



# Exposición al plomo en perros alimentados con carne y vísceras provenientes de mamíferos exóticos invasores cazados en el Parque Nacional El Palmar, Argentina

Valentina Fernández\*<sup>1</sup>, Andrea Caselli<sup>1</sup>, Agostina Tammone<sup>1,2</sup>, Walter Ezequiel Condorí<sup>1</sup>, Ralph Eric Thijl Vanstreels<sup>3,4</sup>, Aldo Delaloye<sup>5</sup>, Cristian Sosa<sup>5</sup>, Marcela María Uhart<sup>3</sup>.

Recibido: 7 de Enero de 2021 / Aceptado: 22 de Marzo de 2021  
# Springer- Veriag GmbH Germany, part of Springer Nature 2021

## Resumen

Este es el primer estudio de campo en el que se evalúa la exposición al plomo en perros alimentados con carne y vísceras de caza y, hasta donde conocemos, es también el primero que explora las eventuales asociaciones entre el consumo de productos de caza y el estado de salud de los perros. Para llevarlo a cabo se cuantificaron las concentraciones de plomo en sangre y pelo y los parámetros hematológicos de 31 perros alimentados con carne y vísceras de jabalí (*Sus scrofa*) y ciervo axis (*Axis axis*), cazados con munición de plomo en el Parque Nacional El Palmar, Argentina. A pesar de la variabilidad en la frecuencia de consumo, los perros presentaron niveles detectables de plomo en sangre y pelo, lo que demuestra una exposición tanto reciente como crónica. Las medias geométricas y desvíos estándar de las concentraciones de plomo fueron  $18,91 \pm 346,85$   $\mu\text{g/dL}$  peso húmedo en sangre (rango = 0,53-216,58) y  $0,721 \pm 6,444$   $\mu\text{g/gr}$  peso seco en pelo (rango = 0,007-34,800). Los niveles de plomo en pelo fueron relativamente bajos en la mayoría de las muestras, excepto en el perro de mayor edad, el que presentó un valor atípicamente elevado y un cuadro de anemia, siendo esta una consecuencia frecuente de la exposición crónica al plomo. Los niveles de plomo en sangre y pelo estuvieron relacionados con los distintos propietarios, lo que refleja los mismos patrones de alimentación para los perros del mismo propietario. La condición corporal de cada animal se asoció con el nivel de plomo hallado en su pelo, ya que aquellos en los que se observó valores más altos fueron los mostraban un mejor estado. Esto podría relacionarse con un mayor consumo de carne de caza, lo que a su vez implicaría una mayor ingestión de plomo. Los perros alimentados con restos de caza con frecuencia muy baja o baja ( $\leq 4$  veces por semana) mostraron niveles más altos de plomo en sangre, lo que sugiere que podría no haber una frecuencia libre de riesgo para la alimentación de los perros con dichos restos. La exposición al plomo siempre conlleva riesgos, por lo que se recomienda evitar alimentar a los perros con restos de caza contaminados con plomo, para lo cual resulta necesario reemplazar las municiones actuales por otras no tóxicas. Esto permitiría utilizar la caza como un valioso recurso alimenticio sin que implique riesgos tanto para la salud de los consumidores como para la del ambiente.

**Palabras clave:** dieta, perros domésticos, hematología, caza, munición de plomo, toxicidad.

Editor Responsable: Lotti Aleya

Autor correspondiente: valentinafernandez.vet@gmail.com  
(+5492494242883)

- 1 Programa de Conservación Comunitaria del Territorio, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Buenos Aires, Argentina.  
2 Centro de Investigación Veterinaria Tandil (CONICET-CIVETAN), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- 2 Centro de Investigación Veterinaria Tandil (CONICET-CIVETAN), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- 3 One Health Institute, School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, California, USA.
- 4 Instituto de Pesquisa e Reabilitação de Animais Marinhos (IPRAM), Cariacica, Espírito Santo, Brasil.
- 5 Parque Nacional El Palmar, Administración de Parques Nacionales, Ubajay, Entre Ríos, Argentina.

