

# Evaluación de la presencia de metales pesados en heces de *Lontra felina*, depredador tope marino de la Región de Valparaíso, Chile Central.

**Autores:** Catalina Carrasco B., Benjamín Rodríguez R.

**Profesor Asesor:** Carlos Zurita Redón

**Centro de Investigación Científica Escolar (CICE)**  
Santiago, Región Metropolitana, Chile

## RESUMEN

Se determinaron las concentraciones de Al, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en 25 muestras de heces de *Lontra felina* provenientes de cuatro sectores de la zona central de Chile, específicamente, Concón, Quintay, Quinteros y Maitencillo, con el objetivo de determinar y comparar la concentración de metales pesados en los distintos sitios analizados. Para la recolección de heces se visitaron los sitios de estudio y se recogieron las muestras, las cuáles fueron almacenadas para su posterior análisis en el laboratorio. Además, se realizó una investigación del tipo bibliográfica, consultando en diversas fuentes las concentraciones límites establecidas para organismos marinos y así poder hacer una comparación con los resultados obtenidos del análisis. Los resultados muestran que los sitios Quinteros y Maitencillo son los únicos en donde se encuentran concentraciones que superan los límites establecidos por el Reglamento de Sanitario de Alimentos para organismos marinos para los elementos Cu y Pb. Además, en las heces obtenidas de Quinteros se presenta una concentración de 307,32 mg/kg de Zn, la cual también se excede 3 veces más del límite establecido. La zona de Maitencillo podría estar siendo afectada por la corriente de Humboldt, la cual estaría arrastrando estos metales pesados desde la zona de Quinteros (Zona altamente industrializada) hacia el sector de Maitencillo, elevando las concentraciones de los metales anteriormente mencionados.

## PALABRAS CLAVES

Chungungo, metales pesados, heces, Quinteros, Maitencillo.

## INTRODUCCIÓN

Los océanos son grandes masas de agua salada, y es debido a su gran extensión, que son completamente vulnerables a la extensa contaminación generada principalmente por la macro industria y el comercio marítimo, los cuales aumentan la concentración de metales pesados en los océanos. Si no se toman medidas para remediarlo, como por ejemplo con el control de los desagües industriales al mar o el establecimiento de áreas industriales alejadas del borde marítimo, la contaminación oceánica y sus daños puede hacerse irreversible (Richardson & Johnson, 1981). La contaminación marina se define como "la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro a la salud humana, alterar las actividades marinas –entre ellas la pesca– y reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar" (Botello, 2016). Dentro de la contaminación marina de origen industrial, los elementos que en principio indican un mayor riesgo para la biota marina a corto plazo y para la salud humana a medio plazo son los denominados «metales pesados», dada su capacidad para acumularse en la cadena trófica y especialmente en la cadena trófica marina. (Ibáñez, 1986).

La costa central de Chile es una zona muy dinámica debido a la influencia de la corriente de Humboldt, la surgencia costera y el aporte de nutrientes de los ríos, condiciones todas que favorecen la biodiversidad. No obstante, la gran abundancia de especies marinas del área central de Chile, las escasas e irregulares lluvias generan una vegetación algo exigua, tanto en número de especies como en cobertura, encontrando el típico matorral costero y el bosque esclerófilo. Las áreas costeras son reconocidas por cobijar ecosistemas con altas tasas de productividad y diversidad biológica debido a que la abundancia de sedimentos terrestres y marinos que allí se encuentran y que generan aguas

ricas en nutrientes, lo que sumado a la presencia permanente de la energía solar permite al fitoplancton, base de la cadena alimenticia, desarrollarse con facilidad. Por ello, son importantes zonas de reproducción, alimentación y cría de especies. Existiendo en ellas una variada flora y fauna, pudiendo encontrarse el Luche, la Lechuga de mar, el Huiro y diversas variedades de algas como parte de la vegetación acuática, y por parte de la fauna costera es posible encontrar Erizo negro, Sol de Mar, Cangrejos Ermitaños, Piures, Choros, entre otros (Subsecretaría de Pesca, 2010).

