

## **PATRONES DE CORRIENTES, TEMPERATURA Y SALINIDAD EN EL ÁREA DE FIORDOS DEL SUR DE CHILE (CANALES DARWIN, NINUALAC Y MEMORY), DURANTE INVIERNO Y PRIMAVERA DEL 2002**

**Mónica Bello<sup>1</sup>, Hernán Reyes<sup>2</sup>, Yenny Guerrero<sup>1</sup> y Manuel Castillo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada

<sup>2</sup>Instituto de Fomento Pesquero

### **INTRODUCCIÓN**

Mediciones directas de corrientes en canales que estén conectados con el mar abierto, como lo son el Darwin, Ninualac y Memory, pueden ayudar a complementar los modelos de circulación propuestos, a partir de la distribución de variables físicas, como temperatura y salinidad, para el área interior de los fiordos de la XI región (Silva *et al.* 1998).

El objetivo general de este estudio es describir las características de la circulación y distribución vertical de temperatura y salinidad en las cercanías de las entradas oceánicas de los canales indicados, como también su variación estacional (invierno y primavera).

A continuación se entregan los primeros resultados de las observaciones de la corriente y columna de agua obtenidas durante el invierno y primavera de 2002 para el canal Darwin.

### **METODOLOGÍA**

En el canal Darwin se realizaron transectas de medición de corrientes y estaciones de CTD en el circuito mostrado en la Figura 1. Esta información fue colectada en el crucero oceanográfico CIMAR 8, realizado en dos etapas (14 de julio y 20 de noviembre de 2003). Cada etapa consistió en observaciones durante 12 horas continuas a bordo del buque oceanográfico AGOR VIDAL GORMAZ del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).

Los datos hidrográficos fueron obtenidos con un CTD Seabird modelo 19, a los cuales se les aplicó el proceso estándar recomendado por el fabricante, graficándose luego como serie de tiempo en cada punto de muestreo (Figuras. 2a y 2b). En las estaciones A y D se realizó un total de 11 lances de CTD para la etapa 1 y 10 lances para etapa 2.

Las mediciones de corrientes se efectuaron con un correntómetro perfilador acústico Doppler (ADCP, siglas en inglés) RD-Instruments de 300 KHz operado en modo bottom-track (BT) y programado con un intervalo de 3 segundos en celdas de 2 m de espesor. Este equipo fue montado con sus transductores mirando hacia abajo y sobre un catamarán, el cual fue remolcado a un costado de la embarcación a una velocidad promedio de 2.5 m s<sup>-1</sup>. Además, se obtuvieron mediciones simultáneas de la posición geográfica del rumbo de la embarcación utilizando un GPS Ashtech Z-12.

Se eliminaron los datos de corrientes evidentemente erróneos o escapados de cada circuito, además se utilizaron criterios estándares de bondad sobre el 80%, gasto < 100 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> y

error menor a  $0.08 \text{ m s}^{-1}$ . Sólo se consideraron las velocidades entre 1 a  $3 \text{ m s}^{-1}$  de diferencia entre las velocidades registradas por el BT del ADCP y la velocidad registrada por el GPS.

Debido a que el compás magnético del ADCP es afectado por los campos magnéticos generados por la embarcación, desviación magnética local, etc (Trump y Marmorino, 1997), los perfiles de corriente fueron corregidos mediante la metodología propuesta por Joyce (1989) y Pollard y Read (1989).

Una vez corregidas las componentes de la corriente, se estimó la componente semidiurna de la corriente mediante ajuste de mínimos cuadrados, de esta forma se obtuvo la amplitud y fase, además de la corriente residual (Emery y Thomson, 1997). Con los datos de amplitud y fase, además de los datos de posición geográfica fue posible reconstruir en el tiempo y espacio las componentes semidiurnas de la corriente.

## **RESULTADOS**

### **Columna de agua**

Los datos de temperatura y salinidad, para ambas etapas en las estaciones A y D, se presentan como series de tiempo (Figuras. 2a y 2b). En la etapa de invierno la temperatura tuvo en ambas estaciones un estrecho rango de valores, entre  $9.52$  y  $9.75^\circ\text{C}$ , variable que aumentó con la profundidad con un gradiente térmico entre superficie y los 120 m de profundidad de solo  $0.35^\circ\text{C}$ .

