

**UNIVERSIDAD DE MAGALLANES**  
INSTITUTO DE LA PATAGONIA

INFORME DE INVESTIGACION

INF. INST. PAT. Nº 49

*"MONITOREO DE METALES PESADOS EN CHORITOS, *Nyctilus chilensis*  
EN EL ESTRECHO DE MAGALLANES "*

*PARA : EMPRESA NACIONAL DEL PETROLEO (MAGALLANES)  
SERVICIO DE PROTECCION AMBIENTAL*

*PUNTA ARENAS , JUNIO DE 1989*

**" MONITOREO DE METALES PESADOS EN CHORITOS  
(*Mytilus chilensis*) EN EL ESTRECHO DE MAGALLANES "**

**PREPARADO POR :**

**Octavio Lecaros y María Soledad Astorga E.**

**LABORATORIO DE CONTAMINACION AMBIENTAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**UNIVERSIDAD DE MAGALLANES**

***Punta Arenas, Junio de 1989.***

## **Agradecimientos**

Esta investigación constituye a nuestro juicio una de las importantes contribuciones científicas que, en la determinación de metales pesados, se ha logrado en la XII Región, gracias al apoyo bibliográfico, logístico y económico de la Empresa Nacional del Petróleo, a través de su Servicio de Protección Ambiental.

Agradecemos a Enap-Magallanes, el habernos confiado tan importante proyecto que, sin lugar a dudas, será la piedra angular de las futuras investigaciones que se realicen en el Estrecho de Magallanes y cuyo catastro preliminar en metales pesados bioacumulados por choritos (*Mytilus chilensis*), desde hoy podrá servir como referente.

**Octavio Lecaros P.**  
**Profesor Asociado**

Punta Arenas, Junio de 1989.

"METALES PESADOS EN CHORITOS (Mytilus chilensis)  
DEL SECTOR NORORIENTAL DEL ESTRECHO DE MAGALLANES"

Introducción

El término "metales pesados" normalmente incluye los metales de transición cadmio, cromo, cobalto, níquel, zinc, plomo, mercurio y ocasionalmente arsénico y bismuto. Según Papakostidis et al. (1975), casi todos son tóxicos y fácilmente bioacumulables.

Establier (1972a), considera que el estudio del contenido de metales pesados en peces y moluscos es de interés por ser esenciales para el metabolismo normal de los tejidos y además porque al concentrarse en cantidades elevadas en los organismos marinos estos dejan de ser aptos para el consumo humano.

Señala también Establier (1976), que la contaminación del medio marino por determinados metales pesados se conoce desde hace años, principalmente por los efectos organolépticos que confieren a la biota cuyo hábitat recibe residuos de trabajos mineros.

Como los efectos de la toxicidad del cobre y otros metales sobre los organismos marinos se utilizan para proteger los cascos de los barcos de las incrustaciones que estos organismos ocasionan, los barcos constituyen una fuente potencial de ciertas trazas de contaminantes en aguas litorales. Los metales tóxicos mercurio y estaño se usan ampliamente en pinturas anticorrosivas, mientras que el cromo, plomo y zinc son importantes constituyentes de las capas más bajas. El cadmio forma parte de ciertos pigmentos de pintura y el zinc se utiliza en ánodos que evitan la corrosión metálica de sus cascos.

En la costa, al sur de California anualmente, se aplican 300.000 litros de pinturas anticorrosivas a embarcaciones de recreación, comercial y naval con un promedio de 600 g/l de cobre.

Young et al. (1979), afirman que como resultado de las actividades portuarias y de navegación se introducen metales contaminantes en el mar y su presencia se refleja por las elevadas concentraciones que estos alcanzan en los diferentes tejidos del mejillón (Mytilus edulis).

Los mejillones recolectados en sitios cercanos a astilleros y áreas de alta actividad portuaria contienen en sus glándulas digestivas, gónadas,

músculo aductor y demás tejidos hasta 10 veces el nivel natural de cobre y sobrepasan 2 a 20 veces los niveles normales de cadmio, cromo, plomo, zinc y estaño.

Las actividades portuarias son tan importantes como las descargas de aguas de alcantarillas vertidas por los emisarios litorales pues también contaminan el ecosistema marino cercano a la costa.

Moraitou et al. (1979), señalan la existencia de plantas y animales resistentes a los metales pesados. En los peces esta tolerancia es adquirida durante la vida del organismo mientras que otros individuos presentan una adaptación genética que se desarrolla separadamente para cada metal.

Según Ferrería & Wolke (1979), los efectos tóxicos de los metales pesados producen la coagulación y/o precipitación de las secreciones branquiales en los peces ocasionando una actividad respiratoria difícil y eventual sofocación. En los peces expuestos al zinc, presentan un aumento en el movimiento opercular.

Las branquias acumulan cantidades importantes de metales pesados. Estos investigadores, indican que se producen además hipertrofia e hiperplasia de las células epiteliales branquiales por efecto de Hg, Cr, Cu, Cd y Zn. Informan también de la aparición de focos de necrosis en el epitelio branquial de los peces expuestos a mercurio en medio acuoso y una disminución de las respuestas olfativas y lesiones en el epitelio olfativo, luego de una exposición al mercurio y cobre, y de ambos en conjunto con cadmio y zinc.

Los envenenamientos producidos en determinadas zonas del Japón por la ingestión de agua, arroz y peces contaminados por cadmio, ocasionan la enfermedad denominada Itai-Itai, la cual produce en los afectados una severa osteomalasia y fuertes dolores en los huesos. En 1968, fallecieron 119 personas, todos habitantes ribereños del Jitsu, cuyas aguas estaban contaminadas por cadmio presente en los residuos de una mina de zinc.

En mejillones (Mytilus sp.) de la costa noroeste del Mediterráneo se han encontrado concentraciones de plomo que fluctúan entre 2,7-117 ppm.

Establier (1977), afirma que en los años recientes se ha incrementado la atención mundial sobre la contaminación producida por metales, debido a los desastres ocurridos en 1956 y 1965 en Minamata y Niigata en el Japón. Estos fueron provocados por el consumo de peces y moluscos con un alto contenido en mercurio, procedente de fábricas de acetaldehído y cloruro de vinilo, empleados como catalizador y presente en los residuos que se vertían en estas zonas.

Los envenenamientos fueron producidos por el metilmercurio bioacumulado por los organismos marinos del lugar en elevada proporción.

Posteriormente, se debió prohibir el consumo de peces procedente de algunas zonas de Canadá y Suecia por estar contaminadas también por mercurio.

Son numerosos los países que han fijado las concentraciones máximas permisibles de metales pesados en productos pesqueros. La concentración máxima permisible para el mercurio aceptada por algunos de estos países, fluctúa entre 0.40 y 1.00 ppm (mg/kg), sobre base peso húmedo.

Con respecto al cadmio, la tasa máxima generalmente aceptada es de 2 ppm (peso húmedo) y tiende a ser rebajada a 1 ppm. En cuanto al plomo, los límites máximos fijados se refieren principalmente a conservas y están comprendidos entre 2 a 3 ppm, aunque actualmente algunos países han rebajado estos niveles notablemente.

Actualmente, la tecnología moderna requiere de un mayor volumen de materias primas básicas como arena, cemento y metales lo que da como resultado la explotación de recursos no renovables que antes eran considerados antieconómicos. Luego para explotar algunos de ellos será preciso recurrir a la minería submarina lo cual, aumentará el peligro de contaminación marina. Según Baldi et al. (1979), los sedimentos marinos son una fuente importante de mercurio introducido en el ecosistema acuático ya sea por acción antrópica o por la acción corrosiva de los agentes naturales.

Anualmente, los océanos reciben alrededor de 10.000 toneladas de mercurio.

### Choritos, organismos indicadores universales de contaminación por metales pesados.

Según lo señalado por los investigadores (Davies & Pirie 1978, Simpson 1979, Stump et al. 1979, Vermeer & Peakall 1979, Cossa et al. 1979, Young et al. 1979, Gordon et al. 1980, Meeus-Verdinne et al. 1983, Southgate et al. 1983, Ulrik 1984, Szefer & Szefer 1985), los mejillones (Mytilus edulis), han tenido una considerable importancia en el estudio de contaminación por trazas de metal en el medio marino mundial, por lo que han sido propuestos como organismos indicadores universales de contaminación.

La conveniencia de utilizar mejillones como organismos de estudio para determinar la bioacumulación de trazas metálicas contaminantes, se debe a la incorporación de éstos en la dieta humana, a su amplia distribución, a la facilidad de recolección y también a que estos son organismos sésiles. La concentración de metales en sus tejidos responde a los niveles que impactan el ambiente.

