

---

---



## 2.1 DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA, SALINIDAD, OXÍGENO DISUELTO Y NUTRIENTES ENTRE LA BOCA DEL GUAFO Y EL FIORDO AYSÉN

Danitza Guerra & Nelson Silva.  
Escuela de Ciencias del Mar,  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

### INTRODUCCIÓN

Desde 1995 hasta el 2003, el Programa Cimar ha realizado una serie de cruceros en la zona austral chilena. Tal es el caso de Cimar 1 Fiordos (1995), Cimar 2 Fiordos (1996), Cimar 3 Fiordos (1997 y 1998), Cimar 4 Fiordos (1998-1999), Cimar 7 Fiordos (2001), Cimar 8 Fiordos (2002) y Cimar 9 Fiordos (2003). Los resultados de estos cruceros han sido presentados en sucesivas reuniones de los talleres de análisis correspondientes. En este contexto, a continuación se entregará un análisis de las características físicas y químicas de las aguas de la sección zona oceánica - boca del Guafo - canal Moraleda – fiordo Aysén, registradas y medidas durante el crucero Cimar 9 Fiordos etapas 1 (invierno) y 2 (primavera).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos, se realizó en dos etapas, la primera entre el 8 y el 24 agosto del 2003 y la segunda entre el 6 al 21 de noviembre del mismo año, realizando el muestreo de 38 y 33 estaciones oceanográficas respectivamente (Fig. 1). El crucero abarcó la zona entre la boca del Guafo ( $43^{\circ} 47,06' S$ ) y canal Pulluche-Chacabuco ( $45^{\circ} 42,067'$ ), efectuándose registros de temperatura y salinidad y toma de muestras de agua de mar para los análisis de oxígeno disuelto y nutrientes.

Para el presente taller, se seleccionaron sólo las estaciones de la zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén (Fig. 1), preparándose secciones verticales para las distintas variables medidas con el fin de efectuar el análisis de las características oceanográficas presentes durante las etapas de invierno y primavera de Cimar 9 Fiordos.

Las mediciones de salinidad y temperatura fueron realizadas con un CTD Seabird modelo 25, incluido en un sistema de roseta con 24 botellas Niskin para la toma de muestras de agua a profundidades estándares hasta 500 m, de acuerdo a la profundidad de la estación oceanográfica. El procesamiento de los datos de CTDO fue realizado mediante el protocolo estándar, sugerido en el manual del CTDO Seabird, el cual fue calibrado con muestras de salinidad y oxígeno disuelto tomadas a profundidades estándares.

Las muestras de oxígeno disuelto fueron colectadas, fijadas y analizadas a bordo de acuerdo al método de Winkler modificado por Carpenter (1965).

---

---

Las muestras para los análisis de nutrientes fueron tomadas en botellas asépticas de polietileno de alta densidad (50 ml), fijadas con 2 gotas de cloruro mercuríco diluido y posteriormente guardadas congeladas a  $-25^{\circ}\text{C}$ . Los análisis de nutrientes (nitrato, fosfato y silicato) se realizaron posteriormente en la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, mediante un autoanalizador de nutrientes y de acuerdo a las técnicas de Atlas et al. (1971).

La batimetría incorporada a los gráficos de las secciones es aproximada y está basada en las cartas náuticas números 800, 7400, 8200, 8600 y 8290 del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

## RESULTADOS

Sección zona oceánica - boca del Guafo - canal Moraleda - canal Errázuriz

La sección zona oceánica - boca del Guafo - canal Moraleda - fiordo Aysén constituye una unidad que se extiende de norte a sur con una extensión aproximada de 210 millas náuticas (Fig. 1). Una de las características batimétricas más relevantes es la presencia de una constricción y umbral (50 m de profundidad), ubicados frente a la isla Meninea ( $45^{\circ} 16' \text{ S}$  y  $73^{\circ} 38' \text{ W}$ ), en el extremo sur del canal Moraleda. Esta constricción y umbral, separan al canal Moraleda en una microcuenca norte y otra sur, la primera conectada a la zona oceánica a través de la boca del Guafo y la segunda semiaislada de la influencia de aguas oceánicas.

