

Metales pesados: aspectos ecológicos y tecnológico-alimentarios

Oscar Díaz*, Estela Recabarren**, José Ward*** y Jorge Villalobos****

RESUMEN: Se realizó un estudio tendiente a determinar el contenido de algunos metales pesados en material biológico empleado habitualmente como indicador de contaminación ambiental, incluyéndose ciertos alimentos de consumo humano y animal.

Muestras de especies marinas fueron obtenidas del área costera de la V Región de Chile y productos derivados de ellas se recolectaron de industrias y establecimientos de alimentos ubicados en las regiones I, V, VIII y Región Metropolitana de Chile.

Muestras de especies vegetales se recolectaron de campos de cultivos y establecimientos de alimentos localizados en la Región Metropolitana.

Los análisis se efectuaron por los métodos del dietilditiocarbamato de plata en piridina, fluorescencia de rayos X (FRX) y espectrofotometría de absorción atómica.

Los resultados obtenidos muestran elevados niveles de arsénico en algas (7,6 mg/kg, base húmeda), cadmio y plomo en peces marinos, especialmente en el esqueleto de jurel (0,25 mg/kg y 2,26 mg/kg, sobre bases húmedas respectivamente).

Igualmente se destaca el alto contenido de mercurio en harina y aceite de pescado (0,7 mg/kg, base húmeda) y plomo en lechuga (3,5 mg/kg, base húmeda).

Estos resultados muestran que existe contaminación ambiental debido a metales pesados y se sabe que esos contenidos implican daño en la salud humana y animal.

SUMMARY: This work was carried out in order to determine the contents of some heavy metals in biologic material employed habitually as indicator of environmental pollution, including some foods of human and animal consumption.

Marine samples species were obtained for coast area in the Vth Región of Chile and processed products were collected from industries and food markets localized in the Ist, Vth, VIIIth and Metropolitan Region of Chile.

Vegetable sample species, were collected from the country and food markets localized in the Metropolitan Region. The analysis were developed by silver diethyldithiocarbamate dissolved in pyridine, X-ray fluorescence (X-RF) and atomic absorption spectrophotometry methods.

The results obtained show high levels of arsenic in alga (7,6 mg/kg, wet base), cadmium and lead in marine fish specially in the skeletons of jurel (0,25 mg/kg and 2,26 mg/kg on wet bases respectively).

Also, the contents of mercury in fish meal and fish oil (0,7 mg/kg, wet base) and lead in lettuce (3,5 mg/kg, wet base), are important.

These results show that, there is and environmental contamination by heavy metals and it is well known that these contents implies harmful effects in human and animal health.

INTRODUCCIÓN

La presencia de metales pesados tales como Cr, Cd, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn, Hg y otros, ha sido mencionada en numerosos trabajos científicos que los vinculan con variados organismos u órganos, los que muchas veces se ocupan como indicadores de contaminación ambiental (1, 2, 3). Así, por ejemplo, la presencia de ciertos metales pesados en algunas especies de algas, moluscos o peces, se utilizan para evaluar el grado de contaminación del ambiente acuático (2, 4).

Los alimentos igualmente constituyen uno de los vehículos más efectivos en el ingreso de metales pesados al organismo y su posterior concentración en variados órganos. De esta manera, ciertos bulbos como la cebolla (*Allium cepa* L) y la zanahoria (*Daucus carota*) tienden a retener As, la lechuga (*Lactuca sativa*) y otras hortalizas tienden a fijar Pb (5, 6).

Entre los recursos de origen animal, es sabido el alto grado de concentración de ciertos metales como As, Cd, y Hg por algunos peces, mariscos y productos derivados (2, 7, 8).

En cuanto al contenido de metales en vísceras y ciertos tejidos, la información señala que el hígado, riñón y esqueleto, son los principales órganos almacenadores de metales pesados, los que son incorporados principalmente a través de los alimentos.

El pulmón también concentra variados elementos tóxicos contenidos en el aire contaminado que ingresa al interior del organismo a través de la respiración (9, 10, 11).

*Departamento de Asignaturas Básicas, Escuela Tecnológica, Universidad de Santiago de Chile.

**Departamento de Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.

***CESMEC Ltda.

****Laboratorio de Análisis Químico sgs. Chile Ltda.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados finales obtenidos en una serie de estudios iniciados en 1979 en la Universidad de Santiago de Chile y dirigidos a medir el contenido de algunos metales pesados de interés toxicológico presentes en algunos organismos de importancia, tanto ambiental como económica y en determinados alimentos de consumo humano y animal.

