

PATRONES DE FLUJO EN LOS CANALES ASOCIADOS A LA BOCA DEL SENO AYSÉN

FLOW PATTERNS IN THE CHANNELS ASSOCIATED TO THE MOUTH OF AYSÉN SOUND

ARNOLDO VALLE-LEVINSON,
MARIO CÁCERES,
HÉCTOR H. SEPÚLVEDA,
KRIS HOLDERIED
Center for Coastal Physical Oceanography
Department of Ocean, Earth, and Atmospheric Sciences
Old Dominion University
Norfolk, Virginia, USA, 23529

Recepción: 17 de abril de 2001 - Versión corregida aceptada: 15 de abril de 2002

RESUMEN

Con el fin de conocer los patrones de circulación en el área de transición entre la boca del seno Aysén y los canales adyacentes, se midieron perfiles de corriente y de densidad del 14 al 17 de octubre de 1998. Las mediciones permitieron proponer un patrón de circulación que es consistente con la circulación esperada típicamente en una zona de fiordos. Sin embargo, las lomas submarinas y las islas ubicadas en diferentes partes del área de estudio tienden a modificar la circulación. Dichas modificaciones consisten principalmente en obstrucciones y recirculaciones que restringen el intercambio de las aguas del seno Aysén con las aguas provenientes del canal Moraleda. Estas obstrucciones y recirculaciones pudieran provocar la retención de materiales disueltos y suspendidos en las cuencas que se encuentran a ambos lados de las áreas de modificación de flujos, impidiendo así la comunicación entre esas cuencas.

Palabras claves: Seno Aysén, circulación, efectos batimétricos, fiordos.

ABSTRACT

Measurements of velocity and density profiles were made in the transition area of Aysén Sound and adjacent channels between October 14 and 17, 1998, to describe the flow patterns of the region. We propose a circulation pattern based on field measurements, which is consistent with that expected for fjord regions. Nevertheless, submarine banks, sills and islands around the study area tend to modify the circulation. These modifications consist mainly in obstructions and recirculations restricting the water exchange between Aysén Sound and Moraleda Channel. These obstacles and recirculations might induce the retention of suspended and dissolved materials in the basins aside the areas of flow modifications, limiting the exchanges between those basins.

Key words: Aysén Sound, bathymetric effects, circulation, fjords.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la circulación en las áreas que conectan a los fiordos con sus mares interiores adyacentes es primordial para poder entender la variabilidad físico-química-biológica que se pueda encontrar dentro de los mismos fiordos. En Chile se conoce muy poco sobre la circulación de los fiordos que emanan de su Mar Interior y menos se conoce la interacción de estos fiordos con el Mar Interior o con la plataforma continental. Este trabajo constituye un esfuerzo modesto encaminado al entendimiento de la circulación en el área de fiordos y canales chilenos. El objetivo fundamental es el de describir los patrones de flujo que se presentan en las cercanías de la boca del seno Aysén (Fig. 1). Con este fin se combinaron mediciones de perfiles de la corriente y de salinidad y temperatura durante octubre de 1998. Los perfiles de corriente se obtuvieron con un perfilador acústico que se remolcó desde una lancha. Esta fue la primera vez que se han medido perfiles de corriente en esa área de estudio.

A la fecha ya se han desarrollado ciertos conocimientos sobre la circulación en otro fiordo, seno Ventisquero, en el que también se midieron perfiles de corriente con un perfilador remolcado (Valle-Levinson *et al.*, 2001). En esa región se estudiaron los efectos sobre el flujo producidos por la constricción morfológica del paso Galvarino. Se encontró que dicha constricción hace que los flujos se aceleren localmente y que los procesos de mezcla se intensifiquen, solamente en esa región del paso Galvarino. Esto provoca que el intercambio neto de las aguas entre las cuencas separadas por la constricción sea muy limitado. Por consiguiente, se propuso que la cuenca ubicada hacia el norte del paso debe ser muy ineficaz en cuanto a su capacidad de recambio de aguas y la calidad de sus aguas debe ser muy susceptible a ser afectada por contaminantes. Los resultados obtenidos en paso Galvarino permiten hacer ciertas inferencias en cuanto a las mediciones que se obtuvieron en el seno Aysén, tal y como se explicará más adelante. A continuación, se presentan los métodos que se utilizaron para obtener y procesar los datos y después se describen los patrones de flujo que se observaron. Este trabajo concluye con la consolidación de ideas derivadas de cada uno de los sectores en los que se hicieron mediciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo del 14 al 17 de octubre de 1998, se realizaron mediciones de perfiles

de temperatura, salinidad (densidad) y velocidad de la corriente a lo largo de distintos transectos en las cercanías de la boca del seno Aysén (Fig. 1). Los perfiles de temperatura y salinidad se obtuvieron con registradores de conductividad-temperatura-profundidad (CTD) marcas SeaBird Modelos 19 y 25. Se realizó un perfil al final de cada transecto. Los datos del CTD se procesaron utilizando los programas provistos por el fabricante y se promediaron a intervalos de 1 m de profundidad. Los perfiles de velocidad se midieron con un perfilador acústico de corrientes (ADCP) marca RD Instruments con una frecuencia de 307.7 kHz. El perfilador se encontraba montado en un catamarán de 1,2 m de longitud que se remolcó en general a una velocidad de 2 a 2,5 m/s. Los transductores del ADCP estuvieron orientados hacia abajo y a una profundidad de 0,3 m. La resolución vertical de los perfiles de velocidad fue de 4 m (de 2 m durante el 17 de octubre) y la primera medición útil de velocidad se ubicó a los 8 m (4 m durante el 17 de octubre) de profundidad. El intervalo de muestreo para los perfiles de velocidad fue de ~4 segundos, pero cada perfil que se utilizó para el análisis representó un promedio de los perfiles medidos durante 30 segundos. Esta tasa de muestreo se tradujo en una resolución horizontal de aproximadamente 60 a 75 m. La brújula del perfilador de corrientes se calibró siguiendo el método utilizado por Joyce (1989) con datos de navegación obtenidos con un sistema de posicionamiento global marca Trimble 2000 NT. El error estimado en la medición de cada perfil de velocidad fue de 0,02-0,03 m/s.

