

PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL ESTRECHO DE MAGALLANES Y DEL CANAL BEAGLE

OCTAVIO LECAROS P.¹ Y MANUEL LORENZO S.¹

ABSTRACT: Lecaros P., O. & M. Lorenzo S. 1994. Heavy metals occurrence in sediments from the Strait of Magellan and Beagle Channel. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 29(1): 127-136.

Trace metals in whole sediment samples of 36 sites at the Strait of Magellan and Beagle Channel were determined. Emission Atomic Spectroscopy with Inductively Coupled Plasma (ICP-AES) permitted the comparison of concentration levels of the different selected stations with the referential site located at the proximity of Cabo Deseado.

Maximum concentrations in the samples are found in the following order: Mn > Ba > V > Zn > Cr > Ni > Cu > Co. Extreme concentrations fluctuated between 2,120.0 µg/g for Mn and 24 µg/g for Co. Minimum levels lie between 112 µg/g and 2 µg/g for Mn and Co respectively.

Key words: Marine sediment, heavy metals, Strait of Magellan, Beagle Channel.

RESUMEN: Lecaros P. O. & M. Lorenzo S. 1994. Se determinaron metales trazas en muestras de sedimentos totales de 36 sitios ubicados en el estrecho de Magallanes y canal Beagle. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 29(1): 127-136.

La Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Inducción Acoplado, permitió comparar niveles de concentración de las diferentes estaciones seleccionadas con el sitio referencial ubicado, próximo a Cabo Deseado.

Las concentraciones máximas en las muestras se encuentran en el siguiente orden Mn > Ba > V > Zn > Cr > Ni > Cu > Co. Las concentraciones extremas fluctuaron entre 2,120.0 µg/g para Mn y 24 µg/g Co. Los niveles mínimos se encuentran entre 112 µg/g y 2 µg/g para Mn y Co respectivamente.

Palabras claves: Sedimento marino, metales pesados, Estrecho de Magallanes, Canal Beagle.

¹ Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

INTRODUCCION

Se propuso la realización de este estudio para determinar los efectos de las actividades antrópicas en esta área subantártica rodeada por asentamientos humanos, sujeta además al habitual paso de naves que atraviesan el estrecho de Magallanes durante todo el año, como también a la recepción de los residuos domésticos y desechos industriales por

medio de emisarios procedentes de la ciudad y del parque automotriz.

Se espera establecer un catastro relacionado con la distribución de metales pesados que afectan al estrecho de Magallanes.

El estrecho de Magallanes cruza la región Subantártica del continente Suramericano. Es un canal NE a SW (sección

Atlántico) y SE a NW (sección Pacífico), que conecta ambos océanos (Fig. 1). Desde la entrada Océano Pacífico (Entre Cabo Deseado - Cabo Pilar) hasta la entrada Atlántica (Punta Dungeness) alcanza casi 570 km. Desde un punto de vista morfológico, puede ser subdividido en tres principales subcuencas.

La subcuenca oriental se extiende desde la entrada Atlántica hasta el Canal Ancho tiene una profundidad máxima de casi 70 m; incluye Bahía Lomas-Poseción, Bahía Felipe y dos angosturas adyacentes Primera y Segunda Angostura.

La subcuenca central con forma de V se extiende desde esta última hasta la Isla Carlos III que se encuentra en el brazo occidental del Estrecho, presenta una máxima profundidad de casi 550 m frente al área de Cabo Froward. Al Sur de Punta Arenas, en el lado oriental, se abre la subcuenca en una ancha bahía (Bahía Inútil), Canal Whiteside, girando hacia el interior de la Isla Grande de Tierra del Fuego con el Seno Almirantazgo.

Finalmente, la subcuenca occidental se extiende desde la Isla Carlos III hasta Cabo Deseado y Cabo Pilar, alcanzando profundidades máximas de 1100 m (Punta Davis).