### Temperatura

En la primera etapa del crucero, la distribución de temperatura en la zona oceánica fluctuó entre  $7$  y  $10,5^{\circ}\text{C}$  con temperaturas menores bajo los 300 metros de profundidad (Fig. 2a). Desde la boca del Guafo hasta la constricción de Meninea, en el canal Moraleda (Est. 0 a 12), la temperatura superficial presentó bajos valores en la capa superficial ( $9,5$  a  $10^{\circ}\text{C}$ ), la que aumentó en profundidad formando un leve máximo ( $> 10,5^{\circ}\text{C}$ ) centrado alrededor de los 75 m, para luego volver a disminuir hacia el fondo. En el fiordo Aysén (Est. 16, 17<sup>a</sup>, 19 y 21), la temperatura fluctuó entre  $9,5$  y  $11^{\circ}\text{C}$ , con las menores temperaturas en superficie y las mayores bajo los 150 metros, en la zona de la cabeza del fiordo.


En la segunda etapa la temperatura superficial de la zona oceánica fue más cálida, fluctuando entre  $10$  y  $11^{\circ}\text{C}$  y no observándose el máximo subsuperficial invernal (Fig. 3a). En el fiordo Aysén la temperatura se presentó cuasi homogénea con un gradiente vertical débil y con temperaturas del orden de  $10^{\circ}\text{C}$ .

### Salinidad

En la primera etapa, la salinidad superficial fluctuó entre 29 y 33,5 psu, distribuyéndose los menores valores hacia la cabeza del fiordo Aysén y los mayores valores hacia la zona oceánica (Fig. 2b).

La distribución vertical de salinidad, en la zona canal Moraleda a boca del Guafo, fluctuó entre 32 y 34 psu, encontrándose los máximos valores bajo los 150 m de

---



profundidad. Al sur de la constricción de Meninea y en el fiordo Aysén, la distribución vertical de salinidad aumentó desde 29 psu en superficie, hasta alcanzar valores de 32 psu cerca del fondo.

En la segunda etapa, la salinidad superficial varió entre 25 y 33 psu, encontrando menores valores en la cabeza del fiordo Aysén y los mayores en la zona oceánica (Fig. 3b).

La distribución vertical de salinidad, en la zona canal Moraleda a boca del Guafo, fluctuó entre 29 y 34 psu, encontrándose los máximos valores bajo los 150 m de profundidad. Al sur de la constricción de Meninea y en el fiordo Aysén, la distribución vertical de salinidad aumentó desde 25 psu en superficie, hasta alcanzar valores de 31,5 psu cerca del fondo.

#### Oxígeno disuelto

En la etapa de invierno, la capa superficial se presentó bien oxigenada con valores entre 6 y 7 mL · L<sup>-1</sup> (Fig. 2c).

La distribución vertical del oxígeno disuelto, entre la boca del Guafo y la constricción de Meninea, presentó valores entre 5 y 6 mL · L<sup>-1</sup> en la capa superficial, para luego disminuir rápidamente en profundidad hasta valores menores de 3 mL · L<sup>-1</sup>, bajo los 150 m de profundidad. Desde la constricción hasta la cabeza del fiordo Aysén, la distribución vertical del oxígeno disuelto presentó valores que fluctuaron entre 4 y 6 mL · L<sup>-1</sup> en la boca y entre 3 y 6 mL · L<sup>-1</sup>, en la cabeza, con los valores más bajos en la zona profunda.

En la etapa primaveral, la concentración de oxígeno en superficie fluctuó entre 6 y 8 mL · L<sup>-1</sup>, observándose los mayores valores en la cabeza del fiordo Aysén y los menores hacia la zona oceánica (Fig. 3c).