PARTE EXPERIMENTAL

Material biológico

Consistió en diferentes muestras de material biológico elegidas por muestreo dirigido y analizada la presencia y contenidos de As, Cd, Hg y Pb en duplicado y triplicado.

Algas

Las muestras de algas pertenecientes a los géneros *Lessonia sp.*, *Gellidium chilensis* y *Porphyra columbina*, fueron recolectadas en el sector costero-rocoso, ubicado entre San Antonio y Las Cruces (Chile, V Región).

Peces

La masa muscular y esqueleto de las especies de peces *Merluccius gayi* y *Trachurus murphyi* recolectados desde el muelle de desembarco de productos marinos del puerto de San Antonio y Caleta El Membrillo en Valparaíso (Chile, V Región), se utilizó para cuantificar la presencia de As, Cd y Pb.

Productos marinos

Se emplearon muestras consistentes en aceite y harina de pescado, y jurel en conserva, recolectados de la I, V, VIII Región y Región Metropolitana. Se midió la concentración de Cd, Pb y Hg.

Vegetales

Se emplearon muestras de lechuga (*Lactuca sativa*), provenientes de campos de cultivo ubicados en la Región Metropolitana (Renca y Quilicura), con el fin de medir el contenido de Pb y muestras de papa (*Solanum tuberosum*) y algunos productos derivados y procesados de ella, recolectados de Establecimientos de Alimentos ubicados en la Región Metropolitana.

MÉTODO DE ANÁLISIS

Algas

Se aplicó el método cualitativo y cuantitativo elemental por fluorescencia de rayos x (FRX), ocupando un espectrómetro dispersivo en energía Edax/Philips PV 9100/9500, provisto de un cristal de Si(Li) con ventana de Be de 7,6 μ de espesor.

Las condiciones experimentales aplicadas en este trabajo, fueron las establecidas por Dogra *et al.* (11) y Dwivedi *et al.* (12).

Peces

La determinación de As se realizó por el método fotométrico del dietil ditio carbamato de plata (DDTC Ag), utilizan-

do un fotocolorímetro Bausch and Lomb modelo Spectronic 20.

Las condiciones experimentales empleadas en este estudio fueron las establecidas por FAO (13), Mladinic y Cuevas (14) y Alonso (15) entre otros.

Los contenidos de Cd, Pb y Hg en la masa muscular, esqueleto y productos derivados de origen marino, se midieron aplicando el método de espectrofotometría de absorción atómica con llama en los análisis de Cd y Pb y sin llama y generación de hidruros en las determinaciones de Hg. Para tales efectos se usó un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 403. Las condiciones experimentales fueron las establecidas por Bebbington *et al.* (16), Chiang *et al.* (17) y Padilla (8).

El control de las absorbancias obtenidas en las determinaciones de Hg, fueron monitoreadas por un registrador Perkin Elmer modelo R100A, incorporado al espectrofotómetro.

Vegetales

Las concentraciones de Pb y As en *Lactuca sativa* y *Solanum tuberosum* respectivamente, fueron medidas por el método espectrofotometría de absorción atómica con llama en el primer caso y sin llama y mediante generación de hidruros en el segundo. Las condiciones experimentales en ambas determinaciones fueron las aplicadas por Caristi y Cimino (18) y Labarrera (19).

Las absorbancias obtenidas en las determinaciones de As fueron monitoreadas por un registrador Perkin Elmer modelo R100A, incorporado al espectrofotómetro.

Los reactivos utilizados en todos los análisis fueron grado p.a (Merck) y suprapuro en las determinaciones de Hg.

El material de laboratorio fue el apropiado para este tipo de análisis y era lavado adecuadamente con HNO₃ (1:1).

Las concentraciones de As en algas fueron confirmadas por análisis de duplicados realizados en el Instituto de Estudios Mineralógicos (IEM) de la Universidad de Chile.

Procedimiento similar se siguió con todos los análisis de Hg, los que fueron confirmados por medio de duplicados analizados en el Laboratorio de Análisis Químico perteneciente a S.G.S. Chile Ltda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al efectuar análisis cualitativo por fluorescencia de rayos X (FRX) a *Lessonia sp.*, *Gellidium chilensis* y *Porphyra columbina*, se detectó la presencia de metales de interés toxicológico. Se pudo observar la presencia de Cu, Zn, Ni y As. Este resultado significó determinar cuantitativamente As en *Lessonia sp.* por ser un alga de interés ecológico como indicadora de contaminación ambiental por este elemento (15).

