

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA, SALINIDAD, OXÍGENO DISUELTO Y NUTRIENTES ENTRE LA BOCA DEL GUAFO Y EL CANAL PULLUCHE. (CRUCERO CIMAR 8 FIORDOS)

Alexander Valdenegro M & Nelson Silva S.

Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar un análisis de las características físicas y químicas de las aguas, medidas durante el crucero CIMAR 8 Fiordos etapas 1 (invierno) y 2 (primavera), en la sección zona oceánica - boca del Guafo - canal Moraleda - canal Errázuriz. Realiza además una comparación de los resultados obtenidos, en cruceros anteriores realizados en la misma zona de estudio como es el caso de los cruceros del CIMAR 1 Fiordos y CIMAR 4 Fiordos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El crucero oceanográfico CIMAR 8 Fiordos, se realizó en dos etapas, la primera entre el 6 al 20 julio del 2002 y la segunda entre el 15 al 26 de noviembre del mismo año, realizando el muestreo de 53 y 47 estaciones oceanográficas respectivamente. El crucero abarcó la zona entre la boca del Guafo (43° 47,06' S) y el canal Pulluche (45° 43.63' S), efectuándose mediciones de temperatura y salinidad y toma de muestras de agua de mar para los análisis de oxígeno disuelto y nutrientes.

Para el presente estudio sólo se seleccionaron las estaciones de la zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y canal Errázuriz (Fig. 1), preparándose secciones verticales para las distintas variables medidas para efectuar el análisis de las características oceanográfico. Además, esta sección se compara con los resultados de otros cruceros realizados en la misma zona.

Las mediciones de salinidad y temperatura fueron realizadas con un CTD Seabird modelo 19, 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 CTD fue realizado mediante el protocolo estándar, sugerido en el manual del CTD Seabird, el cual fue calibrando con muestras de salinidad tomadas a profundidades estándares.

Las muestras de oxígeno disuelto fueron colectadas 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°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 8000, 7400, 8200, 8600 y 8640 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 - canal Errázuriz constituye una unidad que se extiende de norte a sur con una extensión aproximada de 190 m.n (Fig.1). Una de las características batimétricas más relevantes es la presencia de una constricción y umbral (50 m de profundidad) ubicada frente a la isla Meninea (45°16'S y 73°38'W) en el extremo sur del canal Moraleda. Esta constricción y umbral, separa al canal Moraleda en una micro cuenca norte y otra sur, la primera conectada a la zona oceánica a través de la boca del Guafo y la segunda semi aislada de la influencia de aguas oceánicas (Silva *et al.* 1997).

Temperatura

En la primera etapa del crucero oceanográfico, la distribución de temperatura en la zona oceánica fluctuó entre 7 y 10°C con la menores temperaturas bajo los 300 m de profundidad (Fig. 2a). Desde la boca del Guafo (Est. 2) hasta la constricción de Meninea en el canal Moraleda (Est 13), la temperatura varió entre 9 y 10°C, con una distribución vertical que presentó un leve máximo (> 10°C) centrado alrededor de los 75 m. Al sur del canal de la constricción (Est. 14, 31 y 70) el gradiente térmico vertical en toda la columna fue muy débil, presentando una estructura cuasi homogénea con temperaturas del orden de 9° C.

En la segunda etapa, sólo se dispuso de datos desde golfo Corcovado hasta el canal Pulluche (Est. 4 a 70). La temperatura al norte de Meninea fue levemente más cálida, fluctuando entre 10 y 11°C, observándose los mayores valores de temperatura en la capa superficial (Est. 6 a. 11; Fig. 2b). Al sur de Meninea (Est. 14 a 70), la temperatura se presentó cuasi homogénea con un gradiente vertical muy débil, similar a la etapa 1 y con temperaturas del orden de 10° C.

Salinidad

En la primera etapa la salinidad superficial fluctuó entre 30 y 33 psu, distribuyéndose los mayores valores hacia la boca del Guafo y zona oceánica y los menores hacia el sur del canal Moraleda hasta el canal Errázuriz (Fig. 2c).

