

CONTENIDO DE METALES (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) EN LOS SEDIMENTOS MARINOS DE LA REGIÓN PATAGÓNICA (52°-56° S), CHILE

METALS CONTENT (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V and Zn) IN MARINE SEDIMENTS OF PATAGONIAN REGION (52°-56° S), CHILE

RAMÓN AHUMADA,
ANNY RUDOLPH
SERGIO CONTRERAS

Depto. Química Ambiental. Facultad de Ciencias
Universidad Católica de la Santísima Concepción
Casilla 297, Concepción
e-mail: rahuma@ucsc.cl

Recepción: 12 de abril de 2001 - Versión corregida aceptada: 25 de febrero de 2002

RESUMEN

La región austral de Sudamérica se caracteriza por una intrincada red de canales e islas, formadas por procesos erosivos glaciares y fluvio-glaciares. Los sistemas patagónicos parte de la región austral, se inician al sur del estrecho de Magallanes y se extienden hasta el cabo de Hornos (52°-56° latitud S). Tipológicamente es posible identificar sistemas litorales como canales, cuencas y fiordos. Las cuencas interiores están conectadas a través de canales a las aguas costeras (i.e. Bocas del Estrecho de Magallanes, C. Cockburn y cabo de Hornos). La paulatina incorporación a la actividad económica de esta región, requiere de estudios del comportamiento químico de las matrices, como una forma de proteger estos ecosistemas acuáticos. El objetivo del estudio fue analizar la abundancia y distribución del contenido de metales en el sedimento i.e. Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn. Considerando la dinámica de las aguas, se seleccionó los sitios de muestreo. Se obtuvo las muestras mediante box corer para el análisis de metales menores y trazas. El análisis químico se realizó mediante Espectroscopía de Emisión Atómica con Acoplamiento Inductivo de Plasma (EEA-ICP). El error analítico fue calculado a partir de material de referencia certificado. El coeficiente de variación se utilizó para determinar la heterogeneidad de la concentración de metales en las cuencas. La abundancia de metales para los sistemas interiores fue: Ba >> Sr >> V > Zn >> Cr > Ni > Pb > Cu > Co >> Cd. Una secuencia diferente fue detectada en los sistemas abiertos.

Palabras claves: Metales menores y traza, fiordos, áreas prístinas.

ABSTRACT

The southern most coast region of South America is characterized by an intricated net of inlets and channels modulated by erosive and fluvio-glacial processes. The study area correspond to Patagonian region and its extend from Estrecho de Magallanes to the cabo de Hornos (52°-56° latitude S). The typology of the coastal zone is permitted to recognize basins that were classified as enclosed systems: channels (Estrecho de Magallanes, C. Cockburn and cabo de Hornos), basins (Seno Otway, B. Inútil and B. Nassau), fjords (Skyring, Almirantazgo and Agostini); and open areas (mouths of Estrecho de Magallanes and one station on cabo de Hornos shelf). The open areas were the outsider connections of these systems and were submitted to different hydrographic conditions (Pacific, Atlantic and Antarctic waters). Considering the peculiar conditions of these systems, in the present work the distribution of the content of metals (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V and Zn) in sediments was studied. The samples were obtained by means of a box corer. The chemical analyses were carried by Atomic Emission Spectroscopy with

Inductive Coupled Plasma (AES-ICP). The analytic error was calculated with certified reference material (MESS-2) (National Research Council, Canada (2)). The variation coefficient was used for each the minor and trace metals as a form of recognizing the variability or heterogeneously of the areas. The abundance rank of the metals for the as enclosed systems was: Ba >> Sr >> V > Zn >> Cr > Ni > Pb > Cu > Co >> Cd. Only small changes in the abundance rank of metal were observed between different basins. Different abundance rank and level of metals concentration were observed for the open system.

Key words: Minor and trace metals, fjords, pristine areas.

INTRODUCCIÓN

Las regiones circumpolares por sus características climáticas y geológicas, son zonas en que los procesos erosivos glaciares y fluvio-glaciares, han dado origen a una compleja red de canales, profundas cuencas e islas. Los sedimentos marinos como matriz ambiental, son el resumeridero de las sustancias y/o elementos producidos en forma natural o por la actividad antropogénica (Izquierdo *et al.*, 1997). De esta manera, la composición química de los sedimentos está influenciada por los procesos y equilibrios que ocurren en la columna de agua (Stumm & Morgan, 1981; Rasmussen, 1996).

Los procesos naturales de sedimentación y estratificación de sedimentos, permiten conocer la historia de las fluctuaciones de la concentración de metales en los ambientes sedimentarios (Ponce-Vélez & Botello, 1991). Se ha sugerido que en estos ambientes, las tasas de acumulación de sedimentos son altas y que las tasas de remoción de numerosos elementos químicos son también incrementadas por los cambios físico-químicos que se producen (Calvert, 1976).