## 1.Introducción

El plomo (Pb) es un componente natural del medio ambiente; sin embargo, puede ingresar a las cadenas alimentarias humanas y animales debido a actividades antropogénicas (EFSA 2010). La facilidad de extracción, el bajo costo económico, la maleabilidad y la aparente resistencia a la corrosión lo convirtieron en el metal elegido para, entre otros usos, la fabricación de municiones de caza (ATSDR 2020; Dobrowolska y Melosik 2008). Estas municiones contaminan los tejidos impactados debido a la fragmentación en cientos de partículas, que se retienen en la carne y representan una importante fuente de exposición al

Pb para las personas y los animales que la consumen (Gerofke et al. 2018; Hunt et al. 2009; Lehel et al. 2017; Menozzi et al. 2019). Los proyectiles que no llegan a su objetivo se depositan en el ambiente y pueden ser ingeridos por aves granívoras, las que pueden sufrir envenenamiento y muerte (Romero et al. 2020). La magnitud de este problema se refleja en el creciente reconocimiento internacional del peligro que representa el Pb de origen cinegético para la salud de la vida silvestre y las personas (Arnemo et al. 2016; Green and Pain 2015; Hunt et al. 2006; Kanstrup et al. 2018).

Los perros domésticos dependen de sus propietarios para alimentarse, por lo que aquellos cuyos dueños practican caza pueden estar expuestos a la ingesta de Pb cuando se les alimenta con carne y restos de las presas. Los cazadores suelen recortar la carne que rodea al rastro de la herida de bala, ya que estas secciones están dañadas, utilizándolas para alimentar a sus perros (Knutsen et al. 2013). Tanto los recortes de carne como las vísceras (entrañas y órganos) pueden contener cantidades significativas de fragmentos de munición (Broadway et al. 2020; Gerofke et al. 2018; Tsuji et al. 2009) y su ingesta implica riesgos potenciales para la salud (Høgåsen et al. 2016). Una vez ingerido, el Pb se distribuye ampliamente en el cuerpo de los perros y puede causar intoxicación aguda o acumularse de forma crónica en dientes, huesos y sistema hematopoyético (Bates 2018; Gwaltney-Brant 2008). Al igual que en las personas, la intoxicación aguda en perros se caracteriza por signos neurológicos, mientras que las alteraciones gastrointestinales se observan con mayor frecuencia en la toxicidad crónica (Assi et al. 2016; Gwaltney-Brant 2010). Otra alteración muy común en la intoxicación crónica por Pb es la anemia, la cual es causada por la interferencia del Pb en las enzimas que sintetizan el grupo hemo (Buekers et al. 2009; Gwaltney-Brant 2010; Mitra et al. 2017).

A pesar de que resulta obvio que la alimentación de los perros con carne contaminada con plomo representa riesgos para su salud, se dispone de escasa informa-

ción al respecto. Solo se han realizado dos estudios en Noruega. Knutsen et al. (2013) entrevistó a cazadores y evaluó las consecuencias para la salud de aquellos perros alimentados con restos de caza, concluyendo que el riesgo de patologías crónicas podría considerarse alto y por lo tanto preocupante. Sin embargo en dicha investigación no se determinaron los niveles de Pb en muestras biológicas caninas, lo que hubiera permitido evaluar la magnitud de la exposición y su significancia. Por otro lado, Høgåsen et al. (2016) evaluó el riesgo de exposición al Pb en perros alimentados con carne de caza mediante revisión bibliográfica y cálculos de las predicciones de exposición. Sus resultados sugieren que existe riesgo para la salud de los perros, pero también destacan la falta de datos sobre la cantidad de carne de caza consumida y la biodisponibilidad del Pb en esta especie.