Durante el día 14 de octubre de 1998, se hicieron mediciones exclusivamente de perfiles de densidad del agua a bordo del "Rano Kau", una lancha patrullera de la Armada de Chile, a lo largo de la bifurcación del seno Aysén provocada por la isla Elena. La profundidad máxima de los lances de CTD fue de 100 m para economizar tiempo y cubrir más estaciones. Además, se sabe que la salinidad cambia poco por debajo de esa profundidad (e.g. Silva *et al.*, 1995). La velocidad mínima de la lancha (3,5 m/s) impidió obtener datos de velocidad de buena calidad con el ADCP remolcado, debido a la generación excesiva de burbujas alrededor de los transductores del ADCP. Para evitar esas burbujas se requiere de una velocidad máxima de remolcado de ~2,5 m/s.

Para el 15 de octubre de 1998, se arrendó la goleta pesquera "Cordillera I" de unos 10 m de eslora, desde la cual se hicieron mediciones

de temperatura, salinidad y velocidad de la corriente a lo largo del canal Pilcomayo, al norte de la isla Elena. Las mediciones se hicieron en un transecto ubicado a lo largo del eje longitudinal del canal que se repitió seis veces durante un periodo que cubrió el final del reflujo (vaciante) y tres horas del flujo (llenante). El transecto mostró una loma submarina que se encuentra a ~2 km al oeste de punta Minna, en la conexión con el seno Aysén. La loma se eleva hasta 10 m de profundidad desde una profundidad de más de 150 m frente a punta Minna (Fig. 2a).

Durante el 16 de octubre de 1998, se realizaron mediciones de densidad y velocidad de la corriente al sureste de la isla Elena, entre isla Colorada y las puntas Elisa y Morro (Fig. 1). Una vez más se combinaron lances de CTD con arrastres de perfilador acústico. En esta ocasión, se recopilaron datos a lo largo de un transecto transversal durante un ciclo semidiurno de mareas. La batimetría también se caracterizó por una loma que se elevó hasta los ~45 m desde profundidades circundantes de 200 m. En este experimento se estudió la estructura transversal de la densidad y de los flujos que atraviesan este canal.

Durante el 17 de octubre, se combinaron otra vez mediciones de perfiles de densidad y velocidad alrededor de la isla Carvallo, en otra transición del canal Pilcomayo (Fig. 1). En este experimento se estudió la estructura transversal y longitudinal de la circulación en esta transición. En particular, se pudieron apreciar los efectos de la isla en la circulación del área. La intención era recorrer la trayectoria alrededor de la isla por un periodo semidiurno. Sin embargo, debido a las condiciones de viento y oleaje, solamente se pudo muestrear el transecto al norte de la isla Carvallo durante un ciclo semidiurno completo. Aun así, el transecto al sur de la isla se cubrió en cuatro ocasiones, lo cual brindó cierta idea de las recirculaciones de flujo inducidas por la isla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las mediciones realizadas el 14 de octubre en el área al sur de la isla Elena, se observó que las variaciones de salinidad dominaron las variaciones de densidad del agua. Los perfiles de densidad y salinidad mostraron una pycnoclina en los primeros 6 m de profundidad. Esta pycnoclina delimitó la capa superficial con salinidades típicas entre 15 y 25 que caracterizan el área de fiordos y canales de la región (e.g. Silva *et al.*, 1995). Debajo de la

pycnoclina, la salinidad típica fue 30 y se mantuvo más o menos homogénea hasta los 100 m, que fue el límite de muestreo con los CTDs. Al norte de la isla Elena, en el canal Pilcomayo, la salinidad aumentó ligeramente hacia el oeste, lo que sugiere que el seno Aysén exporta agua de salinidad baja hacia el canal Pilcomayo, al menos cerca de la superficie. Al sur de la isla Elena, se apreciaron variaciones transversales y longitudinales que podrían sugerir la presencia de un giro anticiclónico superficial asociado con una loma submarina que se encuentra aproximadamente 1 km al sur de la isla Elena. Esto se explora un poco más a fondo con las mediciones del 16 de octubre.

Durante aproximadamente 6 horas del 15 de octubre de 1998, se midieron perfiles de densidad y velocidad a lo largo del canal Pilcomayo, al norte de la isla Elena. El periodo de muestreo tan reducido impidió el cálculo de las corrientes promedio representativas durante un ciclo de marea, pero sí permitió una descripción de los efectos batimétricos sobre el flujo en esa región. La loma submarina que caracteriza la batimetría en la transición del canal Pilcomayo al seno Aysén, modifica considerablemente los patrones de circulación y la distribución de densidad. En ambas fases de la marea, la corriente se acelera al pasar por encima y alrededor de la loma (Figs. 2a a 2f). Al mismo tiempo, se genera una recirculación en el área que se encuentra corriente abajo de la dirección prevalente. Justo encima de la loma y corriente abajo de ella, se intensifican los procesos turbulentos, tal como lo sugieren las mediciones de retorno acústico del perfilador y los perfiles de densidad. Aunque las observaciones en esta parte del canal Pilcomayo sólo ocuparon parte del ciclo de marea, se propone que la circulación promedio consistirá en un patrón de tres capas que resulta de los procesos de mezcla intensificada en el área de la loma y que rompe con el control hidráulico que pueda existir entre las dos cuencas del Pilcomayo a ambos lados de la loma (e.g. Valle-Levinson & Wilson, 1994). Este patrón de tres capas presentará flujo superficial y cercano al fondo que converge hacia la loma, y flujo en las capas intermedias que diverge de la loma. Este patrón se ha observado en el paso Galvarino del seno Ventisquero (Valle-Levinson *et al.*, 2001) donde los flujos y el someramiento batimétrico son análogos a los observados en el canal Pilcomayo.