Los niveles de bioacumulación de contaminantes pueden variar considerablemente, pues dependen del tamaño, altura de marea, ubicación del litoral, salinidad y estación del año en que se efectúa el monitoreo, todo lo cual representa una cierta dificultad para su estudio.

Stump et al. (1979), afirman además que las membranas y vísceras concentran elementos diferentes. Las membranas exhiben niveles más altos en Zn, Se y Pb y las vísceras, en cambio, niveles más altos en Mn, Fe y As. Ellos apoyan la idea de estudiar diferentes órganos cuando se emplean mejillones como bioindicadores, ya que las vísceras pueden resultar afectadas por residuos de alimentos.

En las gónadas de Mytilus californianus según sexo y variación estacional de la masa orgánica, se concentran diferentes cantidades de Zn y Cu.

Simpson (1979), indica que la variación estacional de peso, está relacionada con el ciclo reproductivo anual de Mytilus edulis. El peso corporal disminuye en primavera, coincidiendo con la reproducción, lo que es seguido por un rápido aumento en verano cuando estos organismos acumulan reservas para ser usados en el otoño e invierno próximos, durante su desarrollo gonadal.

Los organismos de menor peso, presentan concentraciones más altas en metales pesados.

### Comportamiento y transformación de los metales en el medio marino.

Según Establier (1977), entre los numerosos metales contaminantes del medio marino, tales como: titanio, vanadio, cromo, hierro, aluminio, bismuto, plata, selenio, mercurio, cadmio, plomo, cobre y zinc, los más tóxicos y peligrosos son los cinco últimos.

Estos contaminantes llegan al mar por diferentes medios, ya sea a través del aire, ríos, afluentes urbanos e industriales, etc. El comportamiento y transformación posteriores que estos sufren al llegar al mar dependen de diferentes factores físicos, químicos y biológicos, pues son esparcidos por las corrientes, olas y procesos turbulentos de mezcla, los cuales serán distintos según el estado físico del contaminante.

Los metales son fácilmente absorbidos por macropartículas en suspensión, y finalmente llegan a constituir sedimentos de fondo. En ciertos casos, estos procesos de absorción resultan ser beneficiosos, dado que algunos materiales biológicamente peligrosos, resultan finalmente inocuos en los sedimentos.

La sedimentación de un contaminante constituye problema a largo plazo, ya que en determinadas zonas puede alterar la población bentónica. También existe la posibilidad que ocurra una transformación bioquímica, con desprendimiento de sustancias nocivas y en ciertos casos el contaminante puede alterarse hasta tornarse bioquímicamente más peligroso.

Los óxidos y sulfuros, constituyentes inorgánicos de los sedimentos presentan una gran afinidad por el mercurio inorgánico y metilmercurio. El mercurio inorgánico es poco soluble en condiciones anaeróbicas y en presencia de iones sulfuro, precipita como sulfuro, acumulándose en los sedimentos. Si el medio es oxidante, éste puede transformarse en sulfato de mercurio II soluble. Estos procesos son lentos, tanto que se estima que el mercurio sedimentario demora entre 10 a 100 años, en ser eliminado. Además, el mercurio de los sedimentos, por acción bacteriana en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas, se transforma en metilmercurio y dimetilmercurio (II).

Microtécnica en Espectroscopía de Absorción Atómica con Llama. Nebulización discreta (microinyección).

En esta microtécnica la solución de la muestra a analizar es introducida en el atomizador, mediante una micropipeta, en volúmenes de 40-100  $\mu$ l, a través de un pequeño embudo de teflón, este a su vez está conectado mediante un tubo capilar con el nebulizador normal del quemador de premezclado (Fig. 1). La muestra es nebulizada en forma normal, proporcionando en el equipo de absorción atómica una señal de absorción transiente.

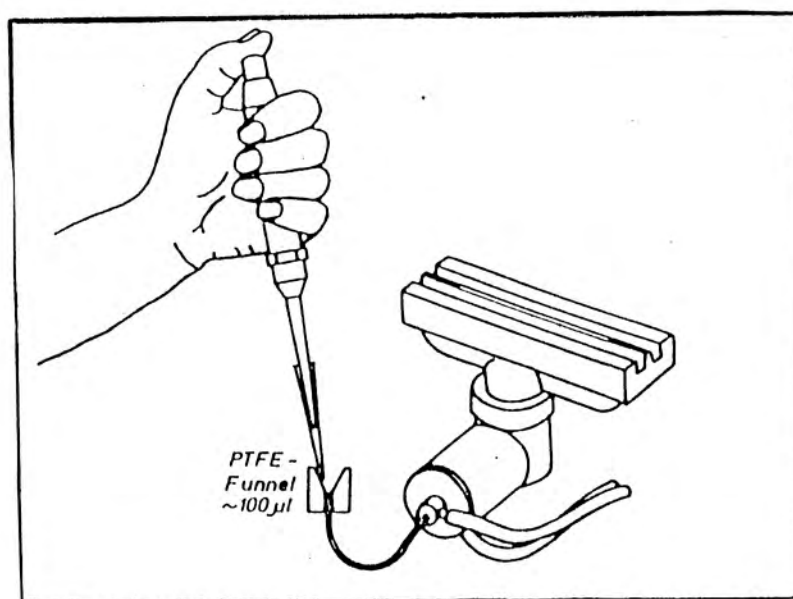


Fig. 1. Nebulización discreta. Sistema de microinyección. Berndt (1978).

### Sensibilidad del método en función del volumen de inyección.

La altura de la señal de absorción o sensibilidad obtenida con 100  $\mu\text{l}$  de muestra, es aproximadamente equivalente a la obtenida con aspiración continua.

En la Fig. 2, se comparan las señales de absorción obtenidas con diferentes volúmenes de muestra. Se puede observar que entre los volúmenes de inyección de 100  $\mu\text{l}$ , prácticamente la diferencia de alturas de las señales de absorbancia es mínima.

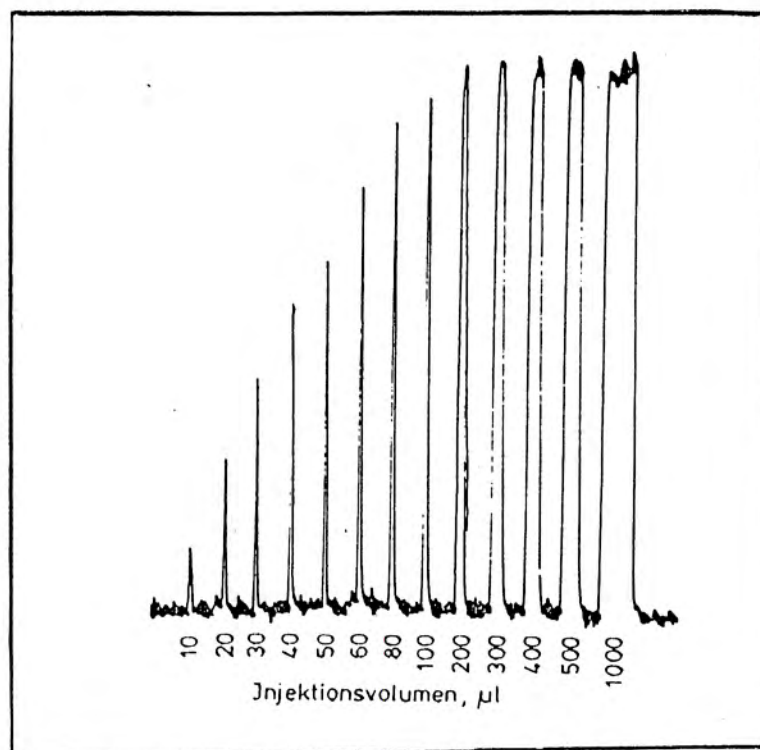


Fig. 2. Sensibilidad en función del Volúmen de inyección.

Todo lo cual significa que es posible obtener la misma sensibilidad con sólo un 10% de la solución empleada en el sistema normal.

Una de las aplicaciones importantes que esta técnica tiene es la determinación de Cu, Zn y Fe en suero humano, en muestras biológicas si normalmente se dispone de cantidades mínimas de analito siendo necesario trabajar con cantidades mínimas de estas. Es posible determinar hasta 10 elementos en 1 ml de solución muestra, empleando 40  $\mu\text{l}$  de ésta en cada inyección.