Desde el año 2006, el Parque Nacional El Palmar, en Argentina, ha implementado el Plan de Control de Mamíferos Exóticos Invasores para controlar las poblaciones de jabalí (*Sus scrofa*) y ciervo axis (*Axis axis*) (Gürtler et al. 2017). Este programa permite que los cazadores y pobladores consuman la carne de los animales cazados, como así también que los recortes de carne y vísceras se destinen como alimento para los perros de los cazadores. El objetivo de este estudio es evaluar los niveles de Pb en sangre y pelo de perros domésticos alimentados con carne y vísceras de caza y su relación con indicadores generales del estado de salud.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

El Parque Nacional El Palmar (31° 51' 54'' S, 58° 15' 34'' W) está ubicado en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Desde el año 2006 se lleva a cabo en el mismo un programa de gestión para reducir las poblaciones de jabalíes y ciervos axis (Gürtler et al. 2017). Este programa es ejecutado por un grupo de cazadores privados registrados, con supervisión de guardaparques y estrictas prácticas de seguridad. Las cacerías ocurren de

noche, desde torres de vigilancia, utilizando armas de fuego con munición de Pb y sin límite de cupo. Los animales cazados se faenan en un área designada dentro del Parque y la carne se distribuye para el consumo de cazadores, guardaparques y residentes locales (por ejemplo, se destina parte de la misma a escuelas y centros comunitarios). Los recortes de carne y vísceras se suelen utilizar como alimento para los perros de los cazadores o son entregados a personas externas que los solicitan. Algunos cazadores también cazan ciervos y jabalíes en terrenos privados adyacentes al Parque, destinando los restos de carne y vísceras como alimento para sus perros. Esta práctica reduce los costos de alimentación de grandes grupos de perros, animales de gran tamaño y con altos requerimientos energéticos, cuyas dietas se complementan con otras fuentes de nutrientes según el criterio de cada propietario.

## Cuestionario

El grupo de perros disponible para este estudio estuvo limitado por el número de propietarios y cazadores que participan en el Plan de Control de Mamíferos Exóticos Invasores del Parque Nacional El Palmar. Sólo se enrolaron en este estudio aquellos perros alimentados con carne y vísceras de caza (jabalí o ciervo axis). Entre agosto y noviembre de 2019, los dueños de perros que residen en los márgenes del Parque Nacional El Palmar otorgaron su consentimiento informado para participar en el estudio (Recurso en línea 1). Se utilizó un cuestionario para recopilar los datos de identificación y alimentación de cada perro (Recurso en línea 2). La frecuencia de alimentación con restos de caza se clasificó como alta (10 a 14 veces por semana), media (5 a 9 veces por semana), baja (1 a 4 veces por semana) o muy baja (una vez cada 15 días). El tiempo transcurrido desde la última alimentación de los perros con restos de caza previo al muestreo se clasificó como muy reciente (1 día antes), reciente (aproximadamente 1 semana antes) o no reciente (aproximadamente 2 semanas antes). No fue posible especificar la proporción de carne y vísceras en la dieta diaria, ya que los perros no eran alimentados con estos elementos en una proporción regular. Así, las cantidades y proporciones variaban según las cantidades descartadas por los cazadores y las mezclas preparadas por los propietarios.

## Examen físico, recolección de muestras y análisis

Se muestreó un total de 31 perros. Cada uno de ellos fue sometido a un breve examen físico por parte de un veterinario (inspección, palpación, auscultación torácica, registro de cualquier lesión externa o signo clínico), y la condición corporal se clasificó en cinco categorías (emaciado, delgado, bueno, excedido u obeso) según parámetros determinados por WSAVA (2011). Los perros se clasificaron por sexo, edad (jóvenes  $\leq 18$  meses, adultos  $> 18$  meses) y raza (dogo, galgo, cruce de galgo x dogo, otra).

Se recogió un gramo de pelo de la base del cuello mediante corte con tijera de acero quirúrgico (Nikolovski y Atanaskova 2011; Sanna et al. 2003), almacenando la muestra en bolsa de plástico individual. Se extrajeron cinco mililitros de sangre mediante venopunción de la vena cefálica. Los frotis de sangre se prepararon inmediatamente después de la extracción de sangre y se secaron al aire, se fijaron con metanol y se tiñeron con Giemsa. El resto de la muestra de sangre se dividió en un tubo con EDTA (para análisis hematológicos) y un tubo con heparina (para concentración de Pb), los cuales fueron refrigerados. Las muestras con EDTA se entregaron a un laboratorio clínico local dentro de las 3 horas posteriores a la recolección, las muestras heparinizadas se transfirieron a crioviales y se almacenaron en nitrógeno líquido (también dentro de las 3 horas).