El continente americano, el más austral de los continentes hemisféricos (i.e. al Sur de los 42° S), ha estado sometido a erosión de glaciar. Hace 12.000 años, los lóbulos glaciares en el extremo sur de Chile se encontraban expandidos ocupando completamente gran parte de su superficie (Clapperton, 1994). Actualmente, se observa un retroceso importante de los glaciares y un fuerte proceso de erosión fluvio-glacial. Resultado de esto, las cuencas interiores de esta región se conectan al océano, directa o indirectamente, a través de canales principales i.e. estrecho de Magallanes, canal Cockburn y canal Beagle. La región Patagónica posee ca. 1.000 km de costa y cubre un área de ca. 150.000 km².

Las características climáticas zonales y la circulación dominante producen modificaciones en las condiciones hidrográficas de las aguas que entran en el sistema i.e. sectores: Pacífico, Atlántico y Antártico. La circulación, profundidad e hidrografía de las cuencas modifican las condiciones químicas de las aguas costeras, generando condiciones locales en las cuencas interiores. Los cuerpos de agua con estructuras químicas propias, tiempos de residencia diferente y las tasas de sedimentación propias, influyen en la geoquímica y distribución de los sedimentos.

Actualmente, la escasa población (i.e. 1,2 habitantes por km²) y actividad antropogénica desarrollada en estas áreas ha permitido considerarlas como zonas de bajo impacto ambiental i.e. áreas prístinas. La paulatina incorporación a la actividad económica de estas regiones, requiere de estudios del comportamiento químico de las matrices ambientales como una forma de proteger estos ecosistemas acuáticos (Asmund *et al.*, 1989; Johansen *et al.*, 1991).

El objetivo de este estudio fue analizar la abundancia y distribución del contenido de algunos metales en el sedimento i.e. Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn, de las principales cuencas y fiordos patagónicos. Bajo el supuesto que, el intercambio de agua en estos sistemas está modulado por la geomorfología y dinámica estuarina y que las características químicas dinámicas de las aguas y las condiciones particulares de los sistemas estudiados, podrían producir cambios en la abundancia y distribución del contenido de metales en las cuencas y fiordos patagónicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La tercera etapa del Proyecto Cimar-Fiordo comprendió un área entre los 52° a los 56° de Latitud Sur. La superficie estudiada fue de ca.,

60.000 km², desde la entrada sur oeste del estrecho de Magallanes (cabo Pilar) hasta el cabo de Hornos. En esta zona se encuentran los siguientes canales: estrecho de Magallanes, canal Riesco y canal Beagle; los fiordos: Otway, Skyring, Almirantazgo, Inútil y las zonas abiertas de cabo de Hornos.

La recolección de muestras se realizó a bordo del buque AGOR "Vidal Gormaz" durante octubre de 1997, recorriendo los fiordos adyacentes al estrecho de Magallanes hasta el cabo de Hornos (52° a 55° Lat. Sur). La coordinación y planificación de los cruceros estuvo a cargo del Comité Oceanográfico Nacional (CONA).

Recolección de muestras de sedimento

Se muestreo sedimentos en 17 estaciones del área de estudio (Fig. 1). La obtención de muestras de sedimentos se realizó mediante un box corer. Éste fue sub-muestreado manualmente con tubos de polipropileno de 30 cm de longitud, los que fueron rotulados y guardados en frío.

Pretratamiento y análisis químico de las muestras

En el laboratorio se procedió a descongelar y fraccionar los sedimentos con espátulas de teflón, en intervalos de profundidad de 0-3 cm, 4-8 cm, 8-11 cm, 11-16 cm. Las fracciones fueron secadas a 70 °C durante 36 horas, disgregadas en un mortero de ágata y tamizadas. La fracción de sedimentos fue tamizada en una malla Tyler N° 250 y separado en dos fracciones si la hubiera. El ataque ácido se realizó con una mezcla HNO₃ - HF - HClO₄ a 70 °C, hasta sequedad. El residuo fue disuelto en HCl y aforado a 100 ml con agua destilada. Los metales analizados fueron Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V y Zn.

La determinación de Cr y Ba, se realizó de submuestras que fueron tratadas con una mezcla de Na₂CO₃ - Li₂B₄O₇ (2:1), digeridas con HNO₃ y aforadas a 50 ml. El Pb y el Cd fueron determinados en forma separada utilizando 2 g de sedimento. Se atacó cada muestra con HNO₃ concentrado. Se dejó en frío por 24 horas para luego calentar y aforar a 25 ml con agua bidestilada. Los reactivos usados fueron de calidad "Suprapur TM".

El análisis de metales en las muestras individuales se realizó por triplicado para todos los elementos. La excepción fue la determinación de Pb y el Cd con el objeto de lograr una mayor discriminación y a su vez una mejor precisión.

