



**CONTAMINACIÓN POR METALES Y PLAGUICIDAS
ORGANOCORADOS EN ORGANISMOS MARINOS DE
LA ZONA COSTERA PATAGÓNICA**

**Mónica Gil , Miguel Ángel Harvey, Horacio Beldoménico
Silvia García , Marta Commendatore , Patricia Gandini ,
Esteban Frere, Pablo Yorio, Enrique Crespo,
José Luís Esteves.**

ISSN N° 0328 – 462X

1996

Permitida la reproducción total o parcial citando a la fuente

*Plan de Manejo
Integrado de la
Zona Costera
Patagónica*

GEF / PNUD
WCS / FPN

Citar como :

Mónica Gil , Miguel Ángel Harvey, Horacio Beldoménico Silvia García , Marta Commendatore , Patricia Gandini , Esteban Frere, Pablo Yorio, Enrique Crespo, José Luís Esteves. : CONTAMINACIÓN POR METALES Y PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN ORGANISMOS MARINOS DE LA ZONA COSTERA PATAGÓNICA. **Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica** (Puerto Madryn, Argentina) N° 32

Para mayor información dirigirse a:

Fundación Patagonia Natural
Marcos A. Zar 760, Puerto Madryn, (9120), Chubut, Argentina
Casilla de Correo 160
Tel. – Fax: (02965) 472-023 / 451-920 / 474-363
EMail: pnatural@patagonianatural.org

“ Los Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica implementado por Fundación Patagónica Natural (F.P.N.) y Wildlife Conservation International (W.C.S.) constituyen una herramienta de difusión de información no publicada que estas instituciones consideran de utilidad para la protección de la naturaleza de la región. La misma podrá ser utilizada con fines de enseñanza, divulgación y entretenimiento, y como material de referencia para el manejo de los recursos, citando la fuente. Las opiniones expresadas en estos Informes Técnicos son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de las organizaciones participantes”.

CONTAMINACIÓN POR METALES Y PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN ORGANISMOS MARINOS DE LA ZONA COSTERA PATAGÓNICA

Mónica Gil (1,2), Miguel Ángel Harvey(3), Horacio Beldoménico (4), Silvia García (4), Marta Commendatore (1,2), Patricia Gandini (2), Esteban Frere (2), Pablo Yorio (2), Enrique Crespo (1,2), José Luís Esteves (1,2).

(1) Centro Nacional Patagónico (CONICET). Bv. Brown 3.000. (9120) Puerto Madryn; Fundación Patagonia Natural. Marcos A. Zar 760 (9120) Puerto Madryn; (3) Universidad Nacional de la Patagonia. Bv. Brown 3.300. (9120) Puerto Madryn. (4) Laboratorio Central de Servicios Analíticos, Fac. de Ing. Química, Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2654 (3000) Santa Fe.

RESUMEN

Se analiza la concentración de metales (Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc) y plaguicidas organoclorados en organismos marinos (moluscos, aves y mamíferos) de la zona costera patagónica. Estos fueron recolectados (moluscos) o encontrados muertos en las playas o enmallados en artes de pesca (aves y mamíferos).

Las concentraciones medidas de metales pesados en moluscos han sido en general bajas o indicadoras de la influencia humana. Los niveles de Cadmio en Bahía Nueva y Bahía Camarones se hallaron en el límite del permitido normalmente para consumo humano. Los cangrejos de la Bahía de San Antonio arrojaron resultados normales.

Para el caso de concentraciones de Cadmio en aves y mamíferos, se registró una relación “riñón/hígado” entre 1,5 y 10 para aves e inferior a 2 en la tonina overa, indicación de exposición de tipo crónica. Sin embargo, los animales analizados no estarían reflejando problemas de contaminación ambiental por este metal. En general no se registra bioacumulación de Plomo en la cadena alimentaria. Los valores hallados de Cobre y Zinc, mostraron en general la regulación metabólica de ambos metales en todos los organismos estudiados, con excepción de un lobo marino con valores altos en hígado y riñón que podrían asociarse a descargas antropogénicas.

Las concentraciones de plaguicidas en aves fueron bajas o no detectables. Los mayores valores correspondieron a una especie migratoria como es el pingüino de Magallanes (1,2 µg/g) y una especie omnívora presente en todos los basurales urbanos y de industrias pesqueras como es la gaviota cocinera (0,6 µg/g). Las concentraciones de plaguicidas analizadas en el tejido graso de mamíferos marinos como ballena, lobo marino, toninas overas y delfines oscuros, dieron resultados no detectables o no superaron 0,1 µg/g.

INTRODUCCIÓN

Los metales y plaguicidas organoclorados constituyen importantes contaminantes a escala mundial, habiéndose los registrado en diversos ambientes y una gran variedad de organismos. Su peligrosidad reside en su toxicidad y en que, al no ser degradados (o bien, en el caso de los plaguicidas, degradados muy lentamente) una vez adicionados al medio ambiente permanecen en el mismo por largo tiempo. Los fenómenos de bioacumulación en los organismos expuestos y la biomagnificación a través de la cadena alimentaria, constituyen un serio riesgo sobre todo para los grandes predadores y por consiguiente, un riesgo potencial para la salud humana.

En la zona costera patagónica, prácticamente no existen actividades mineras que liberen metales hacia el ambiente. Una excepción a esto lo constituye el depósito de ganga de una mina en la zona de la Bahía de San Antonio (Commendatore et al. 1996a). Sin embargo, es claro que los metales pueden ser concentrados por los organismos marinos desde el agua, los sedimentos u otros organismos, en concentraciones variables que pueden afectar su metabolismo o el de otros eslabones de la cadena trófica, en la cual están insertos. Algunos metales, como Mercurio, Cadmio y Plomo, son tóxicos aún a muy bajas concentraciones. Otros, si bien son esenciales para la vida (entre ellos Cobre y Zinc), pueden resultar tóxicos cuando las concentraciones naturales son excedidas. Cada individuo responderá de distintas formas según la influencia de factores internos o externos al mismo, tales como el metal y la especie química que lo contenga, la presencia de otros metales (sinergismo o antagonismo), las características físicas y químicas ambientales y la condición del propio individuo (edad, sexo, hábitos, dieta, estadio, etc.). Dentro de un determinado rango de concentraciones, cada organismo puede activar distintos mecanismos de defensa, como la excreción o la regulación del metal, o la inactivación del mismo mediante unión a proteínas específicas (metalotioneínas), entrapamiento por membranas vesiculares o asociación con lisosomas.

La información previa existente sobre niveles de metales pesados en la zona costera patagónica es escasa. Zinc, Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Níquel, Manganeso y Mercurio, han sido analizados en agua, sedimento, plancton y moluscos de los Golfos San Matías, San José y Nuevo (Ronco, 1974; Harvey y Gil, 1988; Gil et al., 1988; Gil et al., 1989; Commendatore et al. 1996a), mientras que otros autores (Marcovecchio et al., 1994) han evaluado contenidos de Mercurio, Cadmio, Zinc y Cobre en mamíferos marinos de distintas áreas de la costa argentina.

En cuanto a los plaguicidas organoclorados, son bien conocidos como contaminantes ambientales, debido a su estabilidad, capacidad de bioacumulación y distribución global. Los ríos patagónicos, principalmente el Colorado, el Negro y el Chubut, recorren valles fértiles que son utilizados para la explotación agrícola. La actividad fruti-hortícola aporta particularmente residuos de plaguicidas cuyo devenir en el mar se desconoce, así como su concentración en eslabones tróficos superiores, como aves y mamíferos marinos. Estos pueden acumular plaguicidas a partir de la cadena alimentaria y serán seguramente más vulnerables las poblaciones que habitan en zonas expuestas a estos contaminantes, o aquellas de lugares más remotos que durante sus migraciones utilizan estas zonas. A diferencia de los metales, los plaguicidas son compuestos químicos sintéticos y son introducidos al medio ambiente por la actividad humana. Estudios recientes en el valle del río Negro, identifican como de uso habitual unos veinte tipos de plaguicidas orgánicos (Manual de evaluación de sustancias tóxicas, 1995).

El objetivo de este trabajo es aportar nueva información sobre concentraciones de estos dos grupos de contaminantes en moluscos, crustáceos, aves y mamíferos marinos hallados en la zona costera patagónica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo.

La Figura 1 indica los lugares de la costa en donde se han recolectado las muestras para este estudio.