Los análisis hematológicos se realizaron utilizando un sistema de recuento sanguíneo automático (Sysmex XS-1000i, Sysmex Corporation, Kobe, Japón). Se obtuvieron las siguientes variables: hematocrito (Hto), recuento total de glóbulos rojos (RGR), hemoglobina (Hb), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), recuento total de glóbulos blancos (RGB), recuento diferencial de glóbulos blancos (neutrófilos en banda y segmentados, eosinófilos, basófilos, linfocitos y monocitos) y recuento de plaquetas. También se examinaron frotis de sangre para detectar hemoparásitos y anomalías en las células sanguíneas.

La concentración de Pb en muestras de sangre y pelo se determinó de acuerdo con estándares validados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en el Laboratorio de Análisis Químicos (CERZOS – CONICET,

Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina). El pretratamiento se realizó mediante secado en horno (40 °C, 24 h) y digestión ácida vía húmeda (digestor de microondas MARS-5, CEM Corporation, EEUU), de acuerdo con Norma EPA 3052 (potencia 400 W; presión máxima 800 psi; temperatura máxima 170 °C; tiempo 30 minutos). Las determinaciones se realizaron mediante espectrometría de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES; Shimadzu 9000, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), de acuerdo con Norma EPA 200.7. Las muestras se procesaron en su estado natural, los resultados de Pb en sangre fueron reportados por el laboratorio en mg/kg peso húmedo, mientras que los resultados de Pb en pelo se reportaron en mg/kg peso seco. El límite de detección fue 0,005 mg/kg para Pb en sangre y 0,01 mg/kg para Pb en pelo. En tres casos en los que la concentración de Pb en pelo estuvo por debajo del límite de detección, la concentración se estimó como el límite de detección dividido por la raíz cuadrada de 2 (Tekindal et al. 2017). Las concentraciones de Pb en pelo, expresadas en mg/kg, se convirtieron a µg/gr. Los valores de Pb en sangre, expresados en mg/kg, se convirtieron a µg/dL asumiendo una densidad sanguínea de 1.0565 kg/L.

### Análisis estadísticos de los datos

Los niveles de Pb en sangre se calificaron como bajos ( $\leq 40$  µg/dL) o altos ( $> 40$  µg/dL) (Bates 2018). Aunque varios estudios proporcionan datos sobre la concentración de Pb en pelo de perros (Nikolovski y Atanaskova 2011; Park et al. 2005; Zaccaroni et al. 2014), no existe una clasificación estandarizada para niveles nocivos. Por lo tanto, utilizamos los percentiles 25 y 75 como umbrales para calificar las concentraciones de Pb en pelo como bajas ( $\leq 0.605$  µg/gr), intermedias (0.606–1.895 µg/gr) o altas ( $> 1.895$  µg/gr).

Se aplicó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación entre las concentraciones de plomo en sangre transformadas en log<sub>10</sub> y las concentraciones de Pb en pelo. Se utilizaron modelos lineales generales escalonados (GLM) para evaluar qué variables individuales (propietario, raza, grupo de edad, sexo, condición corporal) eran predictivas de la concentración de Pb en sangre y pelo. El GLM escalonado se utilizó además para evaluar qué variables individuales (raza, grupo de edad, sexo, condición corporal) y niveles de Pb en sangre y pelo eran predictivas de los resultados hematológicos. Los datos de los

análisis GLM se transformaron a su logaritmo natural, excepto por el recuento y el porcentaje de monocitos. Se utilizaron pruebas post hoc de Dunn-Sidak para comparar categorías de variables incluidas en el modelo. El nivel de significancia fue  $\leq 0.05$  para todas las pruebas.