Debe mencionarse las diferentes características hidrográficas. La principal se caracteriza por la presencia de varios "ríos" que se vacían a lo largo del brazo nororiental, ambos sobre el lado Patagónico y sobre Tierra del Fuego, el agua glacioluvial de los glaciares de la Cordillera Darwin (Tierra del Fuego) en el Seno Almirantazgo y Canal Magdalena,

como también el agua desde los glaciares de la Isla Inés y el extremo austral de la Península Muñoz Gamero, la cual alcanza los sectores central y occidental de la cuenca, respectivamente.

Según Brambati *et al.* (1991), arenas y gravas prevalecen en el área que se extiende desde la boca Atlántica hasta Punta Arenas. Los cienos predominan en la parte central y sur de la misma cuenca y se extienden hasta el Seno Magdalena, Bahía Inútil y presumiblemente Canal Whiteside - Seno Almirantazgo, a través de un banco de arena (Paso Boquerón) caracterizado por arenas y gravas. Más allá de Cabo Froward, en el área del Estrecho (entrada Pacífica), los sedimentos son mezclas de arena con grava, alternando - en áreas de la cuenca - con áreas en que predominan los cienos. Las gravas comprueban la activa presencia de corrientes de gran tracción afectadas además por mareas de 4 a 5 m/s.

La precipitación anual media fluctúa entre 300 mm en el sector oriental hasta más de 5000 mm en el lado del Pacífico occidental y en el área del Archipiélago Patagónico. Los vientos son muy fuertes, promediando entre los 15 y 35 km/h. Estos soplan principalmente desde los cuadrantes occidentales (en el 70% de los casos); prevaleciendo claramente los vientos noreste y oeste. Hay vientos tan fuertes que exceden los 100 km/h y son comunes en invierno y en primavera, cuando las masas de aire frío antártico circulan hacia el norte.

El estudio de los elementos trazas en los sedimentos colectados entre los sectores Cabo Froward, islas Evangelistas y Canal Beagle comprende la determina-

ción de Manganeso, Bario, Níquel, Cromo, Cobalto, Zinc, Cobre y Vanadio.

Abu-Hilal (1993), efectuó el fraccionamiento geoquímico en sedimentos superficiales del sector nororiental del Golfo de Aqaba e informó que las concentraciones medias, en la fracción litogénica, de los elementos Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn alcanzan los siguientes valores : 1,1, 10,3, 47,6, 2,6, 6.775,0, 112,6, 19,0, 32,5 y 16,5 ($\mu\text{g/g}$), respectivamente. También, estudió las fracciones no litogénicas, las que son abundantes en óxidos hidratados de Mn/Fe, cuyas fases más dominantes, contienen aproximadamente entre un 65-83% Cd, 38-88% Co, 20-79% Cr, 61-80% Cu, 47-80% Ni, 36-82% Pb, 66-73% Zn, 36-74% Mn y 23-60% de Fe, debido a la gran capacidad que tienen los óxidos de Mn/Fe para atrapar metales trazas.

Krumgalz *et al.* (1989), afirman que se producen variaciones de la concentración de metales pesados en los sedimentos marinos muestreados en la misma estación o en lugares cercanos a ella, debido a cambios estacionales, a la actividad humana o a la incorporación natural de aquellos.

MATERIALES Y METODOS

Durante el crucero oceanográfico realizado en el barco italiano "N/R OGS Explora" entre marzo y abril de 1991, se recolectaron con piston-corer a profundidades que fluctúan entre los 38 y 1.094 m, muestras de sedimentos en 36 estaciones localizadas en el estrecho de Magallanes y Canal Beagle (Tabla 1). Las muestras húmedas, fueron colocadas en bolsas de polietileno y conservadas en freezer a -43°C hasta el momento de su

procesamiento en el laboratorio.

