

El aporte de la Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso, al conocimiento de los fiordos y canales australes chilenos (41° 20'S – 55° 58'S).

Nelson Silva S. M.Sc.
Escuela de Ciencias del Mar, Casilla 1020, Valparaíso
nsilva@ucv.cl

I.- Antecedentes

En el año 1994 el Comité Oceanográfico Nacional (CONA) preparó un Programa de Investigación para lograr el conocimiento de los aspectos meteorológicos, oceanográficos (físicos, químicos, biológicos y geológicos), biogeoquímicos y de biodiversidad marina en los principales canales, esteros, estrechos, fiordos, golfos, pasos y senos, ubicados entre las X y XII regiones de país. Esto se consideró fundamental, ya que a la fecha se había comenzado la utilización intensiva de la zona para cultivos marinos, pesca, turismo e instalación localizada de asentamientos humanos (pescadores y mariscadores artesanales), sin condiciones de urbanización. Por otra parte, fenómenos de floraciones de algas nocivas estaban siendo cada vez más frecuentes y presentándose progresivamente más al norte de bahía Bell, cerca de Punta Arenas, zona donde fue observada inicialmente con el resultado de la intoxicación de unas 50 personas y la muerte de 2, debido al consumo de mariscos contaminados con marea roja. Proyectos de desarrollo industrial tales como la instalación de Alumisa o el posible establecimiento de un corredor bi-oceánico a través del seno Aysén, también hacían necesario que estudios oceanográficos multidisciplinarios y de mayor cobertura geográfica, fuesen realizados.

Si bien es cierto que para otorgar una concesión marítima para cultivos marinos, la autoridad competente exige que se realicen estudios previos de impacto ambiental, estos son demasiado localizados y específicos, por lo que no se estaba obteniendo una visión global del impacto que los cultivos marinos en general pudiesen tener en el área de canales. Aún más, en la mayoría de los canales no existían estudios de línea base en condiciones prístinas. De aquí que la necesidad de obtener el conocimiento de línea base y de identificar procesos oceanográficos y biogeoquímicos que afectan la zona era urgente. Con estos se pretende proveer a la autoridad competente del conocimiento necesario para tener una visión integral del área y de este modo, incluirlos en futuras medidas de manejo, lo cual tiene un

impacto en su desarrollo socio-económico.

El conocimiento publicado para esta región, a 1994, era escaso y logrado principalmente, por expediciones oceanográficas extranjeras y algunas nacionales según se detalla a continuación:

En la zona norte de los canales, desde Puerto Montt hasta laguna San Rafael, se contaba con las siguientes expediciones: a) la Lund University-Chile, realizada entre septiembre 1948 y julio 1949 por investigadores suecos (Brattström y Dahl, 1951), b) Chile 70 - Hudson 70, realizada en marzo 1970 por investigadores canadienses (Pickard, 1971), c) B/I Itzumi, realizada en marzo de 1982 conjuntamente por investigadores japoneses y chilenos (Vargas, 1983) y d) Aysén I y II, realizadas en septiembre-octubre 1991 y enero 1992 por la Universidad de Valparaíso (Sievers y Prado, 1994).

En la zona central de los canales, desde golfo de Penas hasta el estrecho de Magallanes, se contaba con las siguientes expediciones: a) Chile 70 - Hudson 70, realizada en marzo 1970 por investigadores canadienses (Pickard, 1971), b) R/V Hero 72-4, realizada en septiembre 1972 por la Universidad de Concepción (Chuecas y Ahumada, 1980), c) B/I Itzumi, realizada en 1993 por el Instituto de Fomento Pesquero (Braun *et al.*, 1993) y d) Campos de Hielos Sur, realizada en octubre 1994 por el CONA (Pinochet y Salinas, 1996).

En la zona sur de los canales, desde el estrecho de Magallanes hasta el cabo de Hornos, se contaba con las siguientes expediciones: a) Chile 70 - Hudson 70, realizada en marzo 1970 por investigadores canadienses (Pickard, 1971), b) R/V OGS Explora, realizada en octubre-noviembre 1989 (Brambati, 1991), c) B/I Cariboo, efectuada en febrero-marzo 1991 (Faranda y Guglieimo, 1991) y d) B/I Itálica, en el verano 1995 (Faranda *et al.*, 1996), todas ellas realizadas por investigadores italianos, d) R.V. Víctor Hensen, realizada en noviembre 1994 por investigadores

alemanes (Arntz y Gorny, 1996), e) R.V. Polar Duke, en julio y agosto de 1993 (Rojas, 1993) y f) B/I Itzumi, en 1993 realizada por el Instituto de Fomento Pesquero (Braun *et al.*, 1993).

