

CORRIENTES EN LA BAHIA DE CONCEPCION, CHILE

CURRENTS IN CONCEPCION BAY, CHILE

Jorge M. Mesías, Sergio Salinas M.***

RESUMEN

Las mediciones de variables oceanográficas realizadas en la Bahía de Concepción y que han sido ya informadas, sugieren que en los períodos de surgencia sus fluctuaciones espacio temporales son moduladas por el intercambio con las aguas costeras vecinas. Las nuevas mediciones de corrientes que aquí se informan, hechas durante el verano de 1984, aportan evidencia de que las mareas son uno de los factores determinantes en la intrusión de estas aguas. En las bocas de la bahía se presenta una estructura de dos capas de agua con una de ingreso por el fondo y otra de salida por la superficie. El transporte medio es de $8,7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, implicando un tiempo de residencia de 3,2 días. Los resultados obtenidos son similares a los publicados por otros autores.

Palabras claves: Corrientes de Plataforma, Surgencia, Transporte, Tiempo de Residencia.

ABSTRACT

The reported measurements of oceanographic variables made in Concepción Bay, up to now suggest that the spatial and temporal fluctuations during the upwelling season are modulated by the exchange with offshore waters. New current measurements, made during Summer 1984, provide evidence that tides are one of the greatest factors forcing the intrusion of these waters. A two-layer structure of the water column, with an inshore flow at the bottom and an offshore flow at the surface, has been found in bouth mouths of the bay. The average transport is of $8.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, which implies a residence time of 3.2 days. The results obtained are similar to those published by other authors.

Key Words: Shelf-currents, Upwelling, Transport, Residence Time.

INTRODUCCION

Durante los meses de Primavera-Verano la costa de Chile entre los 36°S y 38°S está sometida predominantemente a vientos del Sur-Oeste (Saavedra, 1980) que generan la surgencia de aguas frías y ricas en nutrientes (Ahumada & Chuecas, 1979; IFOP, 1979). Estas aguas, que han sido identificadas por sus variables medias como Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (Silva & Konow, 1975; Ahumada *et al.*, 1984; Blanco, 1984), forman parte del sistema general de circulación del Pacífico Sureste y son responsables de la alta producción biológica de las áreas costeras en donde afloran (Matrai, 1981; Ahumada *et al.*, 1983; Arcos & Salamanca, 1984).

Particularmente, las mediciones de variables físico-químicas y de biomasa fito y zooplanctónica en la Bahía de Concepción (Ar-

cos, 1981; Ahumada *et al.*, 1983; Rudolph *et al.*, 1984), permiten establecer que tanto sus altos valores así como sus fluctuaciones temporales son fuertemente influenciados por el intercambio de las aguas interiores con las afloradas por la acción del viento en la costa adyacente. Las características del intercambio de aguas han sido determinadas a partir del campo de densidad (Arcos, 1981) y con mediciones de corrientes (Ahumada & Chuecas, 1979); sin embargo, estas escasas y esporádicas mediciones no han sido hechas con una adecuada resolución temporal ni espacial.

La topografía del fondo de la Bahía de Concepción hace suponer que el movimiento de las aguas debe tener una fuerte componente de mareas y de ondas de plataforma

*Departamento de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 127, Talcahuano, Chile
**Instituto de Oceanografía Universidad de Gotemburgo, Box 4038, 40040 Gotemburgo, Suecia