Para determinar varios elementos después de una etapa de separación y preconcentración, es necesario diluir los elementos traza o un volumen final de 10 a 20 ml si se va a emplear el sistema de aspiración continua tradicional. La técnica de microinyección requiere solamente un volumen de

1 ml, lo que significa concentrar los elementos traza en un factor de 10 veces y determinar concentraciones de ultratrazas, mejorando el "límite de detección" de los mismos.

### Materiales y métodos.

Las muestras de choritos (*Mytilus chilensis*) analizadas, fueron recolectadas entre Noviembre de 1987 y Septiembre de 1988 en 10 sectores del Estrecho de Magallanes, desde Punta Dungeness hasta Fuerte Bulnes en territorio continental y desde Punta Baja a Puerto Percy en Tierra del Fuego (Fig. 3) en la parte insular.

Seno Otway fue considerado como sector de referencia por encontrarse fuera del área de plataformas "Costa Afuera", de navegación y de operaciones portuarias y de recepción de residuos de alcantarillas.

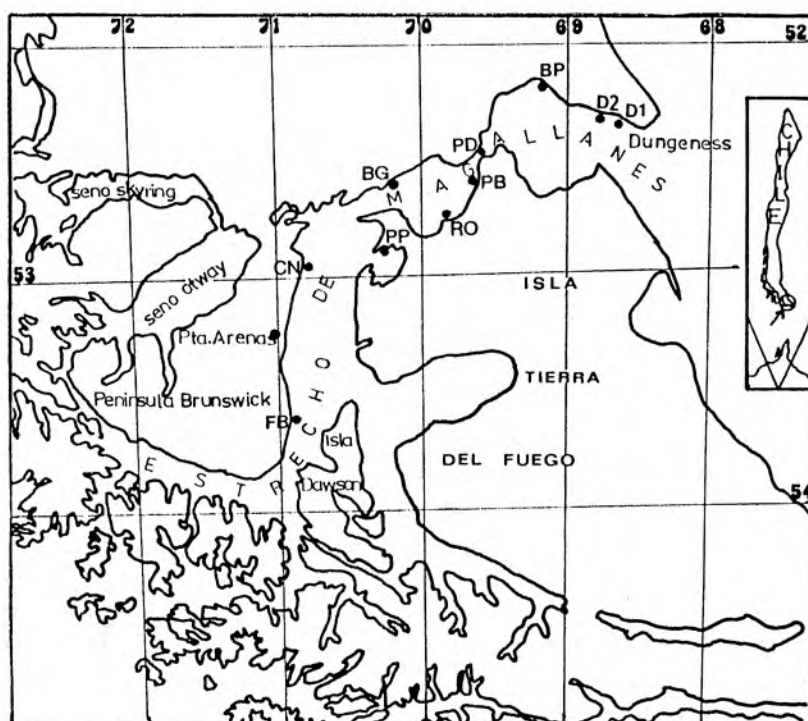


Fig. 3. Ubicación de los sectores muestreados.

BG: Bahía Gregorio, CN: Cabo Negro, D1: Dungeness 1, D2: Dungeness 2, FB: Fuerte Bulnes, PB: Punta Baja, RO: Río Oscar, PP: Puerto Percy.

Los organismos fueron seleccionados por tamaño según longitud de concha y se mantuvieron en agua de mar 12 horas a temperatura ambiente para minimizar los residuos de alimentos. Stump et al. (1979), FAO/SIDA (1983). Escurrida el agua se colocaron en bolsas plásticas y previamente etiquetadas se sometieron a proceso de congelación.

Todos los reactivos empleados en la determinación analítica fueron de calidad p.a. Merck, los estándares de metales, Titrisol Merck y para el análisis especial de mercurio se utilizaron reactivos con un máximo de  $5 \times 10^{-7}\%$  en Hg.

Los homogenatos de las submuestras de choritos se prepararon ocupando las partes blandas de 20 individuos. Simpson (1979), obteniéndose duplicados de 1 g y de 0,5 g para la determinación especial de mercurio.

La mineralización húmeda de las muestras para la determinación de Zn, Cd, Cr, Al, Cu, Mn, Fe, Pb y Ni, se realizó en vasos de teflón, previa predigestión de 12 horas con  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  1:1 (v/v) a temperatura ambiente y finalmente digestión durante 3 horas a  $110^\circ \text{C}$ .

Las submuestras para el análisis de mercurio se trataron con  $\text{HNO}_3$  conc. en bomba de digestión ácida Parr a  $130^\circ \text{C}$ , durante 30 minutos y la determinación espectrofotométrica de mercurio total se efectuó según metodología recomendada por Hatch y Ott (1968).

Los demás metales fueron cuantificados por Espectrofotometría de Absorción Atómica, aplicando la técnica de microinyección. H. Berndt (1978).

### Resultados y Discusión.

En la tabla 1 se presentan los resultados de las concentraciones de metales pesados en choritos (Mytilus chilensis) de 10 sectores del Estrecho de Magallanes.

Tabla 1. Concentración de metales pesados en Mytilus chilensis (\*) en el Estrecho de Magallanes.

LOCALIDAD	FECHA	LARGO MEDIO CONCHA (cm)	Cu	Zn	Al	Hg	Mn	Fe
			$\pm 0.5$	$\pm 0.9$	$\pm 1.0$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.7$
			(µg/g peso fresco)					
Fuerte Bulnes	11-11-87	2.73	1.64	9.80	44.41	0.05	1.89	52.19
	20-01-88	2.79	0.83	14.22	48.19	0.04	1.57	29.27
	20-07-88	5.11	3.59	17.38	44.21	0.03	2.62	8.60
	30-09-88	3.91	2.69	17.04	47.83	0.09	2.05	26.22
Cabo Negro	10-11-87	3.49	2.07	12.49	65.54	0.16	1.67	60.22
	19-01-88	4.64	1.38	16.54	17.27	0.14	1.61	27.57
	21-07-88	5.28	4.67	14.06	34.13	0.26	3.37	14.58
	19-08-88	5.53	4.25	8.45	56.07	0.10	3.25	52.24
	29-09-88	4.79	3.54	25.50	35.79	0.30	3.16	51.34
Bahía Gregorio	13-10-87	3.66	1.68	5.01	24.19	--	--	--
	10-11-87	3.71	1.50	7.16	58.19	0.10	2.24	39.86
	21-12-87	3.60	1.42	9.83	17.93	0.32	1.42	24.42
	06-06-88	5.14	4.60	12.67	26.71	0.17	2.48	41.28
	06-07-88	5.17	4.42	7.73	32.53	0.15	3.25	14.60
	19-08-88	5.14	2.36	5.72	15.79	0.27	2.03	42.29
	29-09-88	5.20	3.78	18.75	40.75	n.d	3.65	45.99
Punta Delgada	09-11-87	3.52	2.80	7.21	49.83	0.29	1.92	47.78
	21-12-87	3.60	1.34	10.05	17.10	n.d	3.65	28.83
	18-02-88	4.65	2.06	10.78	21.42	0.25	1.65	38.09
	06-06-88	4.75	4.68	11.17	30.99	0.03	2.58	51.73
	06-06-88	4.68	3.31	7.61	29.56	0.16	2.62	11.96
	04-08-88	4.38	2.46	5.80	22.28	0.13	1.42	42.68
	29-09-88	4.04	4.15	13.29	45.53	n.d	3.89	46.18
Puerto Percy	23-11-87	4.17	3.58	6.92	53.14	n.d	1.59	19.36
	18-01-88	3.95	1.21	25.46	33.33	n.d	1.62	19.20
	15-04-88	5.01	4.33	18.47	32.46	0.09	2.28	26.62
	12-07-88	5.64	3.51	10.64	28.18	0.09	2.29	7.99
	04-08-88	4.37	2.50	16.23	27.85	0.24	3.55	24.08
	28-09-88	5.80	3.17	13.84	41.34	n.d	2.93	35.74

Continuación Tabla 1.