Las mediciones obtenidas durante el 16 de octubre al sur de la isla Elena durante un ciclo semidiurno de marea permitieron la caracteri-

zación de las corrientes promedio y de la amplitud de las corrientes de marea. El patrón general de flujo promedio consistió en flujo hacia el interior del seno Aysén cerca de la superficie y flujo hacia el canal Costa en una capa inferior (Fig. 3). El giro anticiclónico superficial sugerido por las salinidades superficiales, tal y como se planteó con las mediciones del 14 de octubre, no pudo resolverse, ya que la profundidad mínima de muestreo con el perfilador acústico fue de 8 m para este experimento. La capa más cercana a la superficie que se pudo medir se ubicó por debajo de los 8 m de profundidad y se mostró flujo hacia el seno Aysén a velocidades típicas de 0,10 m/s, tuvo 30-40 m de espesor, y muy probablemente fue impulsada por los vientos predominantes durante el período de muestreo (WSW). La capa intermedia tuvo un espesor de 60-100 m, velocidades típicas también de 0,05 m/s, y es muy probable que haya sido forzada por el gradiente barotrópico de presión asociado con la pendiente del nivel del mar producida por el viento. Cabe hacer notar que este patrón de intercambio de aguas (flujo promedio entrando por superficie y saliendo por el fondo) fue opuesto al típicamente esperado en un fiordo (flujo promedio saliendo en superficie y entrando en el fondo). Sin embargo, fue consistente con el observado (e.g. Svendsen & Thompson, 1978) y el obtenido con resultados numéricos (Klinck *et al.*, 1981) cuando el viento sopla hacia la cabeza del fiordo, tal como fue el caso aquí descrito. En realidad, la capa superficial (por arriba de la pycnoclina) de alrededor de 8 m de espesor, no pudo resolverse con las mediciones de corriente, pero la pendiente de los perfiles observados sugiere que dicha capa superficial tendió a fluir lentamente hacia afuera, lo que formó un sistema de tres capas (Cáceres *et al.*, 2002). Es decir, las observaciones sugieren que el forzamiento del viento dirigido hacia la cabeza del fiordo causó un perfil de flujo promedio de 3 capas: en los primeros 8 m de la columna de agua, el flujo fue débilmente hacia afuera del fiordo, por debajo de esta capa, de los 10 hasta los 40-50 m el flujo promedio fue hacia adentro, y por debajo de esta capa el flujo fue hacia afuera.

Además de las diferencias en la dirección vertical, se apreciaron también diferencias transversales en estos patrones de flujo promedio. Las magnitudes fueron más débiles entre la loma y la isla Elena por la presencia de la loma y por que esta parte del canal es más somera que la que se encuentra al sur de la loma. Sobre la loma, los efectos de fricción fueron evidentes tanto en las magnitudes como en el re-

torno acústico. Asimismo, sobre la loma se notó que la columna de agua estuvo dominada por flujo promedio que solamente se dirigió hacia el seno Aysén. Estas diferencias transversales se aprecian claramente en la figura 4. Similarmente, la presencia de esta loma reduce en gran medida el paso de las aguas oceánicas hacia el seno Aysén.

La amplitud de la corriente semidiurna (mareal) también mostró una marcada estructura transversal (Fig. 5). Aunque las corrientes de marea fueron débiles (<20 cm/s) se encontró que las corrientes de marea se debilitaron aun más hacia el este. Esto pudo deberse a efectos de curvatura inducidos por cambios de orientación en la línea costera. Es interesante hacer notar que la presencia de la loma no pareció afectar la distribución transversal de las corrientes de marea, al menos en este transecto estudiado. Sin embargo, como era de esperarse a ambos lados de la loma, las corrientes de marea disminuyeron al aumentar la profundidad por efectos de fricción del fondo. Este efecto de fricción del fondo no se manifestó claramente sobre la loma, debido a una posible concentración de energía sobre esta área debida a la conservación de masa. El retorno acústico ilustró poca variabilidad de la pycnoclina sobre el área de la loma. Esto tal vez se debió a la disipación de la pycnoclina sobre la loma, producto de un aumento en los procesos de mezcla sobre esta área. Este incremento en los procesos de mezcla hace que se debilite el flujo promedio sobre la loma, tal y como lo muestran las figuras 3 y 4.

También se identificaron procesos de mezcla similares en otra loma cercana a la isla Colorada como lo indicaron dos secciones longitudinales que se efectuaron durante el flujo (o llenante) (Fig. 6). Se apreciaron perturbaciones, corriente abajo de la loma, producidas por la interacción del flujo de marea con la batimetría. Estas perturbaciones pudieron dar origen a ondulaciones internas de la pycnoclina por el mismo efecto hidráulico provocado por la aceleración de la corriente a su paso por la loma y la subsiguiente desaceleración después de haber sobremontado la loma. Los fenómenos hidráulicos traen como consecuencia un aumento en la disipación de la energía cinética tal y como lo corroboró el incremento en la atenuación acústica. La atenuación acústica ilustra la intensidad con la que se refleja la onda de sonido al transductor del perfilador acústico después de haber sido emitida.

Las mediciones de perfiles de densidad y velocidad que se obtuvieron alrededor de la isla Carvallo durante el 17 de octubre, permitieron describir las modificaciones a la circulación producidas por la isla. En esta región, las salinidades de la capa superficial fueron notablemente mayores que aquéllas que se midieron en la confluencia del canal Pilcomayo y el seno Aysén (hacia el sureste). El gradiente longitudinal de salinidad superficial parece ser casi 4 veces más grande entre punta Elisa e isla Carvallo que entre la cabeza del seno Aysén y punta Elisa. Esto debe resultar de la intensificación de los procesos de mezcla en el sector de Pilcomayo debido a los cambios morfológicos y batimétricos tan abruptos. Dicho gradiente superficial tiende a producir flujo superficial del canal Pilcomayo hacia el canal Moraleda. Las mediciones con el perfilador acústico confirman esta tendencia y también muestran, en el flujo promedio, un giro anticiclónico alrededor de la isla Carvallo y que prevalece en casi toda la columna de agua. Estos cambios pequeños en función de la profundidad se deben a que la estratificación de la columna de agua es mucho más débil que en el resto de los sitios estudiados. El giro se muestra claramente en las figuras 7 y 8.