En la columna de agua, la salinidad tuvo una variación vertical mayor que la temperatura, con un gradiente promedio de 2.6 psu entre cero y 120 m. El rango general de valores para esta variable en ambas estaciones fue de 30.2 a 32.8 psu. En los primeros 10 m de profundidad en el punto A hay una variación de hasta 0.27 psu entre ambos extremos de la serie, mientras que en el punto D ésta es de solamente 0.18 psu. Similar al caso de la temperatura, las isohalinas ubicadas bajo los 20 m de profundidad tienden a mantener un nivel constante en el tiempo.

En la etapa de primavera, la temperatura en la columna de agua registró un incremento de  $1^\circ\text{C}$  aproximadamente respecto de los valores observados en invierno. El rango total de temperatura fue de  $10.4^\circ$  a  $11.1^\circ\text{C}$ , aumentando hacia el fondo. Similar a lo observado en invierno, la temperatura tuvo un bajo gradiente vertical de sólo  $0.6^\circ\text{C}$  entre superficie y los 120 m de muestreo, lo que es mayor al de la etapa anterior.

Las mayores variaciones de salinidad en el tiempo, para cada estación (A y D), se presentaron en los primeros 10 m de profundidad. En este sentido, la estación A tiene un ascenso de salinidad desde el día 20.2 que dura hasta el día 20.4, posteriormente se produce una disminución. En la estación D ocurre lo mismo, sin embargo el rango de tiempo es menor, ya que comienza entre el día 20.1 a 20.25. En el eje del tiempo y bajo los 50 m las isohalinas se presentan en cada estación a un mismo nivel de profundidad.

## Mediciones de corrientes

La primera campaña de mediciones (14 de julio) se efectuó entre dos pleamar, donde la corriente desarrolló un comportamiento claramente asociado con la marea. Las direcciones predominantes de las corrientes son a lo largo del eje del canal, en el sentido Este-Oeste (componente U). En la fase de marea de llenante, la corriente de marea entra desde el lado Oriental hacia el canal Darwin provocando la corriente de flujo (Fig. 3.a), mientras que durante la vaciante la marea sale del canal (corriente de reflujo) en dirección Oeste (Fig. 3.b).

Los perfiles de corrientes indican un flujo de dos capas durante la pleamar; con corrientes hacia el Oeste en la capa 0-50 m, mientras que se aprecian corrientes hacia el Este en la capa 50-100 m. Las menores intensidades de la corriente se presentan en la capa más superficial (a 5.42 m), en tanto que el máximo hacia el interior del canal no supera los  $40 \text{ cm s}^{-1}$ . En general, se apreciaron intensas corrientes subsuperficiales (con máximos sobre los  $50 \text{ cm s}^{-1}$ ) en ambas fases de marea, mientras que en superficie se registraron los eventos de menor intensidad de las corrientes, fenómeno asociado al cambio de dirección de la corriente.

La segunda campaña de mediciones (20 de noviembre), se efectuó entre dos bajamar. Al igual que la primera etapa de mediciones la corriente registra un comportamiento asociado con la marea, donde el flujo va hacia al interior del canal (Fig. 4.a) y el reflujo en sentido opuesto (Fig. 4.b). El comportamiento de dos capas observado en los perfiles de corriente de la primera etapa (Fig. 5) también fue registrado en la época primaveral, caracterizándose por corrientes más intensas (en torno a  $60 \text{ cm s}^{-1}$ ).

## DISCUSIÓN

Se puede indicar para ambos períodos que la columna de agua muestra estratificación vertical, la que es dada principalmente por la variable salinidad. Lo anterior descarta una condición de mezcla en el canal como ha sido observado en otros canales conectados al océano y que están ubicados más al norte (Mora *et al*, 1993).