Moluscos bivalvos: Se recolectaron manualmente mejillones (*Mytilus edulis*), cholgas (*Aulacomya ater*) y lapas (*Patinigera* sp.) en la zona intermareal, en los siguientes lugares: Punta Loyola, San Julián, Rada Tilly, Comodoro Rivadavia, Caleta Córdova, Faro Aristizábal, Bahía Camarones y Puerto Madryn. En la Tabla 2 se especifica qué especies se analizaron en cada lugar.

Cangrejos: La especie *Chasmagnatus granulata* se recolectó en dos estaciones de la Bahía de San Antonio: Ría de San Antonio Oeste y Caleta Falsa.

Aves marinas: Se recolectaron dieciséis pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), dos pardelas oscuras (*Puffinus griseus*) y un cormorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*), en la zona del Golfo San Jorge; siete gaviotas cocineras (*Larus dominicanus*) y un cormorán gris (*Phalacrocorax gaimardi*) en Puerto Deseado; una gaviota cocinera, un albatros ceja negra (*Diomedea melanophris*), un cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), un huala o macá grande (*Podiceps major*), un macá plateado (*Podiceps occipitalis*) y un gaviotín (*Sterna* sp.) en Puerto Madryn. Estos animales fueron encontrados muertos frescos en la playa o recuperados de artes de pesca. Los hábitos y dietas se especifican en la Tabla 4.

Mamíferos marinos: Se hizo un muestreo de tres cetáceos (ballena franca austral *Eubalaena australis*; tonina overa, *Cephalorhynchus commersonii*; delfín oscuro, *Lagenorhynchus obscurus*) y un pinnípedo (lobo marino de un pelo, *Otaria flavescens*). El ballenato, de menos de tres meses de edad, fue encontrado en Playa el Doradillo (Golfo Nuevo) después de tres o cuatro días de muerto. Si bien las ballenas son de hábitos pelágicos, en este caso el individuo está asociado a la costa y a una alimentación basada en leche materna. La tonina overa y el delfín oscuro fueron capturados accidentalmente en redes de pesca en el Golfo San Jorge. El lobo marino, macho de aproximadamente un año de edad, fue encontrado muerto, fresco, en el puerto de San Antonio Este (Golfo San Matías). Las últimas tres especies son en general de hábitos costeros y se los encuentra hasta las 200 millas desde la costa.

Pretratamiento y almacenaje de las muestras.

Se llevó a cabo según las instrucciones del "Manual para la obtención y conservación de muestras de agua, organismos y sedimentos" (Commendatore et al. 1996b). Los bivalvos provenientes de cada lugar se separaron según las tallas, en muestras compuestas entre 13 y más de 100 individuos cada una. En el caso de los cangrejos se prepararon muestras compuestas de 40 organismos cada una. Sobre aves y mamíferos se realizó la disección de órganos, separando tejido graso, muscular, hepático y renal.

Tratamiento y análisis de metales.

La totalidad de las muestras se procesó por duplicado, siguiendo las técnicas aplicadas por SENASA, para análisis de productos de la pesca para exportación. Para moluscos y mamíferos se midió paralelamente el contenido de agua por secado en estufa a 80°C hasta peso constante.

Para la determinación de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc, el material a analizar (2 a 10 g de tejido húmedo) se procesó del siguiente modo: tratamiento con ácido nítrico concentrado; evaporación a 140°C; calcinación en mufla hasta cenizas blancas. La medición se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica, empleando llama de aire-acetileno.

Para la determinación de Mercurio, la muestra (5 g de tejido húmedo) se trató con ácido nítrico concentrado a distintas temperaturas (20°C, 70°C y 140°C). La digestión se completó a 140°C, previo agregado de ácido sulfúrico concentrado. Las muestras se midieron por Espectrofotometría de Absorción Atómica, empleando la técnica de vapor frío.

Las concentraciones de metales presentadas en este informe, se expresan en µg/g, y la base sobre la cual han sido calculados se indica como ps (peso seco) o ph (peso húmedo). Los metales pesados están generalmente asociados a proteínas y no al agua corporal, de allí la conveniencia de expresar los resultados en base seca (Bryan, 1976). Sin embargo, para realizar comparaciones bibliográficas suele requerirse la información en base húmeda, ya que, fundamentalmente para aves y mamíferos, la mayoría de los autores presentan los datos de ese modo, sin informar el porcentaje de humedad. Por otro lado, los límites fijados con relación a la salud pública, son siempre expresados sobre carne fresca.

Calidad de los datos.

La calidad de los datos de metales, se expresa por los coeficientes de variación, los porcentajes de recuperación (Tabla 1) y la exactitud. La recuperación se calculó agregando las sales inorgánicas respectivas (Titrisol Merck) a tres réplicas de una misma muestra de concentración conocida. La exactitud se evaluó por análisis de material de referencia certificado (NIST-Standard Reference Material 1566a-Oyster tissue), según la siguiente tabla:

Elemento	Valor certificado	Este trabajo (n=3)	Recuperación
Zinc	830 ± 57	993 ± 182	120
Cobre	66,3 ± 4.3	69,1 ± 5,03	104
Plomo	0,371 ± 0,014	0,585 ± 0,055	158
Cadmio	4,15 ± 0,38	4,36 ± 0,64	105
Mercurio	0,0642 ± 0,0067	0,05	-

Tratamiento y análisis de plaguicidas organoclorados.

Observaciones: Los análisis de plaguicidas han sido realizados en tejido graso de aves y mamíferos marinos. Los llevó adelante el Laboratorio Central de Servicios Analíticos de la Facultad de Ingeniería Química (Universidad Nacional del Litoral). En la discusión se presentan además, concentraciones de plaguicidas en moluscos, provenientes de algunas localidades patagónicas y que fueran obtenidas en el International Mussel Watch Project (Farrington y Tripp, 1995).

Para el análisis se utilizaron varios métodos de extracción y limpieza, con cleanup en columnas con medios sólidos como Alúmina y Florisil.

La determinación se realizó por cromatografía gaseosa con cromatógrafos Varian 3.400 CX con detector de captura de electrones (ECD) Ni-63 y Tracor 565 con detectores ECD Ni-63 y Ni-Pd, con distintos tipos de columnas cromatográficas:

Megabore DB 608, 30 m, 0,53 mm di, film 0,83 μ m.

Capilar de sílice fundida, CP-Sil 8 CB, 50 m, 0,25 mm di, film 0,12 μ m.

Vidrio 2m x 2 mm d.i. (1,95% SP2250 - 1,54% SP2401 s/ supelcoport 100/120 mesh).

Vidrio 2m x 2 mm d.i. (1,95% OV210 - 1,5% OV17 s/chromosorb 100-120 mesh).

Vidrio 2m x 2 mm d.i. (1,95% OV210 - 1,5% OV17 - 10% OV101 s/chromosorb 100/120 mesh).

Los límites de detección, de acuerdo a la metodología empleada, varían según el compuesto entre concentraciones de 1 a 50 ng/g.

Los compuestos analizados han sido los siguientes:

Hexaclorobenceno (HCB).	Alfa-clordano.
Alfa-Hexaclorohexano (-HCH).	Dieldrin.
Gamma-Hexaclorohexano (-HCH).	Endrin.
Beta-Hexaclorohexano (-HCH).	Isómeros de DDE.
Aldrin.	Isómeros de DDT.
Oxi-clordano.	Isómeros de TDE.
Heptacloro-epóxido.	Metoxicloro.
Heptacloro.	Mirex.
Gamma-clordano.	Toxafeno.
Bifenilos policlorados.	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. METALES

I.1. MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS

Moluscos bivalvos

Los resultados obtenidos para moluscos bivalvos se observan en la Tabla 2.

Mercurio: No fue detectado en ninguno de los casos. Estos resultados son los esperables, dado que en sedimentos de la costa patagónica la presencia de Mercurio tampoco ha sido detectada (Commendatore et al., 1996a).

