

5.1 Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes

Nelson Silva

Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
E-mail: nsilva@ucv.cl

El conocimiento de las características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de los canales y fiordos australes antes del inicio del Programa CIMAR en 1995, era escaso y estaba reducido a los resultados obtenidos por la expedición italiana del cruceros del RV "Cariboo", en los veranos 1988-89 y 1989-90 (Brambati *et al.*, 1991; Lenardon, 1991; Mosca & Fontolan, 1991). Estos cruceros se centraron en la zona del estrecho de Magallanes y canales Magdalena, Cockburn, Brecknock, Ballenero, Brazo Norte y Beagle. El área entre Puerto Montt y cabo de Hornos era prácticamente desconocida, desde el punto de vista sedimentológico.

El desarrollo de los cruceros CIMAR Fiordos en la región austral, permitió entre otras mediciones y tomas de muestras, efectuar un muestreo intensivo de los sedimentos superficiales obteniéndose 74 muestras en el CIMAR 1 Fiordos en la zona entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Zona Norte); 64 muestras en la zona entre golfo Penas y estrecho Magallanes (Zona Central; CIMAR 2 Fiordos) y 36 muestras en la zona entre estrecho Magallanes y cabo Hornos (Zona Sur; CIMAR 3 Fiordos) (Fig. 1). Con esta información se pudo efectuar la primera caracterización física (textura) y química (materia orgánica, carbono orgánico e inorgánico y nitrógeno orgánico), de los sedimentos de una amplia zona de canales y fiordos australes.

La textura del sedimento no presentó una relación definida con la profundidad. En ocasiones los sedimentos finos (limo-arcillas) se presentaron en zonas profundas (300-1.000 m) y en otras en zonas someras (100-200 m). Lo mismo ocurrió con las gravas y arenas. Sin embargo, se observó una asociación directa entre la presencia de fondos cubiertos con sedimento fino y la cercanía de los glaciares. En los fiordos cercanos a Campos de Hielo Norte y Campos de Hielo Sur, la textura del sedimento fue en su mayo-

ría cercana a un 100% de material limo-arcilloso (Silva *et al.*, 1998, 2001; Silva & Ortiz, 2003).

También se observó una relación entre la textura y el contenido de materia orgánica total del sedimento (MOT). Así como los sedimentos más gruesos, compuestos principalmente por gravas y arenas, presentaron bajos valores de MOT (Silva *et al.*, 2001; Silva & Ortiz, 2003), mientras que los sedimentos finos, limo-arcillosos, presentaron altos valores de MOT (Silva *et al.*, 1998, 2001). A este patrón general, escapó el sedimento limo-arcilloso cercano a los glaciares, el cual pese a estar compuesto por material inorgánico fino, proveniente de la erosión de las rocas por acción glacial, es pobre en MOT. Esta característica se puede utilizar para discriminar la procedencia de sedimento fino en la zona.

De acuerdo a las concentraciones de MOT, carbón orgánico (C-org), nitrógeno orgánico (N-org) y la relación C:N, se determinó que la región de canales y fiordos australes puede ser segregada en áreas con concentraciones mayoritariamente altas de MOT (> 5%), C-org (> 1,6%) y N-org (> 0,2%) y en áreas con concentraciones mayoritariamente bajas de MOT (< 2%), C-org (< 0,8%) y N-org (< 0,2%) (Silva *et al.*, 1998, 2001). También se determinó áreas con contenidos intermedios de C-org y N-org, pero con contenidos muy altos de carbono inorgánico (4-10%) (Silva & Ortiz, 2002). Sobre la base del análisis conjunto de toda esta información, Silva & Prego (2002) propusieron una división de la zona austral en tres grandes áreas, Puerto Montt a la península de Taitao, península de Taitao al estrecho de Magallanes y estrecho de Magallanes al cabo de Hornos, correspondientes a las respectivas Zonas Norte, Central y Sur indicadas anteriormente.