II.- El Programa Cimar



Fig. 1 AGOR 60 Vidal Gormaz.

La zona de los canales australes chilenos corresponde a la más vasta extensión de canales, fiordos, senos y golfos interiores de la tierra. Su extensión que tiene un poco más de 1.000 km en línea recta, posee una costa que supera a los 75.000 km lineales, si se suman los contornos de las múltiples islas, archipiélagos y penínsulas que la componen. Es decir, la costa de la zona insular chilena supera en más de 15 veces a la costa de Chile continental.

Con la finalidad de enfrentar adecuadamente el estudio de los canales y debido a lo extenso del área, se consideró conveniente dividirla en tres zonas: una norte, desde Puerto Montt hasta laguna San Rafael; una central desde golfo de Penas hasta el estrecho de Magallanes y una sur, desde el estrecho de Magallanes hasta el cabo de Hornos. Simultáneamente y en base a un objetivo central, que era el estudio del efecto de una constricción batimétrica a la altura de la isla Menina en el extremo sur del canal de Moraleda ($45^{\circ}16'S$ y $73^{\circ}38'W$), en la circulación general y distribución de características oceanográficas de la zona (Silva *et al.*, 1995), la Secretaría Ejecutiva del CONA, con la asesoría de un Comité Ejecutivo que cubrió las áreas de oceanografía física (J. L. Blanco, IFOP), oceanografía química (N. Silva, UCV), oceanografía biológica (S. Palma, UCV) y oceanografía geológica y geomorfología (E. Valenzuela, U de Ch), preparó un Proyecto de Investigación de carácter exploratorio a realizar en la zona norte de los canales, con el buque

oceanográfico AGOR 60 Vidal Gormaz, en octubre de 1995, al cual se le denominó Cimar 1 Fiordo. Posteriormente, se preparó una segunda propuesta para realizar un crucero en la zona central, en octubre de 1996, Cimar 2 Fiordo. Luego se preparó una tercera propuesta para realizar un crucero en la zona sur, Cimar 3 Fiordo, el cual, por razones logísticas, se realizó en dos etapas: una en octubre 1997 y la otra en octubre 1998. Con estos tres cruceros se completó el estudio exploratorio de los principales canales, esteros, estrechos, fiordos, golfos, pasos y senos, de la zona austral de Chile.

Sobre la base del conocimiento adquirido en estos tres cruceros, se preparó el crucero Cimar 4 Fiordo, para estudiar la circulación, tiempos de residencia de las aguas y balances de agua, sal, carbono y nutrientes, en algunos canales de la XI Región. En vista de la necesidad de disponer de información estacional, este crucero se realizó en dos etapas, una en octubre de 1998 (primavera temprana) y otra en marzo de 1999 (verano).

Posterior a la realización de los cuatro cruceros Cimar Fiordo, durante los años 1999 y 2000, se realizaron dos cruceros exploratorios a las islas oceánicas. El crucero Cimar 5 Islas Oceánicas, a las islas de Pascua y Salas y Gómez, en octubre del 2000 y el Cimar 6 Islas Oceánicas, a las islas Robinson Crusoe, Marinero Selkirk, San Félix y San Ambrosio, en octubre del 2001.

En el año 2001 se decidió volver a la zona de la XI Región para continuar y ampliar las investigaciones iniciadas en Cimar 4 Fiordo. Frente a la necesidad de continuar obteniendo información en estaciones climáticas extremas y a la disponibilidad del Vidal Gormaz, se realizó el crucero Cimar 7 Fiordo dividido en dos etapas, una en junio (invierno) y otra en diciembre (primavera tardía).