En la cadena trófica marina existen distintos organismos, posibles de ser clasificados según el lugar que ocupan en la cadena trófica en: productores (fitoplancton y las algas microscópicas), consumidores primarios (zooplancton o plancton animal), consumidores secundarios (peces de pequeño tamaño, crustáceos, moluscos), consumidores terciarios (peces de mayor tamaño, mamíferos marinos, entre otros) (Seoáñez, 2000). Pudiendo actuar estos últimos como depredadores tope, siendo *Lontra Felina*, comúnmente conocido como chungungo, uno de los depredadores tope característicos de las costas chilenas, especialmente en la costa central de Chile (Molina, 1782).

El chungungo es la nutria más pequeña de Sudamérica. Se caracteriza por su pelaje de aspecto áspero y tosco. Habita en la costa sur del Pacífico. Se asocia a estuarios de ríos y roqueríos, pero nunca se aleja más allá de 150 metros de la costa ni se interna más allá de 30 metros. El hábitat de esta especie se encuentra naturalmente fragmentado, con parches de litoral rocoso separados por playas de arena. Además, el desarrollo urbano en el litoral costero contribuye a la fragmentación del hábitat. En este contexto, la probabilidad de ocurrencia del chungungo en fragmentos de litoral rocoso, se ve afectada por el tamaño de estos, el aislamiento y el grado de intervención humana. Dentro de sus conductas es importante destacar que, el chungungo suele pasar la mayor parte del día dentro de su madriguera, los individuos adultos pueden solapar sus ámbitos de hogar, las hembras muestran territorialidad entre sí y existirían comportamientos de marcado mediante heces. (Iriarte y Jaksic, 2012)

Debido al efecto de la biomagnificación, referido a que la concentración de los contaminantes se incrementa al pasar a un nivel trófico superior en la cadenas tróficas (Molina *et al.*, 2012), los depredadores tope son especialmente vulnerables a los efectos de los contaminantes como resultado de la bioacumulación y su persistencia a lo largo de la cadena alimentaria (Ramos-Rosas *et al.*, 2013). Siendo un ejemplo de contaminante los metales pesados, los cuales plantean una amenaza potencial a los ecosistemas marinos porque podrían concentrarse o acumularse en organismos y biomagnificándose en los niveles tróficos. Los metales pesados tienen una gran importancia ecológica debido a su toxicidad y tendencia a acumularse en sedimentos y biota. Estos elementos no son biodegradables y sufren un ciclo ecológico global (Ahmadipour *et al.*, 2014).

Los principales metales pesados considerados como contaminantes liberados por la actividad industrial son: Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) (Valdés, 2014). Metales como el cobre, zinc y níquel son metales esenciales ya que desempeñan un papel importante en los sistemas biológicos, mientras que algunos otros como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) son metales no esenciales; ya que no tienen un papel conocido en los sistemas biológicos (Norouzi *et al.*, 2012). Pb y Cd son metales relativamente raros y no tienen funciones biológicas esenciales y son altamente tóxicas para las plantas y animales (Mohammadnabizadeh *et al.*, 2012).

Hasta el momento no se han registrado efectos directos producidos por contaminación sobre ninguna de las dos especies de nutrias. Sin embargo, considerando el rol que tienen las nutrias como depredadores tope en los ecosistemas costeros es necesario evaluar potenciales impactos indirectos que estén afectando, debido a la contaminación costera por asentamientos humanos (Olavaria *et al.*, 2006). El proceso de urbanización creciente tiene efectos considerables sobre el sistema natural de la costa central, con amenazas a la diversidad de los ecosistemas costeros, peligro que se acrecienta en la medida que se incrementa la presión antrópica y se manifiesten los efectos del cambio climático global (Subsecretaría de Pesca, 2010).