En el sector de la zona oceánica y boca del Guafo la distribución vertical de salinidad fluctuó entre 32-33 psu en superficie a valores mayores de 34 bajo los 100 m de profundidad (Fig. 2C). En el sector central del canal Moraleda, antes de constricción de

Meninea, la salinidad varió entre 31-32 psu en la capa superficial, aumentando con la profundidad hasta alcanzar valores mayores a 34 psu bajo los 150 m de profundidad. Al sur de la constricción, en el sector del canal Errázuriz la salinidad en superficie fue menor a 29 psu aumentando en profundidad hasta alcanzar valores del orden de 32 psu en su parte más profunda (Fig. 2c).

En la segunda etapa la salinidad superficial varió entre 28 y 32 psu, con las menores salinidades en el sur del canal Moraleda y el canal Errázuriz (Fig. 2d).

La distribución vertical de salinidad, entre la boca del Guafo y al norte de Meninea fluctuó entre 28 y 32 psu en superficie aumentado rápidamente en profundidad hasta valores mayores a 33, 5 psu bajo los 150 m (Fig. 2d). Al sur de la constricción, en el sector del canal Errázuriz la salinidad en superficie fue menor a 28 psu aumentando en profundidad hasta alcanzar valores del orden de 31 psu en su parte más profunda (Fig. 2d).

Oxígeno disuelto

En la primera etapa de CIMAR 8 Fiordo, la distribución de oxígeno disuelto en la capa superficial fue bien oxigenada con valores entre 5 y 6 ml·L⁻¹ (Fig. 2e). La distribución vertical entre zona oceánica y la constricción de Meninea fluctuó entre 5-6 en superficie disminuyendo rápidamente con profundidad hasta valores menores de 3 ml·L⁻¹ bajo los 150 m de profundidad. Desde la constricción hacia el sur (Est. 12, 13, 14 y 70) la distribución vertical en toda la columna fue casi homogénea y con valores del orden de 5 ml·L⁻¹ (Fig. 2e).

En la segunda etapa, la concentración de oxígeno en superficie fluctuó entre 7 y 6 ml·L⁻¹, observándose los mayores valores en la zona central de la sección (Est. 7 a. 14; Fig. 2f). Bajo la superficie la concentración de oxígeno disuelto disminuyó rápidamente con profundidad hasta valores menores de 3 ml·L⁻¹ bajo los 150 m de profundidad. Al sur de la constricción (Est. 12, 13, 14 y 70) la distribución vertical en toda la columna fue más homogénea y con valores entre 5 y 6 ml·L⁻¹ (Fig. 2f).

Nutrientes (Nitrato, Fosfato y Silicato)

En la primera etapa, la concentración de nitrato varió entre 10,4 y 20 μM en la capa superficial, con los menores valores en la boca del Guafo y los mayores en la zona oceánica y en el canal Errázuriz (Fig. 3a). Bajo la superficie, el nitrato aumentó rápidamente hasta valores sobre 25 μM bajo los 150 m en el golfo Corcovado y canal Moraleda y sobre 30 μM en la zona oceánica (Fig. 3a). Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue casi homogénea con valores menores a 20 μM.

El fosfato varió entre 1,2 y 2 μM en la superficie, con los menores valores en la boca del Guafo y los mayores en la zona oceánica y en el canal Errázuriz (Fig. 3c). Bajo la superficie, el fosfato aumentó rápidamente hasta valores sobre 2,5 μM bajo los 200 m en el golfo Corcovado y canal Moraleda y sobre 30 μM en la zona oceánica (Fig. 3c). Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue casi homogénea, con valores menores a 2 μM.

El silicato fluctuó entre 7 y 15 μM en la capa superficial, con los menores valores en la boca del Guafo y los mayores en el canal Errázuriz (Fig. 3e). Bajo la superficie, el silicato aumentó rápidamente hasta valores sobre 20 μM bajo los 50 m en canal Errázuriz y bajo los 150 – 200 m en el canal Moraleda, golfo Corcovado y zona oceánica (Fig. 3e). Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue cuasi homogénea, con valores mayores a 20 μM .