Como los canales de la XI Región abiertos al océano no fueron suficientemente cubiertos en los cruceros Cimar 1 y 4 Fiordo, y dada su importancia como áreas de desove de especies comerciales, para el año 2002 se decidió realizar el crucero Cimar 8 Fiordo en esta zona. Dicho crucero se realizará en dos etapas, una en junio y otra en diciembre del 2002. En la primera se incluirán mediciones de CTD, corrientes, mareas, columna de agua, sedimentos, organismos bentónicos y mareas rojas. Mientras que en la segunda, se incluirá mediciones de CTD, corrientes, mareas, columna de agua, fitoplancton, zooplancton, peces, observación de mamíferos y

mareas rojas.

Para el año 2003, el objetivo general del crucero Cimar 9 Fiordo se ha focalizado en el estudio de dispersión de larvas, mareas rojas y biodiversidad marina, centrándose principalmente en la zona de los archipiélagos de Chonos y Guaitecas y canales aledaños, en la XI Región.

Para el financiamiento del Programa Cimar se han obtenido fondos del orden de \$60.000.000 y US\$ 180.000 para cada crucero, a través de proyectos incluidos anualmente en el Programa Regular de Financiamiento del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Estos proyectos, en conjunto con otros que presenta el SHOA, son enviados al Ministerio de Hacienda para que éste considere su aceptación e inclusión en el Presupuesto de la Nación, que este ministerio prepara y envía al Congreso Nacional para su aprobación. Con estos fondos y con una significativa contraparte universitaria, se han venido financiado los diferentes proyectos individuales aprobados para realizar en los diferentes cruceros. Estos son seleccionados en concursos abiertos a las Instituciones Miembros del CONA y a sus Grupos de Trabajo. Estos fondos incluyen también el financiamiento de 30 a 40 días de operación por año, del AGOR Vidal Gormaz,



Fig. 2. Grupo científico del Cimar 1 Fiordo.

III.- Participación de la Escuela de Ciencias del Mar en el Programa Cimar

La Universidad Católica de Valparaíso, a través de la Escuela de Ciencias del Mar, de la Facultad de Recursos Naturales, ha presentado proyectos a siete de los ocho Cimar realizados a la fecha, habiendo ganado un total de 22 proyectos de investigación, que se desglosan en: 2 en oceanografía física, 6 en oceanografía química, 5 en

química de sedimentos, 3 en pigmentos fotosintéticos y 6 en zooplancton. Esto hace que la Escuela haya tenido un papel protagónico en el logro de los objetivos propuestos en el Programa Cimar, tanto en los fiordos y canales como en las islas oceánicas.

Las investigaciones realizadas han generado, a la fecha, un total de 12 publicaciones en revistas científicas nacionales, 2 en revistas científicas internacionales y 7 tesis de en oceanografía. Además, basado en datos de la zona generados por otras fuentes, se han realizado 2 tesis de en oceanografía y 1 en pesquerías.

Además, se han efectuado 4 presentaciones a congresos en el extranjero, 17 presentaciones en los Congresos de Ciencias del Mar XVII a XXII y 18 presentaciones en los Seminarios Taller, organizados por el CONA, sobre los resultados de los Cruceros Cimar, que se realizan en Valparaíso un año después de haber finalizado los cruceros.

IV.- Aporte de la Escuela al conocimiento de los fiordos y canales

El aporte de la Escuela de Ciencias del Mar, centrado en el trabajo de los profesores de la Carrera de Oceanografía, ha logrado, entre otros, los siguientes aportes al conocimiento del área de fiordos y canales australes:

Corrientes y mareas:

Se ha establecido la importancia física de la constricción de Meninea en el intercambio de agua y sal del fiordo Aysén con el océano, como también el aporte significativo de agua dulce que recibe el fiordo ($300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y la influencia de las mareas en la variabilidad e intensidad de las corrientes asociadas a este intercambio.

En esta constricción existe una circulación de tipo baroclina, de dos capas, que muestra una corriente superficial promedio neta hacia fuera del fiordo con velocidad del orden de 0,3 nudos a 20 m de profundidad y una corriente hacia el interior del fiordo con velocidad promedio neto del orden de 0,04 nudos, a 40 m de profundidad. Estas corrientes presentan una gran variabilidad en sentido e intensidad, causada por la onda de marea que se propaga por el canal Moraleda. En la capa superficial (~20 m) se han medido valores máximos de 2 nudos hacia el norte y de 1,8 nudos hacia el sur, mientras que a mayor profundidad (~40 m), ésta alcanzó velocidades máximas de 1,4 nudos hacia el norte y 1,5 nudos hacia el sur.

