

METALES PESADOS EN *Macrocystis pyrifera* (HUIRO) DE LA COSTA DEL ESTRECHO DE MAGALLANES.

OCTAVIO LECAROS P.¹ y M. SOLEDAD ASTORGA E.¹

Octavio Lecaros¹ y M. Soledad Astorga¹: Heavy Metals in *Macrocystis pyrifera* (giant kelp) from the strait of Magellan Coasts.

Heavy metals content (copper, zinc, manganese, aluminum and iron) in the giant kelp (*Macrocystis pyrifera*), as an indicator of environmental pollution, were analysed in coastal waters of the Strait of Magellan.

Analysis were done by using atomic absorption spectrophotometry techniques. Results show high Zn and Fe contents in plants collected at the Río Seco site, Laredo bay, Pérez de Arce area and Carrera Point. Also, high concentration of Cu and Al were found in plants from the oriental entrance of the Strait of Magellan, Gregorio bay and Leña Dura. The bioaccumulated iron is 20 times higher than the value reported by Etcheverry and López (1982), while copper concentration seems to be 188 times lower.

Theses results prove some degree of environmental pollution with heavy metals in the studied sites of the Strait of Magellan.

Key words: Heavy metals, *Macrocystis pyrifera*, Strait of Magellan.

¹ Facultad de Ciencias, Depto. Cs. y RR. Naturales. Universidad de Magallanes. Casilla 113-D, Punta Arenas. Chile.

INTRODUCCION

Este estudio pretende determinar la contribución a la contaminación antropogénica por metales pesados, ocasionada por la extracción petrolera en áreas de "costa afuera", terminales de embarque de hidrocarburos, industrias pesqueras, frigoríficas, emisarios de aguas servidas, localizados en diferentes sectores costeros del estrecho de Magallanes.

Además, se espera contribuir a establecer un catastro regional referencial de los metales pesados presentes en las costas del estrecho, que permita compararlos con los que aportan y continuarán aportando las industrias instaladas en sus orillas.

La presencia de metales pesados tales como Cd, Co, Ni, Zn, Pb, Hg, Fe y ocasionalmente Bi, ha sido mencionada en numerosos trabajos científicos que los

relacionan con diversos organismos y órganos.

Establier (1977), afirma que desde los desastres ocurridos en Minamata y Niigata en el Japón, la atención mundial sobre la contaminación producida por metales pesados se ha incrementado porque estos son casi todos tóxicos y peligrosos. Papakostidis *et al.* (1975).

Según Wong *et al* (1979), Bohn (1979), Aulio (1983), Maher & Clarke (1984), Tubbs & Tubs (1983) el análisis de los tejidos de algas colectadas en áreas contaminadas con relaves mineros, desechos de lixiviación o próximas a minas revela contenidos más altos en metales pesados.

La composición química de *Macrocystis pyrifera* (huairo), según Etcheverry (1958), comparada con las plantas terrestres, es mucho más sencilla, corresponde aproximadamente a un 85% de agua y un 15% para los demás componentes, que son sales minerales y materias orgánicas.

Entre las sales figuran los cationes K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{+++} y Al^{+++} (trazas) y los aniones SO_4^{-2} , PO_4^{-3} , I^- , Br^- y CO_2 . La riqueza en sales de las algas, es sensiblemente constante en todas ellas, a pesar de encontrarse en distintos mares con diferentes salinidades.

El estudio efectuado por Etcheverry & López (1982) en *Macrocystis pyrifera* de Chile (Puerto Toro, XII

Región) señala que los metales pesados Cu y Fe se encuentran en niveles 56,4 y 59,1 ppm, respectivamente. Resultados que no difieren de los encontrados para la misma especie en otras localidades como Nueva Zelandia, California y Vancouver.

En cambio, Sears, Pecci y Cooper (1985) determinaron que los niveles de metales pesados en algas procedentes de zonas costera a profundidad y alejadas de la población, costa afuera, en Pigeon Hill y Block Island, eran bajos comparados con los valores publicados para varias algas del Atlántico oriental y occidental, de manera que sus datos constituyen una línea de base muy prístina en la comunidad béntica en el Atlántico noroccidental.