Bajo la superficie, en el tramo zona oceánica hasta la constricción de Meninea, la concentración de oxígeno disuelto disminuyó rápidamente en profundidad hasta valores menores de 3 mL · L<sup>-1</sup>, bajo los 150 m de profundidad. Desde la constricción hasta la cabeza del fiordo Aysén, la distribución vertical del oxígeno disuelto presentó valores que fluctuaron entre 4 y 6,5 mL · L<sup>-1</sup> en la boca y entre 2,5 y 8 mL · L<sup>-1</sup> en la cabeza, con los valores más bajos en la zona profunda.

#### Nutrientes (nitrato, fosfato y silicato)

En la etapa de invierno, el fosfato varió entre 0 y 2 μM y el nitrato entre 3 y 21 μM en la superficie, con los menores valores en la cabeza y zona central del fiordo Aysén y los mayores, en el canal Moraleda, boca del Guafo y zona oceánica (Figs. 2d y 2e). Bajo la superficie de la zona canal Moraleda a boca del Guafo, el fosfato y nitrato aumentaron rápidamente hasta valores sobre 2,5 μM y 25 μM respectivamente bajo los 150 m, produciéndose una estructura vertical cuasi homogénea. En el fiordo Aysén, la estruc-

---

---

tura vertical presentó dos capas, separadas por una nutriclina centrada a unos 5-10 m, debido a los bajos valores de la superficie ( $< 0,5 \mu\text{M}$  de fosfato y  $< 10 \mu\text{M}$  de nitrato) y los altos valores profundos ( $> 1,5 \mu\text{M}$  de fosfato y  $15 \mu\text{M}$  de nitrato).

El silicato fluctuó entre 6 y  $70 \mu\text{M}$  en la capa superficial, con los menores valores en la boca del Guafo y los mayores en la cabeza y zona central del fiordo Aysén (Fig. 2f). La distribución vertical en la zona oceánica y boca del Guafo presenta valores que fluctúan entre 8 a  $16 \mu\text{M}$  entre la superficie y los 150 m de profundidad. En el canal Moraleda, el silicato presentó una estructura vertical con mayor tendencia a la homogeneidad, con valores entre 16 y  $24 \mu\text{M}$ . En el fiordo Aysén y a todo lo largo de él, se produce una silicoclina invertida debido a una delgada capa superficial (5m) con altas concentraciones ( $> 60 \mu\text{M}$ ), para luego disminuir a concentraciones entre 20 y  $30 \mu\text{M}$ , entre los 25 m y el fondo.

En la etapa primaveral, el fosfato varió entre 0 y  $1,3 \mu\text{M}$  y el nitrato entre 0,1 y  $18 \mu\text{M}$  en la superficie, con los menores valores en la cabeza y zona central del fiordo Aysén y los mayores, en el canal Moraleda (Figs. 3d y 3e). Bajo la superficie de la zona oceánica y boca del Guafo el fosfato y nitrato aumentaron rápidamente desde valores de 1 y  $8 \mu\text{M}$  en superficie hasta valores mayores  $2,0 \mu\text{M}$  y  $23 \mu\text{M}$ , respectivamente, bajo los 150 m. Bajo la superficie de la zona canal Moraleda, el fosfato y nitrato aumentaron rápidamente desde valores de 1,3 y  $14 \mu\text{M}$  en superficie hasta valores mayores  $2,0 \mu\text{M}$  y  $23 \mu\text{M}$ , respectivamente, bajo los 150 m. En la cabeza y zona central del fiordo a Aysén, la estructura vertical presentó dos capas, separadas por una nutriclina centrada a unos 5-10 m, debido a los bajos valores de la superficie ( $< 0,2 \mu\text{M}$  de fosfato y  $< 1 \mu\text{M}$  de nitrato) y los altos valores profundos ( $> 2 \mu\text{M}$  de fosfato y  $20 \mu\text{M}$  de nitrato).