Los valores relativamente bajos de salinidad (32.7 psu) al nivel de 120 m, sugieren un aporte de agua profunda hacia el canal Darwin proveniente del sector interior principalmente. Se señala lo anterior debido a que se han medido salinidades mayores a 33.5 psu durante el período de invierno (Mora *et al*, 1993) en estaciones oceánicas cercanas a la boca oeste del canal Darwin, a este mismo nivel de profundidad.

En los primeros 10 m de la columna de agua en ambas etapas, la salinidad registró mayor variación que la capa más profunda. Esta variación se debería principalmente a la influencia del cambio de dirección de la corriente por la marea, siendo más notoria durante la época primaveral donde se aprecian corrientes más intensas que durante la época invernal. Lo anterior podría estar asociado a que las observaciones de corriente de la segunda etapa se realizaron durante un período de sicigia. La capa superficial muestra una clara tendencia a rotar en el sentido con reloj en los dos períodos de medición, donde la corriente de reflujo es más intensa que la corriente de flujo.

La condición de menor salinidad en D para ambos períodos, tanto en superficie como en la columna de agua hasta los 100 m aproximadamente, señala que hay mayor influencia de agua dulce en comparación con A. Lo señalado anteriormente sugiere que la circulación en D podría estar influenciada por corrientes provenientes del canal Utarupa hacia el canal Darwin, puesto que la salida Oeste del primer canal se ubica inmediatamente al sur de la estación D.

## **REFERENCIAS**

- Emery, W. J., y R. E. Thomson. 1997. *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. BPC Wheatons, Great Britain. pp 632.
- Joyce, T. M. 1989. On in situ “calibration” of shipboard ADCPs. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 6: 169-172.
- Mora, S., R. Quiñónez, E. Figueroa, R. Bahamondes, S. Lillo y H. Reyes. 1993. Evaluación directa del recurso Merluza del Sur e identificación de recursos alternativos en agua interiores de la XI Región. Informe Técnico Instituto de Fomento Pesquero.
- Pollard, R. Y J. Read. 1989. A method for calibrating shipmounted acoustic Doppler profilers and the limitations of gyro compasses. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 6: 859-865.
- Silva, N., C. Calvete y H. Sievers. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y Laguna San Rafael, Chile (Crucero CIMAR 1 Fiordos). *Cienc. Tecnol. Mar*, 21:17-48.
- Trump. C. L. y G. O. Marmorino. 1997. Calibrating a girocompass using ADCP and DGPS data. *J. Atmos. Oceanic Technol. Notes and correpondence*, 14: 211-214.