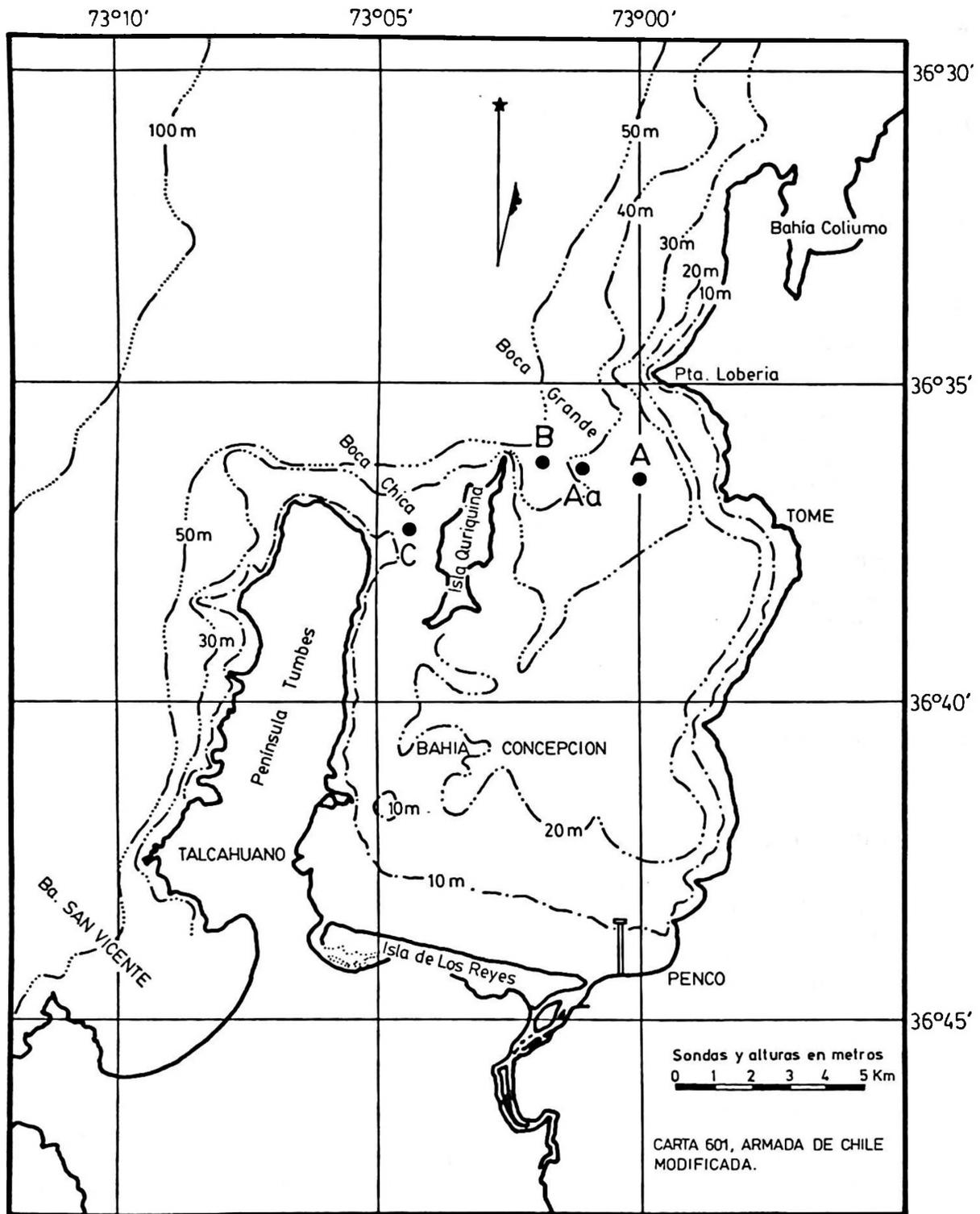


Figura 1. Ubicación de las Estaciones A, B y C en las bocas de la Bahía de Concepción. El lugar identificado como Aa señala el fondo de un correntómetro Aandera a 30 m de profundidad.

que se propagan en el Océano Pacífico, además de ser afectadas por los vientos locales. Así, la circulación debe poseer una estructura y una dinámica complejas que para su adecuada identificación requieren de nuevas mediciones, complementarias de las ya informadas.

Con el objetivo de cuantificar el intercambio de las aguas de la Bahía de Concepción con las aguas costeras vecinas, se realizaron mediciones de corrientes en las bocas de esta bahía durante un período de tres días del verano de 1984. Los resultados del experimento, que aquí se presentan y discuten, son similares a los encontrados en la literatura anteriormente citada.