MATERIALES Y METODOS

Muestras de *M. pyrifera* (huairo) fueron recolectadas en aguas costeras del estrecho de Magallanes durante los años 1990-1991. Los 17 sitios seleccionados para el muestreo que se señalan en la Fig.1 corresponden a áreas identificadas como: Dungeness 1, Dungeness 2, BRP, Primera Angostura, Río Oscar, Bahía Gregorio, Cabo Negro, Bahía Laredo, Río Chabunco, Río Seco, Tres Puentes, Puerto Punta Arenas (sectores Pérez de Arce y Leña Dura), Agua Fresca, Punta Carrera, Bahía Mansa, Puerto Percy y Seno Otway, este último seleccionado como lugar de referencia.



Fig. 1 Sectores de recolección de *M. pyrifera* (huiro) en el estrecho de Magallanes.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se exhiben las concentraciones (en ug/g en base a peso seco) de

los metales Zn, Fe, Mn, Cu y Al determinados en *Macrocyctis pyrifera* (huiro) recolectado en el intermareal de diferentes sectores del estrecho de Magallanes.

Tabla 1. Concentraciones de metales pesados en *M. pyrifera* (huiro) colectado en el Estrecho de Magallanes.

Lugar	DISTANCIA		Zn (ug/g)		Fe(ug/g)		Mn(ug/g)		Cu(ug/g)		Al(ug/g)	
	(°)	(km)	X	DER	X	DER	X	DER	X	DER	X	DER
Dungeness 1	D1	10	11.32	0.89	72.84	3.09	5.29	2.59	0.49	14.55	23.08	2.85
Dungeness 2	D2	20	5.35	1.25	187.82	3.09	8.23	1.26	0.37	23.42	48.42	5.74
BRP	BR	30	4.53	2.27	184.18	2.38	7.38	6.78	2.26	5.49	52.46	0
P. Angostura	PA	60	8.99	2.67	284.64	1.67	12.17	3.11	1.66	2.59	69.81	8.64
R. Oscar	RO	110	5.09	3.11	81.86	1.8	6.59	4.69	1.45	7.15	15.93	2.76
El Gregorio	BG	120	4.52	9.19	428.32	5.99	15.29	2.59	0.87	10.68	40.39	5.72
P. Percy	PP	130	3.22	4.28	193.07	3.57	7.7	3.48	0.62	0	36.45	2.88
C. Negro	CN	140	7.11	1.52	288.66	8.61	8.11	1.49	0.31	14.42	117.34	3.79
S. Otway	SO	155	7.23	3.42	159.81	6.38	7.72	4.73	0.78	0	42.54	8.92
El Laredo	BL	165	20.79	3.01	147.46	5.58	5.29	1.87	0.75	874	54.57	10.02
R. Chabunco	CH	170	9.88	4.09	444.99	3.75	4.66	2.7	0.59	4.53	21.3	5.27
R. Seco	RS	178	23.41	2.98	1186.78	8.39	8.2	1.27	0.54	6.12	78.9	13.46
T. Puentes	TP	188	11.55	4.36	236.16	50.17	5.4	0	0.53	0	6.09	2.64
P. de Arce	PD	192	15.05	5.42	60.59	8.78	4.2	3	0.71	7.05	0	0
L. Dura	LD	198	10.28	9.49	267.01	11.87	496	9.38	0.78	6.45	33.43	9.26
Agua Fresca	AF	214	4.44	7.29	57.11	8.14	6.99	1.6	0.67	5.7	22.97	8.44
P. Carrera	PC	235	23	3.93	244.12	1.31	7.41	2.59	0.68	12.08	49.83	17.95
B. Mansa	BM	238	5.47	4.53	217.54	7.24	5.01	2.51	0.35	0	22.34	6.74

(*) : Lugar

X : Media aritmética

DER : Desviación estándar relativa x 100

(ug/g) : Base peso seco

Los materiales de plástico, poli-propileno y de teflón utilizados en el procesamiento de las muestras, fueron previamente acondicionados con HNO₃ 1 M durante 12 horas, siguiendo la metodología de Loring & Rantala (1977).