La Zona Norte se separó en cuatro subzonas:
a) Superior, mayoritariamente de alto contenido

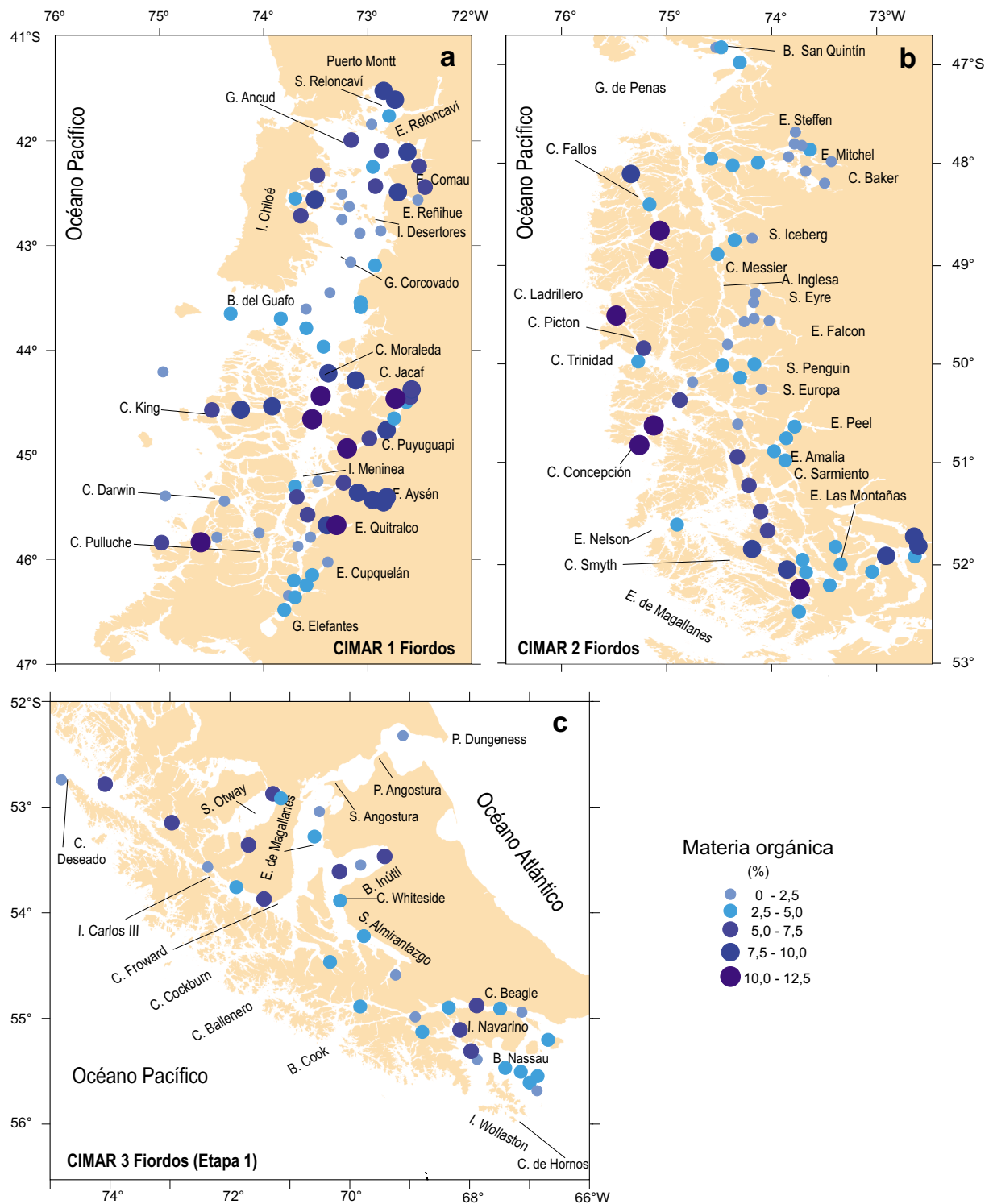


Figura 1: Distribución del contenido de materia orgánica total (%) en sedimentos superficiales de los canales y fiordos australes chilenos. a) Zona Norte, b) Zona Central y c) Zona Sur (tomado de Silva *et al.*, 1998, 2001 y Silva & Ortiz, 2002).