El silicato fluctuó entre 2 y  $70 \mu\text{M}$  en la capa superficial, con los menores valores en la boca del Guafo y los mayores en la cabeza y zona central del fiordo Aysén (Fig. 3f). La distribución vertical en la zona oceánica y boca del Guafo presenta valores que fluctúan entre 2 a  $12 \mu\text{M}$  entre la superficie y los 150 m de profundidad. En el extremo sur del canal Moraleda, el silicato presentó una estructura vertical con mayor tendencia a la homogeneidad con valores entre 16 y  $22 \mu\text{M}$ . En el fiordo Aysén y a todo lo largo de él, se produce una silicoclina invertida debido a una delgada capa superficial (5 m) con altas concentraciones ( $> 50 \mu\text{M}$ ), para luego disminuir a concentraciones entre 20 y  $30 \mu\text{M}$ , entre los 25 m y el fondo.

## DISCUSIÓN


### Comparación entre etapas del Cimar 9 Fiordos

Los resultados del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos en su etapa invernal y de primavera, son similares en la estructura vertical general. Sin embargo, se observaron diferencias importantes entre los mínimos y máximos observados en las variables en los distintos períodos muestreados.

En términos generales, la zona de la boca del Guafo y canal Moraleda fue más cálida en el período primaveral que en el invernal, con un gradiente térmico vertical

---

---



poco marcado y sin termoclina en ambos períodos. Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue cuasi homogénea, pero alrededor de 0,5 °C más fría en invierno que en primavera.

La salinidad presentó diferencias notables entre ambos cruceros. En la capa superficial, los valores de salinidad fueron alrededor de 1,5 psu más altos en invierno que en primavera, extendiéndose los valores menores de 32 psu hasta la boca del Guafo en primavera y hasta el extremo norte del canal Moraleda, en invierno. La estructura vertical fue prácticamente similar en ambos cruceros, con salinidades mayores de 34,0 psu cerca del fondo desde la zona oceánica hasta la zona central del Moraleda. Al sur de la constricción de Meninea, bajo los 50 m, en ambos cruceros, la estructura vertical fue cuasi homogénea pero alrededor de 0,5 psu más alto en invierno que en primavera.

La capa superficial de ambos cruceros ( $\approx 30$  m), se presentó bien oxigenada y con valores cercanos al de saturación, siendo el crucero de invierno más oxigenado ( $> 6 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ) que el de primavera ( $> 5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Bajo la capa superficial el oxígeno disuelto de ambos cruceros disminuyó rápidamente a concentraciones menores de  $4 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  bajo los 150 m. Al sur de la constricción de Meninea la distribución vertical de oxígeno disuelto fue similar para ambos cruceros.

El fosfato fue alrededor de 0,2 a 0,3  $\mu\text{M}$  y el nitrato alrededor de 2 a 4  $\mu\text{M}$ , más altos invierno que en primavera, en toda la sección. El silicato, en el tramo zona oceánica hasta la constricción de Meninea, fue alrededor de 4  $\mu\text{M}$  más altos invierno que en primavera. Al sur de la constricción, la concentración del silicato tendió a ser similar en ambos cruceros.

## REFERENCIAS

- ATLAS, E., S. HAGER, L. GORDON & P. PARK. 1971. A practical manual for use of the Technicon Autoanalyzer in sea water nutrient analyses. O.S.U. Dept. of Oceanography. Technical report, 215 pp.
- CARPENTER, J. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. Oceanog.*, 10: 141-143.