Cadmio: La concentración promedio fue de $3,08 \pm 1,67 \mu\text{g/g ps}$ ($0,58 \pm 0,35 \mu\text{g/g ph}$). Los máximos valores fueron hallados en cholgas de Bahía Camarones ($6,33 \mu\text{g/g ps}$ - $1,15 \mu\text{g/g ph}$) y Puerto Madryn ($4,43 \mu\text{g/g ps}$ - $1,10 \mu\text{g/g ph}$) y son del mismo orden que los medidos en el año 1988 en moluscos recolectados en la zona de Bahía Nueva ($5,3$ y $7,1 \mu\text{g/g ps}$). Desde el punto de vista ambiental, y por comparación con la bibliografía (Giordano et al., 1995; Coimbra et al., 1991; Boyden, 1974), estos niveles se corresponderían con aquellos de áreas de contaminación baja. Concordantemente, los valores registrados en sedimentos, no han reflejado problemas serios de contaminación, y en la mayoría de los casos han sido no detectables (Commendatore et al. 1996a). Con respecto a la salud pública sin embargo, los resultados obtenidos en bivalvos de Camarones y de Puerto Madryn, se hallan en el límite normalmente permitido para consumo humano. En ese sentido, el órgano crítico de acumulación de Cadmio con relación a una exposición crónica por consumo de moluscos, es el riñón, generando efectos adversos en su funcionamiento. En Argentina, SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal) fija un máximo de $1 \mu\text{g/g ph}$ (equivalente aproximadamente a $5 \mu\text{g/g ps}$) del tejido comestible de productos de la pesca. Un patrón similar al registrado en Camarones y Puerto Madryn (niveles muy bajos o no detectables en sedimentos, frente a valores significativos en moluscos), fue encontrado por Berrow (1991) en Cork Harbour (Irlanda, zona industrializada) donde se midieron concentraciones relativamente elevadas en *Mytilus edulis* ($2,34 \mu\text{g/g ps}$), comparadas con niveles no detectables en sedimentos.

Si bien estas consideraciones representan un llamado de atención, también deben tenerse en cuenta las costumbres alimenticias de cada población: la JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) (GESAMP, 1991), establece un consumo semanal tolerable de $7 \mu\text{g}$ de Cadmio por kg de peso corporal. Este deriva de una acumulación estimada sobre un periodo de 50 años a una velocidad de exposición equivalente a $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ para adultos. Asumiendo que una persona de 60 kg consume semanalmente 15 gr de moluscos conteniendo $1 \mu\text{g/g}$ ph de Cadmio, la ingesta total en dicho periodo sería de $0,28 \mu\text{g}$ por kg de peso corporal, la cual está muy por debajo del consumo tolerable.

Plomo: Se encontró un valor medio de $4,74 \pm 2,20 \mu\text{g/g}$ ps ($0,80 \pm 0,27 \mu\text{g/g}$ ph), con máximos en Comodoro Rivadavia ($8,07 \mu\text{g/g}$ ps), Faro Aristizabal ($5,24 \mu\text{g/g}$ ps) y Camarones ($6,85 \mu\text{g/g}$ ps). En monitoreos realizados por el International Council for the Exploration of the Sea en aguas del oeste de Europa se midieron niveles de $1 \mu\text{g/g}$ ph en moluscos comúnmente hallados en zonas donde se ha dejado de utilizar las naftas con Plomo (Clark, 1992). Teniendo en cuenta esta consideración y la información presentada por distintos autores (Giordano et al., 1991), los resultados hallados serían normales desde el punto de vista ambiental. Con relación a la salud pública, estos niveles tampoco representan riesgo (GESAMP, 1991). En nuestro país, el valor límite permitido por SENASA es de $5 \mu\text{g/g}$ ph ($25 \mu\text{g/g}$ ps).

Cobre y Zinc: El nivel promedio de Cobre fue $8,79 \pm 2,52 \mu\text{g/g}$ ps y el de Zinc de $117 \pm 58 \mu\text{g/g}$ ps, ambos comparables con zonas no contaminadas (Shulkin y Kavun, 1995; Pastor et al., 1994). Los valores hallados para los metales analizados son del mismo orden de magnitud que los medidos en el año 1988 en moluscos de los Golfos San José y Nuevo (Gil et al., 1988). Si bien estos elementos son bioesenciales y no son considerados como un riesgo para el hombre, el Cobre es uno de los metales más tóxicos para los organismos marinos, junto con el Mercurio, el Cadmio y la Plata. El Cobre produce efectos letales sobre plancton, peces y moluscos de zonas altamente contaminadas y en general no se acumula a lo largo de la cadena alimentaria (Clark, 1992). Los moluscos tienen una capacidad de acumulación de este metal tan elevada (factor de concentración +7500 en ostras), que su carne puede tornarse verde y de gusto repulsivo (Clark, 1992). SENASA fija como máximo permitido un valor de $20 \mu\text{g/g}$ ph.

Respecto del Zinc, si bien no existe regulación establecida para el consumo humano, síntomas tales como náuseas y vómitos han sido atribuidos al consumo de ostras contaminadas con $57600 \mu\text{g/g}$ ps de Zinc y $173 \mu\text{g/g}$ ps de Cadmio (Ratkowsky et al., 1974).

Crustáceos

Las concentraciones de metales encontradas en los cangrejos (*Chasmagnatus granulata*) de la Bahía de San Antonio se detallan en la Tabla 3, siendo los valores promedios ($n=6$): Zn: $1,8 \pm 0,2 \mu\text{g/g}$ ph, Cobre: $21,4 \pm 0,8 \mu\text{g/g}$ ph, Plomo: $2,6 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$ ph, Mercurio y Cadmio no fueron detectados. Si se tienen en cuenta los elevados niveles de metales que se encontraron en los sedimentos de esta Bahía, los resultados en estos organismos no reflejan un alto grado de bioacumulación (Commendatore et al. 1996a).

Si bien estos organismos no son excelentes bioconcentradores de metales por su capacidad para regularlos (Phillips, 1995), los valores detectados en sedimentos (Commendatore et al., 1996b), hacían presuponer niveles más elevados de estos elementos. Esto implica que, al momento, los metales analizados se encuentran inmovilizados en el sedimento. Si bien es conocida la tendencia de estos elementos a asociarse con este sustrato (Baudo y Muntau, 1990), su liberación a la fase acuosa es posible según la influencia de distintos factores físico-químicos del medio acuático y de circunstancias que pudiesen alterarlos, tales como el ingreso de nuevos efluentes o dragado.

I.2. AVES MARINAS

Las concentraciones de metales medidas en hígado, riñón y músculo, se presentan en las Tablas 5a

y 5b.

Mercurio: Se midieron concentraciones bajas en los tres órganos analizados (0,05 a 2,19 $\mu\text{g/g ph}$). Los valores más altos reportados en la bibliografía para aves marinas aparentemente saludables, corresponden a albatros y algunos petreles, con concentraciones mayores a 200 $\mu\text{g/g ph}$ (Muirhead y Furness, 1988; Lock et al., 1992).

Cadmio: en todos los casos se observaron concentraciones mayores en riñón que en hígado y músculo, siendo este último el de menor contenido. Los valores más elevados se registraron en riñón de gaviotas cocineras adultas provenientes de Puerto Deseado (121 a 491 $\mu\text{g/g ph}$).

Muirhead y Furness (1988) encuentran valores entre 100 y 150 $\mu\text{g/g ph}$ en pingüinos, albatros y petreles de Gough Island, a 40° de latitud en el Océano Atlántico Sud. Si bien los autores suponen que estos niveles son naturales y que las aves están adaptadas a ellos, los consideran muy elevados, mayores que en aves provenientes de sitios contaminados y en exceso respecto de las concentraciones que son tóxicas en ratas y en el hombre.

Por otro lado, según Scheuhammer (1987), concentraciones mayores de 100 $\mu\text{g/g ph}$ son tóxicas en el hombre y otros mamíferos; individuos aparentemente saludables pueden presentar daños a escala celular. Sugiere además que la relación de concentraciones “riñón/hígado”, es un índice del tipo de exposición: si ésta es menor a 1 puede existir una exposición tóxica aguda reciente; caso contrario, puede atribuirse a una exposición crónica a bajos niveles de Cadmio. En este trabajo, dicha relación se mantuvo entre 1,5 y 10. Por lo tanto, dados los resultados hallados en hígados, los valores superiores a 100 $\mu\text{g/g ph}$ en riñón, podrían estar relacionados con una exposición de tipo crónica.

Plomo: Los mayores valores se midieron en el hígado ($2,97 \pm 3 \mu\text{g/g ph}$; n=14), luego en riñón ($1,80 \pm 0,59 \mu\text{g/g ph}$ n=13) y por último en músculo ($0,83 \pm 0,37 \mu\text{g/g ph}$; n=28). En general, en el ecosistema acuático, las concentraciones de Plomo son elevadas en los productores y en los organismos bentónicos. En los niveles tróficos más altos los valores son casi siempre bajos (Kendler, 1993). En una recopilación bibliográfica realizada por Bryan (1976), para hígados de alca común (uria aalge) y de frailecillos del Atlántico (Fratricula arctica) de zonas no contaminadas de las Islas Británicas, se mencionan valores de $1,6 \pm 0,81 \mu\text{g/g ps}$ y de $1,1 \pm 0,55 \mu\text{g/g ps}$. Raid y Hacker (1982), realizaron estudios en gaviotas adultas (Larus atricilla) de zonas urbanas e industrializadas del Golfo de Texas y encontraron $1,06 \pm 0,27 \mu\text{g/g ph}$ n = 5, en hígado y $1,39 \pm 0,33 \mu\text{g/g ph}$, n = 5 en riñón. Un extraño caso de envenenamiento que arrojó 2.400 aves costeras (principalmente dunlin Calidris alpina), fue relacionado con una concentración de 10 $\mu\text{g/g ps}$ de Pb ($3 \mu\text{g/g ph}$ si se considera 70% de humedad), 30% a un 70% del cual estaba en forma de trialkil-Plomo. Los compuestos alquilados, usados como aditivos en las gasolinas, son 100 veces más tóxicos que el Plomo inorgánico (Kendler, 1993).