LOCALIDAD	FECHA	LARGO MEDIO CONCHA (cm)	Cu	Zn	Al	Hg	Mn	Fe
			+0.5 ( $\mu\text{g/g}$ )	+0.9 peso fresco	+1.0 peso fresco	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.7$
Río Oscar	23-11-87	5.41	1.27	13.51	41.98	0.18	3.80	13.52
	18-01-88	4.42	0.83	14.02	60.75	0.17	2.92	35.48
	15-04-88	6.04	3.72	20.13	36.79	0.16	3.33	49.79
	12-07-88	5.67	3.47	8.93	31.07	0.26	2.51	6.81
	03-08-88	5.14	2.92	9.16	45.27	0.17	2.11	24.98
	28-09-88	6.51	3.25	17.37	45.15	0.20	2.49	36.98
Punta Baja	23-11-87	4.42	1.09	7.71	36.60	n.d	3.48	7.71
	18-01-88	3.10	1.37	23.45	46.57	0.07	2.74	26.39
	15-04-88	5.83	3.74	17.93	29.76	0.13	2.80	46.15
	04-08-88	5.20	1.62	8.20	40.45	0.17	2.31	38.11
Bahía Posesión	09-11-87	3.27	2.83	9.87	32.49	0.09	1.47	25.89
	21-12-87	3.75	1.30	18.21	65.83	0.03	2.79	47.94
	18-02-88	5.50	2.27	14.03	59.11	0.20	2.42	60.20
	13-06-88	5.37	4.72	17.16	52.22	0.12	3.70	42.47
	14-07-88	5.12	3.87	14.52	50.58	0.27	3.34	16.46
	01-08-88	5.64	2.62	13.25	41.82	0.31	3.94	54.12
	27-09-88	4.65	3.18	15.19	54.04	0.23	2.41	50.38
Dungeness 1	09-11-87	2.92	1.02	9.98	47.93	n.d	--	--
	21-12-87	3.23	1.35	13.67	44.81	n.d	4.49	38.98
	18-02-88	5.10	2.84	15.96	24.06	0.25	1.75	44.90
	13-06-88	5.01	4.41	16.15	19.56	0.30	2.42	44.60
	14-07-88	4.20	2.86	15.48	34.28	0.06	3.38	9.05
	01-08-88	4.47	3.03	8.18	34.34	0.24	3.90	27.63
	27-09-88	4.80	4.54	16.86	51.67	n.d	4.12	51.14
Dungeness 2	09-11-87	3.62	1.26	12.38	54.93	0.28	--	--
	21-12-87	3.67	1.18	13.24	64.53	n.d	4.25	60.21
	18-02-88	5.22	2.61	16.18	49.16	0.30	2.14	41.68
	13-06-88	4.36	4.41	15.80	67.02	0.23	4.36	42.69
	14-07-88	4.84	2.84	19.47	64.15	0.06	3.19	54.22
	01-08-88	4.53	1.86	10.65	46.77	0.09	3.25	59.98
	27-09-88	4.67	2.40	12.75	40.59	n.d	4.50	41.27

NOTA: (\*) : Muestras de 20 individuos. Mytilus chilensis.

n.d : No detectado.

-- : No determinado.

La tabla 2 exhibe los niveles promedio de metales pesados en Mytilus chilensis en sectores del Estrecho de Magallanes, con sus correspondientes coeficientes de variación porcentual.

Tabla 2. Niveles promedios de metales pesados en Mytilus chilensis en sectores del Estrecho de Magallanes (ug/g peso fresco).

Localidad	Cu	Cv%	Zn	Cv%	Al	Cv%	Hg	Cv%	Mn	Cv%	Fe	Cv%
Fuerte Bulnes	2.19	47.68	14.61	20.78	46.16	40.02	0.05	45.55	2.03	18.75	29.25	53.03
Cabo Negro	3.18	39.69	15.41	36.92	41.76	40.97	0.19	39.72	2.61	30.52	41.19	41.78
Bahía Gregorio	2.82	46.16	9.55	46.62	30.87	44.20	0.20	40.42	2.51	29.72	34.74	11.29
Punta Delgada	2.97	36.46	9.42	25.86	30.89	36.95	0.17	53.96	2.53	35.01	38.18	33.35
Puerto Percy	3.05	32.33	15.26	38.60	36.05	24.54	0.14	50.50	2.38	26.16	22.17	37.98
Río Oscar	2.58	43.15	13.86	29.18	43.50	21.09	0.19	17.71	2.86	19.83	27.93	52.28
Punta Baja	1.96	53.44	14.32	46.52	38.35	15.90	0.12	34.25	2.83	14.80	29.59	48.85
Bahía Posesión	2.97	34.47	14.60	17.26	50.87	19.98	0.18	52.32	2.87	28.00	42.49	34.38
Dungeness 1	2.86	43.67	13.75	22.76	36.66	30.60	0.21	43.30	3.34	28.98	36.05	16.74
Dungeness 2	2.36	43.42	14.35	19.18	55.31	17.12	0.19	51.93	3.61	23.26	50.01	39.03
a) Seno Otway	0.94	30.00	11.85	45.57	24.95	15.80	n.d.	-	1.33	19.05	20.45	11.30

Nota: Cv% = Coeficiente de variación (en porcentaje)  $(\frac{s}{\bar{x}} \times 100)$ .

a) = Sector de referencia.

En la Fig. 4 a,b se grafican las concentraciones promedio de Al, Zn, Fe, Mn, Cu y Hg en choritos (*Mytilus chilensis*) de Fuerte Bulnes, Cabo Negro, Bahía Gregorio, Punta Delgada, Puerto Percy, Río Oscar, Punta Baja, Bahía Poseción y Dungeness.

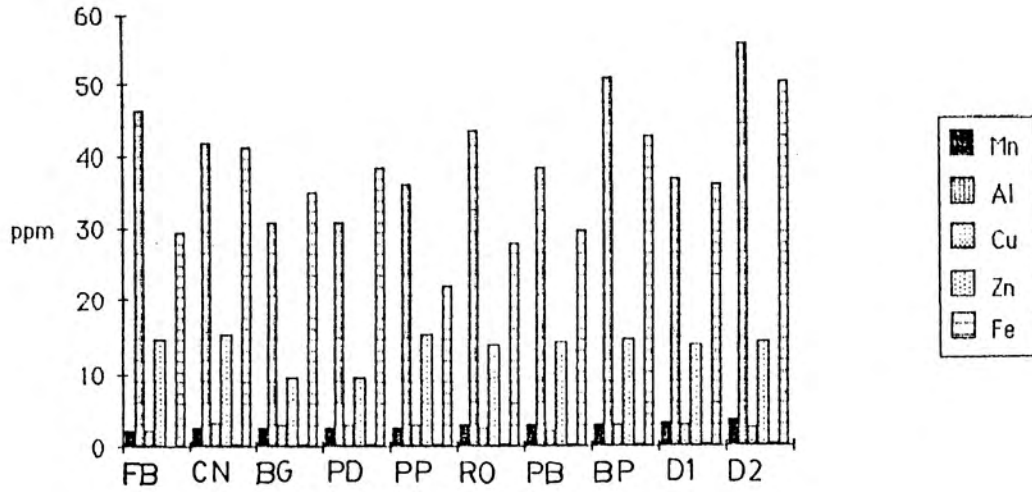


Fig. 4.a. Concentraciones promedio de Al, Zn, Fe, Mn, Cu y Hg en mitílidos de localidades del Estrecho de Magallanes.

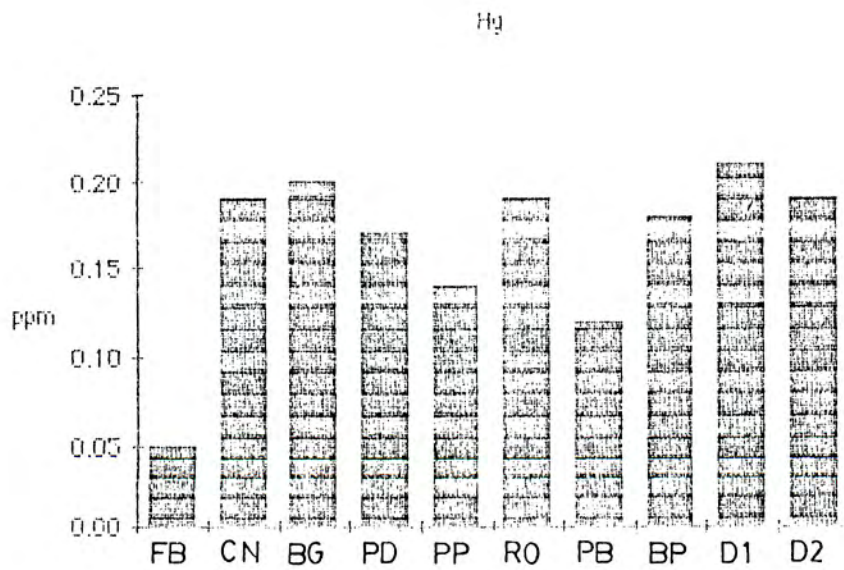


Fig. 4.b. Concentración promedio de Hg en mitílidos de localidades del Estrecho de Magallanes.