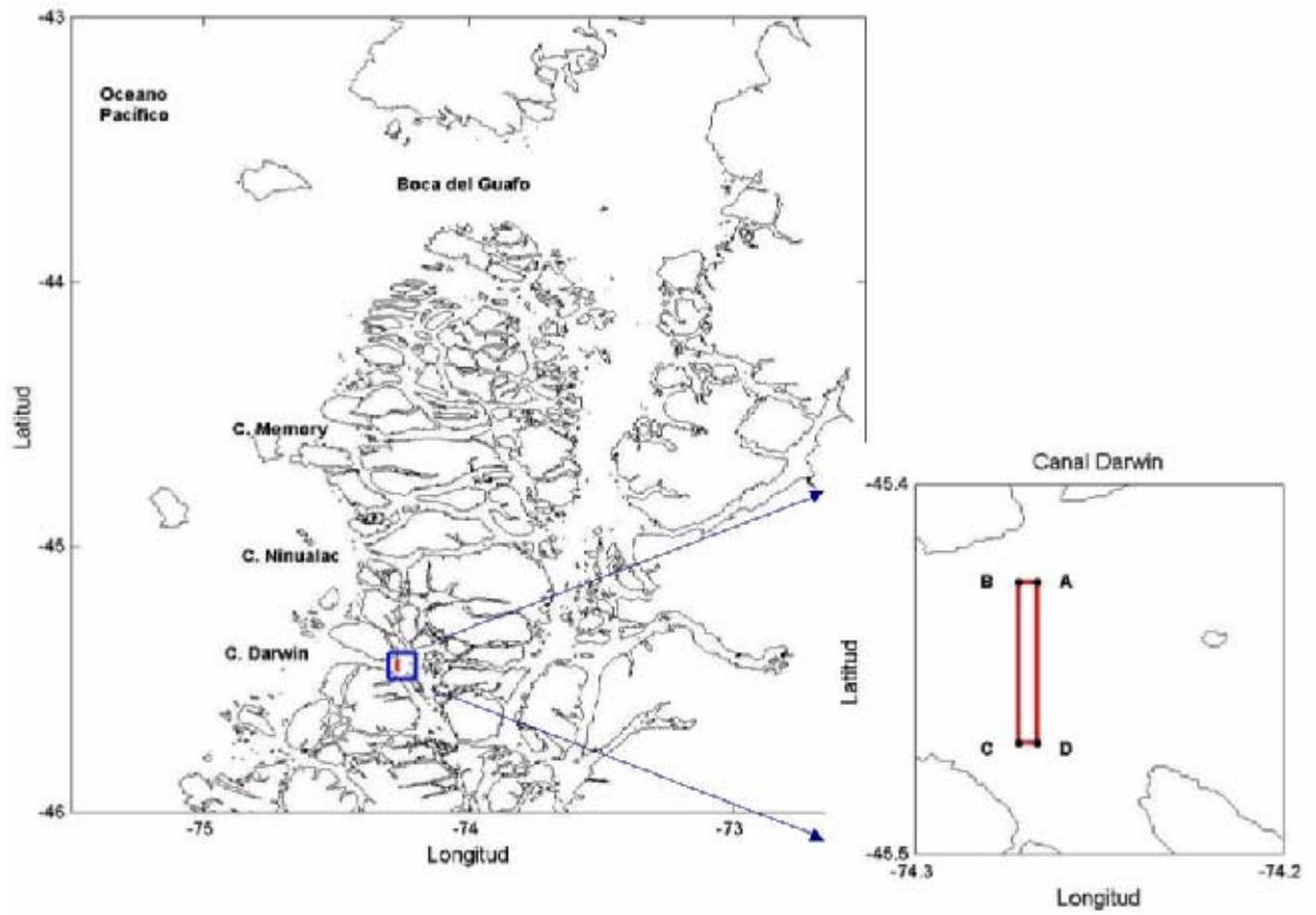


Figura 1. Zona de estudio

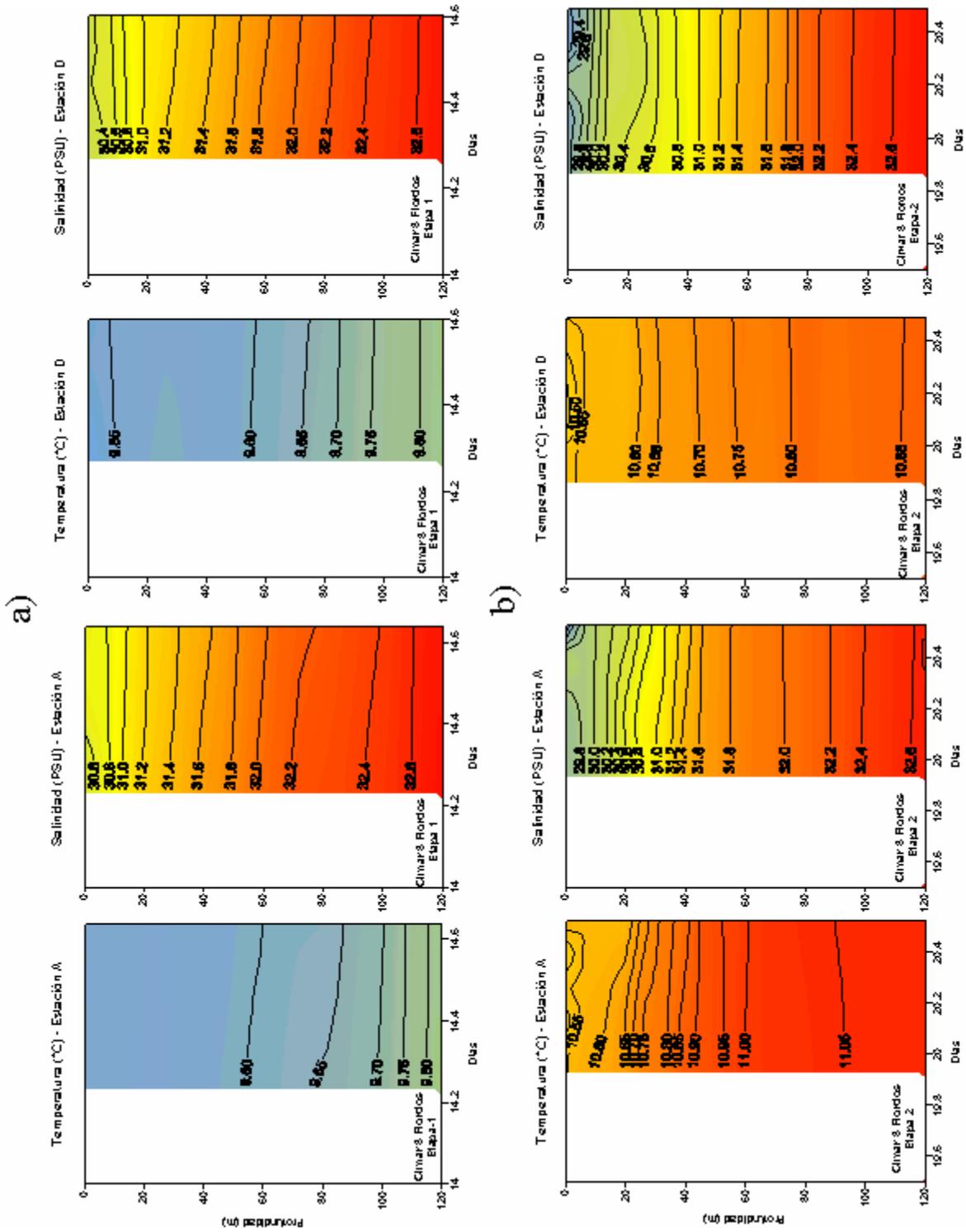


Figura 2. Series de temperatura y salinidad en las estaciones