La importancia de la onda de marea no solamente se ha establecido en la zona de fiordos interiores, sino que también en la conexión entre los océanos Atlántico y Pacífico a través del estrecho de Magallanes. Aquí las mareas interactúan con la topografía generando perturbaciones en las corrientes y nivel del mar que influye directamente en los patrones de circulación general, que inciden en la navegación y actividad portuaria. Las observaciones muestran valores de corrientes superiores a 7,7 nudos en la boca oriental del estrecho. La variabilidad de las corrientes muestra que a lo largo del estrecho, la componente semidiurna disminuye hacia el oeste mientras que la diurna, con menor energía, tiende a permanecer constante.



Fig. 3. Rescate correntómetros Cimar 1 Fiordo

La relevancia de lo realizado hasta el momento, está en que se entregan la primeras aproximaciones a un problema físico bastante complejo, donde interactúan factores gravitacionales, atmosféricos y topográficos.

Circulación general y masas de agua:

Se ha establecido un patrón general de circulación estuarina positiva de las aguas del área norte de los canales australes, determinándose que

constricciones batimétricas, como las que generan el grupo de las islas Desertores entre el golfo de Ancud y Corcovado y la isla Meninea, en el canal Moraleda, juegan un papel fundamental en la penetración por el fondo de remanentes de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales poco oxigenadas, evitando su penetración al norte y sur de éstas respectivamente. Este sistema de circulación permite además, que Agua Subantártica Modificada (mezcla de Agua Subantártica con Agua Dulce provenientes de ríos y lluvias), más rica en oxígeno disuelto fluya sobre las constricciones, ventilando las cuencas profundas al norte de las islas Desertores y sur de Meninea. Esto es favorable, desde el punto de vista del oxígeno disuelto, para el uso de esta zona en actividades de cultivos marinos.

Las cabezas de los canales que comienzan en el continente (canales continentales), presentan bajo la capa superficial (mayor a 15 m) un menor contenido de oxígeno disuelto que en sus respectivas bocas. El canal Puyuguapi es el más pobre en oxígeno disuelto, con valores menores de $2,0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ bajo los 150 m de profundidad y lo sigue la cabeza del fiordo Aysén con $2,5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ a unos 100 m de profundidad, lo cual los hace más sensibles para su uso en acuicultura. Sin embargo, en ningún canal austral chileno se encontraron condiciones de anoxia.

Se determinó que las aguas del fiordo Aysén tienen un tiempo de residencia en la zona de la boca del orden de 6 meses y son ricas en oxígeno disuelto, mientras que las aguas de su cabeza tienen un tiempo de residencia de 2 a 3 años, siendo bajo los 25 m más pobres en oxígeno disuelto y más ricas en nutrientes. Esto indica que las aguas de la cabeza tienen en promedio un tiempo de recambio muy lento y por lo tanto son más sensibles para recibir carga orgánica adicional.

La constricción generada por la Angostura Inglesa divide la zona central de los canales australes, en dos grandes cuencas profundas (500 – 1.300 m). Una norte, que en promedio es más cálida, salina, con más nutrientes y menor contenido de oxígeno disuelto que la cuenca sur. El sistema general de circulación es estuarino positivo, ocurriendo principalmente el intercambio a través del golfo de Penas para la cuenca norte, mientras que la sur lo hace por los extremos oceánicos del canal Concepción y el estrecho Nelson.

La constricción generada por la isla Carlos III, separa al estrecho de Magallanes en dos cuencas

profundas (500 – 1.100 m), mientras que las bajas profundidades (menores de 70 m), entre la plataforma continental Argentina y la Segunda Angostura generan una tercera cuenca somera. La cuenca occidental se llena con Aguas Subantárticas Modificadas, mientras que la central lo hace con Agua Estuarina proveniente de la cuenca occidental que sobrepasa la constricción de la isla Carlos III y se hunde por mayor densidad, llenándola. La cuenca oriental, está llena por aguas de mezcla entre Agua Subantártica del Atlántico y Agua Dulce.

Los nutrientes, fosfato y nitrato, son aportados principalmente desde el mar, ya que las aguas dulces provenientes de ríos, lluvias y derretimiento de glaciares, son pobres en ellos. Sin embargo, las aguas provenientes de ríos y glaciares son ricas en silicatos.