de C-org y N-org, b) Central, con bajo contenido de C-org y N-org, c) Inferior, con alto contenido de C-org y N-org, y d) Glaciar, con bajo contenido de C-org y N-org (Tabla I). Estas zonas se distribuyeron con una orientación general de norte a sur (Fig 1a).

La Zona Central se separó en dos subzonas: a) Occidental, de alto contenido de C-org y N-org, y b) Oriental, con bajo contenido de C-org y N-org (Tabla II). Estas zonas se distribuyeron con una orientación general de oeste a este (Fig. 1b).

La Zona Sur se separó en tres subzonas: a) Superior, de alto contenido de C-org y N-org, b) Central, con bajo contenido de C-org y N-org y c) Inferior, con alto contenido de C-org y N-org (Tabla III). Estas zonas se distribuyeron con una orientación general de norte a sur (Fig. 1b).

La mayor o menor concentración de MOT, C-org, C-inorg y N-org en los sedimentos superficiales, se consideró asociada a uno o más forzantes físicos y/o procesos biogeoquímicos, tales como, rapidez de las corrientes, nivel de producción marina autóctona, ingreso de material orgánico alóctono a través de ríos y escurrimiento costero, aporte de material inorgánico limo-arcilloso proveniente de la erosión de las rocas por los glaciares.

En el caso de los canales y fiordos afectados por la influencia de los glaciares Subzona Norte Glacial y Subzona Central Oriental, la materia orgánica en el sedimento fue muy baja, lo cual se atribuyó a una menor producción fitoplanctónica debido a la baja penetración de luz, causada por la gran cantidad de material limo-arcilloso en suspensión y al efecto de dilución del material orgánico en el sedimento, provocado por el enorme aporte de material inorgánico proveniente de los glaciares (Silva *et al.*, 1998, 2001).

En testigos de sedimentos (“cores”) obtenidos en CIMAR 4 Fiordos se observó que los valores de concentración de material orgánico en la superficie del sedimento generalmente suelen serlo hasta, a lo menos, 20-30 cm de profundidad, presentando una distribución vertical cuasi homogénea. Rojas & Silva (2003) explicaron esta distribución sobre la base de algunos pro-

Tabla I. Datos estadísticos de cada una de las variables químicas analizadas en el sedimento (%) en la Zona Norte (Puerto Montt a laguna San Rafael). DE = Desviación estándar (Tomado de Silva *et al.*, 1998).

Subzona Norte Superior						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	6,43	5,78	2,56	9,30	1,54	18
C-org	1,62	1,38	0,79	2,43	0,22	18
C-inorg	0,23	0,25	0,17	0,69	0,00	18
N-tot	0,18	0,18	0,12	0,34	0,03	18
Subzona Norte Central						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	2,04	2,24	0,87	3,87	1,10	15
C-org	0,35	0,38	0,20	0,85	0,11	15
C-inorg	0,16	0,28	0,31	1,91	0,07	15
N-tot	0,06	0,05	0,03	0,12	0,01	15
Subzona Norte Inferior						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	8,25	7,56	3,12	11,44	0,57	30
C-org	1,80	1,75	0,90	3,00	0,10	30
C-inorg	0,39	0,47	0,28	1,08	0,01	30
N-tot	0,17	0,19	0,12	0,41	0,00	30
Subzona Norte Glaciar						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	2,28	2,56	1,30	4,85	0,93	11
C-org	0,25	0,40	0,27	0,82	0,07	11
C-inorg	0,02	0,08	0,09	0,25	0,00	11
N-tot	0,03	0,04	0,03	0,08	0,00	11

cesos que pueden actuar en forma conjunta o aislada, tales como: a) bioperturbación suficientemente activa como para mantener homogéneo el sedimento, b) tasas de sedimentación suficientemente altas como para enterrar rápidamente el sedimento, evitando su descomposición diagenética, y c) descomposición del material orgánico durante su sedimentación en la columna de agua por lo que el material que se deposita en el fondo tiene una componente refractaria importante.