La Tabla I muestra los resultados obtenidos respecto al contenido de As en *Lessonia sp.*

La Tabla I muestra que la concentración promedio de As en *Lessonia sp* fue de 7,6 mg/kg, fluctuando en un amplio rango (15,5 mg/kg - 3,6 mg/kg). Estos resultados concuerdan perfectamente con los obtenidos por Thieck (24), quien constató presencia de arsénico en el alga *Iridaea laminaroides* procedente de la V y X Región de Chile, en concentra-

Tabla I
CONTENIDO DE As (mg/kg) SOBRE BASE
HÚMEDA EN LESSONIA SP.

Estadígrafo	Lessonia sp Humedad \bar{X} (%): 86
	As (mg/kg)
n	10
C \bar{X}	7,6
S	2,51
R	15,5 - 3,6
% M	100

n = Número de muestras; C \bar{X} = Concentración promedio; S = Desviación estándar; R = Rango; % M = % de muestras con As.

ciones que variaron entre 7 mg/kg y 15 mg/kg, mediante análisis por activación neutrónica.

Por otra parte, Alonso *et al.* (15), en un trabajo tendiente a cuantificar la presencia de arsénico en diversas especies marinas de interés comercial procedentes de la bahía de Antofagasta (Chile, II Región), entre ellas cohayuyo (*Durvillaea antarctica*), informan concentraciones que fluctúan entre 7,72 mg/kg y 14,60 mg/kg.

Los valores obtenidos en este estudio permiten suponer un elevado proceso de contaminación ambiental, si se sabe que el contenido de As en el agua de mar fluctúa entre 2-5 ppb (20), sumado al hecho de una reconocida capacidad de concentración de variados elementos, por parte de las algas.

La Tabla II presenta un resumen de los resultados obtenidos respecto al contenido de As, Cd y Pb en la masa muscular y esqueleto de merluza (*Merluccius gayi*) y jurel (*Trachurus murphyi*), recolectados en San Antonio y Valparaíso (Chile, V Región).

De la Tabla II se puede observar que existen diferencias en la concentración de metales, tanto en el tejido muscular como en el esqueleto, dependiendo estas diferencias de la especie de pez y del lugar de recolección. Así por ejemplo, el mayor contenido de As y Cd se obtuvo en el músculo de *Merluccius gayi* procedente de San Antonio (0,28 mg/kg y 0,35 mg/kg respectivamente), mientras que el nivel mayor de Pb se determinó en esqueleto de *Trachurus murphyi* recolectado en Valparaíso (2,26 mg/kg).

También se aprecian altos niveles de Cd (0,22 mg/kg y 0,25 mg/kg), tanto en las muestras procedentes de San Antonio como de Valparaíso.

Estos resultados permiten confirmar antecedentes bibliográficos relacionados con la acumulación selectiva de ciertos metales en determinados tejidos. De esta manera Cd y Pb tienden a concentrarse en el tejido esquelético de los animales (7, 9).

De la misma manera, los resultados obtenidos permiten demostrar el hecho de que la presencia de metales pesados en peces depende tanto de la especie como del lugar de muestreo, relacionándose ambos aspectos al grado de contaminación ambiental (7, 9, 16).

El menor contenido de metales pesados correspondió a As detectado en el tejido muscular de *Trachurus murphyi* procedente de Valparaíso (0,06 mg/kg). Este resultado puede atribuirse a una baja concentración de As en el agua

de esta zona de la V Región. El área de la costa es el hábitat más frecuente de *Trachurus murphyi* y como se ha informado en la bibliografía, el aporte principal de As al ambiente acuático resulta de fuentes endógenas (6, 20), las que se dan habitualmente en zonas alejadas de la costa. Este planteamiento puede explicar el mayor contenido de As en el tejido muscular de *Merluccius gayi*, recolectada tanto de Valparaíso (0,12 mg/kg) como de San Antonio (0,28 mg/kg). Como en los resultados obtenidos en Lessonia, el área de San Antonio tendería a mostrar mayor contenido de As, aunque los peces tienden a retener este elemento en menor medida que en las algas, lo que se explicaría por la existencia de algún mecanismo fisiológico presente en los peces.

La Tabla III presenta los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de Cd, Hg y Pb en aceite, harina de pescado y jurel en conserva, procedentes de la I, V, VIII Región y de la Región Metropolitana.