En la actualidad, la problemática de contaminación en las zonas costeras de la bahía de Quintero y Puchuncaví, se acentúa en zonas con un elevado impacto antropogénico derivado de las actividades industriales que acompañan al desarrollo de los países (Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente, 2011). La extensión de estas bahías presenta múltiples usos y actividades, que van desde caletas de pescadores artesanales con Áreas de Manejo de Extracción de Recursos Bentónicos (AMERB) e industrias de diversa índole, tales como, termoeléctricas, refinerías y generación de productos químicos, regasificadoras, pesqueras y descargas líquidas. Todas estas industrias podrían ser una importante fuente potencial de descarga de metales traza a este ecosistema marino y en particular las industrias de fundición de cobre y energía termoeléctrica que se encuentran dispuestas en el sector norte de la bahía, zona que concentra la generación de residuos al interior de la bahía (CEA, 2020).

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la concentración, expresada en mg/kg, de metales pesados encontrados en las heces de *Lontra felina*, obtenidas en sitios costeros con diferentes grados de contaminación por la actividad antrópica de la región de Valparaíso, y qué implicancias tienen en la salud de la especie?

## HIPÓTESIS

Dado que se ha encontrado presencia de metales pesados en sectores costeros de la región de Valparaíso (Quilodrán, *et al.*, 2014), se espera encontrar una mayor concentración de metales pesados en heces de *Lontra felina* en aquellas heces obtenidas de los sitios costeros con mayor grado de contaminación por la actividad antrópica.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar y comparar la concentración de metales pesados en las heces de *L. felinas* recolectadas de diferentes sitios costeros con distintos grados de contaminación de la región de Valparaíso.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Reconocer la presencia de metales pesados en heces de *Lontra felina* recolectadas en sitios de estudio de la región de Valparaíso.
- 2) Comparar la concentración de metales pesados obtenidos de heces de *Lontra felina* en los sitios de estudio de la región de Valparaíso, e inferir los efectos en la salud de los organismos de *Lontra felina* que los consumieron.

## METODOLOGÍA

- A. **ÁREA DE ESTUDIO:** La costa chilena central, también conocida como el Litoral Central, es un espacio estrecho y reducido en extensión cuyos límites son Pichidangui, por el norte y Constitución por el sur, y que presenta principalmente tres tipos de ecosistemas: costas escarpadas y rocosas, cuya forma más representativa son los acantilados marinos de tipo erosivo, como los que rodean la caleta de Quintay; costas bajas deposicionales, que comprenden formas como playas arenosas, dunas y marismas marinas; y humedales, que agrupan fundamentalmente a desembocaduras de ríos, lagunas y esteros. En la costa central, el proceso de urbanización creciente tiene efectos considerables sobre el sistema natural, con amenazas a la diversidad de los ecosistemas costeros, peligro que se acrecienta en la medida que se incrementa la presión antrópica y se manifiesten los efectos del cambio climático global. (Subsecretaría de Pesca, 2010).
- B. **DISTRIBUCIÓN DE *Lontra felina*:** La nutria marina o chungungo, tiene una distribución restringida a lo largo de la costa del Pacífico desde el norte de Perú a lo largo de la costa chilena hasta el Cabo de Hornos y la Isla de Los Estados en la Argentina. La caza furtiva sigue presente en muchas regiones, especialmente al sur de la latitud 39° S, donde hay poca o ninguna aplicación de la legislación protectora. Las principales amenazas son la destrucción del hábitat, la degradación, y la competencia por los rapaces, y la caza furtiva en todo el rango. Su área de distribución original ha disminuido considerablemente debido a la excesiva caza, y la especie ha sido casi exterminada en las regiones del sur del Cabo de Hornos y Tierra del Fuego. Sobre la base de las actuales tasas de disminución y las tendencias, se estima una reducción al 50% de la población en los próximos 30 años a menos que se fortalezcan las medidas de conservación (Álvarez & Medina-Vogel, 2008).
- C. **INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA:** Para comprender el área de estudio y la problemática se realizó una revisión bibliográfica sobre la contaminación por metales pesados en la costa central de Chile y del chungungo como bioindicador de la salud del ecosistema marino. Para encontrar la información necesaria se usaron distintos motores de búsqueda y distintas mezclas de palabras claves.