Fig. 4. CTD y roseta para toma de muestras de agua utilizados en Cimar 1 Fiordo.

Química de sedimentos:

En base a los resultados de los análisis de materia orgánica total (MOT), carbón orgánico (C-orgánico) y nitrógeno Kjeldahl (N-kjeldahl), se determinó que toda el área de canales chilenos puede ser segregada a lo menos en nueve zonas de las cuales tres tienen altas concentraciones de MOT (> 5%), C-orgánico (> 11,6%) y N-kjeldahl (> 0,2%) y cuatro tienen bajas concentraciones de MOT (< 2%), C-orgánico (< 0,8%) y N-kjeldahl (< 0,2%). Finalmente, se diferenciaron dos zonas con contenido intermedio de compuestos orgánicos pero de muy alto contenido de carbono inorgánico (4 – 10%), al contrario de las otras siete zonas, que presentaron bajo contenido de éste (< 1%).

La menor o mayor concentración de estas variables, se estimó asociada a uno o más de los siguientes forzantes o procesos biogeoquímicos: la rapidez de las corrientes, la cantidad de producción marina autóctona, el aporte de los ríos y escurrimiento costero, de material alóctono orgánico y de material inorgánico limo-arcilloso proveniente de la erosión de las rocas por los glaciares.

Las zonas de alto o bajo contenido de material orgánico en la superficie del sedimento también lo son hasta los 25 cm de profundidad de éstas. Ello implica que, en general, la mayor parte del material orgánico particulado que llega al fondo, se descompone durante su sedimentación a través de la columna de agua y el material que se deposita en el fondo tiene una componente refractaria alta.

Las tasas de sedimentación determinadas para el fiordo Aysén son de $0,27 \text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$. Por otra parte, a una profundidad de 20 cm, los sedimentos más viejos en el fiordo Aysén, fueron encontrados en su cabeza con una edad de alrededor de 95 años.



Fig. 5. Saca testigos para toma de muestras de sedimentos utilizado en Cimar 4 Fiordo

El contenido de material orgánico terrígeno en el sedimento, aumentó desde la zona oceánica hasta las proximidades de las cabezas de los canales

continentales, donde suelen desembocar los ríos de la zona. En los canales afectados por glaciares, la materia orgánica en el sedimento es menor, lo cual se atribuye a una menor producción primaria debido a la baja penetración de luz, por la presencia de gran cantidad de material limo-arcilloso en suspensión y al efecto de dilución que provoca el aporte de material inorgánico proveniente de la erosión de las rocas por los glaciares

Pigmentos fotosintéticos:

El área comprendida entre Puerto Montt y laguna San Rafael, desde el punto de vista de la clorofila *a*, se puede dividir en cuatro zonas, dos de alta y dos de baja concentración. Las más altas concentraciones (5 a $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), se presentaron en los canales Moraleda, Jacaf y Puyuguapi. El segundo sector con alta concentración correspondió al seno Reloncaví y Golfo de Ancud ($1,5$ a $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Los sectores con bajas concentraciones de clorofila *a* correspondieron a aquel comprendido entre la constricción de Meninea y la laguna San Rafael ($0,5$ y $1,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) y el golfo Corcovado, que presentó los valores más bajos de toda el área de estudio ($< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Composición y distribución del macro zooplancton:

La fauna macro zooplanctónica de los fiordos y canales australes chilenos está constituida por un conjunto de especies, donde se mezcla la presencia de especies provenientes de diferentes características oceanográficas. Así, es posible encontrar especies de aguas estuarinas (*Lensia conoides*, *L. meteoris*), especies de aguas antárticas y subantárticas (*Pyrosophos vanhoeffeni*, *Dimo-phys arctica*, *Sagitta gazellae*, *S. marri*, *S. tasmanica*, *Eukrohnia hamata*, *E. Bathyantartica*, *Euphausia vallentini*, *E. lucens*, *Nematoscels mega-lops* y *Thysanoessa gregaria*) y especies oceánicas de amplia distribución en todos los océanos (*Eudoxoides spiralis*, *Chelophyes appendiculata*, *Sphaeronectes gracilis*, *Abylopsis tetragona* y *Physophora hydrostatica* y *Sagitta enflata*).