De la Tabla III se puede apreciar que el Hg es el elemento que se encuentra en mayor concentración en aceite y harina de pescado procedente de la I y VIII Región (0,71 mg/kg y 0,73 mg/kg). El contenido de Hg en el ambiente acuático es de alrededor de 0,005 mg/l (25), lo que permite deducir que la elevada concentración detectada en los productos procesados señalados, se debe a un problema de contaminación ambiental. Igualmente elevado es el contenido de Hg en jurel en conserva, sin embargo no es posible comparar tal contenido del elemento con lo establecido como límite máximo por el Reglamento Sanitario de los Alimentos, pues dicha norma no fija contenidos máximos ni mínimos de Hg en alimentos (21).

Desde un punto de vista de la procedencia de las muestras, resultó que el nivel de Cd fue mayor en harina de pescado obtenido de la I y VIII Región (0,18 mg/kg y 0,22 mg/kg), lo que permite asociar tales niveles con problemas de contaminación ambiental. En efecto, se estima que las costas de la I y VIII Región del país, se encuentran contaminadas con sustancias químicas derivadas de actividades mineras e industriales (22).

Respecto al contenido de Pb en los productos marinos estudiados, se puede observar de la Tabla III el alto contenido de este elemento en jurel en conserva. No resulta posible comparar dicho contenido con lo establecido por el Reglamento Sanitario de los Alimentos, pues éste sólo fija límites máximos de Pb en alimentos líquidos (21). OPS/OMS, establece un contenido de Pb en alimentos no superior de 0,45 mg/kg (23). Finalmente, es necesario destacar que la totalidad de las muestras analizadas reveló contener todos los elementos, lo que demuestra la amplia distribución de tales elementos en organismos y productos marinos, comprobando antecedentes bibliográficos (2, 7, 8, 16, 17).

La Tabla IV muestra los resultados obtenidos respecto al contenido de Pb en lechuga (*Lactuca sativa*) y As en papa (*Solanum tuberosum*) y en producto preparado y elaborado.

De la Tabla IV se puede observar el alto contenido de Pb en *Lactuca sativa* procedente de ambos sectores de recolección, siendo mayor en aquellas especies obtenidas del sector de Renca (3,5 mg/kg). Algunas muestras procedentes de dicho lugar, llegaron a manifestar hasta 6,1 mg/kg.

Estos resultados concuerdan con numerosos estudios realizados respecto al contenido de Pb, en vegetales cultivados en áreas próximas a carreteras. Se ha podido comprobar que la concentración de dicho elemento es alta, pues

Tabla II
CONCENTRACIÓN DE As, Cd Y Pb (mg/kg) SOBRE BASE HÚMEDA
EN LA MASA MUSCULAR Y ESQUELETO DE *M. GAYI* Y *T. MURPHYI*
PROCEDENTE DE LA V REGIÓN

Estadígrafo	Tejido muscular												Esqueleto					
	Merluccius gayi						Trachurus murphyi						M. gayi			T. murphyi		
	S.A.			V			S.A.			V			V		S.A.		V	
	As	Cd	Pb	As	Cd	Pb	As	Cd	Pb	As	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
n	50	120	120	50	50	49	nd	139	129	50	60	60	47	47	92	92	60	60
C \bar{X}	0,28	0,35	0,72	0,12	0,08	0,94	nd	0,13	1,16	0,06	0,13	1,41	0,10	1,70	0,22	1,69	0,25	2,26
S	0,12	0,21	0,31	0,03	0,02	0,40	nd	0,04	0,33	0,02	0,03	0,39	0,01	0,35	0,06	0,30	0,07	0,30
% M	100	100	100	61	100	100	nd	100	100	60	100	100	100	100	100	100	100	100

S.A.: San Antonio; V: Valparaíso; nd: no determinado.

Tabla III
CONTENIDO DE Cd, Hg Y Pb (mg/kg) SOBRE BASE HÚMEDA
EN PRODUCTOS MARINOS PROCESADOS

Estadígrafo	Harina de pescado				Aceite de pescado				Jurel en conserva		
	I Región		V Región		VIII Región		V Región		VIII Región		Colectado de R.M.
	Cd	Pb	Hg	Hg	Cd	Pb	Hg	Hg	Cd	Pb	Hg
n	10	9	22	10	10	10	10	24	10	10	10
C \bar{x}	0,18	0,46	0,71	0,39	0,22	0,27	0,13	0,73	0,10	0,57	0,62
S	0,02	0,07	0,25	0,16	0,06	0,15	0,03	0,24	0,04	0,24	0,22
% M	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

R.M.: Región Metropolitana.