MATERIALES Y METODOS

Las mediciones de corrientes fueron realizadas en las bocas de la Bahía de Concepción ($36^{\circ} 40' S$, $73^{\circ} 02' W$) los días 13/01/84, 01/02/84 y 02/02/84, en lapsos de 12 horas cada día y en las estaciones identificadas como A, B y C en la Figura 1. El lugar marcado como Aa indica el fondeo de un correntómetro Aandera durante los meses de enero y febrero de

1984. La navegación se realizó a bordo del B/O TOBAGO, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano.

La velocidad del agua se midió con correntómetros de péndulo-gelatina (Hammer, 1974; Shaffer, 1982) dispuestos cada 5 m de profundidad y fondeados por unos 20 minutos en forma reiterada durante los intervalos de medición. Estos correntómetros tienen una precisión de ± 5 grados en la dirección y de ± 2 cm/s en la rapidez, pero son inapropiados para medir la velocidad del agua en la capa superficial (5 m de profundidad). Los valores de rapidez obtenidos en la estación B, la más cercana al lugar de fondeo del correntómetro Aandera, son muy similares a los registrados por este último, constándose una desviación máxima de + 3 cm/s y una diferencia cuadrática media de 2,2 cm/s, lo que es un indicador de la exactitud de estos sencillos instrumentos de terreno.

Para asegurar una adecuada precisión en la estimación de las secciones a considerar en el cálculo del transporte de agua, se realizó una batimetría de las bocas de la bahía usando un ecosonda como instrumento de medición.

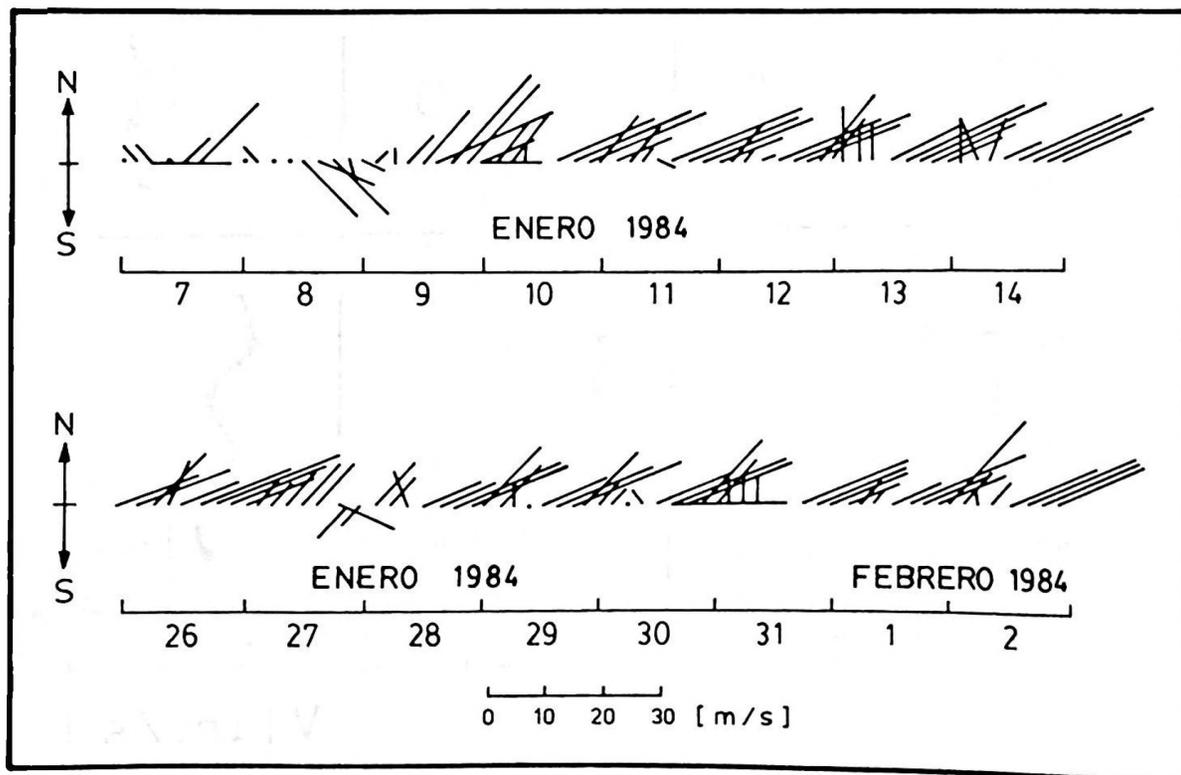


Figura 2. Intensidad y dirección del viento cada 3 horas, según registros de la Estación Meteorológica del aeropuerto de Carriel Sur, graficados de acuerdo a la convención oceanográfica.