### Resultados

Se pudo muestrear aproximadamente el 67% del universo total de perros, el que es un porcentaje relativamente alto dadas las características de este sitio y práctica y el número limitado de perros que eran alimentados con carne y vísceras de caza. Se muestreó un total de 31 perros de cuatro propietarios (Tabla 1), pero se excluyeron cinco muestras de los análisis hematológicos debido a que resultaron coaguladas. Según los cuestionarios, todos los perros recibieron carne y vísceras de caza en sus dietas. En el examen físico, con la excepción de dos cachorros (6%) que presentaron alopecia con eritema y descamación cutánea en la cara y extremidades, los perros restantes se observaron en buen estado de salud, con frecuencias cardíaca y respiratoria dentro de los valores normales para la especie. En cuatro perros (13%) se halló un gran número de pulgas. A excepción de los dos cachorros, todos los perros habían participado en cacerías. Según las respuestas al cuestionario, ocho de estos perros (26%) habían sufrido heridas durante cacerías previas. Dos perros se recuperaban de las heridas infligidas por jabalí, uno presentaba heridas causadas por carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y los restantes perros se habían curado de sus heridas anteriores.

Las concentraciones de Pb en sangre y pelo se resumen en la Tabla 1 y se detallan en el Recurso en línea 3. No se halló asociación significativa entre las concentraciones de Pb en sangre y en pelo ( $P = 0.398$ ,  $R^2 = 0.025$ ; Fig. 1a). El propietario fue la única variable significativa ( $P = 0.002$ ; Fig. 1b) incluida en el modelo final ( $S = 0.948$ ,  $R^2 = 0.362$ ), mientras que el resto de las variables evaluadas no mostraron un efecto suficientemente significativo para ser incluido en el modelo. El GLM escalonado ( $S = 1.435$ ,  $R^2 = 0.435$ ) identificó al propietario ( $P = 0.001$ ) y a la condición corporal ( $P = 0.024$ ) como predictores significativos de la concentración de Pb en pelo (Fig. 1c y 1d).

Los resultados hematológicos se resumen en la Tabla 2 y se detallan en el Recurso en línea 3. El sexo fue un predictor significativo del VCM ( $S = 0.064$ ,  $R^2 = 0.294$ ,  $P = 0.003$ ; Fig. 2a), recuento de linfocitos ( $S = 0.517$ ,  $R^2 = 0.142$ ,  $P = 0.033$ ; Fig. 2b) y porcentaje de monocitos ( $S = 2.31$ ,  $R^2 = 0.137$ ,  $P = 0.036$ ; Fig. 2c). La raza fue un predictor significativo de la CHCM ( $S = 0.037$ ,  $R^2 = 0.311$ ,  $P = 0.011$ ; Fig. 2d). Las restantes variables individuales no mostraron un efecto significativo sobre los resultados hematológicos.

## Discusión

Este es el primer estudio de campo realizado con el fin de evaluar la exposición al Pb en perros alimentados con carne y vísceras de caza y, hasta donde conocemos, es también el primero que explora las eventuales asociaciones entre el consumo de restos de caza y el estado de salud en perros. Investigaciones anteriores han encontrado altas concentraciones de Pb en carne y vísceras de caza, lo que sugiere que su utilización para la alimentación de los perros podría resultar en una exposición crónica al Pb (Høgåsen et al. 2016; Knutsen et al. 2013). Nuestros resultados confirman que los perros alimentados con restos de caza presentan niveles detectables de Pb en sangre y pelo.

Seis perros (19%) presentaron niveles de Pb en sangre superiores a 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , lo que podría ser clínicamente indicativo de intoxicación (Bates 2018; Balagangatharathilagar et al. 2006). Estos perros no presentaban en el exámen físico ningún signo aparente de envenenamiento por Pb (por ejemplo, alteraciones neurológicas o gastrointestinales; ver Buekers et al. 2009 y Saed et al. 2020), y sus dueños no informaron de tales signos. Toyomaki et al. (2020) analizó 120 perros y diagnosticó niveles de Pb en sangre superiores a 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en el 24% de ellos, sin embargo, ninguno demostró signos de intoxicación por Pb o alteraciones clínicas. No obstante, en nuestro estudio los perros no eran tratados como mascotas, lo que nos lleva a presumir que la capacidad de sus dueños para notar signos sutiles asociados con una intoxicación crónica por Pb podría haber sido limitada. El modelo lineal escalonado identificó al dueño como la única variable significativa relacionada con la concentración de Pb en sangre. Este resultado es esperable, ya

**Tabla 1.** Resumen de los resultados de la entrevista con detalles demográficos e información relacionada con el consumo de carne de caza en personas según sus funciones dentro del PCMEI del Parque Nacional El Palmar.