En la segunda etapa, la concentración de nitrato varió entre 0 y 10 μM en la capa superficial, con los menores valores en el Moraleda y los mayores el canal Errázuriz (Fig. 3b). Bajo la superficie, el nitrato aumentó rápidamente hasta valores sobre 20 μM bajo los 150 m en el golfo Corcovado y canal Moraleda y sobre 30 μM en la zona oceánica (Fig. 3b). Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue cuasi homogénea con valores menores a 10 μM .

El fosfato fue bastante homogéneo en la capa superficial con valores del orden de 0,5 μM (Fig. 3d). Bajo la superficie, aumentó rápidamente hasta valores sobre 2 μM bajo los 150 m en el golfo Corcovado y canal Moraleda y sobre 2,5 μM en la zona oceánica (Fig. 3d). Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue cuasi homogénea, con valores menores a 1,5 μM .

El silicato varió entre 0 y 10 μM en la capa superficial con los menores valores hacia la zona oceánica y los mayores en el canal Errázuriz. Bajo la superficie el silicato aumentó hasta valores mayores de 15 μM bajo los 200 m. Al sur de la constricción de Meninea, la distribución vertical fue cuasi homogénea, con valores del orden de 10 μM (Fig. 3 f).

DISCUSIÓN

Comparación entre etapas del CIMAR 8 Fiordos

En términos generales, la zona de la boca del Guafo y canal Moraleda fue más cálida, en alrededor de 2°C en la capa superficial y de 1°C en la capa más profunda, con un gradiente térmico vertical poco marcado y ausente de termoclina en ambos períodos (Fig. 2a y 2b). Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue homogénea pero alrededor de 1°C más fría en invierno que en primavera.

La salinidad presento diferencias notables entre cruceros. En la capa superficial los valores de salinidad fueron alrededor de 2 psu más altos en invierno que en primavera y en la capa profunda lo fueron en alrededor 0,5 psu (Fig. 2c y 2d). Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue homogénea pero alrededor de 1 psu más alto en invierno que en primavera.

El oxígeno disuelto presentó concentraciones del orden de 1 $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$ mayores en primavera que en invierno, tanto en la capa superficial como en la profunda (Fig. 2e y 2f).

El nitrato presentó, en la capa superficial, valores alrededor de 10 μM más altos en invierno que en primavera y en la capa profunda lo fueron en alrededor 5 μM (Fig. 3a y 3b). Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue homogénea pero alrededor de 10 μM más alto en invierno que en primavera.

El fosfato de la capa superficial fue alrededor de 1 μM más alto en invierno que en primavera y en la capa profunda lo fueron en alrededor 0,5 μM (Fig. 3c y 3d). Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue homogénea pero alrededor de 1 μM más alto en invierno que en primavera.

El silicato de la capa superficial en invierno fue alrededor de 5 a 10 μM más alto que en primavera y en la capa profunda lo fueron en alrededor 5 μM (Fig. 3e y 3f). Al sur de la constricción de Meninea, en ambos cruceros la estructura vertical fue homogénea pero alrededor de 10 μM más alto en invierno que en primavera.

Comparación con otros cruceros en la zona

La zona de fiordos y canales de la XI región ha sido muestreada por los cruceros Hudson-Chile 70 (verano, 1970; Silva *et al.*, 1995), CIMAR 1 Fiordos (primavera, 1995; Silva *et al.*, 1997), CIMAR 4 Fiordos Etapa 1 (primavera 1998; Guzmán y Silva, 2002) y CIMAR 4 Fiordo Etapa 2 (verano 1999; Guzmán y Silva, 2002), por lo que para el crucero CIMAR 8 Fiordos sólo es posible comparar sus resultados de la etapa 1 (primavera).