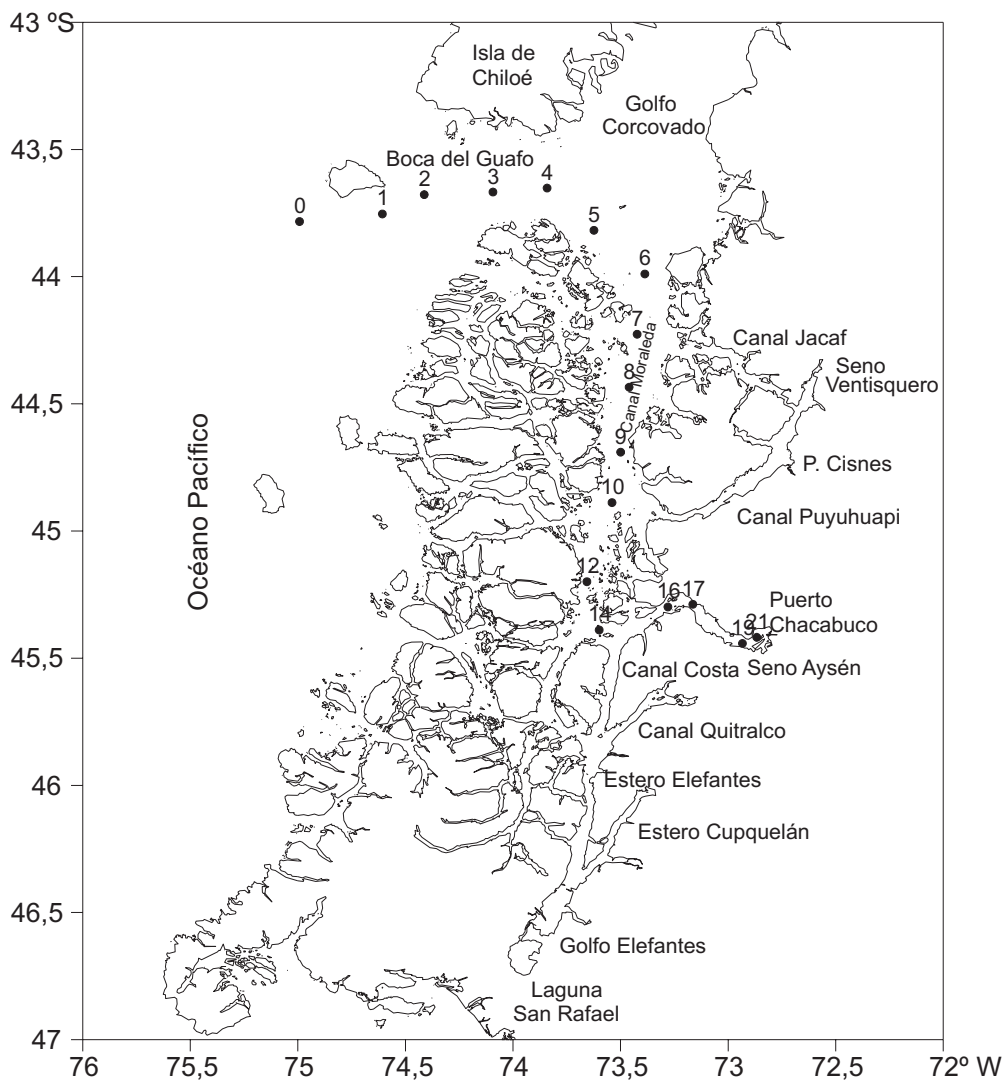


Figura 1: Distribución geográfica de las estaciones oceanográficas seleccionadas para la sección comprendida entre zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén, para la primera y segunda etapa del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordo.