Variable	Propietario				Total
	A	B	C	D	
¿Con qué frecuencia les da carne y/o vísceras de caza a sus perros?	Muy baja	Baja	Media	Alta	-
¿Cocina la carne y/o vísceras de caza antes de dársela a los perros?	No	A veces	No	A veces	-
¿Cuándo fue la última vez que sus perros comieron carne y/o vísceras de caza?	2 semanas	2 semanas	1 semana	1 día	-
¿Qué otros alimentos le da a sus perros?	Arroz, polenta, huesos de bovino y pollo	Restos bovinos	Arroz, ocasionalmente pollo	Arroz	-
<b>Número de perros estudiados</b>	5	6	8	12	31
<b>Raza, n (%)</b>					
Dogo Argentino	-	-	2 (25%)	3 (25%)	5 (16%)
Galgo	-	1 (17%)	2 (25%)	4 (33%)	7 (23%)
Cruza Dogo x Galgo	3 (60%)	1 (17%)	2 (25%)	3 (25%)	9 (29%)
Otras razas o cruzas	2 (40%)	4 (67%)	2 (25%)	2 (17%)	10 (32%)
<b>Sexo, n (%)</b>					
Hembra	-	3 (50%)	2 (25%)	6 (50%)	11 (35%)
Macho	5 (100%)	3 (50%)	6 (75%)	6 (50%)	20 (65%)
<b>Grupo de edad, n (%)</b>					
Cachorro ( $\leq 6$ meses)	-	-	-	2 (17%)	2 (6%)
Juvenil (6-18 meses)	1 (20%)	1 (17%)	-	1 (8%)	3 (10%)
Adulto ( $>18$ meses)	4 (80%)	5 (83%)	8 (100%)	9 (75%)	26 (84%)
<b>Condición corporal, n (%)</b>					
Delgado	3 (60%)	4 (67%)	5 (63%)	9 (75%)	21 (68%)
Buena	2 (40%)	2 (33%)	3 (38%)	3 (25%)	10 (32%)
<b>Categoría de Pb en sangre, n (%)</b>					
Baja ( $\leq 40$ $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	2 (40%)	3 (50%)	8 (100%)	12 (100%)	25 (81%)
Alta ( $>40$ $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	3 (60%)	3 (50%)	-	-	6 (19%)
<b>Concentración de Pb en sangre, <math>\mu\text{g}/\text{dL}</math> peso húmeda</b>					
Media	47.54	43.31	16.27	14.16	18.49
Media aritmética $\pm$ DE	80.29 $\pm$ 81.14	54.2 $\pm$ 38.88	18.28 $\pm$ 9.82	12.47 $\pm$ 6.34	32.96 $\pm$ 43.1
Media geométrica $\pm$ DE	54.51 $\pm$ 281.2445.96	191.3316.48 $\pm$ 169.578.56	367.77	18.91 $\pm$ 346.85	
Mínimo - Máximo	17.96 - 216.5825.35	- 129.959.61	- 39.83	0.53 - 18.7	0.53 - 216.58
<b>Categoría de Pb en pelo, n (%)</b>					
Baja ( $\leq 0.605$ $\mu\text{g}/\text{gr}$ )	3 (60%)	3 (50%)	-	2 (17%)	8 (26%)
Intermedia (0.606 - 1.895 $\mu\text{g}/\text{gr}$ )	1 (20%)	1 (17%)	3 (50%)	4 (50%)	7 (58%)
Alta ( $>1.895$ $\mu\text{g}/\text{gr}$ )	1 (20%)	-	4 (50%)	3 (25%)	8 (26%)
<b>Concentración de Pb en pelo, <math>\mu\text{g}/\text{gr}</math> peso seco</b>					
Media	0.350	0.375	1.770	1.150	1.140
Media aritmética $\pm$ DE	1.297 $\pm$ 2.001	0.444 $\pm$ 0.475	6.501 $\pm$ 12.4941.362	3.299 $\pm$ 3.299	1.210 $\pm$ 1.679
Media geométrica $\pm$ DE	0.292 $\pm$ 11.661	0.122 $\pm$ 10.3152.597	3.299	0.721 $\pm$ 6.444	
Mínimo - Máximo	0.007 - 4.780	0.007 - 1.170	0.980 - 34.8000.520	- 2.640	0.007 - 34.800