La zona de canales se caracterizó por una baja diversidad específica, reflejada, entre otras especies, en la presencia de 13 especies de sifonóforos, 7 de quetognatos y 5 de eufáusidos,. De este total, la mayoría de ellas se registran por primera vez para esta extensa área y se amplía su rango de distribución geográfica. De este conjunto de especies, se registran por primera vez en

aguas chilenas cuatro especies de sifonóforos (*Physophora hydrostatica*, *Vogtia pentacantha*, *V. serrata* y *Dimo-phys arctica*).

extremas imperantes en aguas interiores, sólo algunas especies zooplanctónicas han logrado desarrollarse exitosamente, lo cual se refleja por la presencia de poblaciones monoespecíficas dominantes en los diferentes taxa, los cuales están representados por el sifonóforo *Muggiaea atlantica*, el quetognato *Sagitta tasmanica* y el eufáusido *Euphausia vallentini*.



Fig. 6. Redes bongo utilizadas para toma de muestras de zooplancton en Cimar 2 Fiordo.

En la región de canales australes se determinó una marcada disminución latitudinal de la abundancia o biomasa de zooplancton. Así, en la zona entre Puerto Montt y la laguna San Rafael (biomasa media de $290,8 \text{ ml}\cdot 1000\text{m}^{-3}$), se determinaron dos extensas áreas de mayor abundancia, localizadas al norte entre el seno Reloncaví e islas Desertores y al sur del canal Moraleda, las cuales estuvieron separadas por una zona de menor abundancia correspondiente al golfo Corcovado, caracterizada por el ingreso permanente de aguas oceánicas, que causan una mayor inestabilidad en la columna de agua.

Desde el golfo de Penas hasta la boca occidental del estrecho de Magallanes (biomasa media de $149,7 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$), las mayores abundancias se determinaron en los canales oceánicos, que están directamente conectados al océano (canales Fallos, Picton y Ladrillero), donde se encuentran áreas muy protegidas en que se concentran los organismos planctónicos. En esta zona, los mínimos de abundancia se registraron al interior de los fiordos cordilleranos, con influencia directa de Campos de Hielos Sur, donde sólo escasas especies han logrado sobrevivir, debido a las bajas temperaturas y salinidades.

En el sector del estrecho de Magallanes y canales adyacentes (biomasa media: $85 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$), la cantidad de plancton es mucho menor que la registrada en los sectores mencionados anteriormente. Esta cantidad va disminuyendo a lo largo del estrecho, desde el Pacífico hacia el Atlántico. Las mayores densidades de zooplancton se determinaron en los senos interiores (Otway, Almirantazgo y Agostini).

Si desea mayor información sobre éstos y otros aportes, en temas específicos o en canales particulares, el lector puede dirigirse a las publicaciones o tesis indicadas en los puntos V y VI que siguen a continuación o contactarse con los investigadores principales de cada área en base a los siguientes correos electrónicos: ssalinas@ucv.cl (corrientes y mareas), nsilva@ucv.cl (masas de agua, circulación general, química de agua y sedimentos), bramirez@ucv.cl (pigmentos) y spalma@ucv.cl (zooplancton).

V.- Publicaciones

Crucero Chile 70 – Hudson 70:

1.- Silva, N., H. Sievers y R. Prado. 1995. Descripción oceanográfica de los canales australes de Chile. Zona Puerto Montt - laguna San Rafael ($41^{\circ} 20'S$, $46^{\circ} 40'S$). Rev. Biol. Mar, 30(2): 207-254.

Crucero Campos de Hielo Sur:

2.- Pinochet, P. y S. Salinas. 1996. Estructura térmica y salina de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. Cienc. Tecnol. Mar., 19: 93 – 122.

Crucero Cimar 1 Fiordo:

3.- Silva, N., C. Calvete. y H. Sievers. 1997. Ca-

racterísticas oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y Laguna San Rafael. Cienc. Tecnol. Mar, 20: 23-106.

4.- Palma, S. y S. Rosales. 1997. Sifonóforos epipelágicos de los canales australes chilenos ($41^{\circ} 30' - 46^{\circ} 40' S$). Cienc. Tecnol. Mar, 20: 125-146.

5.- 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. Cienc. Tecnol. Mar, 21: 17 – 48.

6.- Silva, N., J. Maturana, J. I. Sepúlveda y R. Ahumada. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 21: 49 – 74.