El método utilizado fue Espectroscopía de Emisión Atómica con Acoplamiento Inductivo de Plasma (EEA-ICP), Jovin Ivon Mod. Ji 38. Los análisis fueron realizados en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile. El instrumento fue calibrado con soluciones multi-elementales diluidas, preparadas de un patrón primario para cada elemento. Se usó material de referencia certificado (MESS-2, National Research Council, Canadá) para el cálculo del error, precisión analítica y exactitud. El error fue calculado en porcentaje, aceptando el valor certificado como valor verdadero. La precisión se refiere a la repetibilidad de un conjunto de medidas replicadas y fue expresado por el coeficiente de variación. La exactitud relativa corresponde a la diferencia entre la media del conjunto de resultados y el valor verdadero (Ramis & García, 1988).

Tratamiento de los datos

La información fue promediada para cada metal con el objeto de evaluar el grado de homogeneidad, considerando estadísticos de tendencia central. Se utilizó como criterio límite de un conjunto de datos homogéneos, un coeficiente de variación menor al 15% para la información estratificada de un núcleo de un sitio, y un 20% en el caso de las estaciones para un mismo fiordo. Dada la heterogeneidad de los datos, la información fue separada en zonas geográficas específicas. Las concentraciones de metales de las estaciones 2, 15 y 45, fueron consideradas por separado por encontrarse ubicadas en zonas costeras externas al sistema de canales y fiordos interiores.

Utilizando el método de los promedio de grupos de pares ponderados se realizó un análisis de "cluster". Se consideró los 17 sitios de muestreo como variables y los metales como casos, con el objeto de establecer similitudes y/o discontinuidades espaciales del sistema.

RESULTADOS

El área de estudio presentó sedimentos finos, con un diámetro de partículas <62,5 μ y de color gris verdoso. La excepción fueron las bocas del estrecho de Magallanes (Ests. 2 y 15) y la estación cabo de Hornos (Est. 45), donde el sedimento correspondió a arenas finas a medias, con diámetros entre 125 y 250 μ en el 90% en peso, de la fracción de sedimento analizada.

La Tabla I resume los valores de concentración promedio de los metales en el sedimento

de todas las estaciones muestreadas y de los diferentes intervalos de profundidad i.e. 0-3 cm, 4-8 cm, 8-11 cm, 11-16 cm. Los coeficientes de variación y los valores máximos y mínimos fueron incluidos como una forma de mostrar la heterogeneidad en la concentración de los metales analizados. Los coeficientes de variación en las zonas interiores fluctuaron entre un 46,6% para el Cu a un 12,4% para el V.

La información ordenada por cuenca y fiordo se muestra en la Tabla II. Los rangos en las concentraciones promedio de los metales en el área estudiada fueron: Ba 766,3 µg/g a 386,8 µg/g; Cd 0,5 a 0,2 µg/g; Co 16,8 a 10,4 µg/g; Cr 88,0 a 49,1 µg/g; Cu 38,4 a 15,0 µg/g; Ni 48,3 a 22,6 µg/g; Pb 31,8 a 19,4 µg/g; Sr 437,4 a 88,7 µg/g; V 166,8 a 118,0 µg/g y Zn 154,7 a 97,3 µg/g. El golfo Xaultegua posee las concentraciones más altas de Co, Cr, Ni y Pb; Almirantazgo las mayores concentraciones de Cu, Sr y V y canal Agostini las mayores concentraciones de Ba y Zn (Tabla II).

La Tabla III muestra la concentración promedio de metales medida en las zonas expuestas o exteriores a las cuencas i.e. en el estrecho de Magallanes: boca occidental, océano Pacífico (Est. 15) y oriental, océano Atlántico (Est. 2) y una estación en la plataforma continental del cabo de Hornos (Est. 45).

En el dendrograma del análisis de cluster se distinguen 3 grupos de estaciones con concentraciones de metales similares en sus sedimentos y tres estaciones distanciadas de estos grupos, considerando una distancia Euclidiana <150 unidades (Fig. 2).

Validación de resultados

La validación de resultados de toda investigación en química es función del error establecido en los procedimientos analíticos, debido a ello se utilizó material de referencia certificado (MESS- 2). El resultado del análisis del material certificado se muestra en la Tabla IV. Los porcentajes de error fluctuaron entre un 1,4% en las determinaciones de Ni y Sr a 8,3% en las determinaciones de Cd. La precisión fluctuó entre 9,09 y 0,92% y la exactitud desde -0,083 a +0,050 con un rango de 0,133.

DISCUSIÓN

Las diferencias en las características granulométricas del sedimento de las estaciones 2, 15 y 45 muestran que responden a diná-

micas distintas de las estaciones interiores (i.e. arenas y sedimentos finos, respectivamente), lo que permite que estas estaciones puedan ser usadas como referentes de los cambios producidos en las áreas continentales y por su posición determinar la influencia de las condiciones exteriores (i.e. influencia pacífica, subantártica y atlántica).