A y D, a) etapa 1 y b) etapa 2.

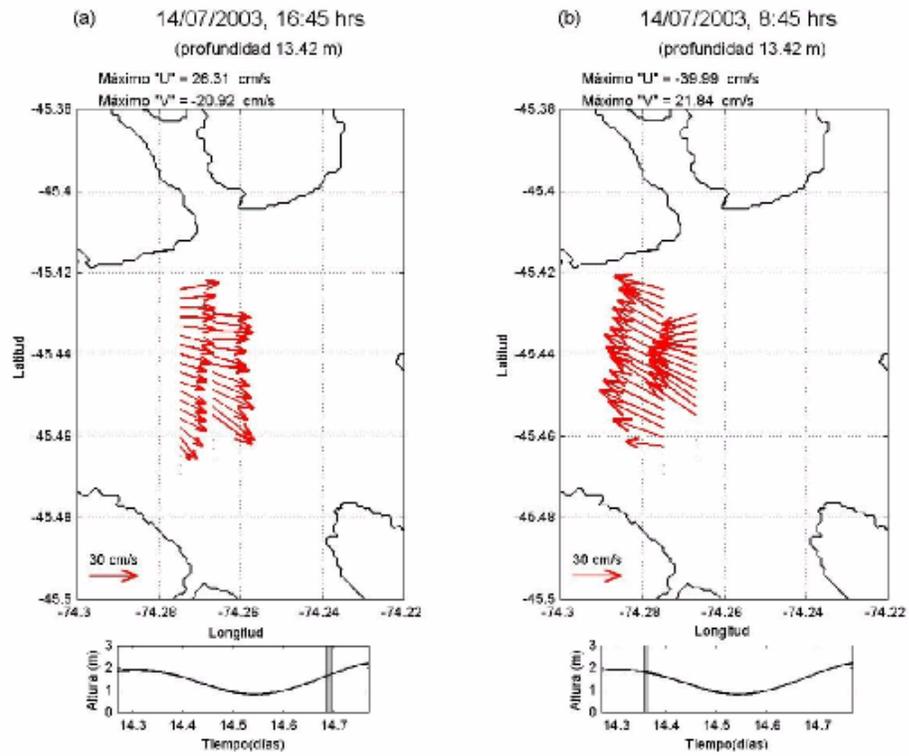


Figura 3. Campos de corrientes, a) marea de llenante y b) marea de vaciante. Etapa 1, Canal Darwin.