Fig. 7. Muestreo de agua en laguna san Rafael en Cimar 1 Fiordo

Crucero Cimar 2 Fiordo:

7.- Palma, S., R. Ulloa y L. Linacre. 1999. Sifonóforos, quetognatos y eufáusidos de los canales australes entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 111 – 142.

8.- Silva, N., V. De Vidts y J.I. Sepúlveda. 2001. Materia orgánica, C N y distribución estequiométrica, en sedimentos superficiales de la región central de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero Cimar Fiordo 2). Cienc. Tecnol. Mar, 24: 23 – 40.

9.- Silva, N. y C. Calvete. 2002. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes (Crucero Cimar Fiordo 2). Cienc. Tecnol. Mar, 25 (1): (en prensa).



Fig. 8. Torres del Paine. Cimar 2 Fiordo.

Crucero Cimar 3 Fiordo

10.- Palma, S. y G. Aravena. 2001. Distribución de sifonóforos, quetognatos y eufáusidos en la región magallánica. *Cienc. Tecnol. Mar*, 24: 47-59.

11.- Silva, N. y P. Ortiz. 2002. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría en sedimentos superficiales de la región sur de la zona de fiordos y canales australes de Chile (Crucero Cimar Fiordo 3). *Cienc. Tecnol. Mar*, 25 (1): (en prensa).

12.- Valdenegro, A. y **N. Silva**. 2002. Caracterización física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y cabo de Hornos (Cimar 3 Fiordo). Enviado a *Cienc. Tecnol. Mar* (en revisión).

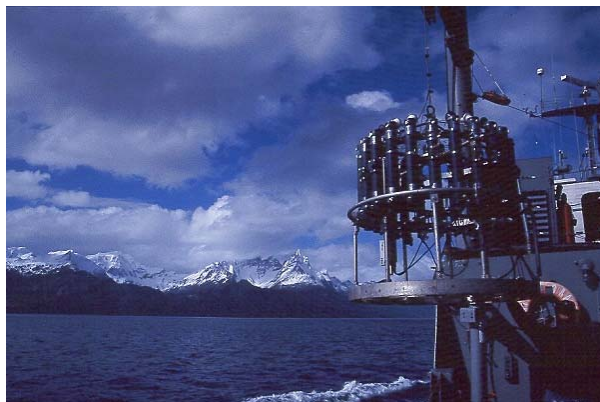


Fig. 9. CTD en fiordo Agostini. Cimar 3 Fiordo.

Crucero Cimar 4 Fiordo:

13.- Guzmán, 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). *Cienc. Tecnol. Mar*, 25 (2): (en prensa).

14.- Rojas, N. y **N. Silva**. 2002. Distribución horizontal y vertical de granulometría, C y N en sedimentos de la zona de canales australes entre

los golfos Corcovado (43° 50'S) y Elefantes (46° 30'S), Chile. (Crucero Cimar 4 Fiordo). Enviado a *Cienc. Tecnol. Mar*. (en revisión)

15.- Palma, S. y G. Aravena 2002. Distribución estacional y vertical de los quetognatos colectados entre el golfo Corcovado y el estero Elefantes. *Cienc. Tecnol. Mar*. (en prensa).



Fig. 10. Muestreo de agua en el río Aysén.
Cimar 4 Fiordo

16.- Silva, N., D. Guzmán y A. Valdenegro 2000.- Aysén Sound, Chile. En: *Estuarine systems of the South American region: carbon, nitrogen and phosphorus fluxes*. S.V. Smith, V. Dupra, J.I. M. Crossland and C.J. Crossland (Eds.). LOICZ Reports and Studies N° 15. Texel. The Netherlands, pp 55 – 64

17.- Silva, N. y R. Prego 2002. Carbon and nitrogen spatial segregation and stoichiometry in the surface sediments of southern chilean inlets (41° - 56° S). *Estuarine and Coastal Shelf Science* (in press).

VI.- Tesis de Título, realizadas con datos de los canales australes.

1.- Cerda, C. 1993. Estudio de la propagación de ondas de marea en el Estrecho de Magallanes, Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 199 pp.

2.- Silva, C. 1998. Determinación de distritos de aptitud acuícola situados en el fiordo Aysén, XI Región. Tesis de Título de Ingeniero Pesquero. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 78 pp.