Las estructuras térmicas fueron similares para CIMAR 1 Fiordos y CIMAR 8 Fiordos Etapa 2 con una delgada capa superficial más cálida con temperaturas del orden de 11°C, para luego disminuir monótonamente hasta temperaturas menores de 10°C en la zona del golfo Corcovado y canal Moraleda. En el caso de CIMAR 4 Fiordos Etapa 1, no se presentó la capa superficial más cálida, ya que en este caso la temperatura fue homogénea y del orden de 10°C, para luego disminuir monótonamente hasta temperaturas menores de 10°C en la zona del golfo Corcovado y canal Moraleda.

Al sur de la constricción de Meninea los tres cruceros mostraron una distribución térmica vertical cuasi homogénea, sólo que CIMAR 1 fue más fría y con temperaturas del orden de 9°C, mientras que CIMAR 4 y 8 presentaron temperaturas del orden de 10°C.

La salinidad, mostró una estructura vertical similar para los tres cruceros con valores superficiales entre 28 y 31 psu seguidos los que disminuyeron rápidamente con profundidad para dar origen a una fuerte haloclina hasta los 100 m. Posteriormente la salinidad disminuyó más monótonamente hasta el fondo donde superó los 33,5 psu. La principal diferencia entre los tres cruceros de primavera corresponde al hecho que en CIMAR 8, la porción profunda de la microcuenca del Moraleda presentó valores del orden de 33,6 psu, no alcanzándose valores mayores de 34,0 psu, como ocurrió en CIMAR 1 y 4 primavera.

El oxígeno disuelto presentó una capa superficial bien oxigenada en los tres cruceros con valores sobre los 7 $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$ en gran parte de la sección estudiada. Luego el

oxígeno disuelto disminuyó con profundidad hasta un mínimo cerca del fondo con valores menores a $4 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ y ocasionalmente menores a $3 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$.

Al sur de la constricción de Meninea los tres cruceros mostraron una distribución vertical de oxígeno disuelto relativamente homogénea hasta el fondo y con valores de 5 a $6 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$.

El nitrato y fosfato presentaron una capa superficial con bajo contenido (4 a $8 \mu\text{M}$ de nitrato y $0,4$ a $0,8 \mu\text{M}$ de fosfato) a lo largo de toda la sección en los tres cruceros. En la zona boca del Guafo, y canal Moraleda, bajo la capa superficial los nutrientes aumentaron rápidamente hasta los 100 m para luego continuar aumentando más lentamente hasta el fondo donde presentaron un máximo mayor de $24 \mu\text{M}$ en nitrato y de $2 \mu\text{M}$ en fosfato.

Al sur de la constricción de Meninea los tres cruceros mostraron una distribución vertical de nitrato y fosfato relativamente homogénea hasta el fondo pero con algunas diferencias en su concentración promedio. CIMAR 1 y 4 presentaron valores del orden de $16 \mu\text{M}$ de nitrato y $1,6 \mu\text{M}$ de fosfato y CIMAR 8 valores del orden de $10 \mu\text{M}$ de nitrato y $1,4 \mu\text{M}$ de fosfato.

En el caso de silicato, sólo se dispuso de información para CIMAR 1. En ambos cruceros se observó una estructura vertical similar con bajos valores en superficie, los que aumentaron rápidamente hacia el fondo. La principal diferencia radica en que CIMAR 8 presentó valores profundos alrededor de $5 \mu\text{M}$ más altos que CIMAR 1.

Al sur de la constricción de Meninea los dos cruceros mostraron una distribución vertical de silicato relativamente homogénea hasta el fondo pero con algunas diferencias en su concentración promedio. CIMAR 1 presentó valores del orden de $15 \mu\text{M}$ y CIMAR 8 valores del orden de $10 \mu\text{M}$.

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.
- Guzman, D. y N. Silva. 2002. Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile entre boca del Guafo y Golfo Elefantes (Crucero CIMAR Fiordo 4).
- Silva, N., H. Sievers & R. Prado. 1995. Descripción oceanográfica de los canales australes de Chile. Zona Puerto-Laguna San Rafael ($41^{\circ}20'S$, $46^{\circ}40'S$). *Rev. Biol. Mar.*, 30(2):207-254.

Silva, N., C. Calvete & H. Sievers. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar.*, 20:23-106.