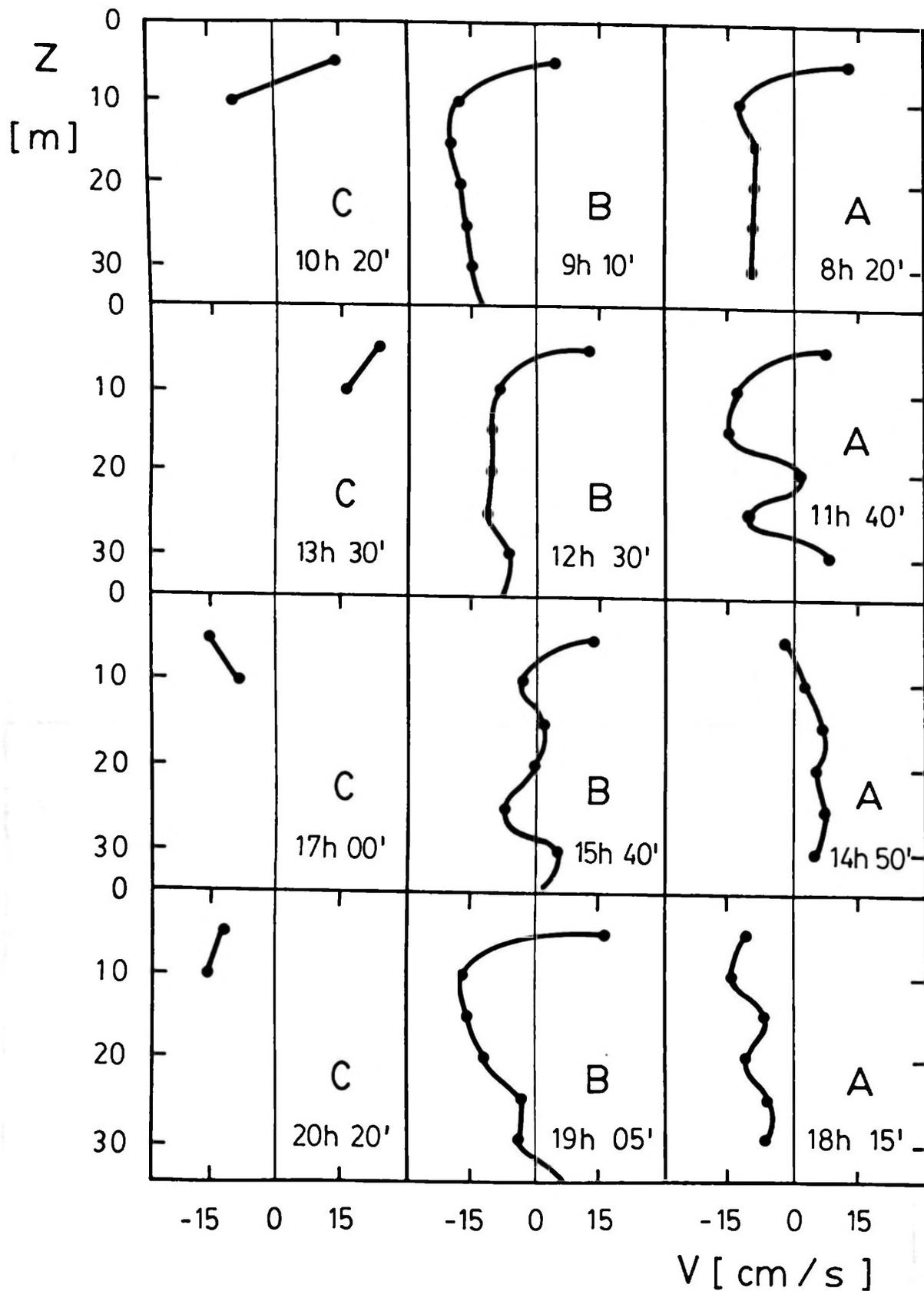


Figura 3. Perfiles verticales de las componentes a los 344 grados de la velocidad de las corrientes en las estaciones A, B y C; siendo las profundidades máximas respectivas de 35, 40 y 15 metros. En los vértices inferiores se indican las horas locales de inicio y finalización de las mediciones.