Por otra parte, además de la distribución vertical cuasi homogénea, también se observaron

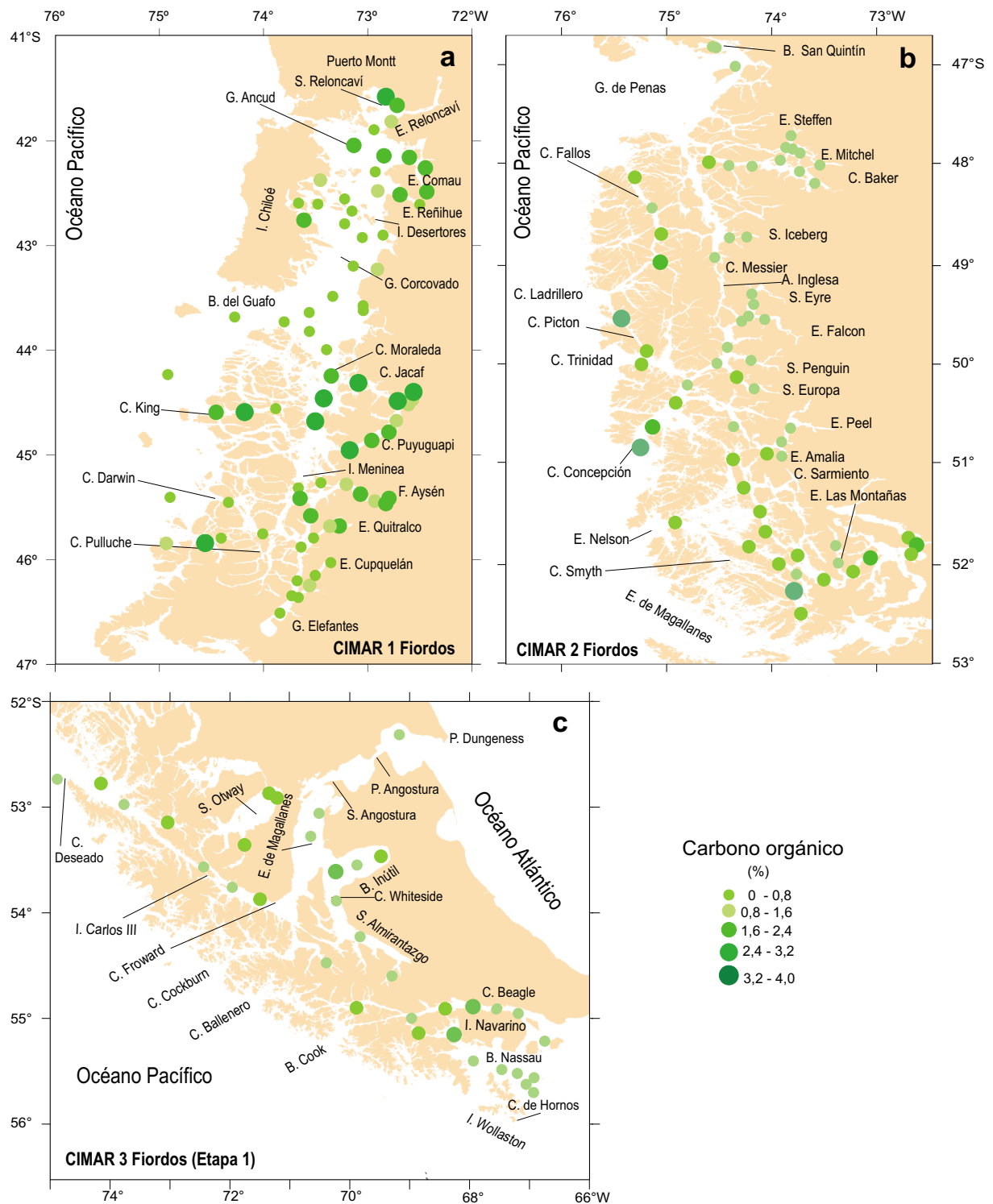


Figura 2: Distribución del contenido de carbono orgánico (%) en sedimentos superficiales de los canales y fiordos australes chilenos. a) Zona Norte, b) Zona Central y c) Zona Sur (tomado de Silva *et al.*, 1998, 2001 y Silva & Ortiz, 2002).