Los niveles de Plomo encontrados en varias de las especies analizadas en este trabajo, pueden considerarse habituales para zonas portuarias y urbanizadas. Se sabe además que el 70% del Plomo transferido a sistemas acuáticos remotos, es transportado por la atmósfera (Nriagu, 1990), la cual podría ser otra posible ruta de ingreso de este tóxico.

Cobre y Zinc: Tanto para el Cobre como para el Zinc, la semejanza de niveles encontrados entre las distintas especies refleja la regulación metabólica de ambos metales. Los valores hallados se encuentran en general dentro del rango normal informado por otros autores en gran variedad de especies (Lock et al., 1992).

1.3. MAMÍFEROS MARINOS

Las concentraciones de metales medidas en hígado, riñón y músculo de mamíferos marinos, se

presentan en la Tabla 6.

Mercurio: Este metal se encontró en concentración muy baja en el músculo del ballenato con 0,2 $\mu\text{g/g ps}$ (0,04 $\mu\text{g/g ph}$), y no fue detectado en sus otros órganos. En los demás mamíferos los mayores niveles se encontraron en hígado con los siguientes valores: 43 $\mu\text{g/g ps}$ (13 $\mu\text{g/g ph}$) en tonina overa (adulta), 31 $\mu\text{g/g ps}$ (9,7 $\mu\text{g/g ph}$) en delfín oscuro (adulto) y 10 $\mu\text{g/g ps}$ (3 $\mu\text{g/g ph}$) en lobo marino (un año de edad). En riñón y músculo los valores no superaron 2,2 $\mu\text{g/g ps}$ (0,60 $\mu\text{g/g ph}$).

Teniendo en cuenta los hábitos alimenticios de las últimas tres especies, la concentración en hígados de los animales analizados podría estar relacionada con su alimentación. Los peces, reconocidos como buenos acumuladores de Mercurio, se encuentran en una mayor proporción en la dieta de las especies que mostraron una mayor concentración de este metal. Los bajos resultados hallados en el ballenato serían atribuibles a su dieta aún poco expuesta a posibles contaminantes y restringida a la leche materna.

Los mamíferos marinos son capaces de acumular grandes cantidades de Mercurio, sin que esto les produzca un daño, ya que cuentan con buenos mecanismos de detoxificación por formación de seleniuros (Clark, 1992). Concentraciones de Mercurio elevadas no están necesariamente vinculadas a contaminación, sino que también influye la edad (Bryan, 1976), lo cual también explicaría las diferencias encontradas en este trabajo.

Según información bibliográfica, se sabe que:

- a) en cetáceos y pinnípedos de la costa uruguaya y argentina. (Gerpe et al., 1990; Marcovecchio et al., 1990, 1991a, 1991b, 1993, 1994), se encontraron hasta 86 $\mu\text{g/g ph}$ en hígado de delfín nariz de botella de las costas de Mar del Plata.
- b) valores de hasta 430 $\mu\text{g/g ph}$ han sido informados por Law et al. (1991) en las costas de las Islas Británicas para zonas fuertemente contaminadas, donde se encontraron más de cuarenta mamíferos marinos muertos.
- c) el mismo autor encuentra valores inferiores a 2,8 $\mu\text{g/g ph}$ en áreas no contaminadas.
- d) según Wagemann y Muir (1984), el límite de tolerancia de Mercurio en hígado de mamíferos marinos se encuentra entre 100 y 400 $\mu\text{g/g ph}$.

Por lo tanto, puede concluirse que los mamíferos analizados en este trabajo no presentarían indicios de exposición a niveles anormales de Mercurio.

Cadmio: Los menores niveles se registraron en el ballenato con 0,20 $\mu\text{g/g ps}$ (0,04 $\mu\text{g/g ph}$). La acumulación en los órganos de las otras especies, fue preferencial en riñón, luego en hígado y por último en músculo, con máximos de 544 $\mu\text{g/g ps}$ (122 $\mu\text{g/g ph}$) en riñón de tonina overa y de 518 $\mu\text{g/g ps}$ (113 $\mu\text{g/g ph}$) en delfín oscuro y relaciones de concentración “riñón/hígado” de 1,16 y 3,70 respectivamente. El resto de las concentraciones medidas no superó los 13,9 $\mu\text{g/g ps}$ (4,04 $\mu\text{g/g ph}$).

En mamíferos de las costas uruguaya y argentina, las concentraciones de Cadmio observadas por otros autores (Gerpe et al., 1990; Marcovecchio et al. 1990, 1991a, 1991b, 1993, 1994) no superaron los 61,80 $\mu\text{g/g ph}$, excepto en el riñón del cachalote pigmeo (hembra, adulta) con 412,6 $\mu\text{g/g ph}$ de las costas de Mar del Plata. Este valor fue atribuido a su alimentación rica en calamares, importantes acumuladores de Cadmio.

En humanos, la relación normal “riñón/hígado” va de 2 a 5 y el límite de tolerancia de Cadmio en riñón es de 200 a 400 $\mu\text{g/g ph}$, por encima del cual se presenta daño renal (Law et al., 1991, Taylor et al., 1989).

Según Scheuhammer (1987) en cambio, concentraciones mayores de 100 $\mu\text{g/g}$ ph son tóxicas en el hombre y otros mamíferos; individuos aparentemente saludables pueden presentar daños a escala celular. Como se mencionara previamente (ver sección 1.2) este autor sugiere que la relación de concentraciones “riñón/hígado” es un índice del tipo de exposición: si ésta es menor a 1 puede existir una exposición tóxica aguda reciente.

Los animales analizados no estarían indicando problemas de contaminación ambiental ni estarían sufriendo perjuicio hacia su salud. Sin embargo, los valores levemente superiores a 100 $\mu\text{g/g}$ ph en riñón y la relación “riñón/hígado” inferior a 2 registrada en la tonina overa, justificarían una mayor investigación.

Plomo: La concentración promedio medida fue de $0,67 \pm 0,14$ $\mu\text{g/g}$ ps ($0,17 \pm 0,04$ $\mu\text{g/g}$ ph), que se corresponde con aquellas informadas para mamíferos provenientes de áreas que se consideran de baja contaminación (Law et al., 1991, 1992). En general no se registra bioacumulación de Plomo en la cadena alimentaria. Los predadores de los niveles tróficos más altos generalmente tienen bajos contenidos de Plomo (Kendler, 1993). No se cuenta con información bibliográfica previa para mamíferos de las costas argentinas.

Cobre y Zinc: En el lobo marino se registraron los valores más altos de Cobre en hígado: 236 $\mu\text{g/g}$ ps ($70,2$ $\mu\text{g/g}$ ph); en riñón: 111 $\mu\text{g/g}$ ps ($28,7$ $\mu\text{g/g}$ ph) y de Zinc en hígado: 400 $\mu\text{g/g}$ ps (119 $\mu\text{g/g}$ ph); en riñón: 412 $\mu\text{g/g}$ ps (106 $\mu\text{g/g}$ ph). Según Law et al. (1991) valores por encima de 30 $\mu\text{g/g}$ ph de Cobre y 100 $\mu\text{g/g}$ ph de Zinc en hígado, podrían estar asociados a descargas antropogénicas y podrían deteriorar la función de regulación. Por otro lado, la concentración de estos metales en general no tiene variación con la edad, ni entre individuos ni sexos, ya que se supone que por ser bioesenciales, los mamíferos son capaces de regularlos metabólicamente. Esto indicaría que los altos valores registrados en el lobo marino a pesar de su corta edad, podrían estar asociados con las concentraciones encontradas en los sedimentos del puerto de San Antonio Este (Commendatore et al. 1996a), lugar de procedencia de este mamífero.