3.- Pinochet, P. 1997. Caracterización oceanográfica de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 105 pp.

- 4.- Calvete, C. 1997.** Distribución de oxígeno disuelto, nutrientes y pH en las aguas de la zona de los canales entre Puerto Montt y laguna San Rafael y su asociación con la presencia de la constricción batimétrica de la isla Meninea, en el canal Moraleda. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 136 pp.
- 5.- Maturana, J. 1997.** Distribución de materia orgánica, carbono total, carbono orgánico, carbono inorgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos superficiales de la zona de canales australes, entre Puerto Montt y laguna San Rafael. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 53 pp.
- 6.- Guerrero, Y. 2000.** Distribución de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas interiores de la zona de los canales australes, entre Golfo Penas y Seno Almirantazgo. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 95 pp.
- 7. Guzmán, D. 2000.** Caracterización física y química, y estimación del balance de sal y agua en el Seno Aysén. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 68 pp.
- 8.- Celedón, V. 2001.** Sedimentología y morfología submarina de la región de los canales entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes (Chile). Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 72 pp.
- 9.- Rosenberg, P. 2002.** Composición, distribución y abundancia relativa de los cladóceros en fiordos y canales patagónicos, entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 30 pp.
- 10.- Rojas, N. 2002.** Distribución de materia orgánica, carbono y nitrógeno, y diagénesis temprana en sedimentos de la zona de canales australes entre los golfos Corcovado y Elefantes, Chile. Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 67 pp.
- 11.- Valdenegro, A. 2002.** Caracterización física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y cabo de Hornos (Cimar 3 Fiordo). Tesis de Título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 92 pp.

VII.-Referencias

- Arntz, W. y M. Gorny. 1996. Cruise Report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan "Victor Hensen" Campaign in 1994. Berichte zur Polarforschung 190. 113 pp.
- Brambati, A. 1991. Introduction to the Magellan Project. Bolletino di Oceanologia Teorica et

- Applicata, IX (2-3): 83-92.
- Brattström, H. y E. Dahl. 1951. Reports of the Lund University. Chile Expedition 1948-1949. I. General account, list of stations, hydrography. Lunds Universities, 88 pp.
- Braun, M., J. L. Blanco y J. Osses. 1993. Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII Región. Informe Técnico a la Subsecretaría de Pesca. Julio 1993, 181 pp.
- Chuecas, L. y R. Ahumada. 1980. Contribución al conocimiento de las condiciones hidrográficas de los fiordos de la región magallánica, Chile. Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo, 29(2): 95-100.
- Faranda, F. y L. Guglielmo. 1991. Oceanographic Cruise february-march 1991, Strait of Magellan. R/V Cariboo, Data Report - Part I, physical, chemical and biological oceanography. 192 pp.
- Faranda, F., L. Guglielmo y P. Povero. 1996. Straits of Magellan Oceanographic Cruise. Data Report. Nat. Prog. Ant. Res., 281 pp.
- Pickard, G. L. 1971. Some physical oceanographic features of inlets of Chile. J. Fish. Bd. Canada, 28: 1077-1106.
- Pinochet, P. y S. Salinas. 1996. Estructuras térmica y salina de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur, Chile. Cienc. Tecnol. Mar., 19: 93-122.
- Rojas, R. 1993. Crucero Polar Duke 1993, Patagonia Chilena. Informe Observador Nacional S.H.O.A., 61 pp.
- Sievers, H. y R. Prado. 1994. Contraste de las características oceanográficas del Seno Aysén, Chile, entre invierno y verano (Lat. 45° 20' S). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 29(2): 167-209.
- Silva, N., H. Sievers y R. Prado. 1995. Descripción oceanográfica de los canales australes de Chile. Zona Puerto Montt - laguna San Rafael (41°20'S, 46°40'S). Rev. Biol. Mar., 30(2): 207-254.
- Vargas, G. 1983. Investigación de la sobrevivencia del salmón. Pesca exploratoria realizada por el buque de investigación Itzumi y lancha Alevín. Ed. Japan International Cooperation Agency (JICA). Tokio, Japan., 53 pp.

VIII.- Agradecimientos

El autor agradece la cooperación en la preparación de este artículo, a los profesores Jaime Letelier (Corrientes y mareas), Boris Ramírez (Pigmentos fotosintéticos) y Sergio Palma (Macroplancton).