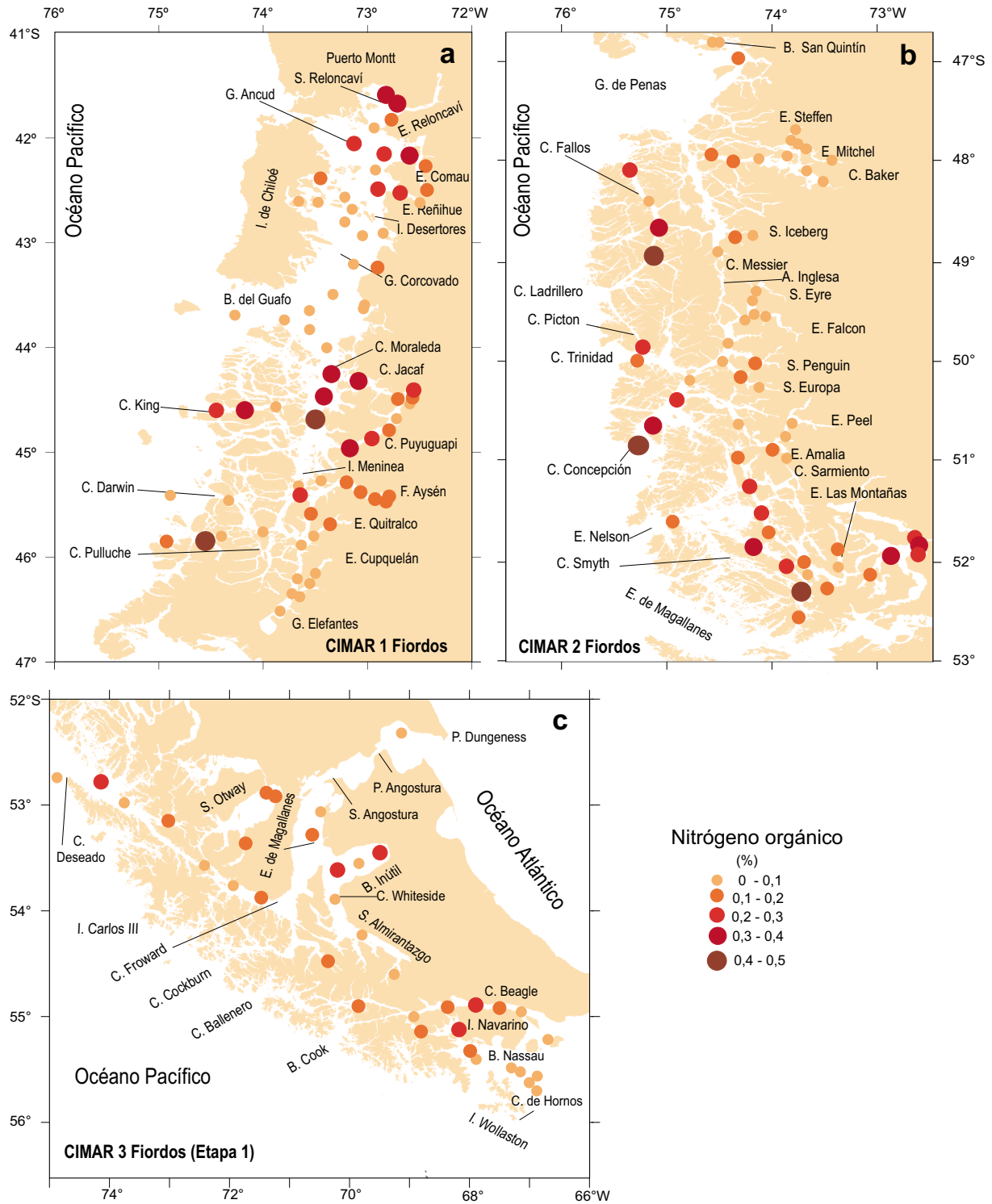


Figura 3: Distribución del contenido de nitrógeno orgánico (%) en sedimentos superficiales de los canales y fiordos australes chilenos. a) Zona Norte, b) Zona Central y c) Zona Sur (tomado de Silva *et al.*, 1998, 2001 y Silva & Ortiz, 2002).

Tabla II. Datos estadísticos de cada una de las variables químicas analizadas en el sedimento (%) para la Zona Central (Golfo de Penas a estrecho de Magallanes). DE = Desviación estándar (Tomado de Silva *et al.*, 2001).

Subzona Central Oriental						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	2,17	2,34	1,09	4,82	0,10	34
C-org	0,38	0,443	0,25	1,07	0,03	34
C-inorg	0,06	0,09	0,10	1,00	0,00	34
N-tot	0,06	0,06	0,03	0,16	0,01	34
Subzona Central Occidental						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	6,28	6,71	2,42	11,10	2,63	29
C-org	1,40	1,43	0,62	2,92	0,26	29
C-inorg	0,79	1,93	2,17	6,79	0,10	29
N-tot	0,21	0,24	0,12	0,51	0,03	29