Se ha seleccionado uno de los numerosos espectros obtenidos en este trabajo por lo que en la Fig. 5, se presenta la precisión de los resultados obtenidos en la determinación de cobre en choritos de los diferentes sectores muestreados en el Estrecho de Magallanes, al aplicar la técnica de microinyección o de nebulización discreta.

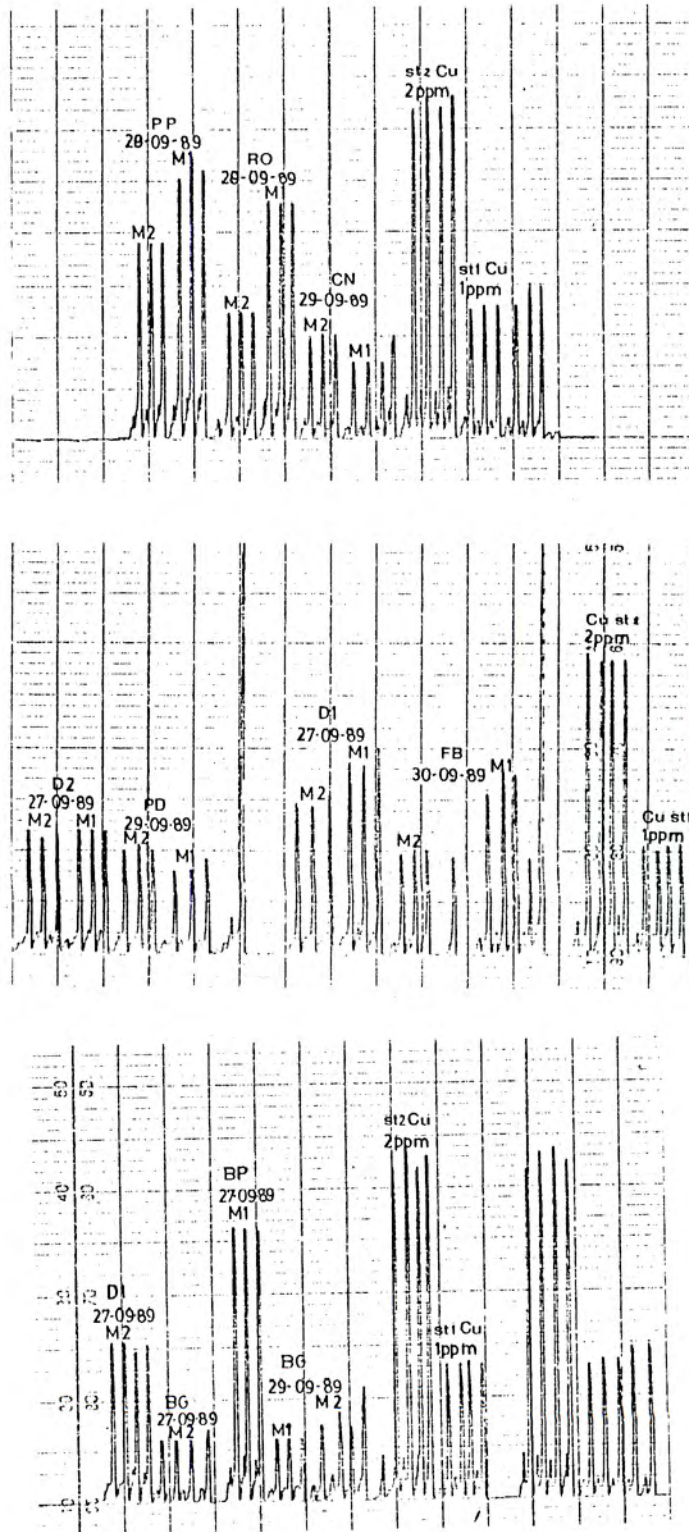


Fig. 5. Espectro de determinación de Cu con técnica de microinyección.

Las Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11 corresponden a los gráficos de distribución temporal de Zn, Al, Cu, Mn, Fe y Hg en choritos (Mytilus chilensis) del Estrecho de Magallanes.

Los límites de detección de Cd, Cr, Ni y Pb fueron 0,05, 0,1, 0,05 y 0,05 ppm respectivamente y en nuestras condiciones de trabajo experimental no fueron detectados.

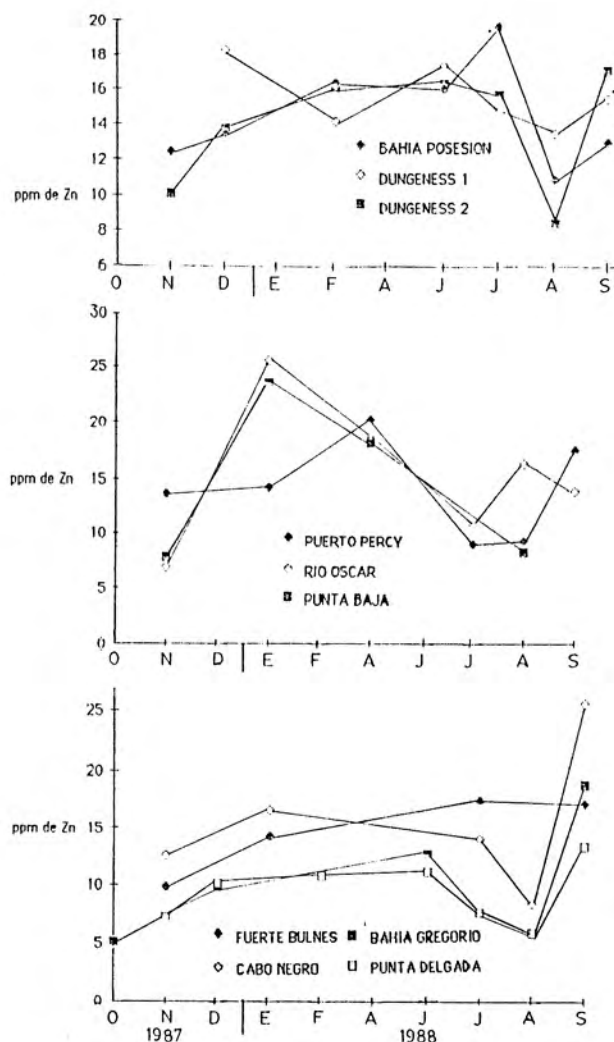


Fig. 6. Distribución temporal de Zn en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

La Fig. 6 señala que la concentración de Zn en choritos de diferentes sectores del Estrecho de Magallanes, fluctúa entre 5,0 y 25,5 ppm. Los valores más altos corresponden a Cabo Negro y Puerto Percy. Se observa una tendencia al decrecimiento en su bioacumulación estacional entre Junio y Agosto y de aumento entre Diciembre a Febrero.

En la Fig. 7 se observa que la concentración de Al en estos bivalvos, varía entre 15,8 y 67,0 ppm en Bahía Gregorio y Cabo Negro respectivamente.

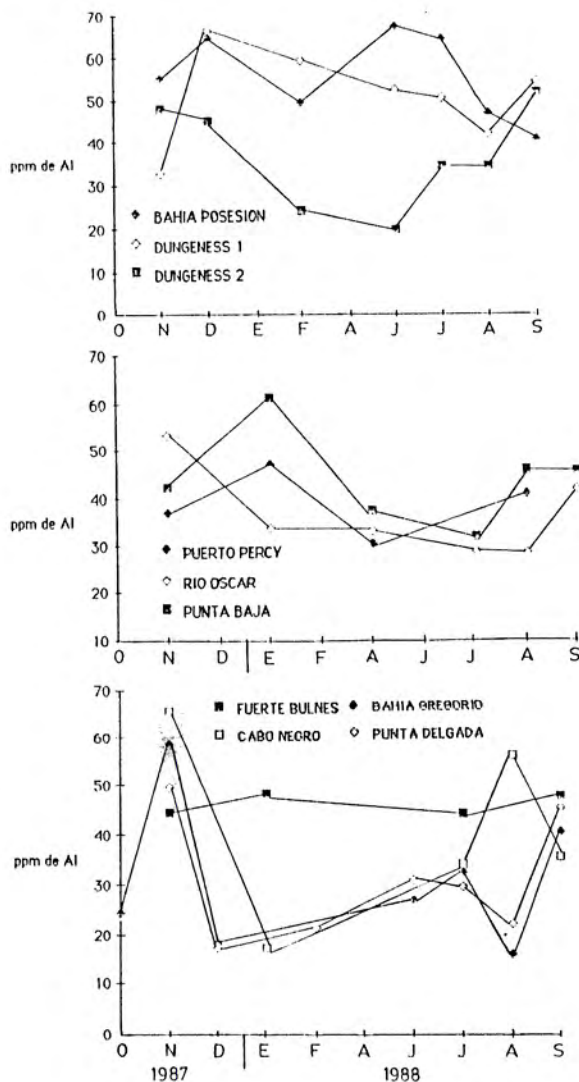


Fig. 7. Distribución temporal de Al en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

El sector nororiental del Estrecho de Magallanes, Dungeness 1 y Bahía Posesión, exhiben una tendencia al decrecimiento en la concentración de aluminio entre Diciembre y Junio.