Otro de los valores más altos de Zinc se midió en el riñón de la tonina overa con 482 $\mu\text{g/g}$ ps (108 $\mu\text{g/g}$ ph), coincidente con un alto valor de Cadmio. Al respecto, se sabe que Cadmio y Zinc suelen estar asociados, ya que la mayor síntesis de metalotioneínas inducida por niveles altos de Cadmio, conduce a un mayor enlace de Zinc, incrementándose su acumulación para funciones esenciales (Muirhead y Furness, 1988).

II. PLAGUICIDAS

II.1. AVES MARINAS

Se analizaron muestras de tejido graso de pingüino de magallanes, gaviota cocinera, pardela oscura, cormorán gris, cormorán imperial y albatros ceja negra.

De un total de veinticinco muestras de aves marinas analizadas, solo siete de ellas dieron valores positivos (Tabla 7). En tres pingüinos de magallanes y tres gaviotas se midieron concentraciones del isómero pp'-DDE con valores menores de 1 $\mu\text{g/g}$ con excepción de un pingüino de magallanes que alcanzó una concentración de 1,2 $\mu\text{g/g}$. Sobre una pardela oscura se detectaron congéneres de Bifenilos Policlorados (Aroclor 1260). El resto de las aves no presentó valores detectables de ninguno de los compuestos analizados.

Los valores positivos encontrados se observan en una especie migratoria como es el pingüino de magallanes. La ruta migratoria de estas aves se extiende desde Tierra del Fuego hasta el sur de Brasil. En su paso frente a zonas de uso intensivo de plaguicidas (pampa húmeda) puede haber incorporado estos

contaminantes, junto a su dieta habitual de peces. En el caso de la gaviota cocinera, se trata de una especie omnívora y presente además en todos los basurales urbanos y de industrias pesqueras (Yorio et al., 1996), donde podría haberse alimentado con residuos contaminados.

Brown (1977) cita concentraciones de 24 a 152 ng/g (0,024 a 0,152 µg/g) de t-DDT en grasa de pingüino de Adelia en la Antártida (Cabo Crozier) y valores de 100 ng/g (0,1 µg/g) para t-DDT y PCBs en hígados de aves que se alimentan de peces en el Atlántico Sud.

II.2. MAMÍFEROS MARINOS.

Se analizaron muestras de la grasa subcutánea de tres cetáceos: ballena franca austral, tonina overa, delfín oscuro y un pinnípedo: lobo marino de un pelo.

Las concentraciones de plaguicidas analizadas en el tejido graso del ejemplar de ballena, del lobo marino, de seis toninas overas y de once delfines oscuros, no dieron resultados detectables. En cuatro delfines oscuros, se encontraron valores positivos correspondientes a isómeros del DDT con concentraciones que no superaron 0,1 µg/g (Tabla 7).

El ballenato de muy pocos meses de vida permaneció seguramente en aguas del Golfo Nuevo, alimentado con leche materna, por lo que la ausencia de contaminación estaría asociada directamente a la calidad de la dieta. El lobo marino fue encontrado en la bahía de San Antonio y su área de distribución es regional. La tonina overa es una especie cuya área geográfica de distribución se restringe a la Patagonia (desde Península Valdés hasta el Canal de Beagle), por lo que la oportunidad de encontrar presas contaminadas con plaguicidas es menor. El delfín oscuro en cambio tiene un área de distribución más amplia. Se lo encuentra desde la Provincia de Buenos Aires hasta el Perú, pasando por el Cabo de Hornos. También se lo cita estacionalmente en Porto Alegre, Brasil. De este modo, es posible un contacto con plaguicidas en zonas cercanas a aquellas en donde se los utilizan.

Brown (1977), cita para mamíferos marinos concentraciones en grasa subcutánea mayores de 900 µg/g para lobos marinos de la zona de California. Para ballenas grises que se alimentan con anfípodos en el Mar de Bering, las concentraciones son del orden de 0,23 µg/g de t-DDT y 0,06 µg/g de Dieldrin, mientras que para cachalotes, observados con frecuencia en la zona de California, los valores de t-DDT son mayores (5,8 µg/g).

Land et al. (1990), encontraron concentraciones de 1,41 µg/g de pp'-DDE, 1,07 µg/g de pp'-DDT y valores por debajo de 1 µg/g de otros plaguicidas (HCB, HCH, Heptacloro) en la grasa de un cachalote adulto varado en las playas de Puerto Madryn. En el mismo resumen se informan concentraciones de plaguicidas en la grasa de un delfín austral muerto accidentalmente en redes de pesca en la zona marítima frente a la Provincia del Chubut. Los valores fueron de 0,405 µg/g de pp'-DDT; 0,620 µg/g de Dieldrin y menores a 0,1 µg/g para HCB, HCH y Heptacloro.

La presencia de plaguicidas ha sido registrada en muchas regiones del mundo, incluso en áreas remotas como las zonas Antártica y Subantártica (Baer y Wester, 1991). Esto nos permite suponer que las concentraciones muy bajas o no detectables observadas en la zona costera patagónica estarían asociadas a una actividad humana restringida a pocas ciudades, a la falta de actividad agrícola sobre sus costas y al aporte limitado de los escasos ríos que recorren la meseta.

Entre otros antecedentes de estudios de plaguicidas realizados en la costa patagónica, el International Mussel Watch Project, realizó análisis de plaguicidas en mitílicos de estaciones distribuidas en toda América (Farrington y Tripp, 1995). Para la zona patagónica se seleccionaron las localidades de Rawson, Bahía Camarones, Punta Loyola y Ushuaia. Los valores se incluyen en la Tabla 8. Puede observarse que

las concentraciones de cualquiera de los plaguicidas analizados no superaron 10 ng/g (0,01 µg/g) y la mayoría presenta valores traza o no son detectables. Llama la atención un valor relativamente elevado para el Lindano en Rawson (6,02 ng/g) proveniente, posiblemente, de la actividad agrícola del Valle del río Chubut.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, podemos concluir lo siguiente:

Las concentraciones de Mercurio, Cobre, Plomo y Zinc analizadas en moluscos, no reflejaron problemas ambientales ni desde el punto de vista de salud pública, según los niveles permitidos para consumo humano, en ninguno de los casos. Con respecto al Cadmio, en se recomienda la realización de monitoreos periódicos, al haber observado en algunas estaciones (Bahía Camarones y Bahía Nueva), valores cercanos al límite permitido para consumo humano.

Respecto de la Bahía de San Antonio, las concentraciones de metales medidas en cangrejos fueron normales. Dada las concentraciones en los sedimentos, se requerirá mayor investigación con especies sensibles a concentraciones anormales de metales, con el fin de determinar los posibles impactos ecológicos y socioeconómicos.

En aves marinas, las concentraciones de Mercurio medidas fueron bajas. Los niveles de Cadmio fueron en general normales, excepto en el riñón de gaviotas cocineras adultas provenientes de Puerto Deseado, que pueden considerarse elevados. Estos serían atribuibles a una exposición de tipo crónica y podrían estar asociados a los hábitos alimentarios de esta especie.

Los valores de Plomo registrados en hígados de la mayoría de las aves muestreadas, estarían asociados a ambientes portuarios y urbanizados. Surge la necesidad de controlar su evolución en los puertos más activos de la costa patagónica.

Tanto para el Cobre como para el Zinc, los valores hallados se encontraron en general dentro del rango normal informado por otros autores y reflejan la regulación metabólica de ambos metales.

Para mamíferos marinos no hubo indicios de exposición a niveles anormales de Mercurio, Plomo y Cadmio. Para este último elemento, se detectaron valores levemente superiores a 100 µg/g ph en riñón de tonina overa. Valores altos de Zinc y Cobre se midieron en el lobo marino procedente de la zona de San Antonio y podrían estar relacionados con las concentraciones encontradas en el puerto de San Antonio Este.