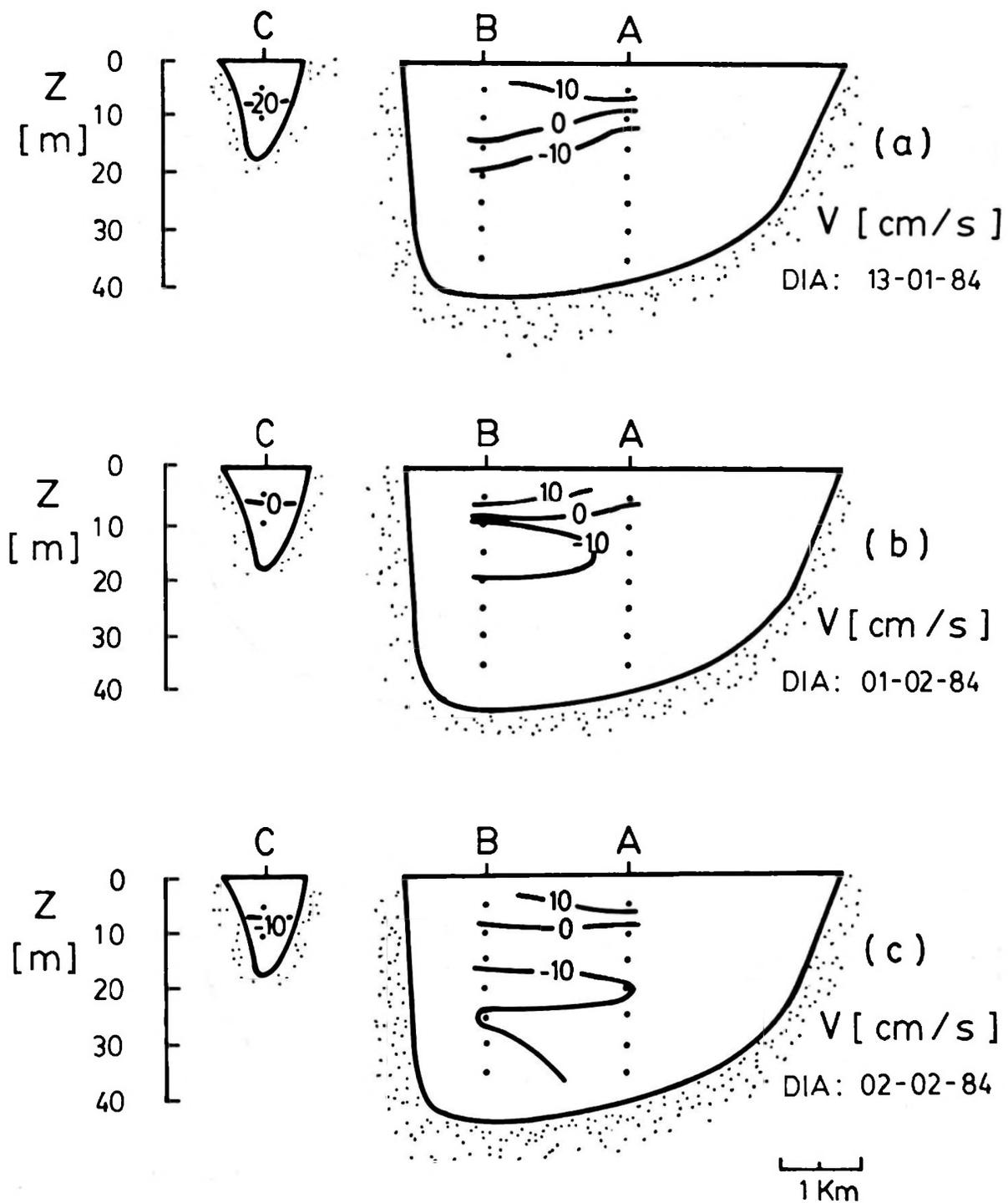


Figura 4. Estructura espacial de las componentes a los 344 grados de la velocidad media diaria de las corrientes en las bocas de la Bahía de Concepción.