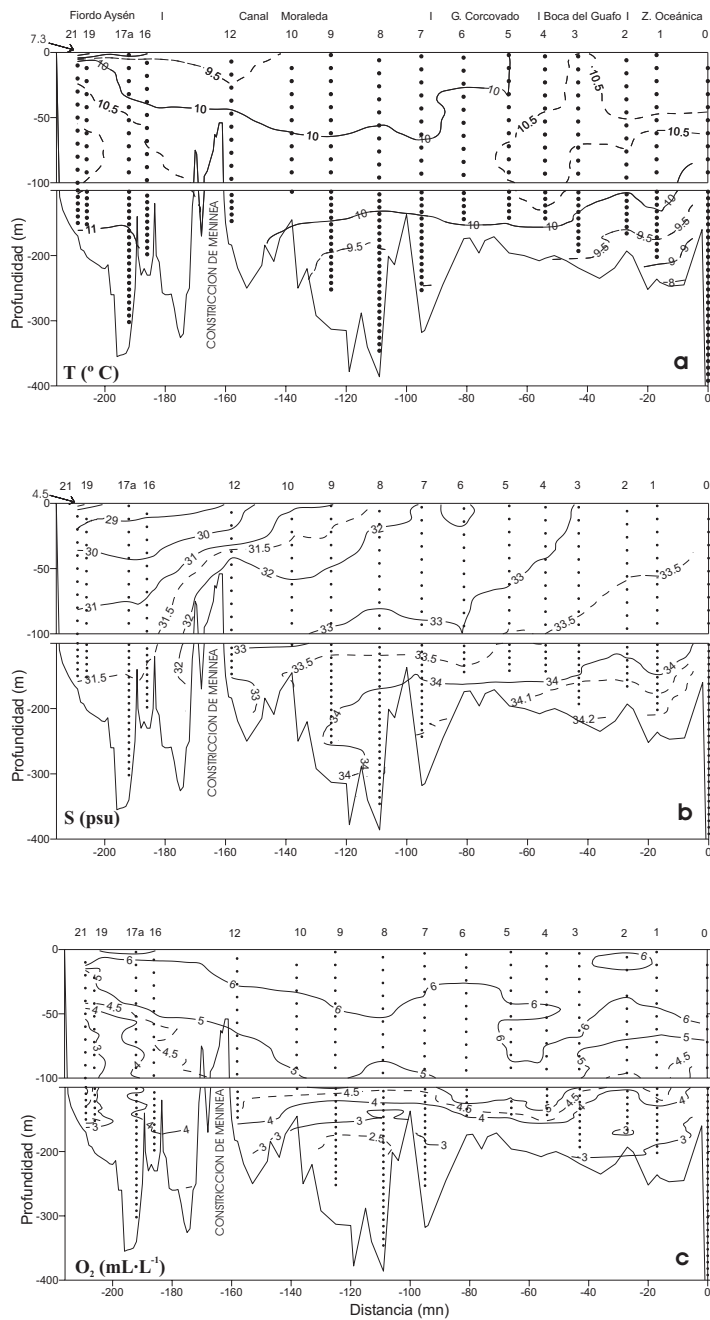


Figura 2: Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad y c) oxígeno disuelto, en la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén, para la etapa de invierno del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos.