Las concentraciones de plaguicidas en aves y mamíferos marinos, se mantuvieron en niveles bajos o no se detectaron con la metodología empleada. Esto es particularmente importante dado la ubicación relativa de estos consumidores en la cadena alimenticia. Los valores observados se hallan dentro de los rangos medidos por otros autores para aves o mamíferos colectados en las mismas zonas. Ya que la actividad agrícola se restringe principalmente a los ríos Colorado, Negro y Chubut, es recomendable un estudio que involucre especies de hábitos y dieta relacionados más estrechamente con estas zonas

REFERENCIAS

- Baudo R. y Muntau H., 1990. Lesser known in-place pollutants and diffuse source problems. En: Baudo R., Giesy J., Muntau H. (Ed). Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants. Cap.1.
- Berrow S .D., 1991: Heavy Metals in Sediments and Shellfish from Cork Harbour, Ireland. Mar. Poll. Bull. 22, 9, 467-469.
- Bouquegneau J.M. y Joiris C., 1988: The fate of stable pollutants. Heavy metals and organochlorines in Marine organisms. Advances in comparative and Environmental Physiology, Vol 2. Cap.6. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- Boyden C.R., 1975. Distribution of some trace metals in Poole Harbour, Dorset. Mar. Poll. Bull. 6, 180-187.
- Brown A.W.A., 1977: Ecology of pesticides. Chapter 10: Insecticide residues and biotic food chains. John Wiley & Sons. New York. 525 pp.
- Bryan G.W., 1976. Heavy Metal Contamination in the Sea. En: Marine Pollution. Cap.3. R. Johnston (ed.). Academic Press.
- Burgess RM. y Scott K.J., 1992. The significance of in-place contaminated sediments on the water column: processes and effects. En: Burton G.A. Jr (ed.). Sediment Toxicity Assessment, Cap. 7.
- Clark R.B., 1992: Marine Pollution. Clarendon Press-Oxford. Third Edition. 172 pp.
- Coimbra J., Carraca S. y Ferreira A., 1991: Metals in *Mytilus edulis* from the Northern coast of Portugal. Mar. Poll. Bull. 22 (5), 249-253.
- Commendatore M., Gil M., Harvey M., Colombo J.C., Esteves J.L., 1996a: Evaluación de la contaminación por hidrocarburos y metales en la zona costera patagónica. Informes Técnicos del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica N°21.
- Commendatore M., Esteves J.L., Gil M., Santinelli N., Sastre V., Solís M., 1996b: Manual para la obtención y conservación de muestras de agua, organismos y sedimentos. Informes Técnicos del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica N° 11.
- De Boer J. y Wesler P., 1991: Chlorobiphenyls and organochlorine pesticides in various Sub-Antartic organisms. Mar Poll. Bull. 22, 9, 441-447.
- Farrington J.W. y Tripp B.W., 1995: International Mussel Watch Project. Initial Implementation Phase. Final Report. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 95. 63 pp y 5 Apéndice.
- Gerpe M., Moreno V., Perez A., Bastida R., Rodriguez D. y Marcovecchio J., 1990 : Trace metal in the southamerican fur seal, *Arctocephalus australis* (Zimmenmann, 1783). Environmental contamination. 4th. International Conference, Barcelona, 1-4 de octubre.
- GESAMP- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, 1991. Reports and Studies No. 46. Review of potentially harmful substances: Carcinogens.

- Gil M.N., Harvey M.A. y Esteves J.L., 1988: Metal Content in Bivalve Molluscs from the San José and Nuevo Gulfs, Patagonia, Argentina. *Mar. Poll. Bull.* 19 (4) : 181-182.
- Gil M.N., Sastre V., Santinelli N. y Esteves J.L., 1989: Metal Content in Seston from the San José and Nuevo Gulfs, Patagonia, Argentina. *Bull. Environ. Toxicol.* 43, 337-341.
- Giordano R., Arata P., Ciaralli L., Rinaldi S., Giani M., Cicero A. y Constantini S., 1991: Heavy metals in mussels and fish from Italian coastal waters. *Mar. Poll. Bull.* 22, 1, 10-14.
- Harvey M.A. y Gil M., 1988: Concentrations of some Trace Elements in Recent Sediments from the San José and Nuevo Gulfs, Patagonia Argentina. *Mar. Poll. Bull.* 19, 394-396.
- Kendler B.S., 1993: Lead: an element of danger. *Carolina Tips*, 56 (1) : 1-3.
- Land H.B., Aprile N., Castello H.P., Crespo E. e Iñiguez M., 1990: Contenido de pesticidas organoclorados en grasa de cachalote (*Physeter catodon*) y delfin austral (*Lagenorhynchus australis*) en aguas patagónicas. 4° Reunión de trabajo de especialistas en mamíferos acuáticos de América del Sur. 12/15 de Noviembre de 1990. Valdivia, Chile.
- Law R.J., Fileman C.F. Hopkins A.D, Barker J.R., Harwood J., Jackson D.B., Kennedy S. Martin A.R. y Morris R.J. ,1991: Concentrations of trace metals in the livers of marine mammals (seals, porpoises and dolphins) from waters around the British Isles. *Mar. Poll. Bull.* 22 (4) : 183-191.
- Lock J.W., Thompson D.R., Furness R.W. y Bartle J.A., 1992: Metal concentrations in seabirds of the New Zealand region. *Env. Pollution* 75, 289-300.
- Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales, 1995: Anexo 2. Estudio de caso: Plaguicidas en el Río Negro, Argentina. Henry Salas (ed.), coordinadores: Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPAMS) y el Programa de Salud Ambiental. 120 pp. y dos Anexos.
- Marcovecchio J., Moreno V., Bastida R., Gerpe M. y Rodriguez D., 1990: Tissue distribution of heavy metals in small cetaceans from the southwestern Atlantic Ocean. *Mar. Poll. Bull.*, 21 (6) : 299-304.
- Marcovecchio J., Gerpe M., Moreno V., Bastida R., Rodriguez D. y Morón S., 1991a: Trace metal distribution in a Cuvier's beaked whale, *Ziphius cavirostris*. Heavy metals in the environment. 8th. International Conference Edinburgh, 16-20 de setiembre.
- Marcovecchio J., Gerpe M., Moreno V., Bastida R. y Rodriguez D., 1991b: Organ and tissue distribution of total mercury in Southamerican fur seal, *Arctocephalus australis*. Heavy metals in the environment. 9th International Conference Edinburgh, 16-20 de setiembre.
- Marcovecchio J., Gerpe M., Bastida R., Rodriguez D., Moreno V. y Morón S., 1993: Total mercury residues in tissues of the common dolphin, *Delphinus delphis*. Heavy metals in the environment. 9th. International Conference. Toronto, Canada, 12-17 de setiembre.
- Marcovecchio J., Gerpe M., Bastida R., Rodriguez D. y Morón S., 1994: Environmental Contamination and Marine Mammals in Coastal Waters from Argentina.: an Overview. *The Science of the Total Environment* 154, 141-151.
- Muirhead S.J. y Furness R.W., 1988: Heavy metal concentrations in the tissues of seabirds from Gough Island, South Atlantic Ocean. *Mar. Poll. Bull.* 19, 278-283.

- Nriagu J.O.,1990: Global Metal Pollution. Environment 32, 7, 7-32.
- Pastor A., Hernández F., Peris M.A., Beltrán J., Sancho J.V. y Castillo M.T., 1994: Levels of heavy metals in some marine organisms from the western Mediterranean area (Spain). Mar. Poll. Bull. 28, 50-53.
- Phillips D.J.H., 1995. The chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. Mar. Poll. Bull. 31 (4-12), 193-200.
- Raid M. y Hacker C. S. ,1982 : Spatial and temporal variation in lead and cadmium in the Laughing gull, *Larus atricilla*. Mar. Poll. Bull.13, 387-389,1982.
- Ronco A.E., 1974: Ciclo Biogeoquímico de Microelementos. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Scheuhammer, A.M., 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. Environ. Pollut., 46, 263-95.
- Shulkin V.M. y Kavun V., 1995: The use of marine bivalves in heavy metal monitoring near Vladivostok, Rusia. Mar. Poll. Bull. 31, 330-333.
- Taylor D.L., Schliebe S. y Metsker H., 1989: Contaminants in blubber, liver and kidney tissue of Pacific walruses. Mar. Poll. Bull. 20 (9), 465-468.
- Wagemann R. y Muir D., 1984: Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation. Can. Tech. Rep. Fish. Aq. Sci, N° 1279.

Tabla Nº 1: Calidad de los datos de metales.

Moluscos (animal completo)	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio#
Promedio [$\mu\text{g/g ph}$]	24,8	1,61	1,17	0,88	0,05
Nro. datos [n]	11	12	11	8	4
Desvío Estandar	0,37	0,13	0,025	0,093	0,0007
Coef. de Variación [%]	1,5	8,1	2,2	10,6	1,5
Límite de detección:	1,1	0,39	0,08	0,28	0,03
Recuperación [%]	106	118	93	120	100

Tejido hepático (aves y mamíferos)	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio#
Promedio [$\mu\text{g/g ph}$]	33,1	4,68	6,06	nd	0,05
Nro. datos [n]	10	10	10	10	4
Desvío Estandar	0,39	0,218	0,066		0,0007
Coef. de Variación [%]	1,2	4,7	1,1		1,5
Límite de detección:					
en Aves [$\mu\text{g/g ph}$]	1,2	0,65	0,2	1.25-2.00*	0,04
en Mamíferos [$\mu\text{g/g ph}$]	1,2	0,65	0,04	0,13	0,04
Recuperación [%]	94	94	96	106	100

TEJIDO RENAL (aves y mamíferos)	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio#
Promedio [$\mu\text{g/g ph}$]	38	4,4	28	9,3	0,05
Nro. datos [n]	12	13	13	6	4
Desvío Estandar	3,6	0,63	2,4	0,82	0,0007
Coef. de Variación [%]	9,7	14,2	8,5	8,9	1,5
Límite de detección:					
en Aves [$\mu\text{g/g ph}$]	11	1,9	7	0.45-5*	0,04
en Mamíferos [$\mu\text{g/g ph}$]	11	1,9	0,04	0,12	0,04
Recuperación [%]	145	93	99	93	100

* Variable según la cantidad de muestra disponible para analizar.