Las corrientes de marea también fueron afectadas por la presencia de la isla y por eso produjeron giros promedio a ambos lados de ella. Nuestro muestreo sólo pudo resolver el giro promedio al norte de la isla porque no cubrió el transecto sur durante todo el ciclo de marea. Sin embargo, el muestreo sugirió el desarrollo de otro giro al sur de la isla por el comportamiento de las corrientes durante el flujo (Fig. 9). Durante esta fase de la marea, las corrientes se dirigieron hacia el seno Aysén (hacia el sur) en ambos extremos del transecto sur pero hacia el norte en medio del transecto. Esto se debió a la "sombra" que ejerció la isla sobre el flujo de marea. Como no existe efecto de "sombra" al sur de la isla durante el reflujó, entonces se puede sugerir que se produce otro giro promedio al sur de la isla. Este par de giros alrededor de la isla debiera constituir un mecanismo importante de retención de material disuelto y suspendido alrededor de la isla. Sería interesante corroborar si en realidad existe un aumento local de productividad en esta área provocada por dichas recirculaciones.

CONCLUSIONES

Los hallazgos más sobresalientes de este estudio pueden resumirse en la figura 10 en forma esquematizada. Se propone que la circulación su-

perficial, en una capa que se encuentra por arriba de la pycnoclina, se dirige desde el seno Aysén hacia el canal Moraleda bifurcándose alrededor de la isla Elena y encontrando recirculaciones alrededor de la isla Carvallo. Por otro lado, las aguas que se encuentran por debajo de la pycnoclina tienden a circular del canal Moraleda hacia el seno Aysén. La dirección de este influjo puede ser invertida por forzamiento de viento hacia la cabeza del seno Aysén, tal y como se observó en este estudio. Es importante notar que tanto al norte como al sureste de la isla Elena se identifican zonas de mezcla que retardan el intercambio efectivo entre las aguas oceánicas y aquéllas provenientes del seno Aysén. De este modo, se representan áreas críticas para la ventilación adecuada del seno.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el SHOA dentro del marco del programa CIMAR-FIORDO IV. Agradecemos las facilidades prestadas por este organismo para el uso de la lancha patrullera y para el arriendo de la embarcación que remolcó el ADCP. Asimismo, su ayuda en los asuntos logísticos fue fundamental para el éxito de este proyecto. También se agradece el apoyo brindado por el Center for Coastal Physical Oceanography de la Universidad de Old Dominion. Gracias también a los árbitros que tan meticulosamente revisaron este trabajo.

REFERENCIAS

- Cáceres, M., A. Valle-Levinson, H. H. Sepúlveda & K. Holderied, 2002. Transverse variability of flow and density in a Chilean fjord, *Cont. Shelf Res.*, 22, 1683-1698.
- Joyce, T., 1989. On in situ "calibration" of shipboard ADCPs. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 6, 169-172.
- Klinck, J., J. O'Brien & H. Svendsen. 1981. A simple model of fjord and coastal circulation interaction. *Journal of Physical Oceanography*, 11, 1612-1626.
- Silva N., H. Sievers & R. Prado, 1995. Características oceanográficas y una proposición de circulación para algunos canales de la costa de Chile entre 41° 20' S y 46° 40' S. *Revista de Biología Marina (Valparaíso)*, 30(2), 207-254.
- Svendsen, H. & R. Thompson. 1978. Wind driven circulation in a fjord. *Journal of Physical Oceanography*, 8, 703-712.

- Valle-Levinson, A., F. Jara, C. Molinet & D. Soto 2001. Observations of intratidal variability of exchange flows over a sill/contraction combination in a Chilean fjord, *J. Geophys. Res.*, 106(C4), 7051-7064.
- Valle-Levinson, A. & R. E. Wilson, 1994. Effects of sill bathymetry, oscillating barotropic forcing and vertical mixing on estuary/ocean exchange. *J. Geophys. Res.*, 99(C3), 5, 149-5,169.

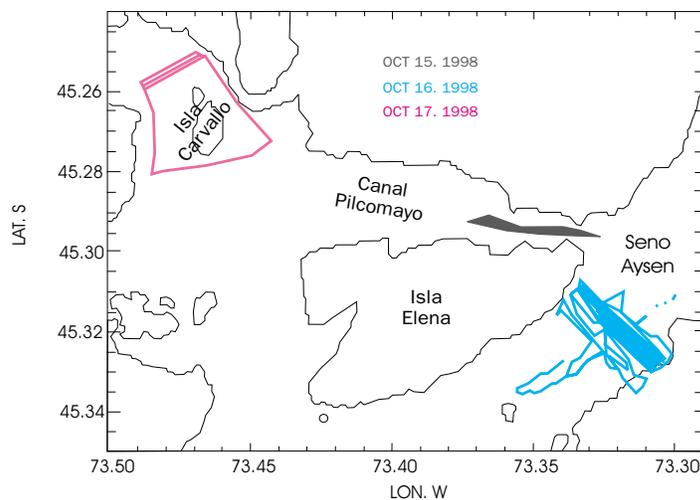


Fig. 1: Puntos de muestreo con el perfilador de corrientes del 15 al 18 de octubre de 1998.