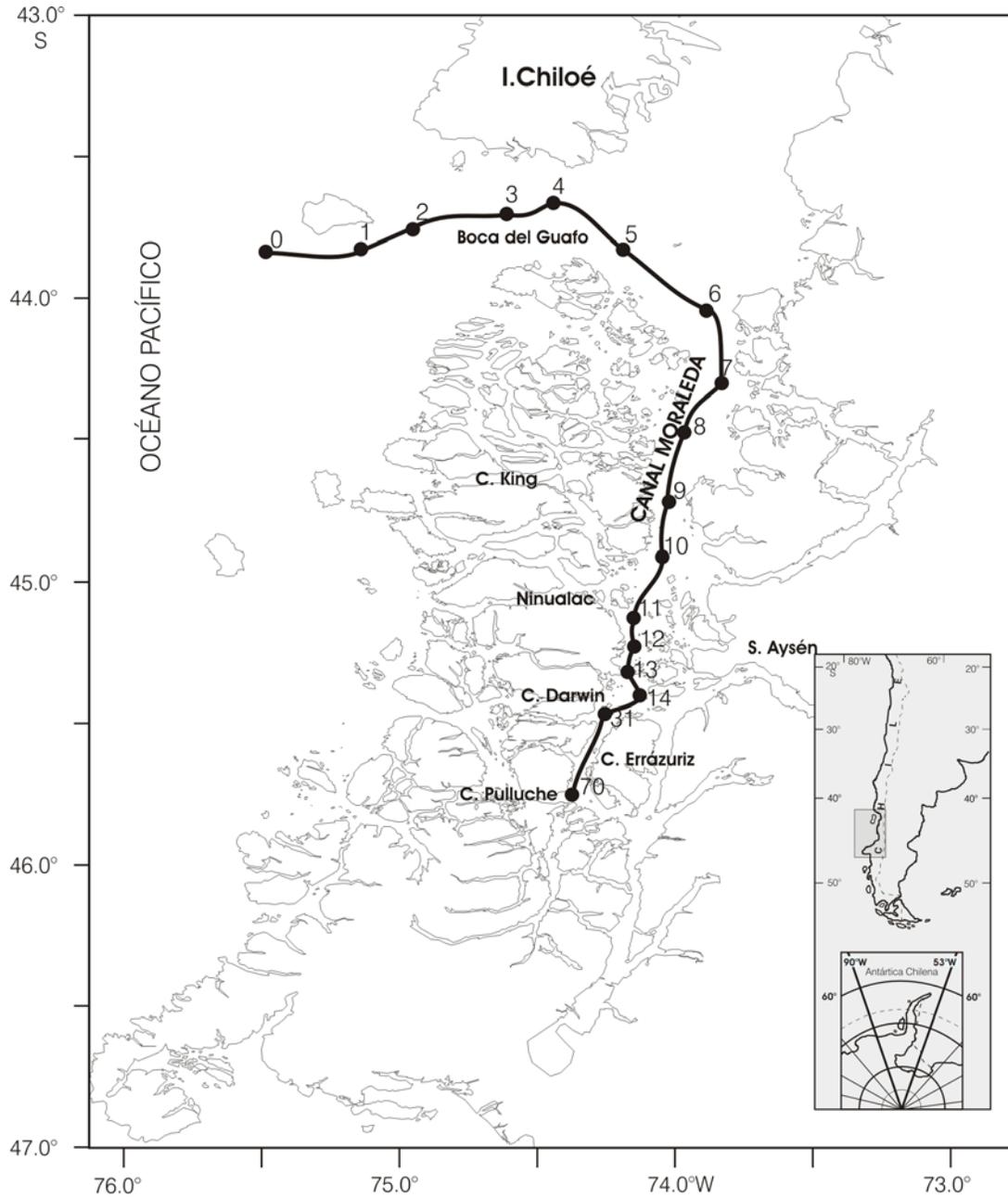


Figura 1. Distribución geográfica de las estaciones oceanográficas seleccionadas para la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y canal Errázuriz, para la primera y segunda etapa del crucero oceanográfico CIMAR 8 Fiordos.