Estadísticos obtenidos a partir de muestras fortificadas.

Tabla N° 2: Concentración de Metales Pesados en moluscos bivalvos.

Concentraciones en [ug/g] peso seco

Lugar	Especie	Número individuos	Intervalo talla (mm)	Promedio talla (mm)	Promedio peso (mm)	Humedad (%)	Zinc (ug/g)	Cobre (ug/g)	Cadmio (ug/g)	Plomo (ug/g)
Pta.Loyola	mejillón (mytilus platensis)	63	31.5-48.5	42	2,23	79,6	52,59	6,75	1,74	2,89
		48	45.4-63.8	50,8	3,5	79,4	48,51	6,33	1,12	2,18
San Julián	mejillón (mytilus platensis)	21	38.5-44.9	42,3	2,46	80,3	74,37	7,46	2,77	3,17
		91	44.1-58.2	49,5	3,09	82,5	67,71	9,00	3,89	4,43
Rada Tilly	mejillón (mytilus platensis)	101	29.0-56.2	40,9	0,84	70,8	99,66	4,37	2,48	1,82
C.Rivadavia	mejillón (mytilus platensis)	154	29.4-49.4	37,9	0,96	85,5	214,14	9,00	1,62	8,07
		50	42.7-56.8	47,2	2,23	85,0	214,33	6,90	1,47	7,57
	lapas	64	16.0-40.0	30,5	3,08	86,8	73,86	13,03	3,33	6,17
C.Córdoba	mejillón (mytilus platensis)	109	31.3-58.0	42,5	1,38	88,5	210,43	10,52	2,17	7,26
F.Aristizabal	cholga (Aulacomya ater)	25	37.4-57.0	44,4	1,22	79,2	119,23	13,46	2,36	5,24
Camarones	cholga (Aulacomya ater)	17	45.4-65.0	69,2	6,45	83	144,41	9,18	6,74	6,85
		58	63.5-78.4	57	3,98	80,7	113,47	7,72	5,93	4,33
P.Madryn	cholga (Aulacomya ater)	13	76.9-111	97,5	15,78	75,3	91,30	10,61	4,43	1,64

Promedio Total	81.27	117.23	8.79	3.08	4.74
Desv. estandar	4.61	58.39	2.52	1.67	2.20

Tabla N° 3: Concentración de Metales Pesados observadas en cangrejos de la Bahía de San Antonio

Especie: *Chasmagnatus granulata*.

Edad: Adultos.

Talla: 3 cm ancho.

Concentración: [$\mu\text{g/g}$] [peso húmedo]

Tipo de muestras: Muestras compuestas por 40 individuos.

Lugar	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio
Caleta Falsa	1,9	22,4	nd	2.5	nd
	2	21,4	nd	2.5	nd
	2,1	21,9	nd	2.5	nd
Canal del Puerto	1,7	20.5	nd	2,6	nd
	1,7	20.5	nd	2,5	nd
	1,7	21.9	nd	3,3	nd

Tabla N° 4: Procedencia, hábito y dieta de las aves muestreadas.

Especie	# individuo	Sexo/Edad	Procedencia	Hábito	Dieta
Pingüino de Magallanes (<i>Spheniscus magellanicus</i>)	1 a 11 12 a 16 17	M-adulto H-adulto M-juvenil	Golfo San Jorge Golfo San Jorge desconocido	Costero- Pelágico	Peces: anchoíta, merluzasardina fueguina.
Gaviota cocinera (<i>Larus dominicanus</i>)	1 a 6 7	M-adulto M-adulto	Puerto Deseado Puerto Madryn	Costero	Omnívoro: invertebrados, peces, basura.
Pardela oscura (<i>Puffinus griseus</i>)	1 2	M-adulto H-adulto	Golfo San Jorge Golfo San Jorge	Pelágico	Peces, calamares
Cormorán gris (<i>Phalacrocorax gaimardi</i>)	1	H-juvenil	Puerto Deseado	Costero	Peces.
Cormorán imperial (<i>Phalacrocorax atriceps</i>)	1	H-adulto	Golfo San Jorge	Costero	Peces, moluscos
Macá plateado (<i>Podiceps occipitalis</i>)	1	H-adulto	Puerto Madryn	Costero	Peces, invertebrados
Huala o macá grande (<i>Podiceps major</i>)	1	M-adulto	Puerto Madryn	Costero	Peces, invertebrados
Albatros ceja negra (<i>Diomedea melanophris</i>)	1	-adulto	Puerto Madryn	Pelágico	Peces, krill, cefalópodos.
Cisne cuello negro (<i>Cygnus melancoryphus</i>)	1	M-adulto	Puerto Madryn	Costero	Herbívoro
Gaviotín (<i>Sterna sp</i>)	1	-subadulto	Puerto Madryn	Costero	Peces

Tabla Nº 5a: Concentraciones de metales pesados ($\mu\text{g/g}$ peso húmedo) en pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*).

Nº	Tejido	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg
1	Hígado					
	Riñón	41,9	5,2	93,6	<5	
	Músculo	1,15		0,92	0,46	
2	Hígado	34,35	4,79	5,96	<2	1,69
	Riñón					
	Músculo	1,22		0,7	0,48	
3	Hígado	35,9	6,06	9,72	<2	2,19
	Riñón	50,4	5,57	57,15	<5	
	Músculo	1,31	2,66	1,44	0,52	
4	Hígado				<2	
	Riñón	40,15	5,36	36,6	<5	
	Músculo	1,13	2,53	0,85	0,36	
5	Hígado	25,8	5,3	2,83	<2	0,47
	Riñón	36,9	6,04	19,65	<5	
	Músculo	1,27	2,42	0,14	0,74	
6	Hígado	29,05	4,28	3,67	<2	1,63
	Riñón	39,65	5,06	32,5	<5	
	Músculo	1,15	2,97	0,44	1,22	
7	Hígado	57	8,13	6,05	0	1,61
	Riñón	74	5,62	55	0,45	
	Músculo	1,19	4,78	0,41	0,73	0,54
8	Hígado	55	4,35	6,1	2,1	0,78
	Riñón					
	Músculo	0,8	2,31	0,49	0,64	0,36
9	Hígado	59	5,04	5,25	5,55	0,61
	Riñón	77,5	5,31	53	1,6	
	Músculo	0,95	2,47	0,64	0,42	
10	Hígado	53	3,89	7,45	1,25	1,16
	Riñón	89,5	2,24	66	0,9	0,43
	Músculo	0,96	2,5	2,25	0,57	0,52
11	Hígado	171	11,03	33,5	4,25	1,93
	Riñón	125	12,31	85,5	2	
	Músculo	0,77	2,01	3,31	0,58	0,56
12	Hígado					
	Riñón					
	Músculo	0,52	1,49	0,32	1,52	
13	Hígado					
	Riñón					
	Músculo	0,87	2,37	0,25	1,63	
14	Hígado	60,5	4,65	7,9	2,9	0,75
	Riñón	78	5,35	52	1,95	
	Músculo	1,19	2,39	1,15	<0.05	
15	Hígado	60,5	4,22	3,95	1,9	0,48
	Riñón	76,5	4,30	30	1,4	0,36
	Músculo	0,88	2,14	0,91	0,87	
16	Hígado	64	4,99	6,1	1,95	0,79
	Riñón	95,5	7,47	47	1,95	
	Músculo	0,71	1,8	0,55	1,01	0,42
17	Hígado	118,5	3,19	4,3	3,85	0,94
	Riñón	107	7,07	18,5	2	0,29
	Músculo					

Tabla Nº 6: Contenido de Metales Pesados en mamíferos marinos.

Concentraciones en [µg/g] peso húmedo.