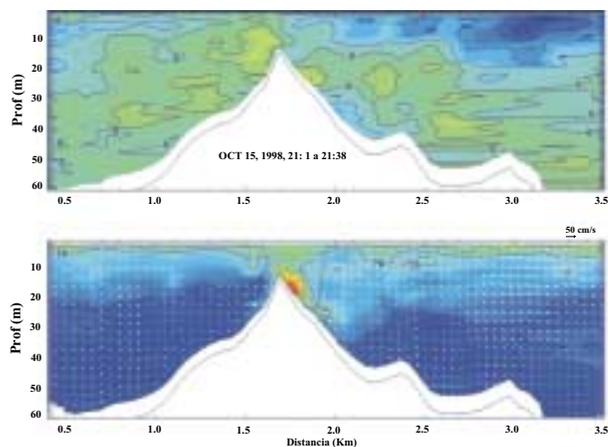


Fig. 2a: Transecto longitudinal en canal Pilcomayo durante el final del refluo (corriente de derecha a izquierda). La figura superior muestra los contornos de la componente N-S de la corriente (cm/s). La figura inferior muestra contornos coloreados de la atenuación acústica, los vectores de la corriente, y la posición aproximada de la pincloina (línea roja) derivada con la atenuación acústica.

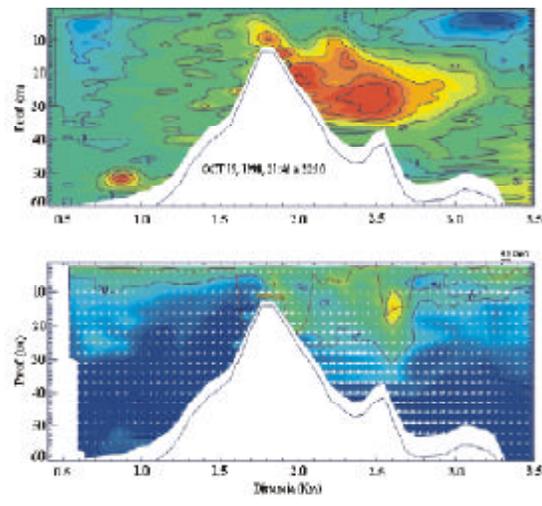


Fig. 2b: Igual que la Figura 2a pero a principios del flujo.

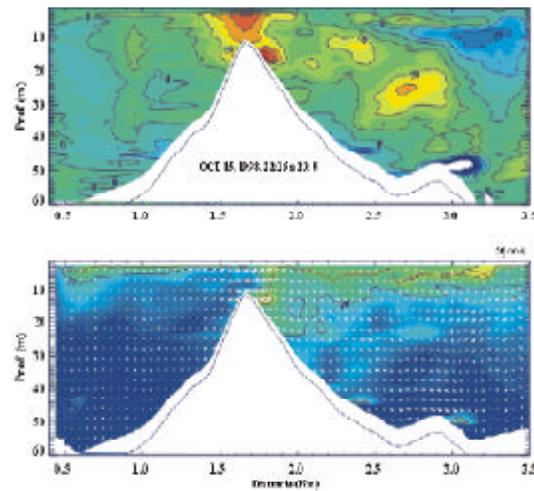


Fig. 2c: Igual que la Figura 2a pero en flujo.

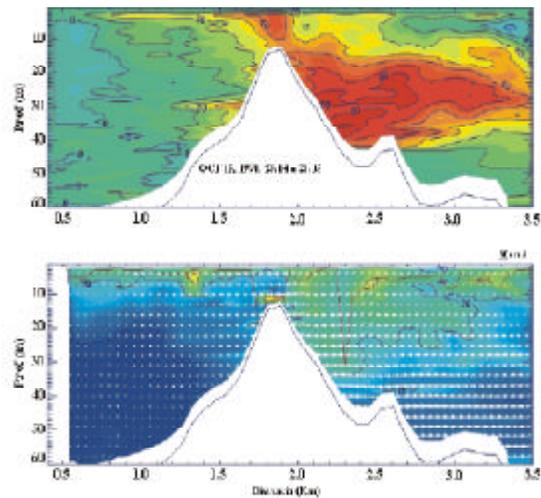


Fig. 2d: Igual que 2a pero en flujo.

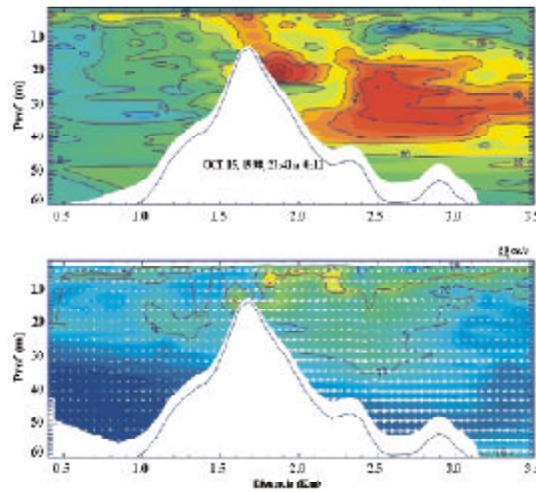


Fig. 2e: Igual que 2a pero en flujo.

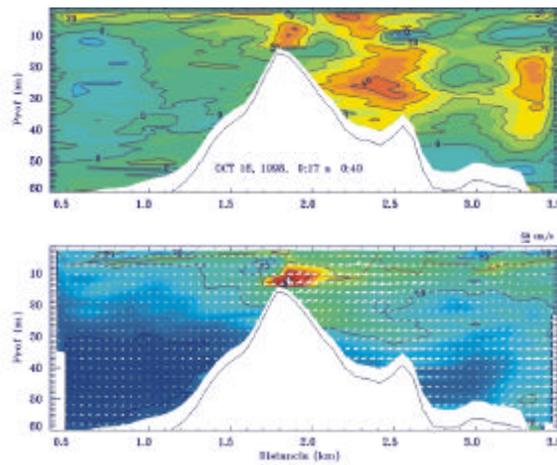


Fig. 2f: Igual que 2a pero en flujo.