El HNO₃ utilizado fue de calidad pro analysi Merck (Art. 452), con un contenido máximo de 5×10^{-7} % de Hg y los estándares ocupados en la determina-

ción de los metales pesados fueron de tipo Titrisol Merck.

Una vez colectadas, las muestras de huiro fueron lavadas con agua de mar *in situ* según procedimientos señalados por Wong *et al* (1979), Bohn (1979) y Tubbs (1983).

Para efectuar la determinación de Zn, Fe, Al, Mn, Cu y Cd, las muestras de

huiro fueron sometidas a la mineralización húmeda, aplicando el tratamiento empleado por Sears, Pecci y Cooper (1985), digiriendo 1 g de muestra homogeneizada y seca con HNO_3 concentrado, excepto para la determinación de Hg. Este metal se procesó (peso húmedo), empleando bomba Parr y utilizando la técnica del vapor frío. En cambio, en la determinación de As se preparó la mezcla oxidante HNO_3 , HClO_4 y H_2SO_4 (10:3:2 v/v), probada por Maher & Clark, (1984). Finalmente, las soluciones resultantes fueron analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de los análisis efectuados en las muestras de huiro recolectadas en el estrecho de Magallanes en $\mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$. Aunque se investigaron no fueron detectados Cd, As y Hg.

NIVELES DE ZINC EN *M. pyrifera*

La Tabla 1 señala que las concentraciones de zinc en *M. pyrifera* (huiro) fluctúan entre 4,53 y 23,41 ($\mu\text{g}/\text{g}$ base peso seco). El gráfico presentado como Fig. 2 compara los niveles de zinc determinados en estas algas.

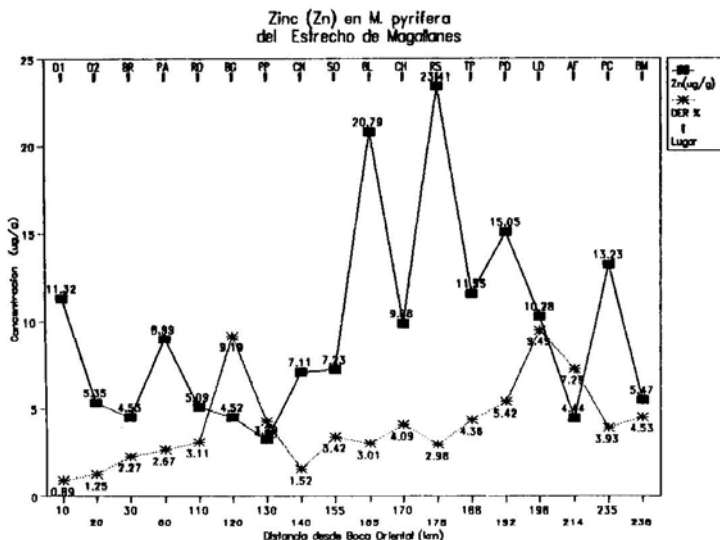


Fig. 2 Concentración ($\mu\text{g}/\text{g}$) de Zinc en frondas de *M. pyrifera* (huiro) en el sector del Estrecho de Magallanes. El eje horizontal indica la distancia en kilómetros de las estaciones, desde la transecta Cabo Dungeness-Bahía Mansa.

Los valores más altos corresponden a las muestras colectadas en el área costera de Río Seco (23,45 $\mu\text{g/g}$). Este sector recibe los desechos industriales de frigoríficos, industria lanera, emisarios domésticos e industrias pesqueras instaladas en sus alrededores.

Destacan también las concentraciones de Zn halladas en las muestras de huiro muestreadas en Bahía Laredo con valores que alcanzan a los 20,7 ($\mu\text{g/g}$), nivel de Zn que se debería a la intensa actividad metalúrgica existente en el área muestreada.

Es interesante destacar que las algas colectadas en Tres Puentes, sectores calle Pérez de Arce y de Leña Dura presentan concentraciones que fluctúan entre 10,3 a 15,1 ($\mu\text{g/g}$). Estos aportes significativos se originarían en un astillero, emisarios urbanos y colectores de alcantarillados, además de los generados por el movimiento portuario. Dungeness 1, tendría su probable fuente en el trabajo de plataformas costa afuera.