### Palabras claves

- Lontra felina + Costa central Chile.
- Lontra felina + Metales pesados.
- Lontra felina + Bioindicador.
- Nutria + Contaminación.
- Nutria + Metales pesados
- Contaminación + Metales pesados + Costa central Chile.

- D. **TRABAJO DE CAMPO:** Se procede a la recolección de heces de *Lontra felina* en los sectores de Quintay (Q), Quinteros/Ventana (Qu/V), Maitencillo (M) y Concón (C). Las muestras fueron recolectadas durante la época de invierno de 2021. Las muestras fueron obtenidas desde las embarcaciones menores que permanecían en el mar, detenidas cercanas a la caleta, donde los chungungos acostumbra a consumir sus presas. Las muestras fueron preservadas en bolsas de papel y almacenadas para su posterior análisis de metales pesados; mediante los métodos de digestión ácida/A. Atómica y AAS /Generación de hidruros, en el Laboratorio Bureau Veritas. Cabe destacar que la manipulación de las muestras biológicas fueron realizadas por el profesor guía y un asistente de investigación, los estudiantes participaron en los terrenos y análisis de los datos, pero no en la recolección ni manipulación de las heces de *Lontra felina*, tanto en terreno y en laboratorio. Los metales pesados a analizar (Cobre, Zinc, Níquel, Cadmio, Plomo, Aluminio, Mercurio y Arsénico) fueron escogidos a base de una investigación bibliográfica de estudios posteriores que realizaban análisis de metales pesados en otras especies de nutrias. Cabe mencionar que el posterior análisis de metales pesado fue encargado a un laboratorio externo, los estudiantes no realizaron manipulación de las heces.

## RESULTADOS

**Tabla 1. Concentración (mg/Kg) de cada uno de los metales pesados analizados en heces de *Lontra felina* en los cuatros sectores de Chile central. La sigla ND significa no detectado, la cuál indica una concentración menor al límite de detección establecido por el análisis. En la última columna se observa el n muestral para cada sector.**

	Cu	Zn	Ni	Cd	Pb	Al	Hg	As	n
<b>Quintay</b>	9,48	48,70	1,50	ND	ND	137,43	ND	ND	4
<b>Concón</b>	4,17	13,64	1,69	ND	ND	957,22	ND	ND	5
<b>Maitencillo</b>	13,65	23,00	1,70	ND	2,45	261,48	ND	ND	5
<b>Quinteros</b>	25,86	307,32	1,22	ND	4,06	348,89	ND	ND	11

La tabla 1 señala las concentraciones expresadas en mg/Kg de los 8 metales pesados analizados en 25 muestras de heces de *Lontra felina* en las localidades de Quintay, Concón, Maitencillo y Quinteros. Se pueden observar casillas grises con las siglas ND, las cuáles significan que la concentración de esos elementos es menor al límite de detección del análisis.

**Tabla 2. Concentraciones máximas permitidas de algunos metales establecidas por Reglamento Sanitario de Alimentos.**

Metales	Concentración máxima (mg/kg)
Arsénico	2 mg/kg
Cobre	10 mg/kg
Plomo	2 mg/kg
Zinc	100 mg/kg
Mercurio	0,5 mg/kg
Cadmio	1 mg/kg*

\*El límite de concentración del Cadmio es respecto al tejido del organismo.