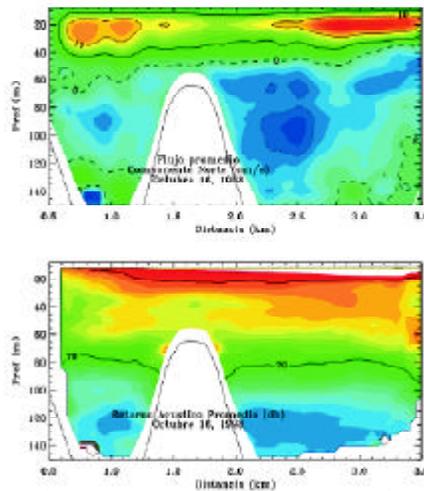


Fig. 3: Sección transversal al sureste de la isla Elena viendo hacia el interior del seno Aysén. En la figura superior se muestran los contornos del flujo promedio (rojo hacia el seno Aysén, azul hacia el canal Costa) durante el periodo de observaciones. La figura inferior muestra el retorno acústico promedio.

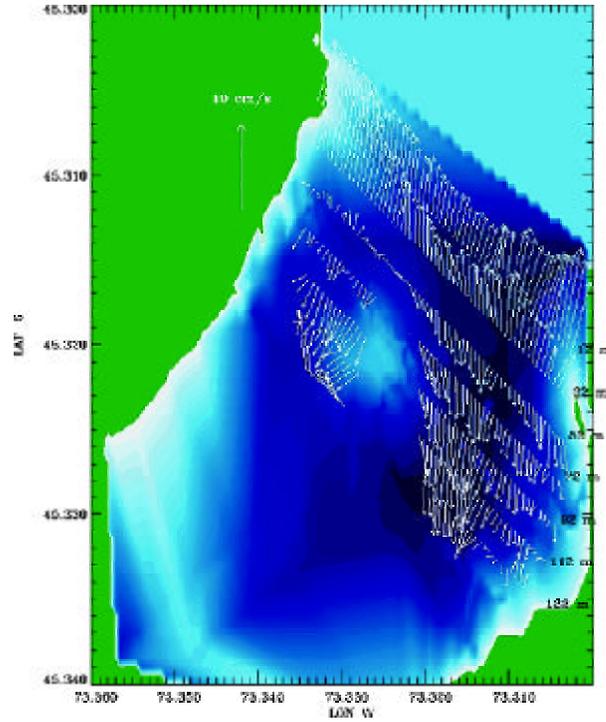


Fig. 4: Vectores de corriente promedio dibujados a diferentes profundidades sobre la batimetría al sureste de la isla Elena. Nótese que cada nivel ha sido dibujado con cierto desplazamiento espacial para apreciar la estructura vertical de las corrientes promedio. En realidad, cada nivel representa el mismo transecto (ubicado donde se dibujó el nivel de 92 m).

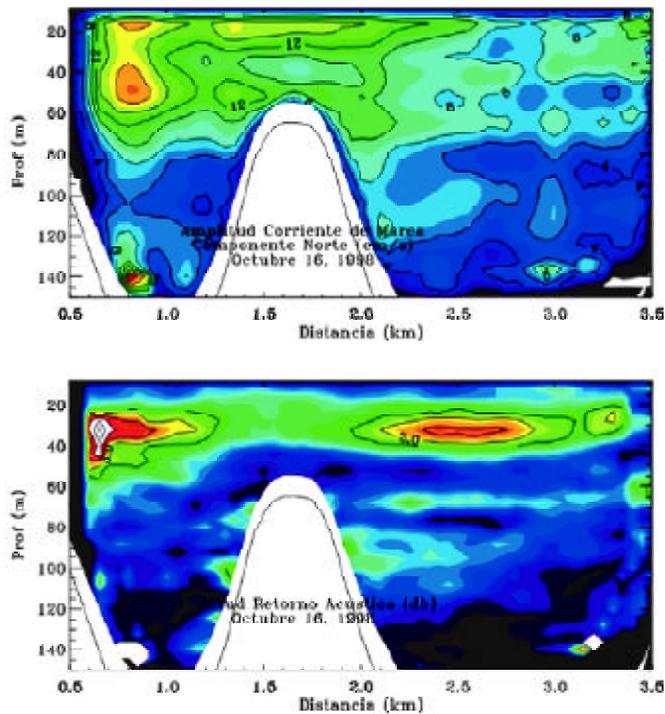


Fig. 5: Amplitudes semidiurnas para la corriente y el retorno acústico.

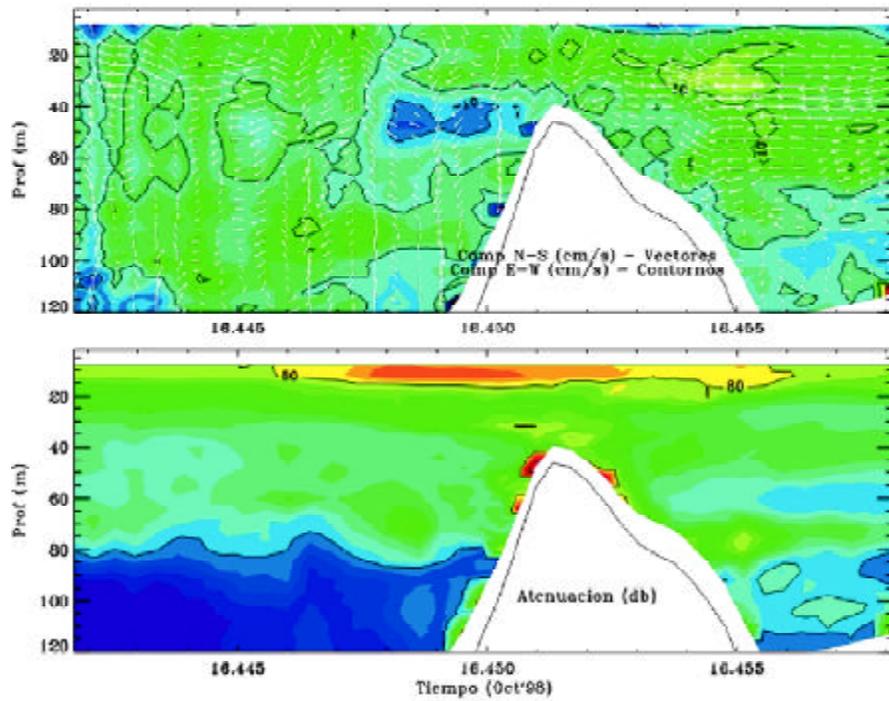


Fig. 6a: Sección longitudinal a lo largo de la loma a la entrada del seno Aysén. La figura superior muestra las componentes de la corriente y la figura inferior presenta la atenuación acústica. El interior del seno Aysén está hacia la izquierda.