El promedio general del contenido de metales en las estaciones interiores muestra una alta heterogeneidad. Los coeficientes de variación fluctuaron entre un 46,6% para el Cu a un 12,4% para el V. Fluctuaciones del coeficiente de variación mayores a un 20% se presentaron en: Cu > Cd > Sr > Ni > Pb > Ba. En cambio, fluctuaciones iguales o menores de 20% se observaron para Cr > Zn > Co > V. En este contexto, el contenido en el sedimento de Cr, Zn, Co y V por su menor variación pueden ser considerados como los elementos más conservativos de los analizados en los sedimentos de la región Patagónica.

El patrón de abundancia de los metales en el sedimento de todas las estaciones interiores, en relación a sus promedios de concentración fue:

Ba >> Sr >> V > Zn >> Cr >> Ni > Pb ≥ Cu > Co >>> Cd

Este patrón de abundancia cambió en la secuencia de los elementos, en las estaciones influenciadas por las aguas costeras. En la boca oeste del estrecho de Magallanes (Estación 2, influencia Atlántica) el ranking de abundancia fue:

Ba >> Sr > V >> Zn > Cr >> Ni > Co > Pb >> Cu >>> Cd

En la zona de influencia subantártica (Est. 45, sector cabo de Hornos), el ranking de abundancia fue:

Sr >> Ba >> V >> Cr ≥ Zn >> Ni >> Pb ≥ Co ≥ Cu >>> Cd

Finalmente, en la boca este del estrecho de Magallanes (Estación 15, influencia Pacífica), el ranking fue:

Sr >>> Ba >>> V >> Cr ≥ Zn ≥ Ni >>> Pb ≅ Cu > Co >>> Cd

Los cambios de secuencia del Co en los patrones de abundancia en las muestras, podrían estar influenciados por el nivel de concentración semejante y la mayor variabilidad en las concentraciones de los elementos Pb, Cu y Ni.

En cuanto a la concentración promedio de metales por localidad (Ver Tabla III), éstos pueden ser considerados como valores propios de cada localidad. Los sedimentos del golfo Xaultegua mostraron las concentraciones más altas de Co, Cr, Ni y Pb y la menor concentración de Ba. Los sedimentos colectados en seno Otway presentaron los valores más bajos para Cd, Co, Cu, y V. Los promedios de Cr, Ni, Pb, Sr y Zn fueron bajos en relación a los otros sitios y Ba presentó un valor medio. Los sedimentos colectados en seno Almirantazgo presentaron valores promedio de concentración altos para Cu, Sr y V, y un valor promedio de Ni, el que correspondió al más bajo registrado en las localidades muestreadas.

En las estaciones exteriores (Ests. 15, 45 y 2), las concentraciones de metales en los sedimentos mostraron diferencias entre ellas. Sin embargo, es importante destacar la existencia de un gradiente positivo en las concentraciones, desde la estación 2 (influencia atlántica) y la estación 13 (influencia pacífica) para: Cd, Cu, Sr y Zn; y un gradiente negativo para Ba, Co, Cr, Pb y V. Los gradientes observados en ambos sentidos, presentaron valores intermedios en la estación ubicada en el sector del cabo de Hornos (Est. 45). El Ni en cambio, no presentó un gradiente definido, más bien mostró valores relativamente homogéneos en los tres sectores.

En general, las concentraciones y la variabilidad en los promedios de metales por localidad muestran que la región patagónica presenta concentraciones naturales, que derivan de la degradación de las rocas que conforman la corteza. Las concentraciones promedio de Ba cercanas a 700 $\mu\text{g/g}$ y de Cu de 20 $\mu\text{g/g}$, o de Cr aproximadamente de 90 $\mu\text{g/g}$ sólo puede explicarse por la degradación de rocas basálticas, graníticas e ígneas principalmente (Libes, 1992; Calvert, 1976). Los componentes detríticos serían los dominantes en los sistemas interiores y los procesos dinámicos corresponderían a un elemento complementario. De allí que, la sedimentación de material detrítico y los procesos autogénicos determinarían la abundancia de metales.

Los sedimentos de las estaciones exteriores en cambio, estarían dominados por procesos dinámicos y la depositación de elementos calcáreos y silíceos (radiolarios) serían modulados por procesos autogénicos. Esto explicaría la alta concentración de Sr en la estación 15, zona externa este del estrecho de Magallanes.