En el sector insular Puerto Percy, Río Oscar y Punta Baja se observa un notable aumento en la concentración del Al entre Diciembre y Enero. En cambio en los sectores de Cabo Negro, Bahía Gregorio y Punta Delgada este aumento se produce en Noviembre, con decrecimientos importantes entre Diciembre y Enero. Fuerte Bulnes presenta sólo pequeñas fluctuaciones.

La concentración de cobre en los mitílidos estudiados fluctúa entre 0,83 a 4,7 ppm. La tendencia al aumento de la concentración de cobre, se observa en la Fig. 8, ocurriendo las máximas entre Abril, Junio, prácticamente, invierno subantártico y las mínimas en el período de Diciembre-Enero.

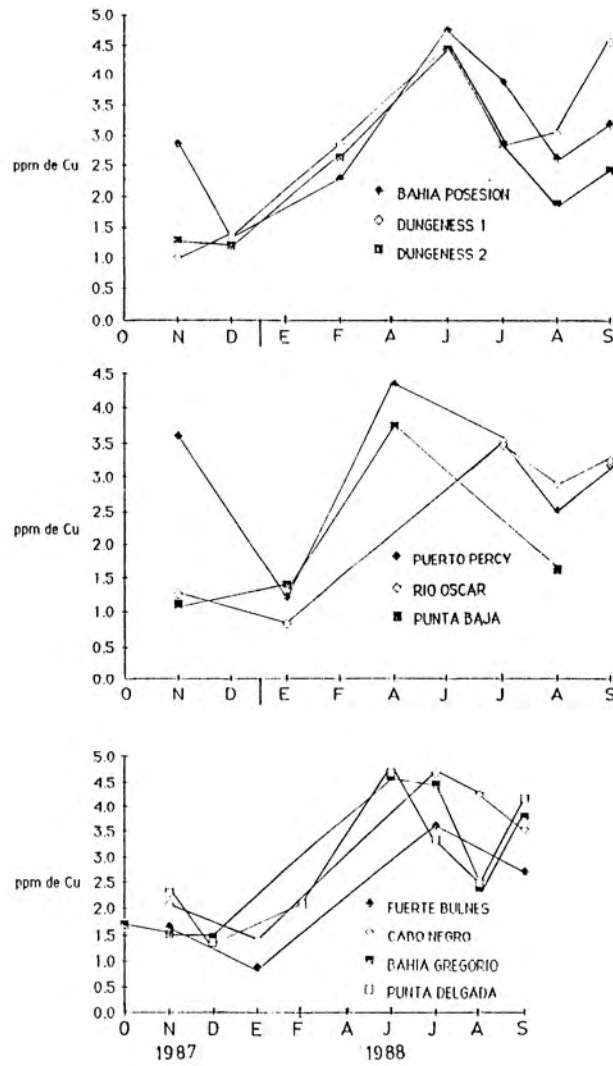


Fig. 8. Distribución temporal de Cu en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

Con respecto a la bioacumulación de Mn en choritos, ésta varía entre 1,4 y 4,5 ppm. En la Fig. 9 se observan las fluctuaciones periódicas del Mn, con disminuciones en dos épocas del año, en verano e invierno (Enero-Febrero y Julio-Agosto), con picos máximos en Noviembre-Diciembre y Septiembre.

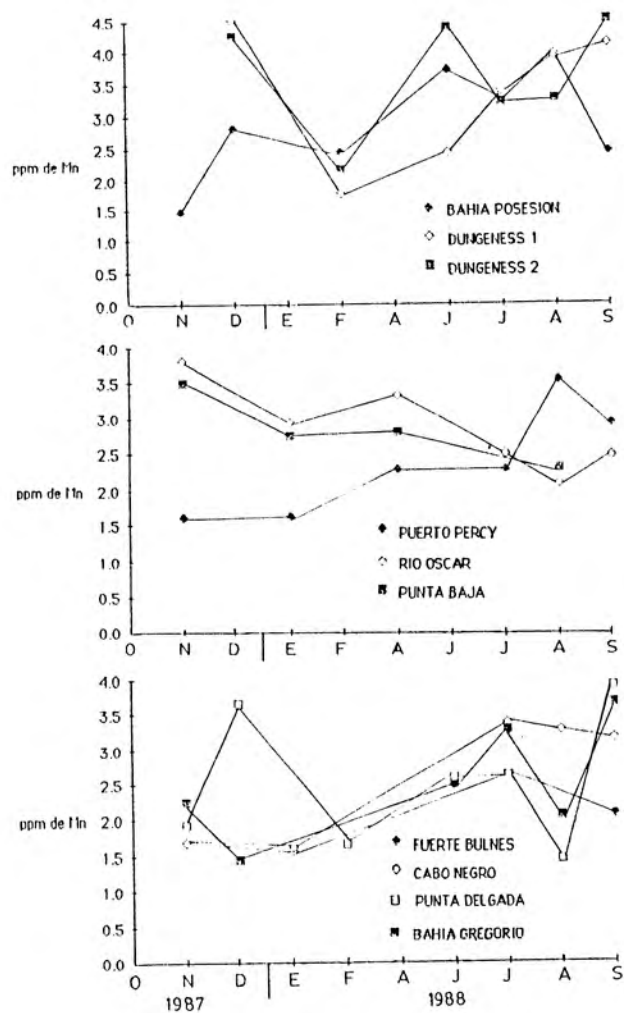


Fig. 9. Distribución temporal de Mn en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

En la Fig. 10, se aprecia una considerable tendencia a la disminución de la concentración de hierro en el mes de Julio y aumento Febrero, Abril y Junio, en el sector nororiental, centro y occidental del Estrecho de Magallanes. Las fluctuaciones del contenido de Fe se presentan entre 6,8 y 60,0 ppm en Fe.

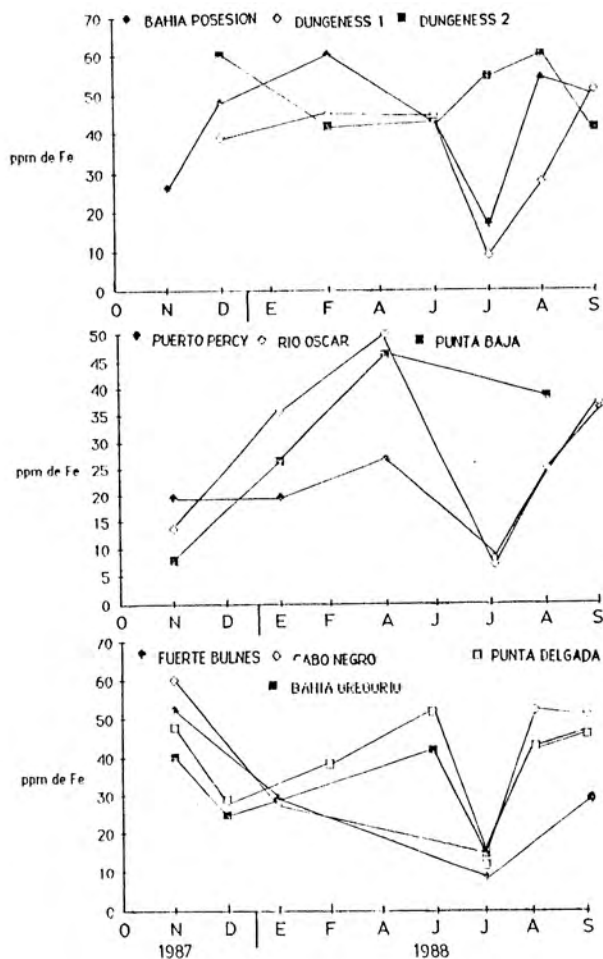


Fig. 10. Distribución temporal de Fe en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

En la Fig. 11 se observa que la menor concentración de Hg en estos organismos, es de 0,03 ppm y se encuentra en las de Fuerte Bulnes y además se mantiene casi sin cambio durante el año; la concentración máxima en Hg corresponde a Bahía Gregorio y es de 0,32 ppm. Valores altos se observan en Cabo Negro, Bahía Gregorio, Puerto Percy, Bahía Posesión, y Dungeness, todos estos son lugares de intenso trabajo petrolero. No se evidencian cambios estacionales notables.