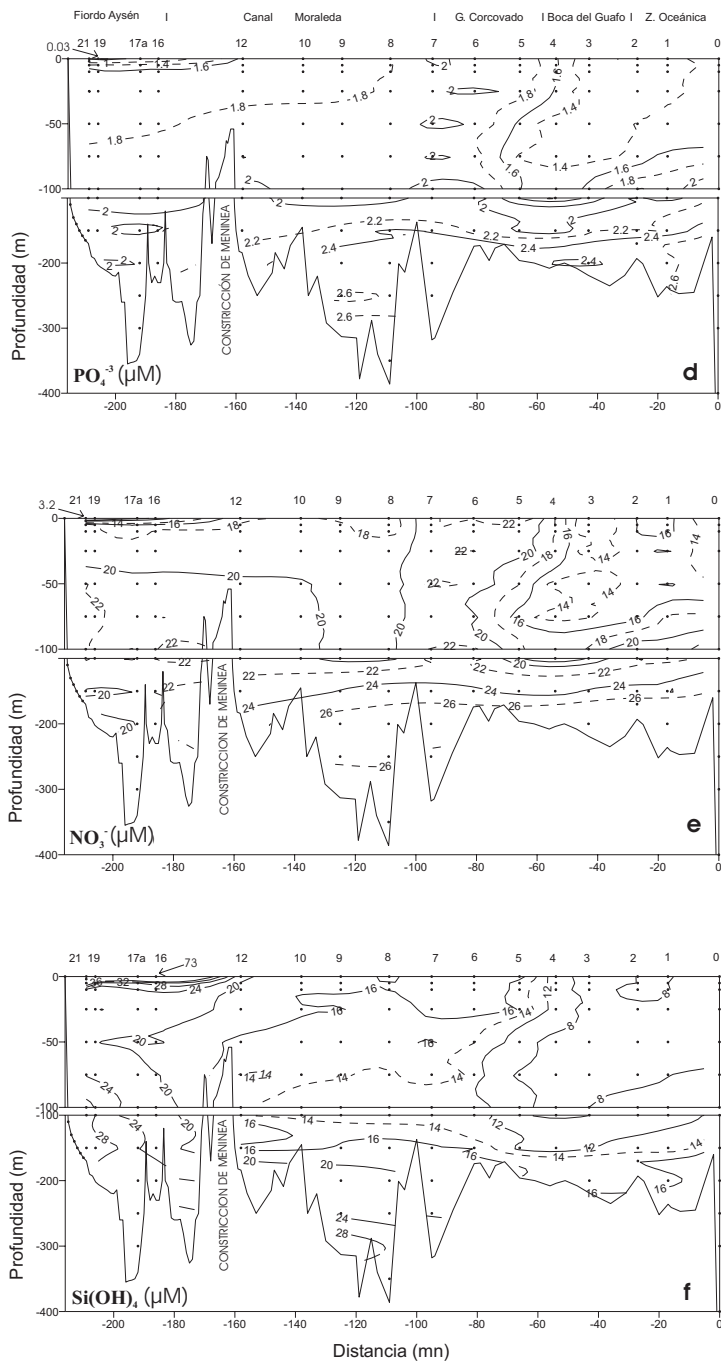


Figura 3: Distribución vertical de d) fosfato, e) nitrato y f) silicato, en la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén, para la etapa de invierno del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos.