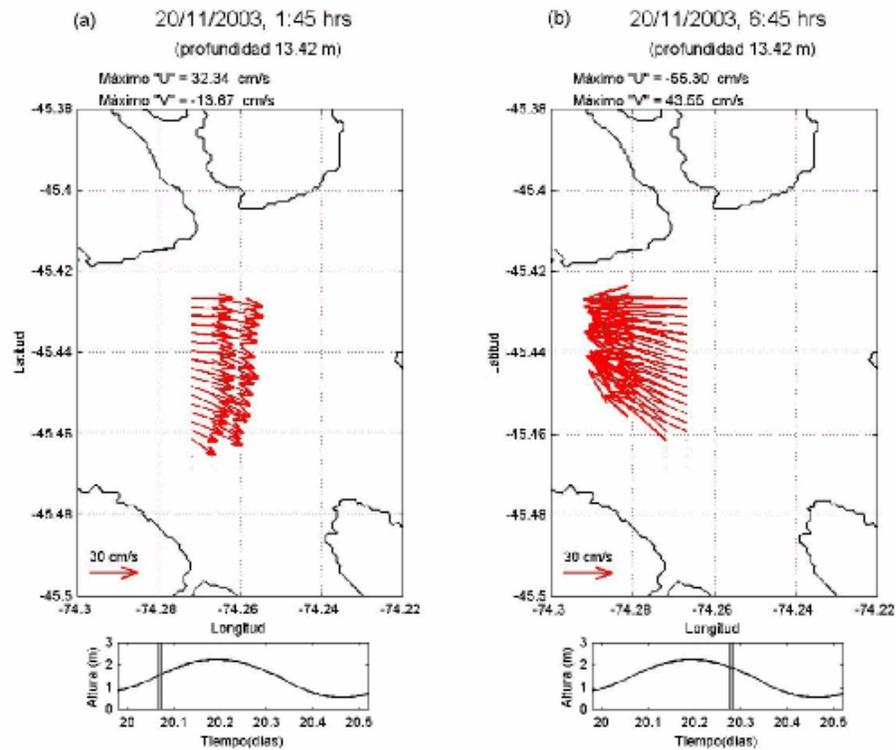


Figura 4. Campos de corrientes, a) marea de llenante y b) marea de vaciante. Etapa 2, Canal Darwin.

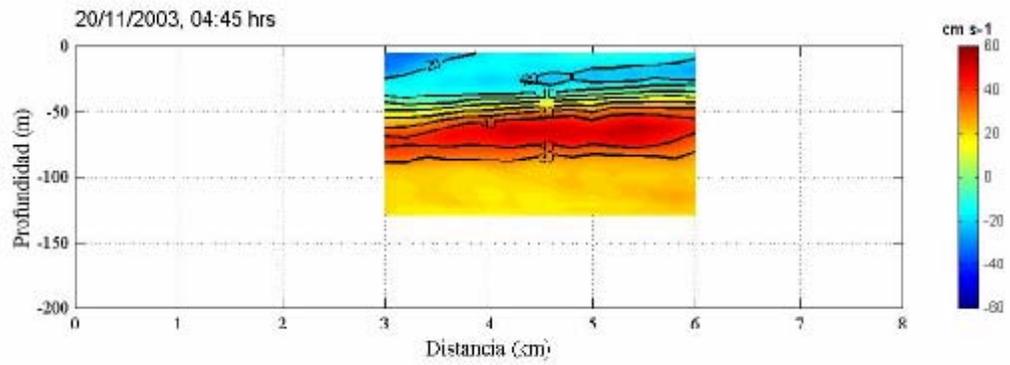


Figura 5. Componente U durante una pleamar. Etapa 2, Canal Darwin.