El valor encontrado en las muestras de Punta Carrera es de 13,3 ($\mu\text{g/g}$), medianamente alto con respecto a los demás resultados, sugiere como fuente de contaminación natural lo aportado por el río Blanco en ese sector. Como ya lo han señalado Bohn (1979) y Wong *et al.* (1979), las algas acumulan concentraciones de Zn y Fe, especialmente si se hallan próximas a relaves mineros o a minas de plomo/zinc.

NIVELES DE FIERRO EN *M. pyrifera*

Los niveles de fierro en las algas

recolectadas en las diferentes áreas del estrecho fluctúan entre 1.186,8 y 57,1 ($\mu\text{g/g}$) en base a peso seco. El valor máximo corresponde a Río Seco sector rural que alberga a diversas industrias pesqueras, planta lanera, frigorífico, etc., el cual recibe además de los desechos domésticos del sector, el lixiviado de el ex-botadero municipal. El nivel mínimo de fierro se observa en las muestras de Agua Fresca (Fig. 3).

Al comparar los resultados obtenidos en las diferentes estaciones muestreadas (Fig. 1), se puede advertir que presentan altas concentraciones en fierro las algas procedentes de bahía Gregorio y río Chabunco, del orden de 428 y 444 ($\mu\text{g/g}$). El primero como es sabido corresponde a un terminal petrolero y el segundo a aporte natural incrementado por alguna fuente industrial instalada alrededor del aeropuerto.

Etcheverry & López (1982) establecen que las muestras de huiro recolectadas en Puerto Toro (XII Región) contienen 59,1 ppm de Fe, resultado que podríamos considerar referencial por su completo alejamiento del estrecho de Magallanes. Sin embargo, las concentraciones máximas de fierro determinadas en huiro del estrecho de Magallanes, sobrepasan casi 20 veces los niveles de fierro bioacumulados por las algas estudiadas por estos investigadores.

Parece evidente que en el transcurso de casi 10 años los niveles de fierro en las algas han aumentado por bioacumulación del metal procedente de las diferentes fuentes señaladas.

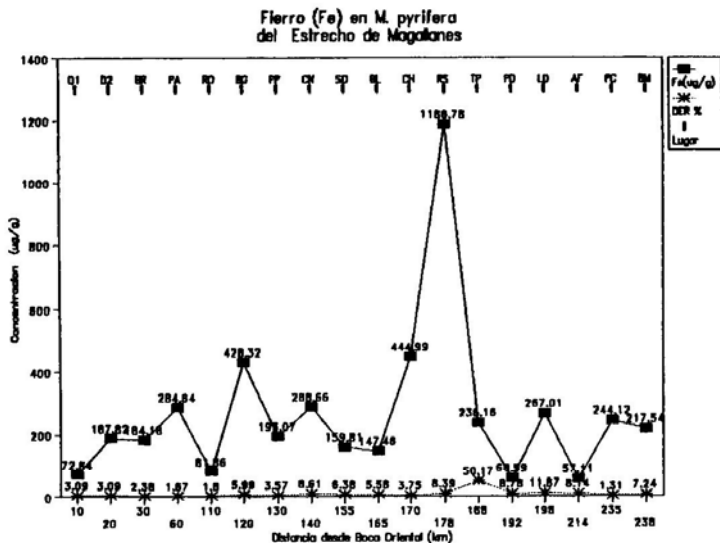


Fig. 3 Concentración ($\mu\text{g/g}$) de Fierro en frondas de *M. pyrifera* (huiro) en el sector del Estrecho de Magallanes. El eje horizontal indica la distancia en kilómetros de las estaciones, desde la transecta Cabo Dungeness-Bahía Mansa.

NIVELES DE MANGANESO EN *M. pyrifera*

La concentración de manganeso en el huiro muestreado en el estrecho de Magallanes fluctúa en un rango comprendido entre 5 a 15,3 ($\mu\text{g/g}$) en base a peso seco. El nivel más alto 15,3 ($\mu\text{g/g}$) corresponde a las muestras tomadas en bahía Gregorio, área que corresponde a un terminal petrolero (Fig. 4).