La tabla 2 indica las concentraciones máximas permitidos de cada metal pesado señalado, establecidas por el Reglamento Sanitario de Alimentos, para los elementos Níquel y Aluminio no se lograron encontrar las concentraciones límites compatibles con la vida.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La normativa chilena que regula las concentraciones de algunos metales en organismos corresponde al Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96 MINSAL), la cual aún cuando no contiene referencias explícitas acerca de concentraciones específicas de estos metales para organismos marinos determinados, como sería el caso del chungungo, sí establece en términos genéricos las concentraciones máximas permisibles de algunos metales que deben ser considerados en especies hidrobiológicas. Los límites máximos de concentraciones, expresados en mg/kg, establecidos para los metales son: Arsénico (As): 2 mg/kg, Cobre (Cu): 10 mg/kg, Plomo (Pb): 2 mg/kg, Zinc (Zn): 100 mg/kg, Mercurio (Hg): 0,5 mg/kg y Cadmio (Cd): 1 mg/kg (Brito, I. & Saavedra, M., 2014). Para los elementos Níquel (Ni) y Aluminio (Al) no se encontraron valores estándar para poder compararlos con los obtenidos del análisis, por lo tanto, no podrán ser incluidas dentro de la discusión de este trabajo, sin embargo, esto no quiere decir que no puedan ser una potencial amenaza para los organismos.

En la **Tabla 1** podemos observar que los sectores de Quintay y Concón se encuentran dentro de la concentración límite establecida para el Cu (**Tabla 2**), con una concentración de 9,48 y 4,17, respectivamente. A diferencia de los sectores de Maitencillo y Quinteros, los cuáles sobrepasan el límite, siendo Quinteros la que más lo sobrepasa, con una concentración 2.5 veces mayor al máximo establecido. La gran diferencia existente entre los sectores, podría deberse al gran impacto que existe en Quinteros debido a la presencia de un cordón industrial a lo largo de la costa, el cuál ha generado una masiva emisión de tóxicos, los que afectaron directamente tanto a las personas que viven en esta ciudad como a la fauna y flora circundante.

Para el metal Pb, nuevamente Maitencillo y Quinteros sobrepasan el límite establecido (**Tabla 2**), teniendo una concentración de 2,45 y 4,06, respectivamente. Se infiere que el sector de Maitencillo podría estar siendo influenciado negativamente por el cordón industrial presente en la zona de Quinteros, esto debido a que la corriente de Humboldt estaría llevando consigo estos metales pesados hacia la zona de Maitencillo, aumentando así su concentración y elevándose más allá del límite establecido.

Los sectores de Concón y Quintay poseen una concentración menor al límite de detección del análisis realizado, el cuál necesita un mínimo de *0,09 mg/kg* para poder ser detectado en la muestra, por lo tanto, su concentración será establecida como No detectado (ND).

Otros elementos los cuales no fue posible determinar su concentración debido a que estaban por debajo del límite de detección del análisis fue Arsénico (As), siendo este *0,01 mg/kg*, Mercurio (Hg) con un límite de detección de *0,01 mg/kg* y Cadmio (Cd) con límite de *0,04 mg/kg*. Considerando que la concentración máxima mencionada en la **Tabla 2** para ser un potencial peligro para las especies es de 2 mg/kg, 0,5 mg/kg y 1 mg/kg, respectivamente, en este trabajo no se pueden considerar como una posible amenaza.

Según la **Tabla 1**, para el metal Zn en Quintay, Concón y Maitencillo se encuentra dentro de lo establecido en la **Tabla 2** con concentraciones de 48,70, 13,64, 23,00 respectivamente. Quinteros, en cambio, se encuentra por sobre lo establecido con una concentración de 307,32. A pesar de que, tanto como el Zn y el Cu son elementos esenciales que desempeñan un papel importante en sistemas biológicos, en donde tienen una activa participación en procesos fisiológicos de los organismos marinos (Castilla et al., 2021), estos se encuentran en concentraciones que sobrepasan los límites máximos establecidos.