Tabla III. Datos estadísticos de cada una de las variables químicas analizadas en el sedimento (%) para la Zona Sur (Estrecho de Magallanes a cabo de Hornos). DE = Desviación estándar (Tomado de Silva & Ortiz 2002).

Subzona Sur Superior						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	3,05	3,59	1,64	5,84	2,27	4
C-org	0,29	0,40	0,43	1,15	0,09	5
C-inorg	5,02	4,12	2,16	6,30	1,62	5
N-tot	0,06	0,07	0,08	0,22	0,01	5
Subzona Sur Central						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	4,21	4,05	1,90	6,99	0,92	23
C-org	0,90	0,90	0,59	2,18	0,12	23
C-inorg	0,15	0,22	0,16	0,55	0,01	23
N-tot	0,13	0,13	0,08	0,28	0,01	23
Subzona Sur Inferior						
Variable	Mediana	Media	DE	Máx.	Mín.	Obs.
MOT	2,39	2,89	0,55	3,85	2,01	7
C-org	0,24	0,29	0,15	0,63	0,20	7
C-inorg	6,01	5,98	3,17	10,36	0,78	7
N-tot	0,06	0,06	0,03	0,12	0,04	7

distribuciones verticales con interrupciones en su continuidad, registrándose aumentos o disminuciones bruscas en la columna de sedimento. Esto se debería, entre otros, a cambios en las tasas de sedimentación y/o deslizamientos de material lateral de composición física y/o química diferente (Rojas & Silva, 2003).