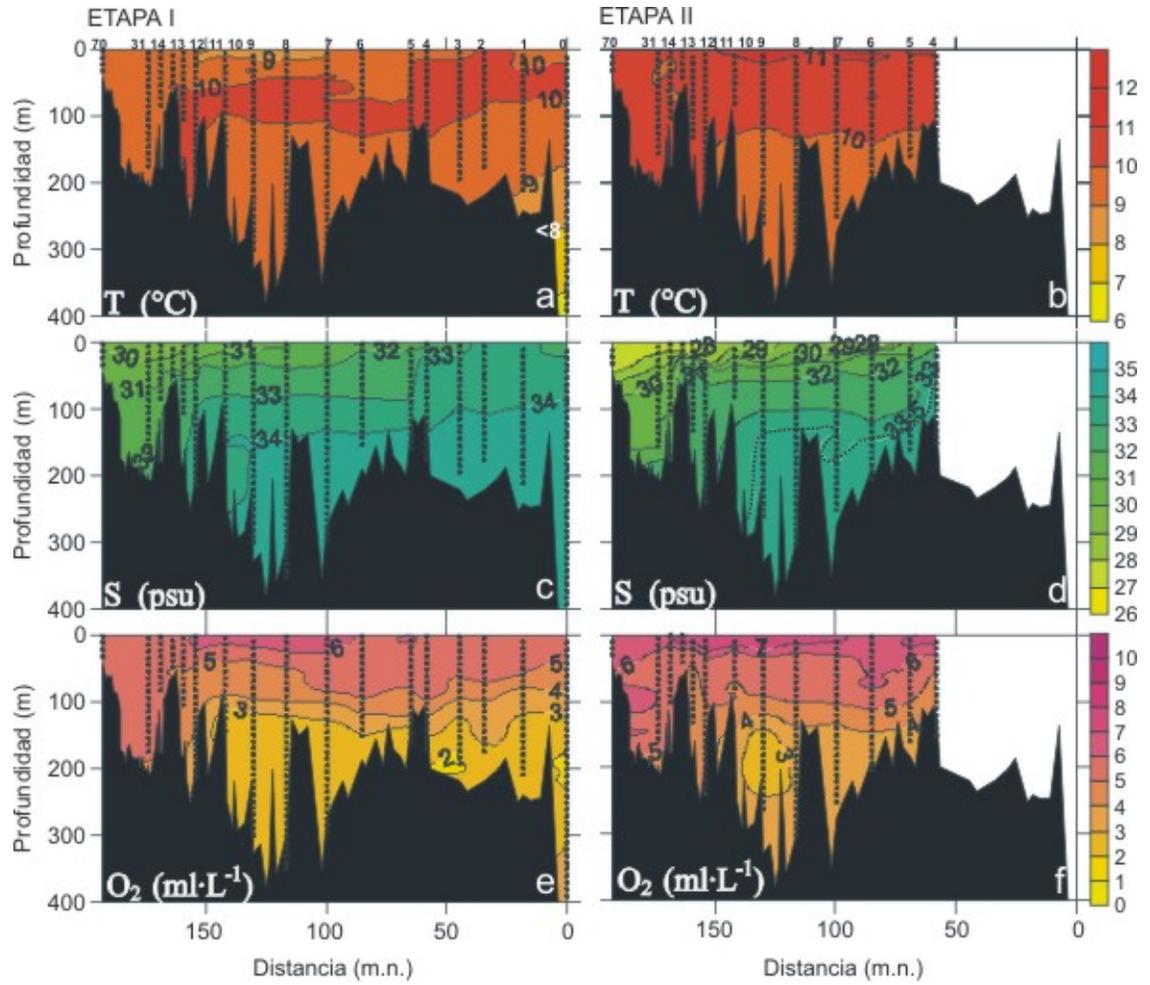


Figura 2. Distribución vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la sección zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y canal Errázuriz, para la primera y segunda etapa del crucero oceanográfico CIMAR 8 Fiordo.