Espece	Tejido	%H	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio
Ballenato	Hígado	75,3		18,6	0,04	0,13	nd
<i>Eubalaena australis</i>	Riñón	80,4	54,0	5,7	0,04	0,12	0,04
	Músculo	80,0	83,0	2,6	0,04	0,13	0,04
Tonina Overa	Hígado	70,2	80,5	16,0	105	0,17	13,0
<i>Cephalorhynchus commersonni</i>	Riñón	77,6	108	10,7	122	0,22	0,22
	Músculo	71,0	79,0	3,7	4,04	0,21	0,40
Delfín Oscuro	Hígado	69,2	82,5	10,6	30,5	0,21	9,70
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	Riñón	78,2	77,0	7,1	113	0,20	0,35
	Músculo	72,8	27,0	4,2	0,29	0,19	0,60
Lobo Marino	Hígado	70,3	119	70,2	0,76	0,19	3,00
<i>Otaria flavescens</i>	Riñón	74,3	106	28,7	1,19	0,13	0,15

Tabla N° 7: Plaguicidas organoclorados en aves y mamíferos marinos.

Concentración en [µg/g]

Número de serie	Plaguicida	Mamíferos marinos				Aves marinas						
		L.o.13	L.o.18	L.o.22	L.o.23	S.m. [1]	S.m. [2]	L.d. [1]	S.m. [1]	L.d. [1]	L.d. [1]	P. o. [3]
1	Hexaclorobenceno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	Alfa-Hehaclorohexano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	Gamma-Hehaclorohexano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	Beta-Hehaclorohexano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	Oxi-clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	Heptacloro-epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	Gamma-clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	Alfa-clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11	Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
13	Isómeros de DDE	nd	nd	nd	nd	0.6	0.8	0.54	1.2	0.6	0.38	nd
14	Isómeros de DDT	<0.05	0.1	<0.05	0.1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	Isómeros de TDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16	Metoxicloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
17	Mirex	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18	Taxafeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
19	Bifenilos Policlorados	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<0.4 [4]

Muestra: Tejido graso.

L.o.: Delfín oscuro

S. m.: Pingüino de Magallanes

L. d. Gaviota cocinera

P.o.: Pardela oscura

[1]: grasa subcutánea (cloaca)

[2]: grasa subcutánea (cloaca) y abdomen

[3]: grasa de estómago y cloaca.

[4]: picos congéneres correspondientes al Aroclor 1260.

Tabla Nº 8: Datos del International Mussel Watch (Farrington y Tripp, 1995)
Concentraciones en [ng/g] peso seco.

Plaguicida	Localidades y código de muestras						
	Rawson	Bahia Camarones				Punta Loyola	Ushuaia
	1033	1037	1040	1042	1043	1052	1046
Hexa CIB	Tr.	0,28	Tr.	0,88	0,45	1,36	0,99
Alfa HCH	nd	nd	nd	<0.01	1,28	nd	0,28
Beta HCH	nd	nd	Tr.	Tr.	1,07	0,4	Tr.
Lindano HCH	6,02	nd	0,33	1,5	1,36	1,52	2,1
Delta HCH	0,96	nd	nd	nd	1,14	0,73	
Heptaclor	0,69	nd	nd	0,66	1,1	1,08	0,68
Heptaclor epoxi	0,25	0,34	nd	0,41	0,86	0,4	<0.01
Oxi-clordano	Tr.	nd	nd	nd	1,47	0,67	
Gamma clordano (trans)	0,54	nd	0,69	1,4	1,06	0,84	1,8
Alfa clordano (cis)	0,61	1,96	nd	1,1	1,95	0,46	0,7
Trans nonaclor	0,58	0,42	Tr.	Tr.	1,5	0,91	Tr.
Cis Nonaclor	0,26	0,66	nd	nd	1,16	0,98	
Metoxiclor	nd	nd	nd	<0.09	nd	nd	<0.09
Aldrin	nd	nd	nd	0,45	1,04	1,26	Tr.
Dieldrin	nd	nd	nd	<0.01	1,39	nd	<0.01
Endrin	nd	nd	nd	0,41	1,21	1,43	0,4
Mirex	nd	Tr.	nd	nd	1,16	0,37	
2,4 DDE	nd	nd	nd	Tr.	0,8	nd	Tr.
4,4 DDE	1,53	2,4	1,02	0,94	2,25	1,56	0,96
2,4 DDD	nd	0,53	Tr.	3,3	Tr.	Tr.	0,56
4,4 DDD	0,49	1,97	nd	Tr.	1,83	Tr.	2
2,4 DDT	nd	nd	nd	<0.01	0,56	nd	<0.01
4,4 DDT	nd	nd	nd	<0.03	0,95	1,12	0,35

nd: No Detectable

Tr.: Trazas

Figura N° 2: Concentración de metales en distintos órganos de pingüino de Magallanes.

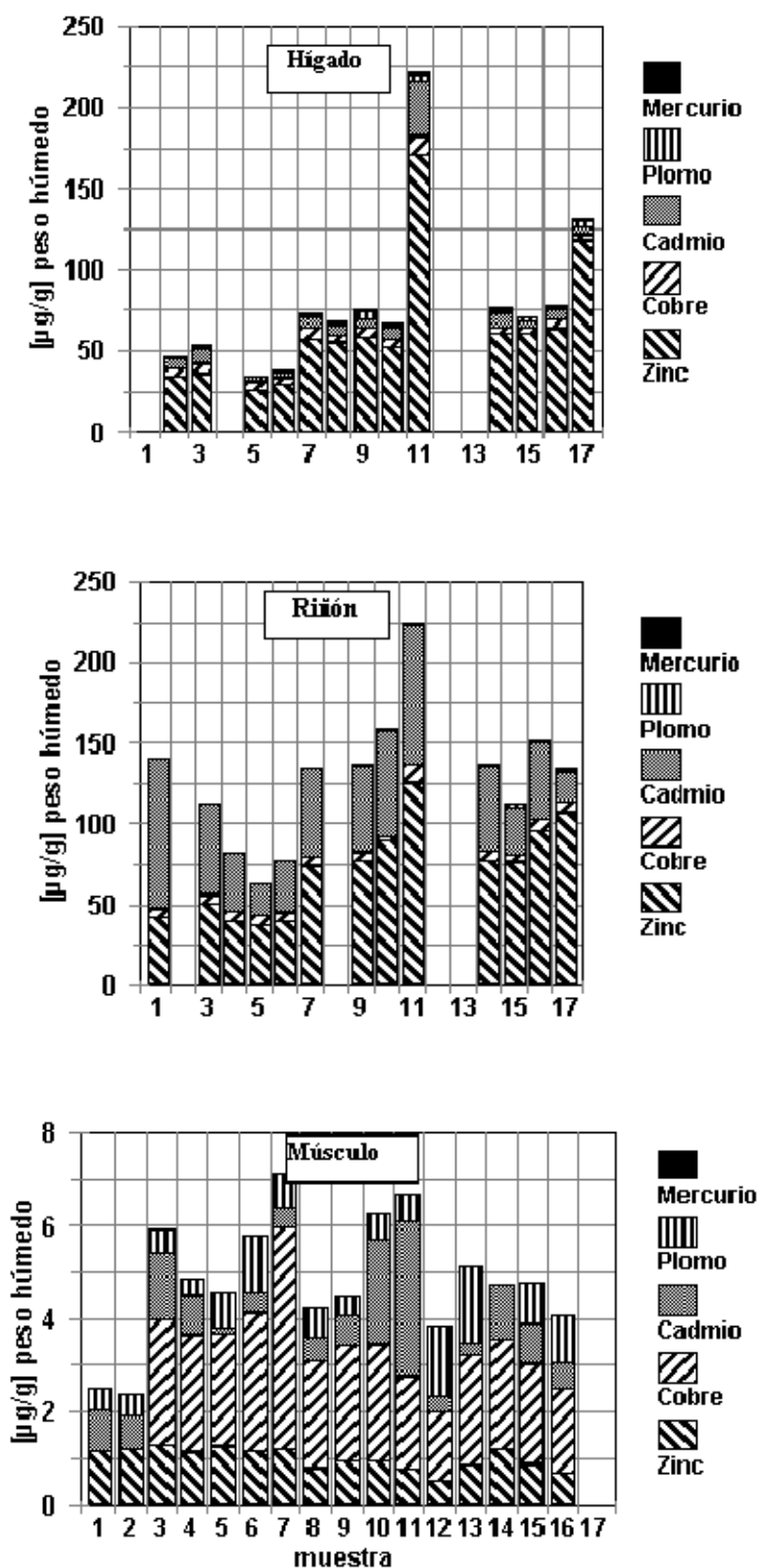


Figura N° 3: Concentración de metales en distintos órganos de gaviota cocinera.