El dendrograma confirma la disimilitud existente en las estaciones exteriores 15 y 45. La similitud de la estación 29 respecto de estas últimas, es consistente con su ubicación intermedia y con la influencia de las aguas del Pacífico, a través del canal Cockburn. Por otra parte, la estación 2 se agrupa con cinco estaciones de la región interior patagónica, demostrando similitud en la concentración de metales, lo que debería corresponder a mayor influencia atlántica en este sector. La estación 15 se ubica en los extremos, como la localidad más disímil. La única inconsecuencia de ésta pareciera estar marcada por la Est. 26, ubicada en el seno Otway (Fig. 1).

Finalmente, con propósitos comparativos se confeccionó la Tabla V, que muestra valores promedio de concentración de metales en sedimentos marinos para diversas localidades. Estas localidades corresponden a áreas alejadas de actividad antrópica intensa y donde el análisis involucra al menos un 60% de los metales estudiados. Las concentraciones de metales encontrados en los fiordos patagónicos, están dentro del rango de variación del observado de las localidades presentadas. Los valores promedio son menores que los del mar Báltico (excepción del Sr y el V) y West Greenland (excepción de Cd, V y Zn). Finalmente, si se comparan los valores de los promedios del seno Aysén y Campos de Hielo Sur, es posible observar diferencias menores, asociadas posiblemente a la dinámica propia de las cuencas de sedimentación (i.e. Co, Cu y Pb). Otra diferencia en los promedios, puede estar asociada a la erosión de glaciales activos, como ocurre principalmente en Campos de Hielo Sur y Fiordos Patagónicos (i.e. Ba, Cr y Ni). En relación a las altas concentraciones de Zn en seno Aysén, éste se encuentra incrementado localmente por actividad antrópica (Ahumada, 1998).

CONCLUSIONES

El análisis de la información permite las siguientes conclusiones generales:

- i.- El contenido promedio en el sedimento de Cr, Zn, Co y V por su menor variación pueden ser considerados como los elementos más conservativos en la región patagónica interior.
- ii.- La abundancia en la concentración de los metales en los sistemas litorales, muestra el siguiente patrón de relación de concentra-

ción: Ba >> Sr >> V > Zn >> Cr > Ni > Pb > Cu > Co >> Cd. No obstante, esta secuencia puede cambiar ligeramente por las condiciones dinámicas y de intercambio de agua.

- iii.- El Ba se encuentra en mayores concentraciones en los fiordos más continentales y que poseen glaciares. En cambio, el Sr se encuentra en mayor concentración en zonas con intercambio de aguas en la costa abierta.
- iv.- El área analizada es una región que puede considerarse prístina por la concentración promedio de metales si se compara con otras localidades semejantes. Los cambios menores en la concentración de metales en sedimentos entre las distintas cuencas, se deberían a la dinámica propia de cada sistema.
- v.- El error analítico estimado a partir del material de referencia certificado (MESS- 2), valida la cuantificación de las concentraciones de los metales analizados.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Hacienda del Gobierno de Chile y al Comité Oceanográfico Nacional (CONA) por el financiamiento de Programa Cimar-Fiordo y específicamente por el financiamiento del Proyecto que dio origen a esta publicación. Al Capitán y tripulación del AGOR "Vidal Gormaz" por su colaboración a bordo.

REFERENCIAS

- Ahumada, R. 1998. Metales traza (Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V y Zn) en los sedimentos del Seno Aysén: Línea Base y alteraciones ambientales. *Cienc. Tecnol. Mar*, 21: 73-86.
- Ahumada, R. & S. Contreras. 1999. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en sedimentos de los fiordos adyacentes a Campo de Hielo Sur y Canal Concepción. *Revista de Cienc. Tecnol. Mar*. 22: 24-41.
- Asmund, G., P. Johansen & B. W. Falls. 1991. Disposal of mine wastes containing Pb and Zn near the ocean: An assessment of associated environmental implications in the Arctic. *Chem. Ecol*, 5: 1-5.
- Calvert, S. E. 1976. *The Mineralogy and Geochemistry of Near-shore Sediments*, In: *Chemical Oceanography*, Edited by Riley J. P. & R. Chester. Academic Press. 2nd Edition. 6: 414 pp.
- Clapperton, C. M. 1994. The quaternary glaciation of Chile: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 67: 369-387.
- Izquierdo, C., J. Usero & I. Gracia. 1997. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the Southern Atlantic coast of Spain. *Marine Pollution Bulletin*, 34 (2): 123-128.
- Johansen, P., Hansen M. M., Asmund G. & Nielsen P. B. 1991. Marine organism as indicator of heavy metal pollution-experience from 16 years of monitoring at a lead zinc mine in Greenland. *Chem Ecol*. 5: 35-55.
- Libes, S. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Willey and Sons, Inc. 734 pp.
- Loring, D. H. & G. Asmund. 1989. Heavy metals contamination of a greenland fjord system by mine waste. *Environ. Geol. Water Sci.*, 14: 61-71.
- Loring, D. H. & G. Asmund. 1996. Geochemical factors controlling accumulation of major and trace elements in greenland coastal and fjord sediments. *Environ. Geol.*, 28(1): 2-10.
- Ponce-Vélez, G. & A. V. Botello. 1991. Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiológica*, 1 (2): 1-10.
- Ramis Ramos, G. & M. C. García Álvarez-Coque. 1988. Errores experimentales, teoría de muestreo y ensayos de significación. In: M. Blanco y V. Cerdà (Eds.), *Quimiometría*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Balleterra. pp 1-36.
- Rasmussen, P. E. 1996. Trace metals in the environment: a geological perspective. *Geological survey of Canada, Bulletin 429*, 26 pp.
- Stumm, W. & J. J. Morgan. 1981. *Aquatic Chemistry: An introduction emphasizing chemical equilibria in natural water*. 2nd edition. John Wiley & Sons. New York, 780 pp.