En las muestras de huiro colectadas en la Primera Angostura del estrecho la concentración de manganeso alcanza a 12,2 ($\mu\text{g/g}$). Este sector permite la comunicación del continente con la isla Grande de Tierra del Fuego por medio de barcas durante todo el año. Recibe, además, permanentemente los efectos de la navegación que la cruza longitudinalmente. La forma de este canal angosto hace que tenga una dinámica muy fuerte.

Manganeso(Mn) en *M.pyrifera*
del Estrecho de Magallanes

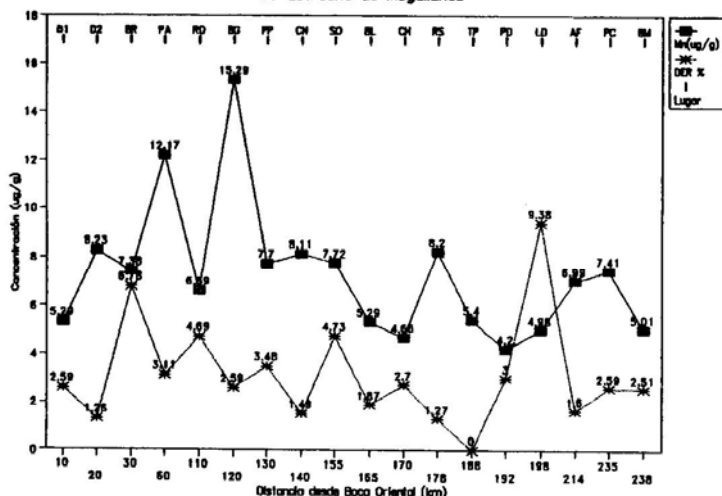


Fig. 4 Concentración ($\mu\text{g/g}$) de Manganeso en frondas de *M. pyrifera* (huiro) en el sector del Estrecho de Magallanes. El eje horizontal indica la distancia en kilómetros de las estaciones, desde la transecta Cabo Dungeness-Bahía Mansa.

Al estudiar la gráfica (Fig. 4) es posible verificar que el manganeso de las algas de los sectores de Dungeness 2, Río Seco y Cabo Negro son muy similares (fluctúan entre 8 y $8,2 \mu\text{g/g}$) y representan lugares de intenso trabajo petrolero, industrial y de terminales.

Interesantes resultan los niveles de manganeso en las algas de seno Otway, Punta Carrera, río Oscar, Puerto Percy y BRP, con valores comprendidos entre 7 y $7,7 \mu\text{g/g}$, los cuales estarían recibiendo aportes naturales. Con respecto a seno

Otway, que seleccionamos como referencial, se puede establecer que de alguna manera se ve afectado por la explotación de carbón. Puerto Percy y BRP son importantes terminales de embarque y recepción de petróleo.

NIVELES DE ALUMINIO EN *M. pyrifera*

La concentración de aluminio en las muestras de huairo recolectadas en el estrecho de Magallanes fluctúa entre 6,1 y $117,3 \mu\text{g/g}$, en base a peso seco (Tabla 1). La comparación de valores (Fig. 5)

permite apreciar que sobresale el nivel de aluminio en las muestras procedentes del área de Cabo Negro 117,3 ($\mu\text{g/g}$). Esta

área corresponde a un importante muelle de carga y descarga de buques petroleros.