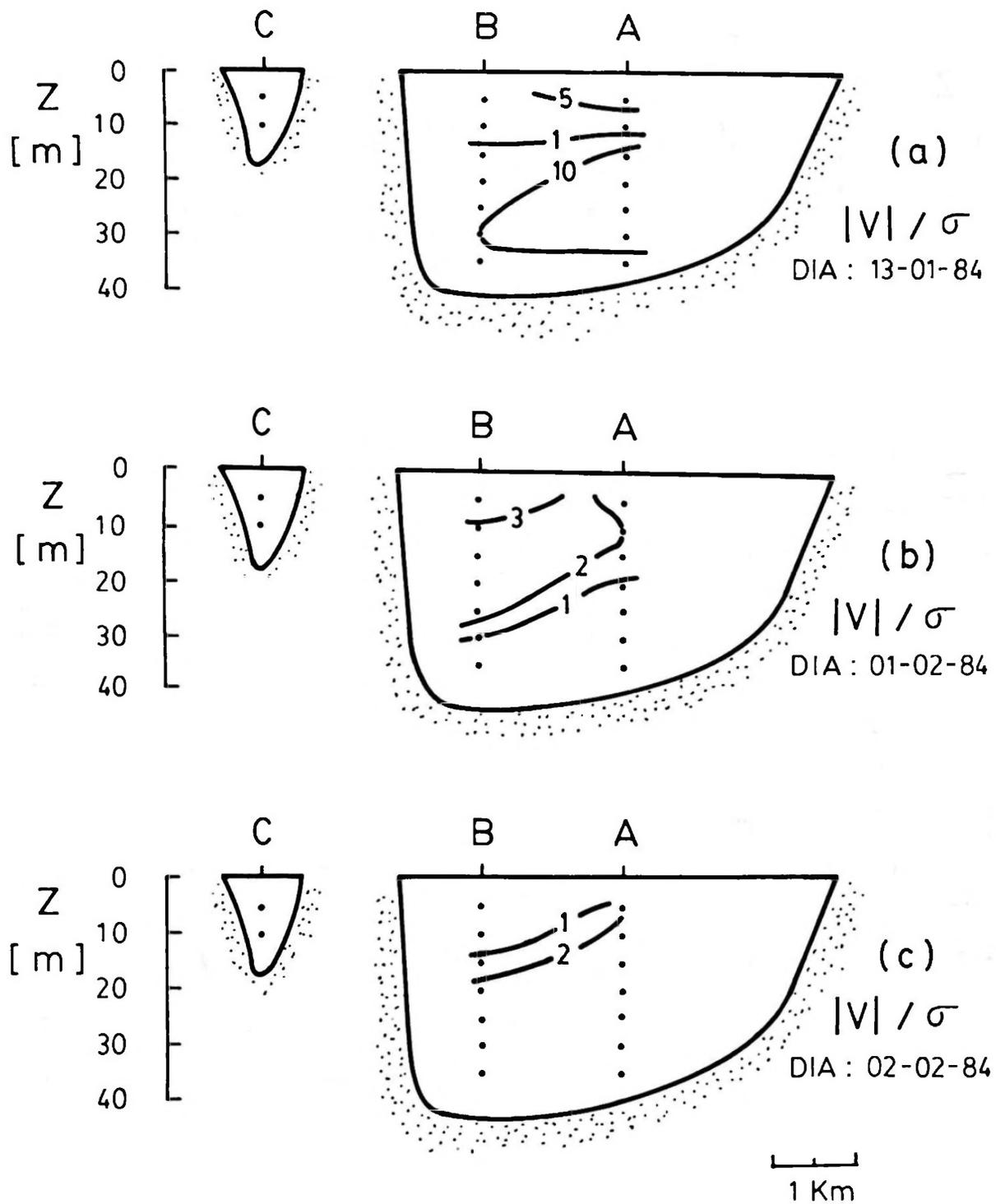


Figura 5. Estructura espacial del cociente entre las componentes a los 344 grados de la velocidad media diaria y sus desviaciones estándar.