Con respecto a las tasas de sedimentación determinadas para la zona de canales australes sobre la base del decaimiento radioactivo de ^{210}Pb , se tiene información del fiordo Aysén ($0,19\text{-}0,33\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$), canal Costa ($0,28\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$), estero Quitralco ($0,47\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$), estero Cupquelán ($0,14\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$) y laguna San Rafael ($0,25\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$) (Rojas, 2002; Salamanca & Jara, 2003). Estos resultados permiten inferir que la tasa de sedimentación en la zona es alta, entre $0,19$ a $0,47\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$, lo que implica que en el fondo, la acumulación de un metro de sedimento ocurre entre 200 a 500 años.

Sobre la base del contenido del isótopo estable ^{13}C y el biomarcador lipídico Índice de Carbono Preferencial (ICP), en la sección que se extiende desde el canal Moraleda al fiordo Aysén, Pinto & Bonert (2005) determinaron que el contenido de material orgánico terrígeno en el sedimento, aumenta desde la zona oceánica hasta las proximidades de la cabeza de los fiordos continentales, donde suelen desembocar los ríos de la zona. Posteriormente, Silva *et al.* (2004) asociaron el contenido de $\delta^{13}\text{C}$ con la salinidad, encontrando que este isótopo estable se comportó como un buen indicador para determinar las zonas de influencia estuarina y de este modo, separarlas de aquellas con influencia oceánica. Los sedimentos en áreas con salinidades superficiales características de un sistema con influencia oceánica (31 a 34 psu) presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ del orden de -16 a -18 o/oo, mientras que sedimentos de áreas con salinidades superficiales características de sistemas con influencia estuarina (2 a 30 psu), presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ del orden de -20 a -26 o/oo. En cambio, el material de sedimento terrígeno tomado cerca del lago Riesco, tributario del río Aysén fue de -27 o/oo. Este tipo de indicador y el conocimiento de sus variaciones en el tiempo, registrados en el sedimento acumulado en la zona, pueden ser utilizados en el

estudio de posibles variaciones en la extensión del régimen estuarino ocurrido en el pasado reciente.

Referencias

- Brambati, A., G. Fontolan & U. Simeoni. 1991. Recent sediments and sedimentological processes in the Strait of Magellan. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 9(2-3): 217-259.
- Lenardon, G. 1991. Distribution and composition of heavy and light mineral of sands in the Strait of Magellan. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 9(2-3): 293-302.
- Mosca, R. & G. Fontolan. 1991. Preliminary results on major, minor and trace element chemistry of surficial sediments in the Strait of Magellan. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 9(2-3): 287-291.
- Pinto, L. & C. Bonert. 2005. Origen y distribución espacial de hidrocarburos alifáticos en sedimentos del seno Aysén y canal Moraleda, Chile austral. *Cienc. Tecnol. Mar*, 28(1): 35-44.
- 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 Oceanografía. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 80 pp.
- Rojas, N. & N. Silva. 2003. Distribución espacial de textura, C y N en sedimentos recientes en canales y fiordos chilenos. Golfo Corcovado (43° 50' S) a golfo Elefantes (46° 30' S), Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 26(1): 15-31.
- Salamanca, M. & B. Jara. 2003. Distribución y acumulación de plomo (Pb y ²¹⁰Pb) en sedimentos de los fiordos de la XI Región, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 26(2): 61-71.
- Silva, N. & P. Ortiz. 2002. C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región sur de la zona de fiordos y canales australes de Chile, 52°-56°S (Crucero CIMAR Fiordo 3). *Cienc. Tecnol. Mar*, 25(1): 89-108.
- Silva, N. & R. Prego. 2002. Carbon and nitrogen spatial segregation and stoichiometry in the surface sediments of southern Chilean inlets (41°-56° S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 55: 763-775.
- Silva, N., V. De Vidts & J. Sepúlveda. 2001. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, 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.
- Silva, N., L. Pinto & N. Rojas. 2004. Contribución de material orgánico terrígeno en fiordos australes chilenos. XXIV Congreso de Ciencias del Mar, Coquimbo. Libro Resúmenes, pág. 140.
- Silva N., J. Maturana, J. I. Sepúlveda & 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 (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 21: 49-74.