Los sedimentos húmedos fueron descongelados, lavados con agua desionizada y centrifugados por 5 minutos a 3.000 r.p.m. y secados a 105°C . Posteriormente, cada muestra de sedimento fue pulverizada en un mortero de ágata. Para analizar el Ba, V y Mn, se pesaron 0.25 g del sedimento seco y se colocaron en un crisol de Pt fundiéndolo con una mezcla de $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ disolviendo luego con HNO_3 . Finalmente, las disoluciones fueron analizadas por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma Inducido (ICP-AES).

Para determinar Ni, Co, Zn, Cu y Cr se pesaron 0.5 g de sedimento seco y en un vaso de teflón fue digerida con una mezcla de $\text{HF} + \text{HClO}_4$ hasta sequedad total, disolviendo posteriormente el residuo con HCl. Las disoluciones respectivas fueron analizadas por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma Inducido. (ICP-AES). El Espectrofotómetro utilizado es Perkin-Elmer P 400 (secuencial). El instrumento fue calibrado con una solución diluida multielemental preparada a partir de patrones de 1000 ppm. Por cada 5 muestras leídas se intercaló una de roca estándar disuelta al igual que las muestras.

Los valores informados para estos sedimentos fueron calibrados y comparados con muestras de rocas estándares internacionales W-2 (USGS, diabase) y G-2 (USGS, granito) Tabla 2. Cada vez que los valores recomendados para estas rocas no concuerden con los valores leídos por el espectrofotómetro, se recalibró hasta lograr su equivalencia. La desviación estándar media (SD) fue

calculada solamente para las rocas estándares sobre la base de 10 lecturas.

Los valores (mg/kg) considerados por EPA/OWRS como umbrales para sedimentos marinos son los siguientes: As

33,0, Cd 31,0, Cu 136,0, Pb 132,0, Hg 0,8, Zn 760,0, Cr 25,0 y Ni 20,0 (Zarba 1989). Valores umbrales que consideramos como referenciales para nuestro estudio especialmente por el contenido de Cr y Ni.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios muestreados.

Est. N°	Coordenadas geográficas (m)	Prof.	Est. N°	Coordenadas geográficas (m)	Prof.	Est. N°	Coordenadas geográficas (m)	Prof.	Est. N°	Coordenadas geográficas (m)	Prof.
1	54°54,27'S 69°26,03'W	244	10	53°57,11'S 71°03,88'W	335	19	52°49,59'S 74°17,85'W	486	28	53°48,71'S 72°04,89'W	360
2	54°52,89'S 69°54,32'W	329	11	53°37,50'S 70°40,01'W	343	20	52°44,29'S 74°44,99'W	256	29	53°30,14'S 72°40,75'W	532
3	54°52,45'S 70°20,25'W	336	12	53°49,81'S 70°54,99'W	586	21	52°47,72'S 74°12,06'W	215	30	53°24,79'S 72°52,75'W	767
4	54°49,58'S 70°59,24'W	296	13	52°32,09'S 75°19,00'W	177	22	52°46,04'S 74°08,46'W	68	31	53°53,94'S 71°36,81'W	445
5	54°42,80'S 71°20,26'W	420	14	52°32,65'S 75°28,18'W	633	23	52°51,68'S 73°54,03'W	544	32	53°22,05'S 73°00,28'W	889
6	54°30,53'S 72°05,05'W	313	15	52°46,06'S 74°59,96'W	105	24	52°47,93'S 74°19,01'W	421	33	53°52,47'S 71°27,55'W	274
7	54°17,95'S 70°52,60'W	292	16	52°17,19'S 75°25,19'W	125	25	52°58,27'S 73°54,65'W	602	34	53°52,47'S 71°27,05'W	280
8	54°11,46'S 70°56,32'W	544	17	53°04,98'S 73°33,99'W	316	26	53°06,70'S 73°22,06'W	226	35	54°00,15'S 71°11,38'W	255
9	53°59,28'S 70°55,95'W	270	18	53°01,31'S 73°47,55'W	670	27	53°17,10'S 73°10,69'W	1094	36	53°48,27'S 70°43,69'W	38

Tabla 2. Muestras de rocas estándares internacionales W-2 y G-2.