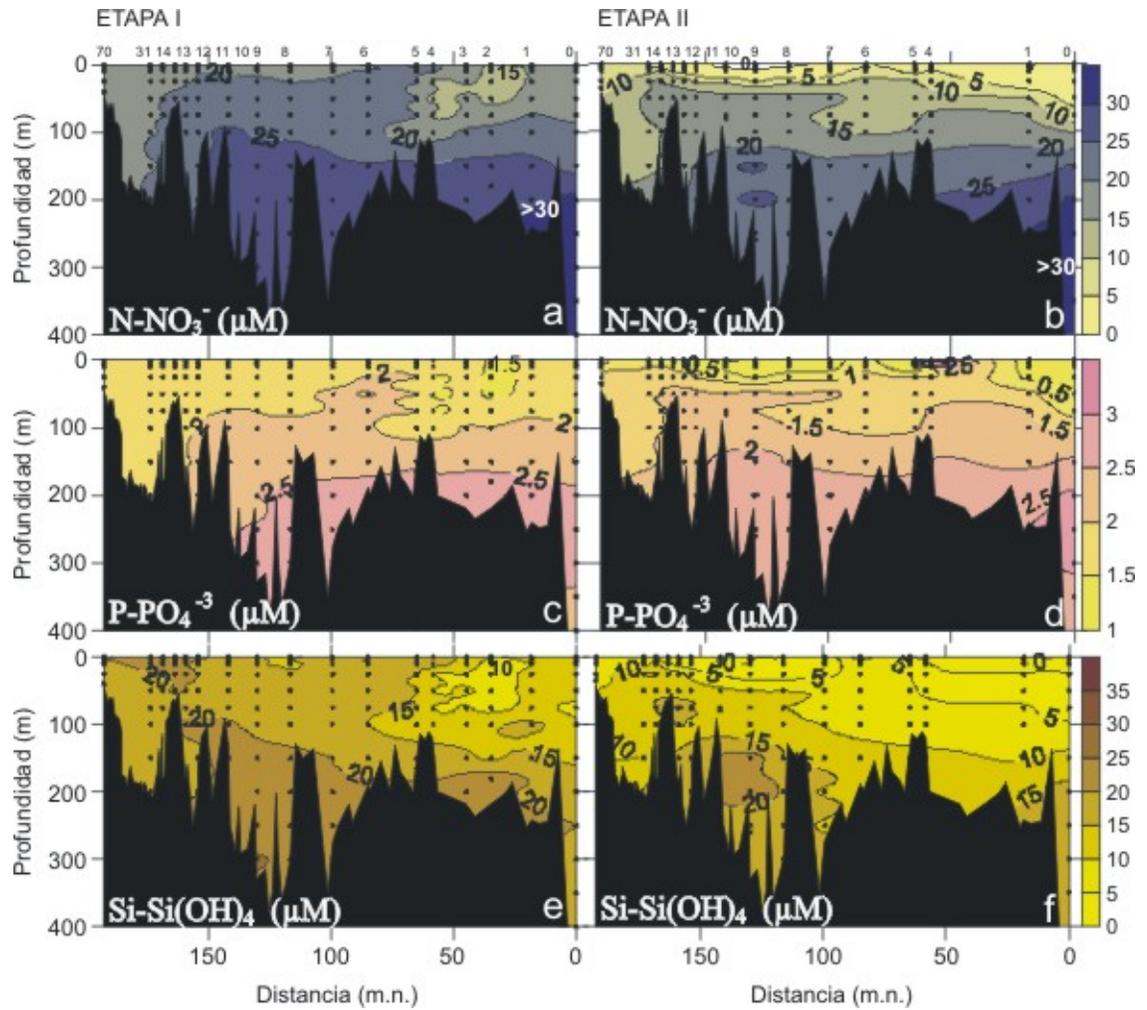


Figura 3. Distribución vertical de nutrientes (nitrato, fosfato y silicato) en la sección la zona oceánica, boca del Guafo, canal Moraleda y canal Errázuriz, para la primera y segunda etapa del crucero oceanográfico CIMAR 8 Fiordo.