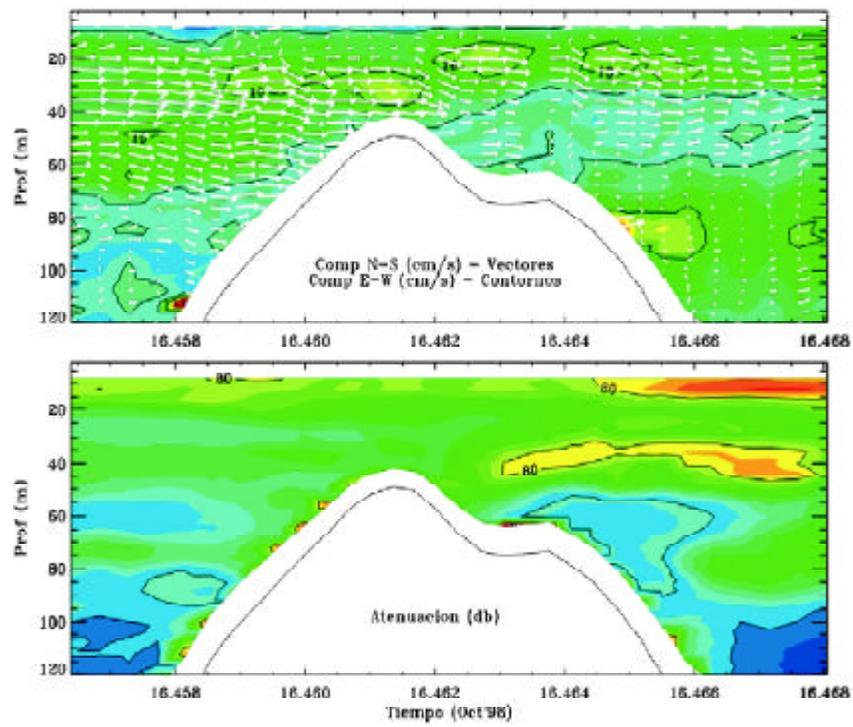


Fig. 6b: Igual que la Figura 6a pero el interior del seno Aysén está hacia la derecha.

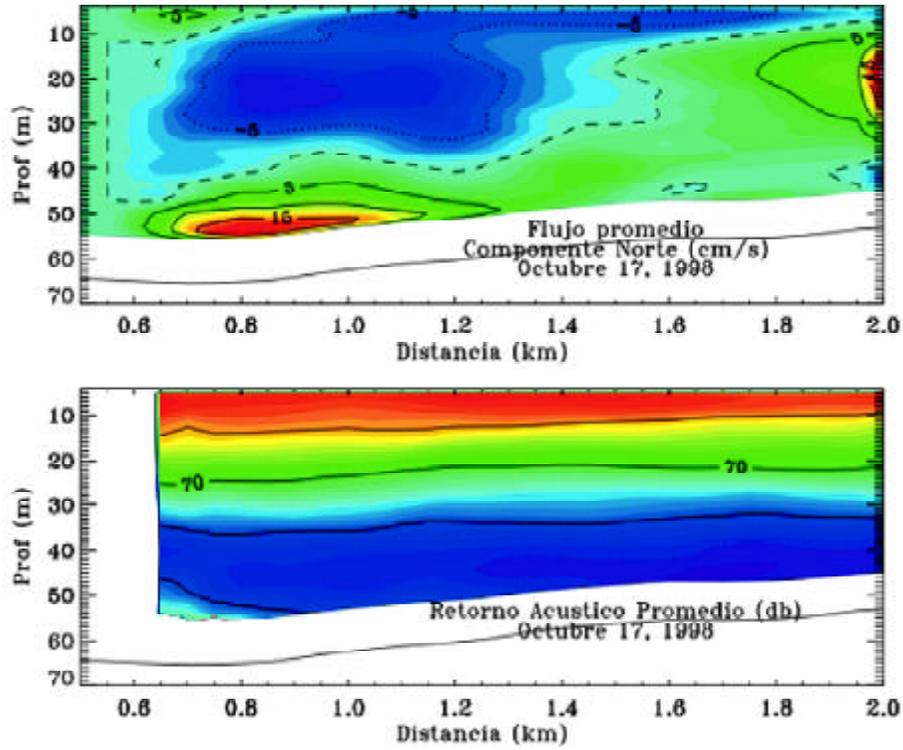


Fig. 7: Sección transversal al norte de la isla Carvallo, viendo hacia el noroeste. La figura superior muestra contornos de flujo promedio perpendicular a la sección. Contornos positivos (en rojo) indican flujo hacia el norte. La figura inferior muestra el retorno acústico promedio. La pendiente de las isolíneas de retorno acústico pudiera ser consistente con las isopícnas de un campo de densidad que vaya acorde con el flujo promedio.