W-2	X ppm	SD	VR ppm	G-2	X ppm	SD	VR ppm
Mn	1750	20	1630	Mn	306	10	320
V	275	9,8	262	V	38	2,0	36
Ba	168	6,3	182	Ba	1980	60	1882
Zn	80	4,8	77	Zn	91	5,0	84
Co	46	2,7	44	Co	5	0,5	5
Ni	73	4,6	70	Ni	6	0,6	5
Cr	84	5,0	93	Cr	7	0,5	9
Cu	95	6,0	103	Cu	9	1,2	11

VR: Valores recomendados por Geostandard Newsletter. K. Govindaraju 1989.

X = Media. (Geología Univ. de Chile- 1993).

SD= Desviación estándar- número de análisis 10.

RESULTADOS

Los valores obtenidos en sedimentos de

fondo marino del Estrecho de Magallanes y Canal Beagle se expresan en la Tabla 3 (µg/g).

Tabla 3. Concentraciones de metales pesados en sedimentos de fondo marino en el Estrecho de Magallanes y Canal Beagle ($\mu\text{g/g}$).

Est. N°	Mn	Ba	V	Zn	Cr	Ni	Co	Cu
1	745	740	78	60	28	7	5	13
2	1080	740	185	131	79	27	16	23
3	870	630	140	112	66	26	12	24
4	1750	420	195	117	62	29	24	44
5	2050	384	127	103	49	44	17	22
6	253	119	29	15	9	7	3	3
7	2120	634	204	124	67	38	24	26
8	1550	270	250	78	73	30	22	14
9	1060	369	140	66	53	26	13	16
10	1700	722	158	114	61	34	18	30
11	1230	393	160	90	53	28	16	14
12	1340	490	178	125	56	36	20	35
13	640	263	78	37	39	14	6	13
14	570	313	84	46	28	16	5	8
15 *	112	32	11	7	6	4	2	3
16	137	34	15	9	7	4	2	3
17	1440	387	102	93	61	54	16	29
18	590	241	74	78	49	47	10	24
19	296	146	44	43	27	25	3	14
20	333	150	41	19	21	10	4	4
21	377	158	50	24	15	9	3	4
22	440	132	57	39	26	11	4	9
23	560	233	61	64	39	36	6	19
24	780	330	110	54	44	18	10	14
25	1050	200	100	77	61	27	11	12
26	640	148	69	65	35	21	8	4
27	1660	360	112	80	59	46	14	28
28	1220	440	159	113	65	43	17	21
29	1280	350	112	87	53	43	15	21
30	1370	380	120	83	53	40	18	19
31	1100	460	150	99	57	39	18	25
32	1530	385	120	101	59	53	18	21
33	1100	400	150	97	72	29	19	11
34	1590	250	150	75	91	45	23	14
35	940	360	140	105	58	34	14	13
36	630	165	45	37	16	8	4	4

* = Sitio referencial

DISCUSION

Al comparar los resultados obtenidos de las 36 estaciones muestreadas, se observa que los niveles mínimos de metales trazas detectados, corresponden a los sedi-

mentos de la estación N° 15, ubicada en la boca occidental del Estrecho de Magallanes frente al Cabo Deseado. Estos sugieren, que este sitio elegido como referencial es adecuado. Es muy probable que por su localización se encuentre

afectado por varios factores dinámicos (Setti y Veniale 1991; Panella *et al.* 1991 y Brambatti *et al.* 1991), tales como fuertes corrientes marinas del océano Pacífico de gran tracción, con mareas de 4 a 5 m/s y vientos. Aún más, estas aguas continentales, próximas al océano Pacífico, son favorecidas por las fuertes lluvias y fluyen a través de canales y fiordos. Estos factores, en conjunto producirían un efecto de dilución para los metales trazas.