Tabla IV
NIVELES DE Pb(mg/lg) SOBRE BASE HÚMEDA EN LACTUCA SATIVA
Y As (mg/kg) SOBRE BASE HÚMEDA EN SOLANUM TUBEROSUM.

Estadígrafo	<i>Lactuca sativa</i> Humedad \bar{x} (%): 92 Región Metropolitana		<i>Solanum tuberosum</i> Humedad \bar{x} (%): 75 Región Metropolitana		
	Sector Renca	Sector Quilicura	Papa cruda	Papa cocida	Papa en puré
	n	10	10	10	10
C \bar{x}	3,5	2,7	0,0037	0,005	0,010
S	1,5	0,5	0,0002	0,0005	0,0009
R	6,1 - 1,7	3,4 - 1,9	0,0042-0,0036	0,0052-0,0042	0,01-0,0086
%M	100	100	100	100	100

aún se adiciona una forma orgánica del elemento a la gasolina utilizada como combustible en vehículos de transporte aéreo y terrestre en varios países. La gasolina, al ser combustionada, elimina Pb al ambiente aéreo y terrestre fijándose en la vegetación que crece en las proximidades de las carreteras o vías con alto flujo vehicular (1, 18, 23). Estos antecedentes justifican los altos índices de Pb encontrados en *Lactuca sativa* procedente principalmente del sector de Renca, pues se dan las condiciones antes mencionadas. Respecto del contenido de As en *Solanum tuberosum*, en realidad no existen diferencias entre el producto fresco, preparado e industrializado y las diferencias aparentes están condicionadas a la presencia de agua. En este sentido, la concentración de As encontrada en todos los casos es baja, dándose cumplimiento a la legislación nacional vigente al respecto, que establece un límite máximo de As en productos sólidos igual a 1 mg/kg (21). Además, estos resultados permiten suponer la ausencia de problemas de contaminación ambiental por As, en los lugares donde se cultiva la papa de consumo en la Región Metropolitana.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos permiten concluir que el contenido de metales pesados en el material biológico estudiado es alto, lo que además de constituir un problema toxicológico es indicador de un considerable proceso de contamina-

ción ambiental de origen natural, antrópico o por complejos procesos ecológicos.

2. Los recursos marinos revelan contener una mayor variedad y cantidad de metales pesados, lo que permite asegurar hallazgos similares directamente asociados a condiciones ambientales de origen diverso.

3. Resulta indispensable realizar estudios sistemáticos en esta área del conocimiento, que persigan controlar la presencia de metales tóxicos en el ambiente, como asimismo disponer de una adecuada legislación al respecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Santiago de Chile, por el apoyo económico.

De la misma manera, se agradece al Instituto de Estudios Mineralógicos perteneciente a la Universidad de Chile y a S.G.S. Chile Ltda. por las facilidades ofrecidas en el análisis de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

1. K.R. BULL, W.J. EVERY, P. FREESTONE, J.R. HALL, D. OSBORN. *Alkyl Lead Pollution and Bird Mortalities on the Mersey Estuary, UK, 1979-1981*. Environ. Pollut. Vol. 31 N° 4, 239-259 (1983).