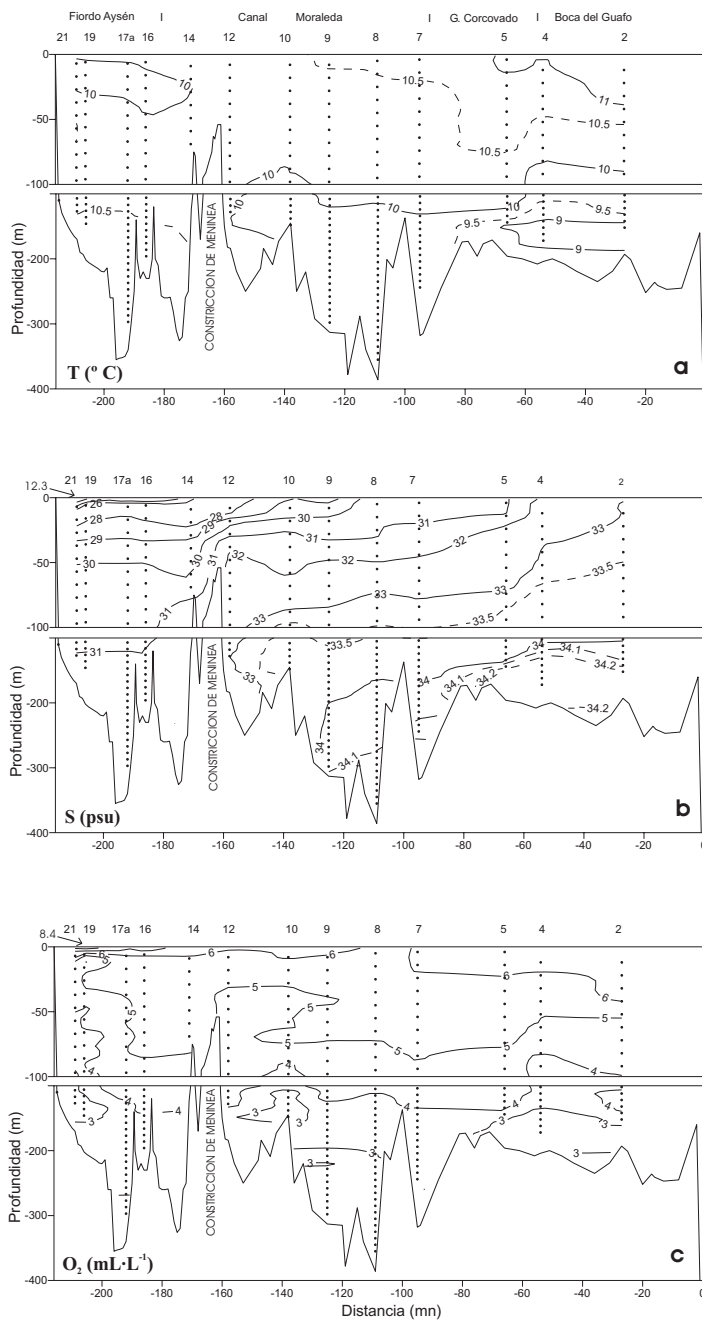


Figura 4: Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad y c) oxígeno disuelto, en la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén, para la etapa de primavera del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos.

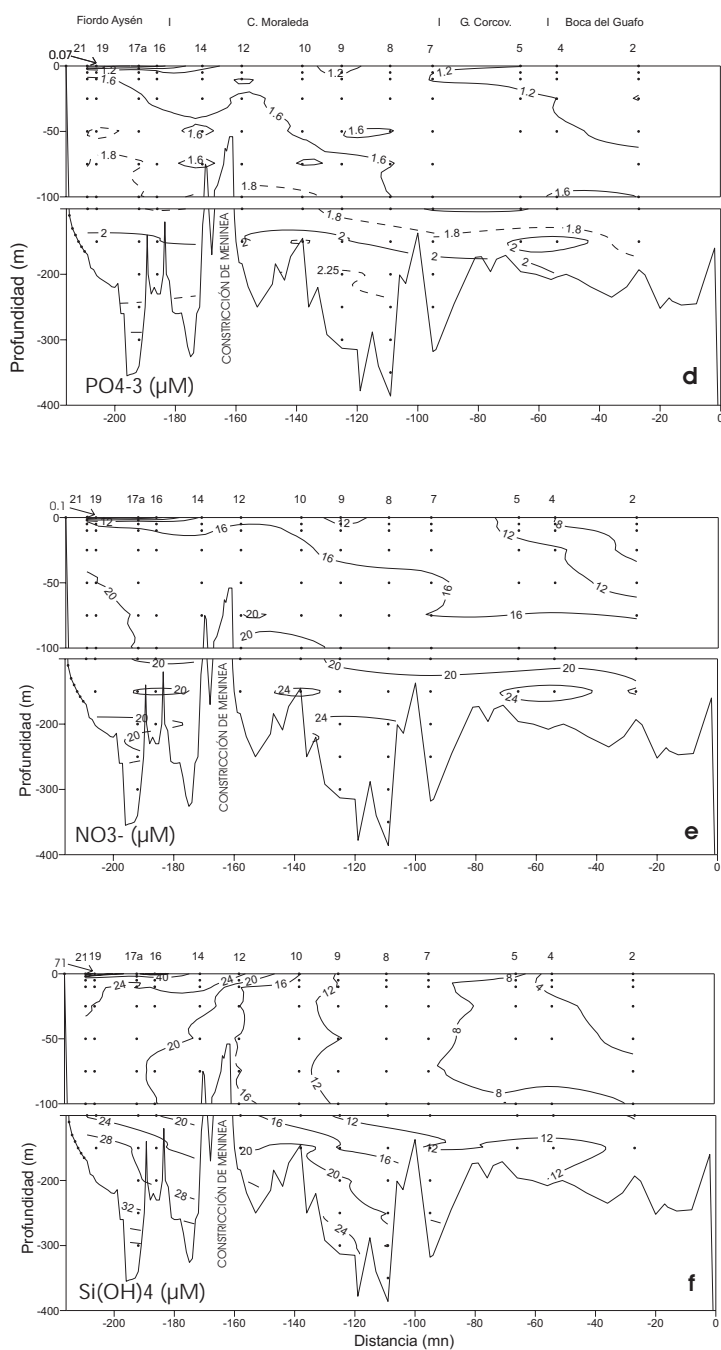


Figura 5: Distribución vertical de d) fosfato, e) nitrato y f) silicato, en la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y fiordo Aysén, para la etapa de primavera del crucero oceanográfico Cimar 9 Fiordos.