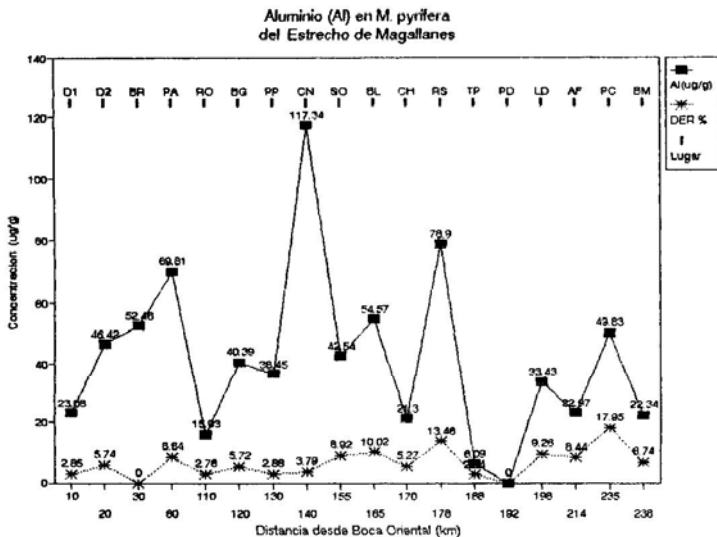


Fig. 5 Concentración ($\mu\text{g/g}$) de Aluminio en frondas de *M. pyrifera* (huir) en el sector del Estrecho de Magallanes. El eje horizontal indica la distancia en kilómetros de las estaciones, desde la transecta Cabo Dungeness-Bahía Mansa.

La concentración de aluminio en las muestras procedentes del área de Río Seco alcanza a 78,9 ($\mu\text{g/g}$), el cual corresponde a un área industrial suburbana que está recibiendo continuamente los desechos propios del sector. Las muestras de alga colectada en la Primera Angostura del estrecho de Magallanes presentan concentraciones del orden de 70 ($\mu\text{g/g}$).

Se han obtenido también resultados significativos, en las muestras procedentes de bahía Laredo, BRP, Punta Carrera y seno Otway. Los dos primeros, corresponden a lugares de intenso trabajo metalúrgico y de recepción de petróleo. Los dos últimos son sectores aparentemente libres de actividad antrópica (49,8 y 43,5 $\mu\text{g/g}$). Por lo que es posible suponer la existencia de otra fuente.

NIVELES DE COBRE EN *M. pyrifera*.

En la Tabla 1 se puede ver que la concentración de cobre en el huiro estudiado fluctúa entre 0,4 y 2,3 ($\mu\text{g/g}$). El valor máximo corresponde a las muestras recolectadas en BRP. Le siguen la Primera Angostura del estrecho con 1,7 y Río Oscar 1,5 ($\mu\text{g/g}$) (Fig. 6).

Las concentraciones de cobre en las muestras de huiro procedente de los otros puntos del estrecho de Magallanes son menores de 1,0 ($\mu\text{g/g}$) en base a peso

seco. Pero, al compararlas con lo reportado por Etcheverry & López (1982), nuestro resultado es 24,5 veces menor e incluso, los más bajos determinados en este trabajo, son menores en casi 72 veces. Diferencia que se debería al empleo de materiales y métodos distintos, los cuales no permiten comparar los resultados, o bien a que estas algas no bioacumulan cobre. Esto, coincide con lo observado por Aulio (1983), al afirmar que, las algas verdes no muestran una tendencia acorde para Cu, Zn y Mn. No así para otros metales como el Fe.

Cobre (Cu) en *M. pyrifera*
del Estrecho de Magallanes

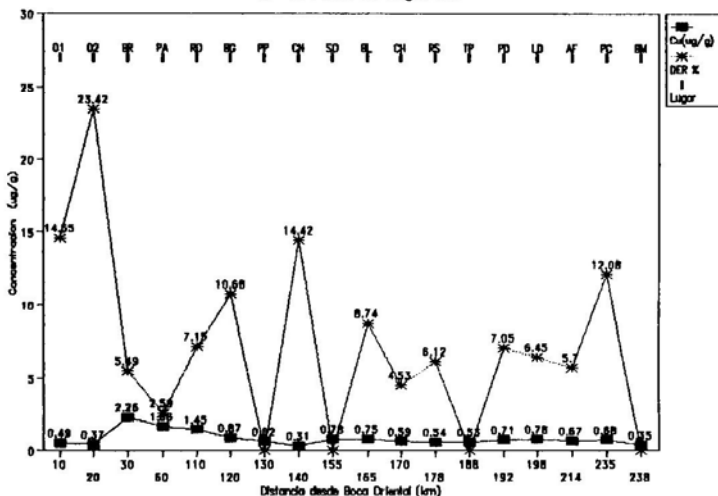


Fig. 6 Concentración ($\mu\text{g/g}$) de Cobre en frondas de *M. pyrifera* (huiro) en el sector del Estrecho de Magallanes. El eje horizontal indica la distancia en kilómetros de las estaciones, desde la transecta Cabo Dungeness-Bahía Mansa.

