 84 (3) 70 CD

This cruise was carried out between September and October 1970, aboard the R/V "Carlos Darwin",

Figure 17 indicates the positions of the stations, the navigational track and the vertical profile used (a), the surface temperature isotherms (b), the surface salinity isobars (c), and the bottom oxygen isolines (d).

Figure 18 shows the vertical profile of temperature (e), salinity (f) and oxygen (g).

Temperature

The surface temperature (b) seemed to be thermally stable, with values beyond 10°C. A slight surface gradient, increasing to the north coast where values surpass 11°C, was noticed. The vertical section (e) also confirms the thermic stability previously observed. Two noteworthy facts should be mentioned: there is no thermocline and temperatures over 9°C extend to the bottom of the Gulf of Arauco.

The surface salinity distribution (c) showed a decline in the saline content at the mouth of the Bio Bio river, due probably to the river discharge. A progressive increase occurs to the SE, where salinity surpasses 34.1%. This high salinity could very well be the product of coastal mixing. The vertical distribution of salinity (f) showed low surface values, though not lower than in winter, which could be attributed to a decrease in discharge of the Bio Bio river during this part of the year. This low salinity layer did not extend below 20 m. Below this depth the salinity increased rapidly, reaching the bottom with values beyond 34.4%. The upper zone in the Bio Bio canyon showed values greater than 34.5%, which were smaller than those found during August in the same area. This fact could possibly indicate that in this zone winter really begins around the end of August and the beginning of September.

The bottom oxygen values (d) reached slightly more than 1 ml/l inside the Gulf of Arauco, diminishing to less than 1 ml/l out of it, thus showing a flow of low oxygen content water into the gulf. The vertical oxygen profile (g) showed a high surface oxygen content, decreas-

ing steadily to less than 1 ml/l in the higher area of the Bio Bio canyon.

6. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The data used herein refers to the four seasons, and is thus suitable to describe some of the most outstanding features of this analysis, connecting the variations in the oceanographical properties with the different seasons.

The largest exchange of water occurs through the "boca grande", due to its greater width and depth. The "boca chica", being narrower and shallower, is influenced by both tides and winds and probably maintains a complete vertical water mixture throughout the year. This mixing oxygenates the bottom, but only in the small area around the "boca chica".

Between the 0 and 40-m. depths, the surface layer shows the widest variations of its oceanographical features, but not below a 40-m. depth, which shows a year round homogeneous temperature. This layer shows wider variations in salinity and oxygen during the various seasons of the year.

Based on these facts two diagrams have been drawn for summer and winter, separating both layers (0-40 m. and 40 m to bottom (Figs. 19 and 20) and showing the salinity and oxygen values versus temperature, since temperature is the least variable in both seasons.

The penetration of subequatorial water from the Bio Bio canyon begins below the surface and through the "boca grande" during the spring. This implies an increase in salinity and a decrease in the oxygen concentration over the bottom of the Gulf of Arauco. In some parts of the gulf, the mixing of subequatorial and subantarctic water produces a low salinity intermediate layer.

Subantarctic surface water demonstrates seasonal salinity increasing due to evaporation or decreasing due to the increased Bio Bio discharge during the spring thaw.

A greater stability in the water masses is noticeable in summer within the gulf. On the surface layer (0-40 m.) (Fig. 19), a high-value saline stability, apparently caused by the combination of evaporation and the rising in the mixtures of subequatorial and subantarctic water, may be detected. The oxygen values vary, ranging between 0.25 and 6 ml/l. The temperature shows a thermal variation, which fluctuates between 11. and 15°C.

Subantarctic water is found under the 0-40 m. layer, whose absolute salinity minimum should be outside the gulf at this time of the year. Under the subantarctic water we find subequatorial water (Fig. 20) covering the entire gulf's bottom with high salinity values, above 34.6‰. The oxygen values are very low and range between 0.15 and 0.55 ml/l. These values, which are typical of subequatorial water in our coastlines, seem to be

smaller due to bacterial reduction. If we consider that the Gulf of Arauco is an enclosed gulf, the possibility of water renewal on the bottom is scarce. The temperature under 40 m. is uniform all the way down to the bottom, with values above 10°C. During autumn an increase in the water discharged by the Bio Bio river causes the subsurface subequatorial water to withdraw from inside the gulf through the "boca grande".

in the surface layer, a mixture of the subantarctic water salinity values with the water shed by the Bio Bio is found. Under this mixture, minimum salinity subantarctic water enters the gulf, and the bottom of the gulf is covered by subantarctic and subequatorial water, when the latter withdraws from the gulf. The oxygen content tends thus to increase, due to the higher amount of oxygen carried to the bottom by these mixed waters during autumn. The warmest isotherms flow out of the gulf towards the ocean, leaving a thermally homogeneous layer in the gulf, with values varying between 10°C on the bottom and more than 11°C towards the surface.

During winter (Fig. 19) the oceanographical conditions in the 0-40 m. surface layer change entirely with regard to summer. On the surface we find a mixture of subantarctic water and fresh water, which is discharged mainly by the Bio Bio. Apparently, this mixture does not extend beyond 25 m. The 0-40 m. layer shows air abundant oxygen content, with values ranging between 4 and 7 ml/l.