2. EINAGA, H. *Studies on the accumulation of heavy metals in fish*. J. Nara Med. Assoc. 28 (3): 362-368 (1977).
3. K. GRODZIŃSKA. *Contamination of Roe Deer Forage in a Polluted Forest of Southern Poland Environ. Pollut. Ser. Vol. 30, N° 4, 257-276 (1983).*
4. G.N. MHATRE and S.B. CHAPHEKAR. *The Effect of Mercury on some Aquatic Plants*. Environ. Pollut. Vol. 39, N° 3, 207-216 (1985).
5. PEPPER, I. GALANTI N. SANS, J. *Efecto de arsénico pentavalente (As_5^{+5}) sobre el crecimiento de la raíz de la cebolla*. V Simposio sobre contaminación ambiental orientado a los alimentos. Resúmenes 107-110. Santiago, Chile (1987).
6. PASTENES, J., ACEVEDO, E. *Presencia y distribución de arsénico en el sistema suelo-agua-planta en el norte de Chile*. II. Contaminación arsenical en la Quebrada de Camiña (I Región). Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno. Versiones abreviadas, Vol. II, 50-54. La Serena, Chile (1983).
7. EINAGA, H. *Studies on the accumulation of heavy metals in fish*. 2 Experimental study on accumulation of various heavy metals in fish from fresh water. J. Nara Med. Assoc. 28 (3): 369-375 (1977).
8. PADILLA, O. *Contaminación con mercurio de productos del mar procesados*. II Contribución. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Básicas y Farmacológicas (Tesis) (1980).
9. DÍAZ O., AGUIRRE, S., ARMIJO, R., BELLO, S. *Determinación de cadmio y plomo en el esqueleto de merluza (*Merluccius gayi*) y jurel (*Trachurus murphyi*)*. Rev. Lat. Acuí. N° 36 (1988).
10. BERGQVIST, E., GONZÁLEZ, S., PARADA, R., ITE, R. *Contenido de metales pesados en hígados de vacunos en Chile*. V Simposio sobre contaminación ambiental orientado a los alimentos. Resúmenes. 37-40. Santiago, Chile (1987).
11. DOGRA, R.K.S., SHANKER, R., SAXENA, A.K. KHANNA, S., SRISVASTAVA, S.N., SHUKLA, L.J. and ZAIDI, S.H. *Air Pollution: Significance of pulmonary dust deposits in Bovine Species*. Environ. Pollut. Vol. 36, N° 2, 109-120 (1984).
12. DWIVEDI, K.K., PRAZAD, M.S., RAO, G.N., DOGRA, R.K.S., UFRETI, R.K., SHANKER, R., KRISHNA, C.R., KAPOOR, S.S., LAL M. and VISWANATHAN, K.V. *Trace elemental analysis of extracted dust from lungs and lymph nodes of domestic animals using x-ray fluorescence technique*. Int. J. Environ. Analyt. Chem. 7, 205-221 (1980).
13. FAO. *Arsenic and tin in foods: Reviews of commonly used methods of analysis*. Rome, FAO (1979).
14. MLADINIĆ, P., CUEVAS, P. *Determinación espectrofotométrica de arsénico con dietil ditio carbamato de plata*. Contribuciones. 7:1-12 (1972).
15. ALONSO, C. *Arsénico en especies marinas de interés comercial en la Bahía de Antofagasta*. Gaceta de los investigadores del ambiente N° 1: 3 (1986).
16. BEBBINGTON, G., MAC KAY, N., CHVOJKA, R., WILLIAMS, R., DUMM, A., AUTY, E. *Heavy metals, selenium and arsenic in nine species of australian commercial fish*. Aust J. Mar. Freshwater Res. 28 (3): 277-286 (1977).
17. CHIANG, J.J., NÚÑEZ, G. *Estudio comparativo sobre metales pesados a nivel trazado en especies marinas-V Región*. Alimentos 8:23-29 (1983).
18. CARISTI, CIMINO G., *Inquinamento da piombo*. Atti. Soc. Pelorit Ac. Fis. Mat. e Nat., Messina, xxiv, 119-228 (1978).
19. LABARRERA, P. *Desarrollo y evaluación de métodos por espectrofotometría de absorción atómica. Generación de hidruros para la determinación de arsénico selenio, telurio, antimonio, y bismuto en cátodos de cobre de alta pureza*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas (1984).
20. DÍAZ, O., AGUIRRE, S. *Contenido de arsénico en algas*. II Simposio de contaminación del medio ambiente y su incidencia en el sector agropecuario. Resúmenes, pp. 89-91. Santiago, Chile (1981).
21. *Reglamento Sanitario de los Alimentos*. Decreto N° 60 del Ministerio de Salud Pública, Diario Oficial de la República de Chile, N° 31.282, 5 de junio, 1982.
22. CHUECAS, L. y SALAMANCA, M. *Contaminación marina en Chile*. Criterio y estrategia. Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno. Volumen I. Versiones abreviadas pp. 32-35. La Serena, Chile (1983).
23. OPS/OMS. *Criterios de salud ambiental. Plomo*. Washington D.C., OPS/OMS Publicación Científica N° 388 (1979).
24. THIECK, M. *Determinación de arsénico en alga *Iridaea laminaroides* y su carragenano, mediante análisis por activación neutrónica*. Santiago. Universidad de Santiago de Chile (Facultad de Ingeniería) Tesis (1981).
25. SANLÉS, C. y GODOY S. *Determinación de mercurio en agua de efluente de Planta Mochita Concepción*. 6° Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Versiones abreviadas, pp. 23-36. Concepción, Chile (1985).