TABLA 1

Transporte neto de agua a través de las bocas de la Bahía de Concepción para los diferentes intervalos de medición, indicando las horas de inicio y finalización.

Los asteriscos señalan valores de transporte neto sólo a través de las estaciones A y B.

TRANSPORTE NETO DE AGUA/10 ³ (m ³ /s)					
Intervalo (h : min)	Día 13/01/84	Intervalo (h : min)	Día 01/02/84	Intervalo (h : min)	Día 02/02/84
6:30- 8:35	- 2,8	8:20-10:20	-12,7	7:15- 9:20	-16,5
9:45-11:25	- 2,4	11:40-13:30	- 1,8	10:40-12:50	-16,2
12:35-13:20	- 2,5*	14:50-16:55	3,0	14:10-16:30	6,8
15:30-16:20	-10,2*	18:15-20:20	-12,0	17:50-20:20	-12,9
17:35-18:20	-13,3*				

La información meteorológica del período fue obtenida de la Estación Carriel Sur, ubicada a 10 km al Sur de las bocas de la bahía, lográndose registros de intensidad y dirección del viento cada 3 horas.

RESULTADOS

De los vectores de velocidad del viento que se presentan en la Figura 2, puede notarse que en los días precedentes y durante el período de medición, los vientos predominantes fueron los provenientes del WSW y del SW, favoreciendo la generación de surgencias de las aguas subsuperficiales.

En la Figura 3 se muestran las componentes a los 344 grados, respecto del Sur magnético, de la velocidad de las corrientes en las estaciones A, B y C para el día 01/02/84. Los 344 grados corresponden a la dirección en la cual la variabilidad (desviación estándar) de las corrientes es máxima, resultado coincidente para las tres estaciones.

Se destaca el movimiento barotrópico de las mareas que afecta a toda la columna de agua. Con excepción del cuadro superior, las componentes de velocidad en la Boca Chica (Est. C) toman valores claramente positivos o negativos. En la Boca Grande de la bahía (Est. A y B) se observa una tendencia de las aguas a penetrar (sentido negativo de la abscisa) por debajo de los 10 m de profundidad, fluctuando a través de las 12 horas de un ciclo de marea, mientras que por encima tienden a salir hacia la costa vecina (sentido positivo de la abscisa), formándose una estructura vertical de dos capas.

Las capas de agua anteriormente identificadas se aprecian claramente en la Figura 4,

donde se grafican los promedios temporales diarios de las componentes de velocidad a los 344 grados (V). La persistencia de las capas profunda y superficial puede apreciarse, además, en la Figura 5 donde se han graficado los cocientes $|V|/\sigma$, siendo σ la desviación estándar máxima correspondiente.

El transporte de agua a través de las bocas de la Bahía de Concepción, ha sido calculado usando las componentes de velocidad V y parcelando el plano transversal de la boca en un número igual de secciones que el de componentes de velocidad consideradas. Como las componentes de velocidad perpendiculares a los 344 grados son muy pequeñas, el transporte de agua en dicha dirección ha sido despreciado, transformando el cálculo en un problema unidimensional.

Los valores del transporte de agua obtenidos, correspondientes a los tres días de medición, se presentan en la Tabla 1. Debido a la imposibilidad de completar las mediciones del día 13/01/84 en la estación C, los valores de transporte neto indicados con asterisco introducen una imprecisión en los resultados finales. El que los correntómetros de péndulo no nos permitan un adecuado cálculo de los valores por encima de los 5 m de profundidad, se refleja en el hecho que el flujo neto en un período de marea no se anula. Con el fin de disminuir la influencia de los problemas de medición en el cálculo del tiempo de residencia, el transporte de agua que ingresa a la bahía ha sido estimado como el valor absoluto medio de los obtenidos para cada intervalo de medición (Tabla 1), siendo su valor de $8,7 \times 10^3$ m³/s. Considerando, además, que el volumen total de la Bahía de Concepción es aproximadamente de $2,4 \times$

10⁹ m³, el tiempo de residencia de las aguas en su interior es de 3,2 días.