La afirmación anterior, implicaría que los sedimentos cuyas concentraciones en Ni y Cr resulten superiores a los valores umbrales publicados por la EPA/OWRS, estarían afectados por una contribución antropogénica o por una fuente natural.

En la figura 2, se compara los resultados obtenidos en las estaciones N° 15, 17 y 32.

Con respecto al Ni, su valor máximo se obtuvo en las muestras de las estaciones N° 17 y 32, ubicadas en el Estrecho de Magallanes, próximas a Punta Davis, lugar que fue afectado por el derrame de petróleo del B/T Cabo Pilar en 1987. Valores análogos contienen las muestras de las estaciones N° 18, 27, 28, 29 y 30.

Es notable destacar los valores altos en Ni y Cr propios de las estaciones 33, 34 y 35 ubicadas frente a Cabo Froward, el cual constantemente recibe aguas de deslastres de barcos petroleros, cuyos estanques, como es sabido, están revestidos de compuestos que contienen distintos metales pesados, contribuyendo también como fuente de origen.

De la misma manera, presentan altas concentraciones de Cr los sedimentos de la estaciones N° 7, 8, 9, 10, 11 y 12 (Canal Magdalena y puntos contiguos al Cabo Froward). La fuente de origen antropogénico y natural, sería esta ruta usual de barcos factorías y pesqueros procedentes de zonas de pesca subantárticas y antárticas que, además recibe la contribución glaciofluvial continental.

El Ba y Zn se encuentran en niveles máximos que fluctúan entre 740 y 131 ppm respectivamente y proceden de los sedimentos colectados en las estaciones N° 1, 2, 3, 4 y 5. (Sector occidental del Canal Beagle), decreciendo hacia el Pacífico, lo cual presupone un efecto de dilución. La ocurrencia máxima en estaciones próximas a isla Navarino y Ushuaia (Argentina), tendría como fuente de origen los trabajos que se realizan en los yacimientos argentinos de petróleo. Los sedimentos de la estación N° 6, ubicada en el Canal Cockburn, próximo al océano Pacífico exhiben concentraciones más bajas que las detectadas en las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente, afectada notablemente por el efecto de dilución señalado.

La concentración máxima en Cu (44 ppm) se obtuvo en los sedimentos muestreados en la Estación N° 4, sector del Canal Ballenero. También, presentan valores altos en cobre los sedimentos de las estaciones N° 12 y 10 (35 y 30 ppm), localizadas entre Cabo Froward e Isla Dawson. Su presencia se debería a aportaciones naturales, industriales y de las naves que utilizan estos sectores, en forma permanente, como vía de acceso.

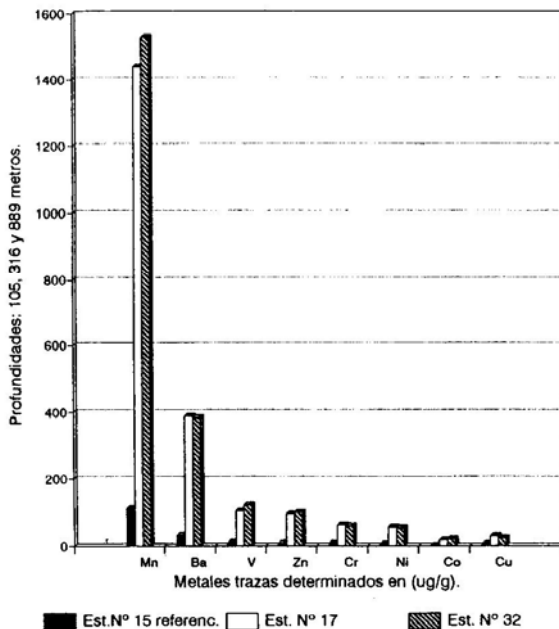


Fig. 2. Niveles de metales pesados en las estaciones N° 15 (conc. mínima) referencial y las N° 17 y 32 (conc. máximas).