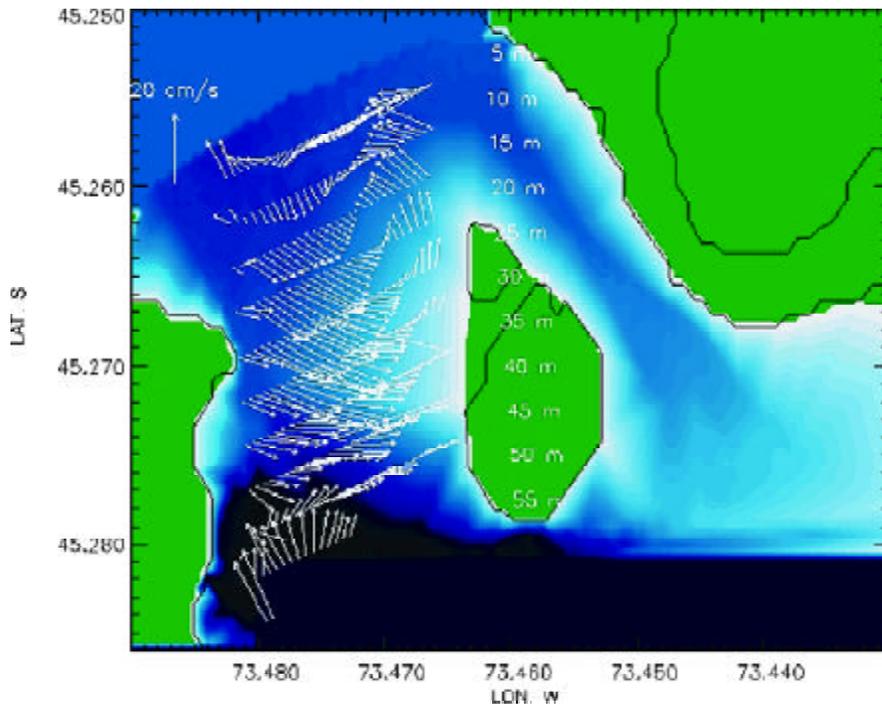


Fig. 8: Flujo promedio también representado en la Figura 7. Todos los niveles dibujados corresponden al mismo transecto al norte de la isla Carvallo (donde se dibujó el nivel de los 10 m).

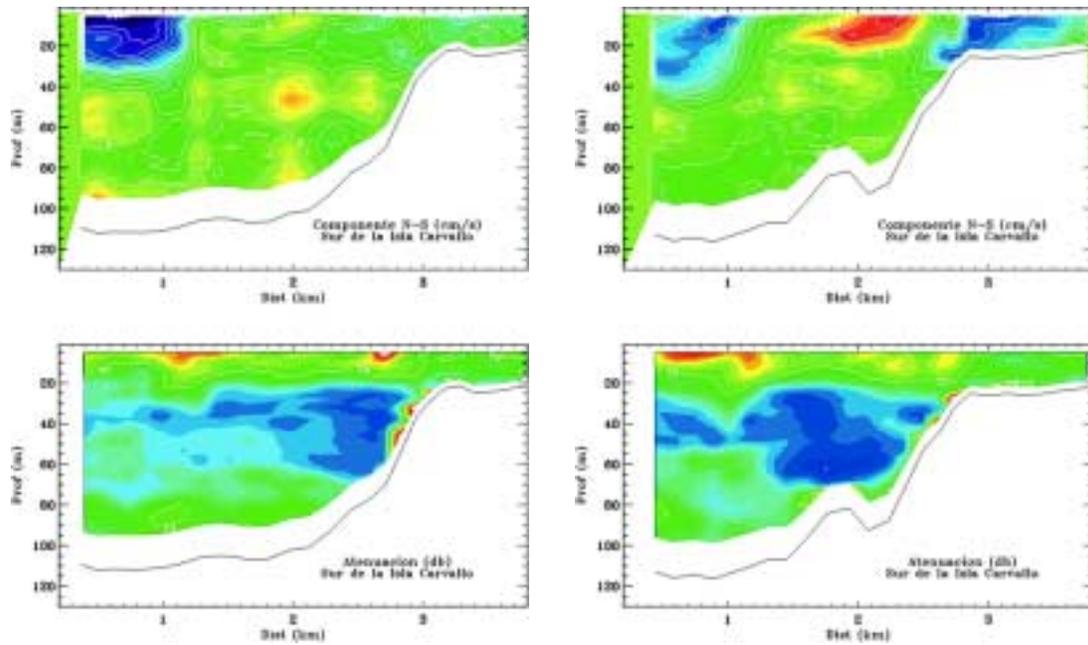


Fig. 9: Sección transversal al sur de la isla Carvallo durante el flujo (viendo hacia la isla). En las figuras superiores, las regiones azules indican flujo hacia el observador. En las figuras inferiores se nota el efecto de "sombra" provocado por la presencia de la isla (áreas azules).

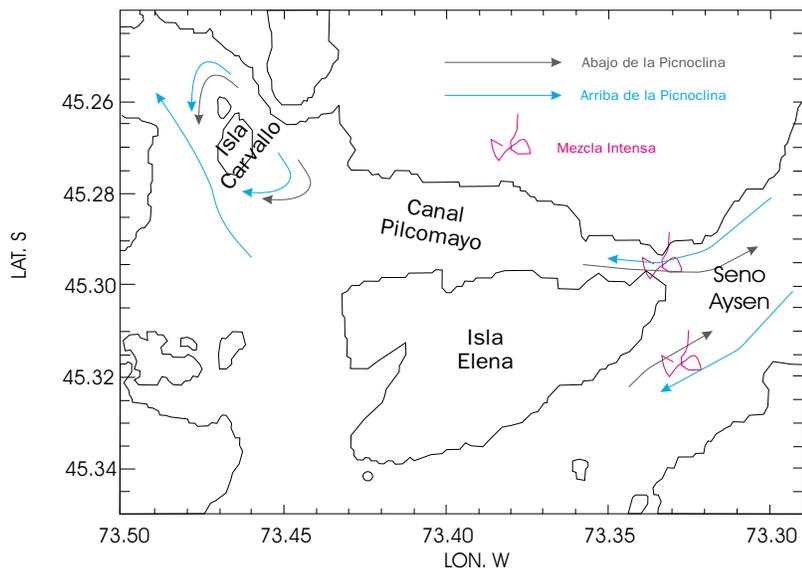


Fig. 10: Esquema de circulación propuesta para el área estudiada con el perfilador acústico.