DISCUSION

Estas mediciones sugieren que las mareas son uno de los factores más importantes en la intrusión de las aguas hacia el interior de la Bahía de Concepción. Los vientos predominantes del WSW y SW, además, permiten suponer (Ahumada & Chuecas, 1979) la surgencia de aguas subsuperficiales durante todo el período de medición, no siendo posible una cuantificación de su influencia en la estructura de la columna de agua con los datos disponibles.

La estructura vertical de dos capas de agua en las bocas de la bahía, con una de ingreso por el fondo y otra de salida por la superficie, es coincidente con el modelo desarrollado por Arcos (1981). Cuantitativamente, sin embargo, el transporte de agua y el tiempo de residencia, importantes en la cuantificación de los procesos de mineralización y fertilización, presentan diferencias significativas con los obtenidos aplicando la aproximación geostrofica (Arcos, 1981) y los de correntometría ya publicados (Ahumada & Chuecas, 1979). Sin embargo, la disminución de los errores debidos a los problemas de medición y al bajo número de estaciones, no debería alterar el orden de magnitud de los resultados obtenidos en este trabajo.

Las mediciones que aquí se presentan no permiten una cuantificación de los procesos de mezcla en el interior de la Bahía de Concepción, determinantes en la productividad biológica, lo que requeriría de mediciones complementarias de temperatura y salinidad.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigaciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile y forma parte de los resultados del Proyecto INF 258 B de la Sede Regional Talcahuano. Agradecemos

la valiosa colaboración de los colegas del Departamento de Física, prestada durante el período de medición de corrientes.

LITERATURA CITADA

- AHUMADA, R. & L. CHUECAS. 1979. Algunas condiciones hidrográficas estacionales de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes. *Gayana Miscelánea*, 8: 1-56.
- AHUMADA, R.; A. RUDOLPH & V. MARTÍNEZ. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepción Bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 16: 95-105.
- AHUMADA, R.; R. MORALES; A. RUDOLPH & P. MATRAI. 1984. Efectos del afloramiento costero en la diagénesis temprana de los sedimentos de la Bahía de Concepción, Chile. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 55: 135-146.
- ARCOS, D. 1981. Upwelling and distribution of chlorophyll *a* within the Bay of Concepción, Chile. Master of Science Thesis. Marine Environmental Sciences. State University of New York at Stony Brook. 32 p.
- ARCOS, D. & M. SALAMANCA. 1984. Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile Central (latitudes 32°S-38°S, febrero de 1982). *Biología Pesquera*, 13: 5-14.
- BLANCO, J.L. 1984. Características de la circulación sobre la plataforma continental de Talcahuano. Tesis de Oceanografía. Universidad Católica de Valparaíso. 42 p.
- HAMMER, J. 1984. Current measurements with gelatin pendulums. *Vatten*, 1: 49-52.
- IFOP. 1979. Evaluación recursos camarón y langostino entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe mimeografiado (*in letteris*). 194 p.
- MATRAI, P. 1981. Distribución de la masa fitoplanctónica y su relación con la distribución de nutrientes en un área de surgencia frente a la Bahía de Concepción (36°40'S, 73°02'W), Chile, en octubre de 1979. Memoria para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 41 p.
- RUDOLPH A.; R. AHUMADA & S. HERNÁNDEZ. 1984. Distribución de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción. *Biología Pesquera*, 13: 71-82.
- SAAVEDRA, N. 1980. La presión y la dirección del viento en Concepción. *Tralka*, 1 (2): 153-162.
- SHAFFER, G. 1982. On the upwelling circulation over the wide shelf off Perú: I Circulation. *Journal of Marine Research*, 40 (2): 294-314.
- SILVA, N. & D. KONOW. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Suroriental (Expedición Krill. Cruceros 3-4, julio-agosto de 1974). *Revista del Comité Permanente del Pacífico Sur*, 3: 63-75.