Tabla I. Estadística descriptiva de tendencia central para la concentración de metales de muestras de sedimentos marinos obtenidos entre los 52° a los 56° Latitud Sur (n = 50).

Table I. Descriptive statistics of metal concentration on marine sediment sampled at 52° to 56° South (n = 50). October 1997.

	Metales ($\mu\text{g g}^{-1}$)									
	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn
promedio	549,2	0,3	13,2	60,4	21,9	29,7	22,6	256,5	146,4	112,4
D.E.	121,1	0,1	2,4	12,1	10,2	7,8	5,1	94,5	18,2	21,6
máx.	789,0	0,9	18,0	92,0	51,0	50,0	33,0	458,0	180,0	162,0
mín.	378,0	0,2	8,0	41,0	10,0	19,0	13,0	86,0	100,0	76,0
CV (%)	22,1	38,6	18,2	20,0	46,6	26,4	22,5	36,8	12,4	19,2

Tabla II. Promedios de concentración de metales por áreas geográficas, ubicados entre los 52° a los 56° Latitud Sur. Octubre, 1997.

Table II. Averages of concentration of metals for basins and fjords located among the 52° to the 56° South Latitude. October 1997.

LOCALIDAD	Est.	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn
GOLFO XAULTEGUA	X	386,8	0,3	16,8	88,0	20,5	48,3	31,8	245,5	135,8	118,5
n = 4 (Est. 16)	D.E	4,9	0,1	1,1	2,3	2,1	1,5	1,1	3,6	2,3	2,1
	CV	1,3	23,6	6,5	2,7	10,1	3,1	3,4	1,5	1,7	1,7
SENO OTWAY	X	518,2	0,2	10,4	61,0	15,0	25,4	21,4	205,4	118,0	101,2
n = 5 (Est. 20 y 26)	D.E	126,2	0,1	1,3	6,4	2,5	2,1	2,7	15,3	12,9	7,4
	CV	24,3	37,3	12,9	10,5	17,0	8,2	12,6	7,5	10,9	7,3
ESTR. MAGALLANES	X	480,3	0,3	14,3	55,1	16,9	32,3	23,4	229,6	147,4	98,0
n = 8 (Est. 6 y 8)	D.E	77,4	0,2	2,1	3,6	7,8	6,2	2,7	28,6	12,7	13,3
	CV	16,1	44,6	14,9	6,6	45,9	19,2	11,6	12,4	8,6	13,6
BAHÍA INÚTIL	X	471,9	0,4	11,9	49,1	17,4	28,1	19,4	189,1	141,5	100,5
n = 8 (Est. 55 y 56)	D.E	19,0	0,1	2,2	7,1	10,0	5,9	5,8	27,0	22,8	12,4
	CV	4,0	20,5	18,2	14,5	57,5	20,9	29,8	14,3	16,1	12,3
SENO ALMIRANTAZGO	X	667,8	0,3	14,6	54,3	38,4	22,6	22,4	437,4	166,8	127,1
n = 8 (Est. 51 y 53)	D.E	44,0	0,1	1,3	7,5	9,9	3,2	3,7	17,1	9,1	14,4
	CV	6,6	35,6	8,9	13,9	25,8	14,2	16,5	3,9	5,5	11,3
SENO AGOSTINI	X	766,3	0,4	12,3	77,3	28,3	33,0	29,7	88,7	161,7	154,7
n = 3 (Est. 29)	D.E	23,0	0,1	1,5	1,5	6,4	1,7	1,5	2,5	2,3	6,4
	CV	3,0	13,3	12,4	2,0	22,4	5,2	5,1	2,8	1,4	4,2
CANAL BEAGLE	X	603,9	0,4	13,0	63,4	19,7	24,4	21,1	269,6	148,6	127,3
n = 7 (Est. 39 y 40)	D.E	99,5	0,1	2,3	9,1	4,5	3,6	3,9	29,6	8,7	22,6
	CV	16,5	22,0	17,8	14,4	23,0	14,9	18,6	11,0	5,8	17,8
BAHÍA NASSAU	X	547,9	0,5	12,6	60,1	18,9	33,1	19,9	259,0	145,6	97,3
n = 7 (Est. 18 y 48)	D.E	104,2	0,2	2,0	3,5	2,0	3,5	4,2	50,4	12,6	17,8
	CV	19,0	50,3	15,8	5,9	10,8	10,7	21,1	19,5	8,6	18,3

Tabla III. Concentración de metales en estaciones exteriores a las cuencas y fiordos de la región patagónica (Est. 15, 45 y 2). Octubre, 1997.