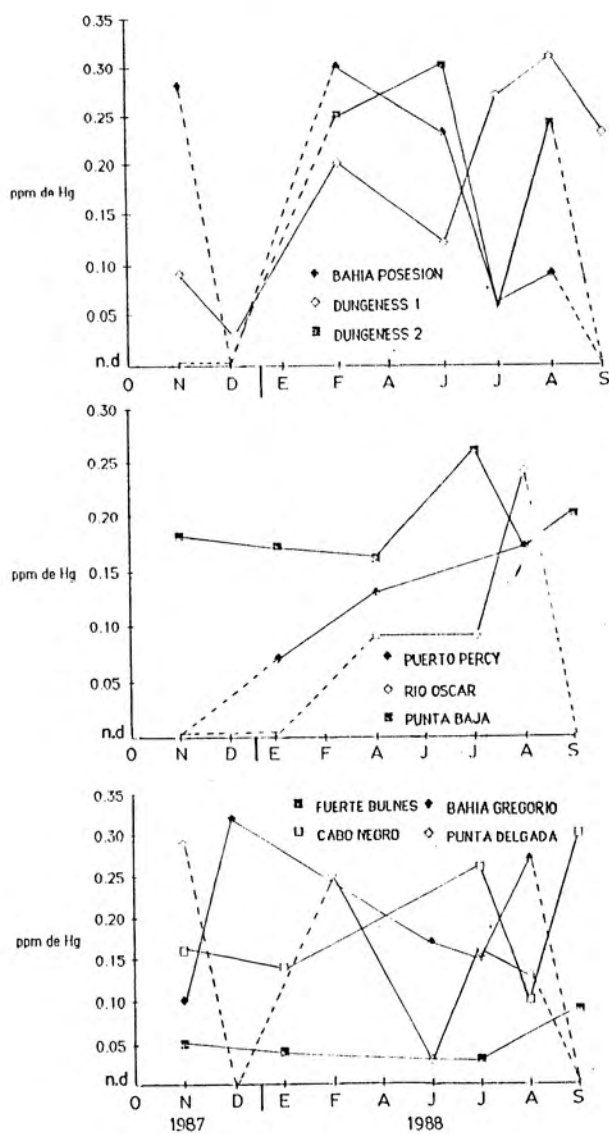


Fig. 11. Distribución temporal de Hg en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

En la Fig. 12, 13 y 14, se presenta la distribución espacial promedio-anual del contenido de Al, Cu y Zn en Mytilus chilensis en el sector oriental del Estrecho de Magallanes.

La isolíneas de los metales son interpolaciones de las concentraciones de metales bioacumulados por los organismos de las estaciones costeras muestreadas mensualmente entre 1987-1988.

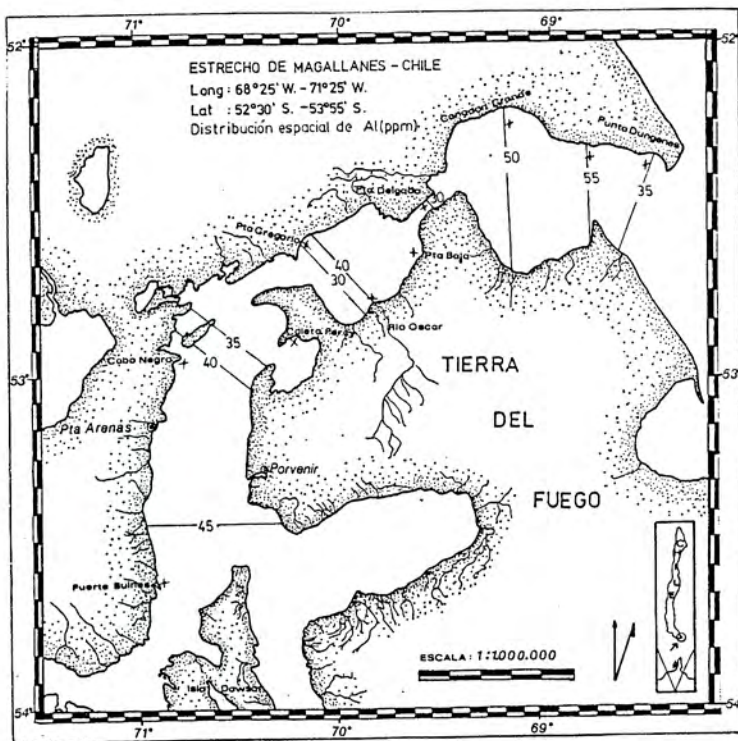


Fig. 12. Distribución espacial de Al en Mytilus chilensis en el Estrecho de Magallanes.

En el sector Dungeness, las isolíneas para Al alcanza a 55,5 ppm, y se observa un efecto de dilución hacia el océano Atlántico. Se advierten valores bajos en el contenido de Al, en los organismos del área Punta Delgada. La observación completa, indica que los valores encontrados para las isolíneas de este metal en el Estrecho de Magallanes son mayores que los de nuestra referencia (Seno Otway).

En cuanto al Cu, Fig. 13, los valores más altos en isolíneas del Cu, corresponderían a Punta Dungeness y sector Percy, 3,0 ppm, observándose un efecto de dilución hacia Cabo Froward.

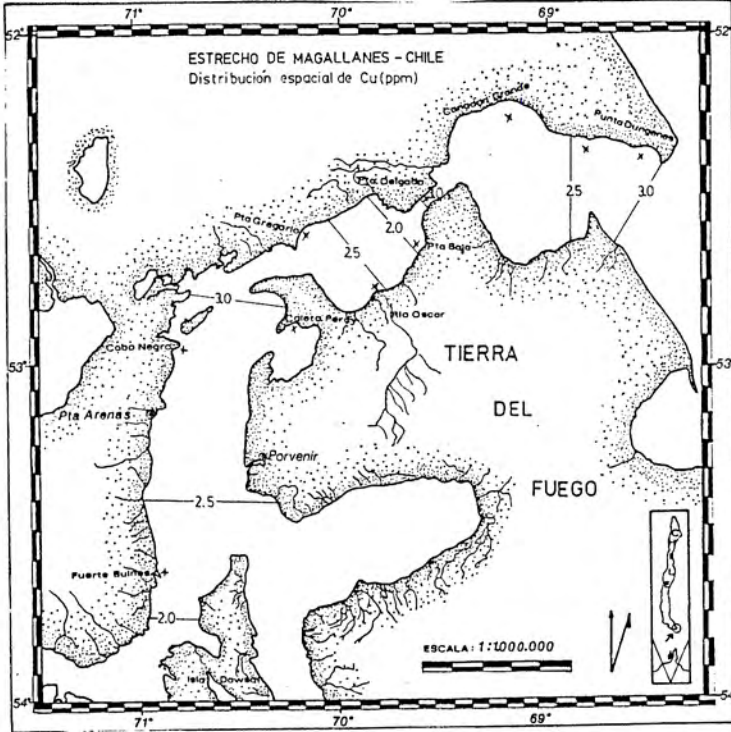


Fig. 13. Distribución temporal de Cu en *Mytilus chilensis* en el Estrecho de Magallanes.

En la Fig. 14 se presenta la distribución espacial del contenido de Zn en los organismos estudiados. Los valores más altos de las isolíneas interpolados de este metal corresponden a 15,5 ppm y corresponden al sector Río Seco y los menores se presentan en la Primera Angostura del Estrecho de Magallanes, 8,5 ppm.