## CONCLUSIÓN

Tras los resultados obtenidos es posible afirmar que en aquellos sitios que tienen mayor actividad antrópica e industrial cercana, Quinteros y Maitencillo, corresponden a los con mayor concentración de metales pesados como el cobre, plomo y zinc, explicándose el primero por el complejo industrial de la zona, el cual libera al ambiente desechos industriales, entre esos metales pesados. El segundo se infiere que debido a la corriente de Humboldt se genera un arrastre de los depósitos tóxicos industriales desde Quinteros hacia la zona de Maitencillo, viéndose afectado gran parte del ecosistema marino y en especial al chungungo como depredador tope; debido a la bioacumulación; el cuál además actúa como bioindicador de la calidad del ecosistema marino de la costa central. Se acepta la hipótesis y se cumplen los objetivos de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmadipour, F. Bahramifar, N. and Ghasempouri, S.M. (2014) Fractionation and mobility of cadmium and lead in soils of Amol area in Iran, using the modified BCR sequential extraction method. *Chem. Speciat. Bioavailab*, 26(1), 31–36.
- Álvarez R & G Medina-Vogel. 2008. Lontra felina. IUCN 2011: Red list of threatened species. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Richardson, Johnson. 1981. Navegación y Contaminación Oceánica.
- Brito, I. & Saavedra, M. (2014). INFORME METALES PESADOS EN ORGANISMOS MARINOS DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN BAHÍA CONCHALÍ Y SECTORES PESQUEROS ALEDAÑOS. Centro de Ecología Aplicada.
- Botello, A 2016 La contaminación marina y la urgencia de su legislación.
- Castilla, J. C., Fariña, J. M., & Camaño, A. (Eds.). (2021). *Programas de monitoreo del medio marino costero: Diseños experimentales, muestreos, métodos de análisis y estadística asociada*. Ediciones UC.
- Centro de Ecología Aplicada (CEA), 2020, página 218.
- Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente, 2011. Informe de la comisión de recursos naturales, bienes nacionales y medio ambiente recaído en el mandato otorgado por la sala a fin de analizar, indagar, investigar y determinar la participación de la empresa estatal CODELCO y empresas asociadas, en la contaminación ambiental en la zona de Puchuncaví y Quintero.
- Ibáñez, M (1986) Contaminación marina en la costa de Guipuzcoa.
- Molina, Carlos I., Ibáñez, Carla, & Gibon, François-Marie. (2012). Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó, Oruro, Bolivia): Posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología en Bolivia*, 47(2), 99-118. .
- Mohammadnabizadeh, S. Pourkhabbaz, A. Afshari, R. and Nowrouzi, M. (2012) Concentrations of Cd, Ni, Pb, and Cr in the two edible fish species *Lisa klunzingeri* and *Sillago sihama* collected from Hara biosphere in Iran. *Toxicol. Environ. Chem.*, 94(6), 1144–1151.
- Norouzi, M. Mansouri, B., Hamidian, A. H., Ebrahimi, T., and Kardoni, F. (2012) Comparison of the metal concentrations in the feathers of three bird species from southern Iran. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 89(5), 1082–6.
- Olavaria, C., Álvarez, R., Correa, R., Badilla, M., & Carrasco, H. (2007). Impactos reales y potenciales de las actividades antropogénicas sobre mamíferos marinos en Chile: nutrias. COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR-CPPS PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE-PNUMA, 25.
- Olavaria... Impactos reales y potenciales de las actividades antropogénicas sobre mamíferos marinos en Chile: Nutrias
- Richardson, Johnson. 1981. Navegación y Contaminación Oceánica.
- Ramos-Rosas, N. N., Valdespino, C., García-Hernández, J., Gallo-Reynoso, J. P., & Olguín, E. J. (2013). Heavy metals in the habitat and throughout the food chain of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in protected Mexican wetlands. *Environmental monitoring and assessment*, 185(2), 1163-1173.
- Seaóñez Calvo M, 2000. Manual de contaminación marina y restauración del mar.
- Subsecretaría de pesca. Departamento de pesquerías y departamento de difusión y cooperación pesquera. (2010). Un tesoro escondido, flora y fauna de la costa central de Chile.
- Valdés, R (2014) Distribución oceánica de metales pesados asociados a la actividad del complejo industrial Ventanas en la bahía de Quintero, V región.