Table III. Concentration of metals in open stations in the Patagonian Region (Ests. 15, 45 and 2). October 1997.

Localidad	Est.	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Est. 15 (n=4)	X	137,5	0,6	2,0	21,5	5,5	18,8	5,5	1560,5	42,8	19,0
Influencia	D.E	3,2	0,1	0,0	1,1	0,9	2,3	0,9	26,4	1,5	0,7
Pacífica	CV	2,3	9,1	0,0	5,2	15,8	12,2	15,8	1,7	3,5	3,7
Est. 2 (n=2)	X	389,0	0,2	18,0	61,0	5,0	22,0	11,0	242,0	236,5	80,5
Influencia	D.E	56,6	0,07	2,8	5,7	0,0	0,0	2,8	7,1	2,1	5,0
Atlántica	CV	14,5	47,1	15,7	9,3	0,0	0,0	25,7	2,9	0,9	6,2
Est. 45 (n=2)	X	296,5	0,2	6,0	37,5	4,5	14,5	7,5	480,0	96,0	35,5
Influencia	D.E	9,2	0,0	1,4	6,4	0,7	2,1	0,7	5,7	0,0	0,7
Subantártica	CV	3,1	0,0	23,6	17,0	15,7	14,6	9,4	1,2	0,0	2,0

Tabla IV. Valores promedios (seis réplicas) del análisis experimental del material de referencia certificado (MESS-2) para sedimentos marinos y error analítico estimado.

Table IV. Average value (six replicas) of the experimental analysis for the certified reference material (CRM, MESS-2) for marine sediments and estimation of analytic error.

Metal	Resultado Analítico	Desviación estándar	Valor certificado	Desviación estándar	error (%)	precisión %	exactitud
Ba	591,0	±13,0	***	***	***	2,19	***
Cd	0,22	±0,02	0,24	±0,01	8,3	9,09	-0,083
Cu	37,0	± 1,0	39,3	±2,0	5,8	2,70	-0,059
Co	13,0	±0,9	13,8	±1,4	5,8	6,92	-0,058
Cr	109,0	± 1,0	106,0	±8,0	2,8	0,92	+0,028
Ni	50,0	± 1,0	49,3	±1,8	1,4	2,00	+0,014
Pb	23,0	± 0,5	21,9	±1,2	5,0	2,17	+0,050
Sr	132,0	± 2,5	134,0	±1,9	1,4	1,89	-0,015
V	241,0	± 3,0	252,0	±10,0	4,4	1,24	-0,044
Zn	177,0	± 1,8	172,0	±16,0	2,9	1,02	-0,029

Tabla V. Concentración de metales ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos para diferentes localidades.
 Table V. Metal concentration ($\mu\text{g/g}$) on sediments from different environments.

Localidad	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn
ORW	661	-----	12	191	28	100	10	296	93	-----
BAS	769	-----	-----	-----	61	22	17	280	-----	245
SWA	285	-----	-----	-----	37	62	7	1082	-----	38
GBS	750	-----	22	90	78	43	25	130	130	110
WG	-----	0,13	-----	157	48,2	78,2	19,5	-----	130,3	84,1
SA	394	0,45	15	30	28	14	32	-----	159	128
CHS	650	0,27	12	68	18	29	28	158	122	103
FP	549	0,30	13	60	22	30	23	257	146	112

- ORW = Plataforma Continental de Oregon-Washington (Calbert, 1976).
- BAS = Sedimentos de Barents Sea (Calbert, 1976).
- SWA = Calcarenitas de la plataforma del SW de África (Calvert & Price, fide Calbert, 1976).
- GBS = Gotland Basin, Mar Báltico (Matheis, 1961 fide Calbert, 1976).
- WG = West Greenland (Loring & Asmund, 1996).
- SA = Seno Aysén, Chile (Ahumada, 1998).
- CHS = Campo de Hielo Sur, Chile (Ahumada y Contreras, 1999).
- FP = Fiordos Patagónicos, este estudio.