In winter the temperature of the water carried by the Bio Bio is lower than that of the gulf, causing temperature inversions in the 11°C isotherm.

From 40 m. down to the bottom (Fig. 20) we find both subantarctic waters and a mixture of these with subequatorial waters. This mixture is mere noticeable near the Bio Bio canyon.

The subequatorial water withdraws from inside the gulf, and is replaced by subantarctic water, sinking from its surface location in summer and spring. This mechanism causes a good oxygenation of the water which covers the bottom of the gulf.

From 40 m. to the bottom the temperature remains unchanged, with values above 10°C. It can be thus presumed that under a 40-m. depth the temperature inside the gulf is constant throughout the year, or may vary in 1°C at the most.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

The author is indebted to Mr. F. Robles, from the Fisheries Development Institute, for his suggestions and final revision of the manuscript. He also wishes to thank Mr. J. Spiro, from the Chilean Air Force, Mr. L. Brave from ENDESA's Hydrology Division, and Mr. J. F. Araya from the University of Chile Geography Institute.

BIBLIOGRAFIA CITADA - LITERATURE CITED

- Alarcón. E. y J. Pineda. 1969. Descripción oceanográfica estacional de las aguas frente a Valparaíso, Bol. Cient., Inst. Fom. Pesq. Santiago. Chile. 11t31 p.
- Brandhorst. W. 1963. Descripción de las condiciones oceanográficas en las aguas costeras entre Valparaíso y el Golfo de Arauco. con especial referencia al contenido de oxígeno y su relación con la pesca. Laboratorio de Oceanografía y Biología Pesquera. Dirección de Agricultura. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- Fuenzalida. H. 1965. Geografía Económica de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago de Chile.
- Producción. Santiago de Chile. Primer Apéndice.
- Gallardo. V.A. 1968. Observaciones sobre la fauna bentónica del Golfo de Arauco. Apartado del Bol. Soc. Biol. de Concepción. Tomo XL. 1965-1966. Concepción, Chile.
- Revelle. R. 1946. En Sverdrup-Fleming-Johnson "The Ocean". Prentice Hall.
- Schneider. O. 1943. Catálogo ictiológico de peces marinos en el litoral de Concepción y Arauco. Bol. Soc. Biol. de Concepción. Tomo XVII. Concepción. Chile.
- Wentworth. C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. En Journal of Geology. 30:377-392.

P U B L I C A C I O N E S
D E L
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

"BOLETIN CIENTIFICO"

- Nº 1.— Brandhorst, W.,
M. Carreño
y O. Rojas. El número de vértebras de la Anchoqueta (*Engraulis ringens*, Jenyns) y otras especies de la supeifamilia Clupeoidae en aguas chilenas-
- II) Brandhorst, W.,
y H. Inostroza. Descripción gráfica de las condiciones oceanográficas de aguas chilenas en base a datos de las expediciones "William Scoresby" y "Chiper".
- III) Brandhorst, W.,
y O. Rojas. Sobre la biología de la Sardina común (*Clupea bentincki bentincki*, Norman) en aguas chilenas entre Coquimbo y Talcahuano.
- Nº 2.— Simpson, J. G.,
y R. Buzeta. Relaciones entre la longitud y el peso de la Anchoqueta (*Engraulis ringens*, Jenyns) en Chile.
- Nº 3.— Simpson, J. G.,
y R. Buzeta. El crecimiento y la edad de la Anchoqueta (*Engraulis ringens*, Jenyns) en Chile basado en estudios de frecuencia de longitud.
- Nº 4.— Simpson, J. G.,
y E. Gil. Maduración y desove de la Anchoqueta (*Engraulis ringens*) en Chile.
- Nº 5.— Padilla, M.,
y J. Orrego. La fijación larval de ostras sobre colectores experimentales en Quetalmahue, 1966-67.
- Nº 6.— Hancock, D. A.,
y G. Henríquez. Evaluación de poblaciones de Camarones (*Heterocarpus reedi*) en la pesquería de Chile.
- Nº 7.— Varela, C.,
y E. Contreras. Perspectivas de aplicación de vísceras de merluza para obtener extractos enzimáticos industriales.
- Nº 8.— Gallardo, R.,
y E. Contreras. Determinación de hexosaminas como índice del contenido de desechos de pescado o crustáceos en harinas de pescado comerciales.
- Nº 9.— Saetersdal, G.,
y L. Villegas. Informe sobre experimentos de selectividad de merluza con red de arrastre.
- Nº 10.— Padilla, M
M. Méndez y
F. Casanova. Observaciones sobre el comportamiento de la ostrea chilensis en Apiao.
- Nº 11.— Alarcón, E.
y J. Pineda. Descripción oceanográfica estacional de las aguas frente a Valparaíso.
- Nº 12.— Contreras, E. Determinación de etoxiquina en harina de pescado por partición líquido-líquido y reacción con el radical libre α, α' diphenyl, β picryl hydrazyl. (En castellano e inglés).

Biblioteca IFOP



BR11310