CONCLUSIONES

1. Se ha logrado ampliar la información relacionada con la presencia de metales pesados Fe, Cu, Mn, Zn y Al bioacumulados por el alga parda *Macrocystis pyrifera* recolectada en el intermareal en diferentes lugares del estrecho de Magallanes.

2. Seno Otway, área seleccionada de referencia, libre de contaminación antropogénica, presentó una bioacumulación en metales pesados superior a la encontrada en el huiro colectado en los diferentes sitios localizados en el estrecho de Magallanes.

3. Los niveles más altos en Zn se encontraron en las algas recolectadas en el intermareal sector río Seco, Dungeness 1, bahía Laredo, emisario de calle Pérez de Arce y Punta Carrera. Lo anterior, coincide con los altos niveles de hierro determinado en estas algas en esos mismos puntos. En cambio, la bioacumulación de manganeso sigue un patrón de distribución diferente.

4. Niveles importantes de cobre y aluminio se evidencian en muestras procedentes de BRP, Primera Angostura, bahía Gregorio y Leña Dura.

5. En *M. pyrifera*, según lo reportado por Etcheverry & López (1982), el nivel de hierro (59,1) ppm es sobrepasado casi 20 veces por esta alga en el sector de río Seco. Con respecto al nivel de cobre (56,4 ppm) informado por estos investigadores, podemos señalar que la concentración de este metal fluctúa entre 0,3 y 2,3 ($\mu\text{g/g}$, en base a peso seco), lo cual implica que el nivel de este metal en huiro es 24,5 a 188 veces menor.

6. Finalmente, se puede inferir que *M. pyrifera* al constituir extensos bosques submarinos alberga además de algas marinas conspicuas, invertebrados (erizos, estrellas de mar, caracoles carnívoros, pequeños moluscos, briozoos), peces, etc., y que por tanto, al bioacumularlos podría transferirles estos metales pesados en la cadena trófica. Del mismo modo se les podrían utilizar como indicadores de contaminación.

LITERATURA CITADA

- Aulio, K., (1983). Heavy Metals in the Green Alga *Cladophora glomerata* as Related to Shore Types in the Archipelago Sea, SW Finland. *Marine Pollution Bulletin* 14 (9).
- Bohn, A. (1979). Trace Metals in Furoid and Purple Sea Urchins near a high Artic Lead/Zinc Ore Deposit. *Marine Pollution Bulletin* 10 (11).
- Establier, R. (1977). Estudio de la contaminación marina por metales pesados y sus efectos biológicos. Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona 47.
- Etcheverry D., H. (1958). Algas Marinas Chilenas Productoras de Ficoloides. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 8 (1,2 y 3) :153-174.
- Etcheverry D., H. & L. López G. (1982). Estudios químicos en *Macrocystis Pyrifera* (L.) AG. Constituyentes Inorgánicos y Orgánicos. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 18 (1):73-99.

- Loring, H.D. & R.T.T. Rantala. (1977). Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. Fisheries and Marine Service. Technical Report N° 700.
- Maher, A.W. & M. Clarke. (1984). The occurrence of Arsenic in Selected Marine Macroalgae from Two Coastal Areas of South Australia. *Marine Pollution Bulletin* 15(3).
- Papakostidis, G., Grimains, A.P. & A. Zafirooulos. (1975). Heavy metals in Sediments from the Athens Sewage Outfall Area. *Marine Pollution Bulletin* 6 (9): 136-140.
- Sears, R. J., Pecci K.I. & R.A. Cooper (1985). Trace Metal Concentrations in Offshore, Deep-Water Seaweds in the Western North Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 16(8).
- Tubbs, R.C. & J.M Tubbs. (1983) Macroalgal Mats in Langstone Harbour, Hampshire, England. *Marine Pollution Bulletin* 14(4).
- Wong, H.M., Chan, K. Y., Kwan, S.H. & C.F. Mo (1979). Metal Contents of the Two Marine Algae Found on Iron Ore Tailings *Marine Pollution Bulletin* 10(2).

Trabajo recibido en marzo de 1992 y aceptado en julio de 1992