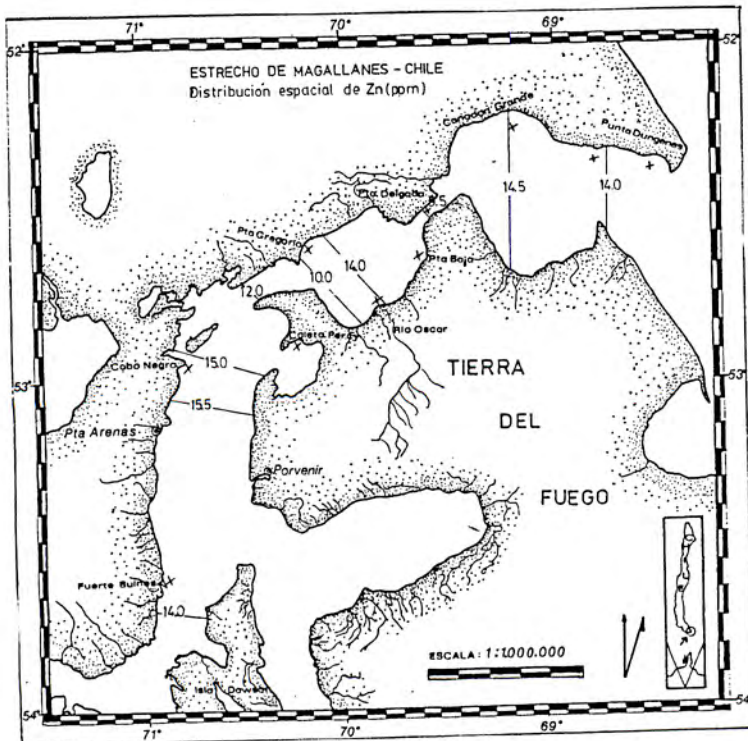


Fig. 14. Distribución espacial de Zn en *Mytilus chilensis* en el Estrecho de Magallanes.





Fig. 17. Distribución espacial de Hg en *Mytilus chilensis* en el Estrecho de Magallanes.

Respecto a las isolíneas interpoladas para apreciar el contenido de mercurio en choritos, estas resultaron ser aproximadamente muy similares, excepto en Fuerte Bulnes donde decrece de 0.20 a 0.05 ppm.

La observación comparativa del contenido de los seis metales trazas determinados en estos organismos a lo largo del Estrecho permite destacar la disminución que se produce en la Primera Angostura, lugar en que las corrientes marinas son del orden de 7 a 8 nudos, lo que implica un tiempo de residencia de las partículas en suspensión muy breve, lo cual explicaría, que en ese sector los organismos, aunque presentan una concha de tamaño promedio normal, resultan muy escasos en contenido visceral y bajos en metales pesados.

En los lugares muestreados no existen ríos, cuando más riachuelos de escasa importancia en el aporte de disoluciones y partículas en el Estrecho de Magallanes. Pero, resulta digno de destacar la incorporación de polvo (o deposición seca), producto de los efectos eólicos.

El comportamiento de Mn, Fe, Zn y Al es muy diferente de los demás metales estudiados; estos constituyen partículas coloidales fluctuantes con una gran superficie de absorción, que bien en un momento permanecen cerca de la superficie pero, al crecer floculan y decantan, constituyendo sedimentos de fondo.

Los contenidos de metales en los organismos muestreados en el Estrecho de Magallanes, son superiores a los seleccionados como referenciales colectados en Seno Otway.

## Conclusiones

- La técnica de microinyección discreta es recomendable para efectuar determinaciones de metales pesados Zn, Al, Cu, Mn, Hg y Fe.
- Se ha obtenido un catastro preliminar de la presencia de metales pesados bioacumulados por choritos Mytilus chilensis del Estrecho de Magallanes.
- La bioacumulación estacional de los elementos determinados no es similar.
- La concentración de Zn en los choritos aumenta desde Diciembre a Febrero y disminuye desde Junio a Agosto.
- El contenido de cobre en los organismos estudiados aumenta en invierno y disminuye en verano.
- El mercurio permanece sin variaciones estacionales notables.
- No es clara la bioacumulación estacional de Al, Mn y Fe.
- Concentraciones semejantes de Cu, Zn, Al, Mn y Fe se encuentran tanto en organismos del sector Dungeness 1 y 2 como en los procedentes de Fuerte Bulnes.
- El contenido de metales pesados en los organismos muestreados en el Estrecho de Magallanes es superior a los del sector referencial, Seno Otway.
- Se advierte tanto en la boca oriental del Estrecho de Magallanes como en el área de Fuerte Bulnes isolíneas de metales con un efecto de dilución.
- Las isolíneas obtenidas en la Primera Angostura del Estrecho de Magallanes, corresponden por lo general, a las concentraciones más bajas de metales pesados determinados.
- Se evidencia la incorporación de zinc a la altura de Río Seco, sector industrial con lavaderos de lanas, matadero-frigorífico, industrias pesqueras, afluentes domésticos y antiguo vertedero municipal.

B I B L I O G R A F I A

1. Baldi, F.; Bargagli, R. & A. Renzoni. 1979. The distribution of mercury in the surficial sediments of the Northern Tyrrhenian sea. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(10): 301-303.
2. Berndth, H. & E. Jackwerth. 1978. Automated micromethod for determination of 8 elements in human sera by flame AAS, *Fresenius Z. Anal. Chem.* 105-290.
3. Cossa, D.; Bourget, E. & J. Piuze. 1979. Sexual maturation as a source of variation and Body Weigth of Mytilus edulis L. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(6): 174-176.
4. Davies, I.M. & J.M. Pirie. 1978. The mussel Mytilus edulis as a Bio-assay Organism for Mercury in Seawater. *Marine Pollution Bulletin*, New York 9(5): 128-132.
5. Establier, R. 1977. Estudio de la contaminación marina por metales pesados y sus efectos biológicos. Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona 47.
6. FAO/SIDA, 1983. Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 9. Análisis de presencia de metales y organoclorados en los peces. FAO, Doc. Tec. Pesca, (212): 35 p.
7. Ferrería, P.F. & Wolke, R.E. 1979. Acute Toxicity of Platinum to Coho Salmon (Oncorhynchus kisutch). *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(3): 79-83.
8. Gordon, M.; Knauer, G.A. & J.H. Martin. 1980. Mytilus californianus as a Bioindicator of trace metal Pollution: Variability and Statistical Considerations. *Marine Pollution Bulletin*, New York 11(7): 195-198.
9. Medina, J.; Hernández, F.; Pastor, A.; Beferull, J.B. & J.C. Barbera. 1986. Determination of mercury, cadmiun, chromiun and Lead in Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. *Marine Pollution Bulletin*, New York 17(1): 41-44.
10. Meeus-Verdinne, K.; Van Cauter R. & R. de Borger. 1983. Trace metal content in Belgian coastal mussels. *Marine Pollution Bulletin*, New York 14(5): 198-200.

11. Moraitou, M.; Apostouopoulou & Verriopoulos. 1979. Some effects of Sub-Lethal Concentrations of copper on a marine copepod. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(3): 88-92.
12. Papakostidis, G.; Grimains, A.P. & A. Zafiropoulos. 1975. Heavy Metals in Sediments from the Athens Sewage Outfall Area. *Marine Pollution Bulletin*, New York 6(9): 136-140.
13. Patel, B.; Vasanti, S.B.; Patel, S. & M.C. Balani. 1985. Heavy metals in the Bombay Harbour Area. *Marine Pollution Bulletin*, New York 16(1): 22-28.
14. Simpson, R.D. 1979. Uptake and loss of zinc and lead by mussels (Mytilus edulis) and Relationships with Body Weight and Reproductive Cycle. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(3): 74-78.
15. Southgate, T.; Slinn, D.J. & J.F. Easthan. 1983. Mine-derived Metal Pollution in the Isle of man. *Marine Pollution Bulletin*, New York 14(4): 137-140.
16. Steele, C.W. 1983. Acute Toxicity of copper to Sea Catfish. *Marine Pollution Bulletin*, New York 14(5): 168-169.
17. Stump, J.G.; Kearney, J.; D'Auria, J.M. & J.D. Popham. 1979. Monitoring Trace elements in the mussels, Mytilus edulis Using X-Ray Energy Spectroscopy. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(9): 270-274.
18. Szefer, P. & K. Szefer. 1985. Ocurrence of ten metals in Mytilus edulis L. and Cardium glaucum L. from the Gdansk Bay. *Marine Pollution Bulletin*, New York 16(11): 446-449.
19. Ulrik, H. 1984. Mercury in the Waters Around Harboøre Tange and Limfjord, Denmark. *Marine Pollution Bulletin*, New York 15(4): 129-132.
20. Vermeer, K. & D.B. Peakall. 1979. Trace Metals in Seaducks of the Fraser River Delta Intertidal Area, British Columbia. *Marine Pollution Bulletin*, New York 10(7): 189-193.
21. Young, D.R.; Alexander G.V. & D.Mc Dermontt-Ehrlich. 1979. Vessel-Related Contamination of Southern California Harbours by copper and other metals. *Marine Pcllution Bulletin*, New York 10(2): 50-55.