Asimismo, con relación al Co, sus valores máximos se obtuvieron en sedimentos de las profundidades del Canal Ballenero, estación Nº 4, estación Nº 7 (Canal Magdalena) y Nº 34 contigua a Cabo Froward, 24 y 23 ppm, respectivamente). Las estaciones Nº 7, 8, 9, 10, 11 y 12, ubicadas entre el Canal Magdalena y su salida al Estrecho de Magallanes, exhiben también niveles altos de cobalto (13 a 24 ppm). Aún más, las estaciones Nº 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34 - entre la península de Córdova y Cabo Froward - presentan igualmente concentraciones altas en este elemento (14 - 23 ppm). Los sedimentos de las estaciones indicadas al igual que en el caso del cobre estarían permanentemente afectadas por el paso de pesqueros y por la contribución natural de aguas continentales.

Los sedimentos procedentes de las

estaciones Nº 7 y 5 (Canal Magdalena y Canal Ballenero), presentan las concentraciones máximas en Mn (2.120,0 y 2.050,0 ppm). Las elevadas concentraciones de este componente sedimentario, evidencian la existencia de nódulos de manganeso/hierro, los cuales absorben, enriquecen e incorporan permanentemente metales pesados (Zurita 1989, Fergusson 1991).

Mosca y Fontolan (1991), determinaron por espectrofotometría de absorción atómica niveles de metales trazas en sedimentos de estaciones ubicadas frente y en las proximidades de Cabo Froward. Algunos de sus resultados son: Cr (35 a 66 ppm), Cu (16-31 ppm), Ni (27-46 ppm) y Zn (53-118 ppm), comparables con los obtenidos en nuestro trabajo, a pesar de emplear técnicas analíticas instrumentales diferentes.

AGRADECIMIENTOS.

Al Sr. Jaime Martínez S., del Dpto. de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, por los análisis ICP-AES.

LITERATURA CITADA

- Abu-Hilal, A. 1993. Observations on Heavy Metal Geochemical Association in Marine Sediments of the Jordan Gulf of Aqaba. *Marine Pollution Bulletin* 26(2): 85-90.
- Brambati, A.; Fontolan G. & U. Simeoni. 1991. Recent Sediments and Sedimentological Processes in the Strait of Magellan. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*. Vol. IX Nº 2-3: 217-259.
- Fergusson, E.J. 1991. The Heavy Elements In: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press Oxford-New York- Seoul-Tokyo.
- Krumgalz, S.B.; Fainshtein, G.; Sahler, M. & L. Gorfunkel. 1989. "Field Error" Related to Marine Sediment Contamination Studies. *Marine Pollution Bulletin*. 20(2):64-69.
- Mosca, R. & G. Fontolan. 1991. Preliminary Results on Major, Minor, and Trace Element Chemistry of Surficial Sediments in the Strait of Magellan. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*. Vol. IX Nº 2-3: 287-291.

- Panella, S.; Michelato, A.; Perdicaro, R.; Magazzù, G., Decembrini, F. & P. Scarazzato. 1991. A preliminary contribution to understanding the hydrological characteristics of the Strait of Magellan: Austral Spring 1989. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*. Vol. IX N° 2-3: 107-126.
- Setti, M. & F. Veniale. 1991. Bottom sediments in the Strait of Magellan: mineralogy of the fine fraction (< 62 μ m). *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*. Vol. IX N° 2-3: 193-202.
- Zarba, Christopher. 1989. National Perspective on Sediment Quality. In: *Contaminated Marine Sediments- Assesment and Remediation*. 493 p. National Academy Press. Washington, D.C.
- Zurita, G. 1989. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Publicación INOCAR, Ecuador, 5(1):117-130.