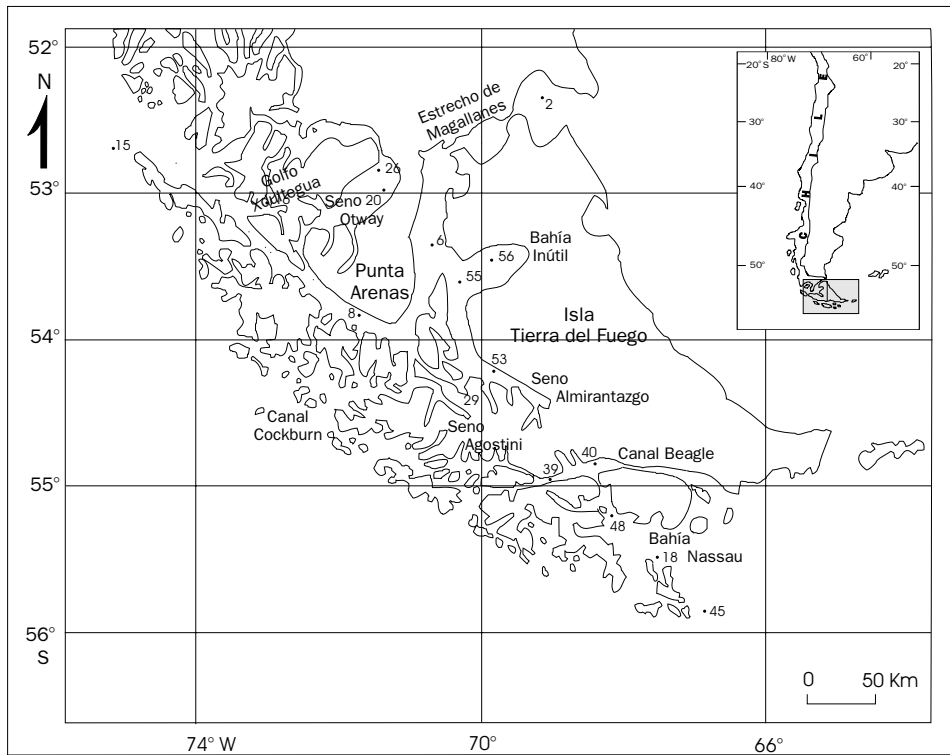


Fig. 1: Área de estudio y posición de estaciones de muestreo, Crucero Cimar-Fiordo 3. Octubre, 1997.
 Fig. 1: Area of study and stations sampling position on Cimar-Fiordo 3 cruise. October 1997.

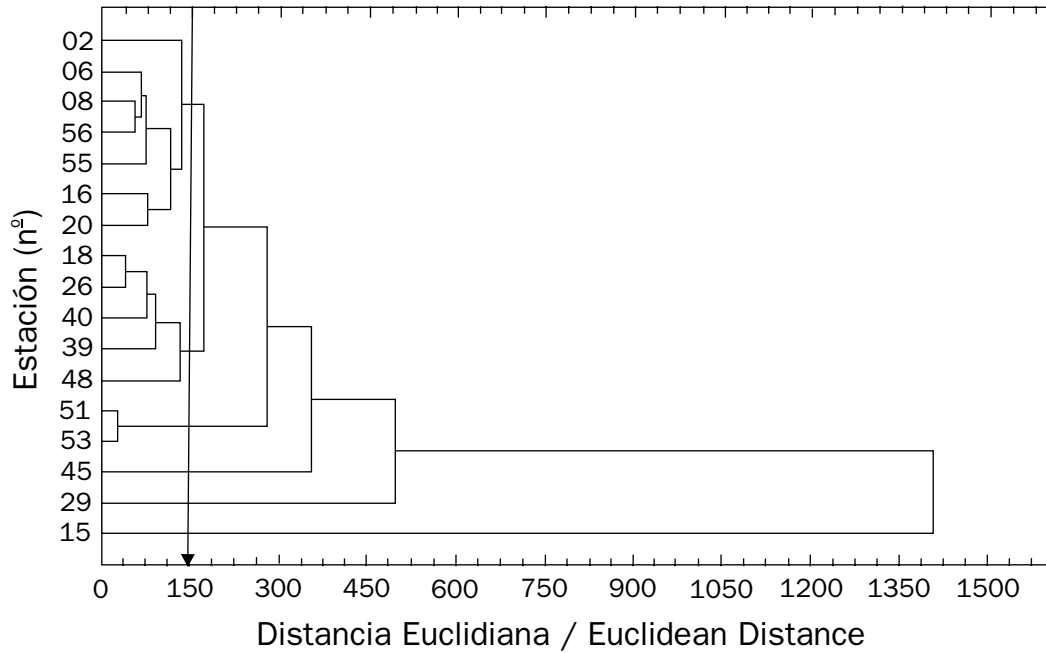


Fig. 2: Dendrograma usando el método de promedios de grupos de pares ponderados considerando el contenido de metales traza en sedimentos marinos en la región Patagónica.

Fig. 2: Dendrogram using Weighted Pair-Group Method using Arithmetic averages of trace metals content of sediment on the Patagonian Region.