que todas las variables de alimentación (composición de la dieta, frecuencia de alimentación con caza, última fecha de alimentación con caza) son similares para los perros que pertenecen a un mismo propietario. Un hecho llamativo es que el perro que presentó la mayor concentración de Pb en sangre (216,58  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) era alimentado con carne y vísceras de caza con muy baja frecuencia. Su propietario informó que este animal había recibido reciente-

**Tabla 2** Resumen de los resultados hematológicos de los perros alimentados con carne y vísceras de caza.

Variable	Propietario				Total
	A	B	C	D	
<b>Número de perros estudiados</b>	4	6	8	8	26
<b>Eritrograma</b>					
Hematocrito, %	45.0 ± 3.2	42.0 ± 4.8	41.4 ± 5.3	48.9 ± 5.2	44.4 ± 5.7
Recuento total de glóbulos rojos, 10 <sup>12</sup> células/L	7.1 ± 0.5	6.2 ± 0.7	6.6 ± 1.1	7 ± 0.9	6.7 ± 0.9
Hemoglobina, g/L	153 ± 12.8	140 ± 18.2	136.5 ± 20.2	164 ± 22	148.3 ± 21.9
VCM, fL	63.2 ± 3	67.8 ± 2.1	63 ± 5.5	70 ± 3.9	66.3 ± 4.9
HCM, pg	21.5 ± 0.3	22.6 ± 0.8	20.8 ± 2.2	23.4 ± 1.3	22.1 ± 1.8
CHCM, g/L	340.1 ± 19.4	332.9 ± 9.0	329.3 ± 13.2	334.9 ± 18.2	333.5 ± 14.7
Policromasia, n (%)	-	-	3 (38%)	2 (25%)	5 (19%)
<b>Leucograma</b>					
Recuento total de glóbulos blancos, 10 <sup>6</sup> células/L	9.7 ± 3.4	14.5 ± 2.4	11.8 ± 2.7	13.7 ± 4.6	12.7 ± 3.7
Neutrófilos segmentados, 10 <sup>6</sup> células/L	4.9 ± 2	8.4 ± 3.2	6.6 ± 3.1	7.9 ± 2.4	7.2 ± 2.9
Eosinófilos, 10 <sup>6</sup> células/L	1.6 ± 0.5	2.8 ± 2.7	2.3 ± 1.4	1.1 ± 0.8	1.9 ± 1.7
Linfocitos, 10 <sup>6</sup> células/L	2.9 ± 0.9	2.9 ± 1.2	2.6 ± 1.4	4.3 ± 2.3	3.2 ± 1.7
Monocitos, 10 <sup>6</sup> células/L	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.5	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.5	0.4 ± 0.4
Neutrófilos segmentados, %	50.3 ± 5.9	57.7 ± 18.3	54.9 ± 19.3	59.4 ± 11.4	56.2 ± 14.9
Eosinófilos, %	17.3 ± 4.6	19.2 ± 18.1	18.6 ± 11.1	7.0 ± 3.7	15.0 ± 11.7
Linfocitos, %	29.8 ± 1.7	20.2 ± 10.1	22.3 ± 11.6	30.5 ± 12.6	25.5 ± 11.1
Monocitos, %	2.8 ± 2.5	3.0 ± 3.7	4.3 ± 1.5	3.1 ± 2.4	3.4 ± 2.5
<b>Conteo de plaquetas, 10<sup>6</sup> plaquetas/L</b>	232.4 ± 90	263.8 ± 73.3	260.5 ± 89.3	254.4 ± 122.3	255.1 ± 92.6

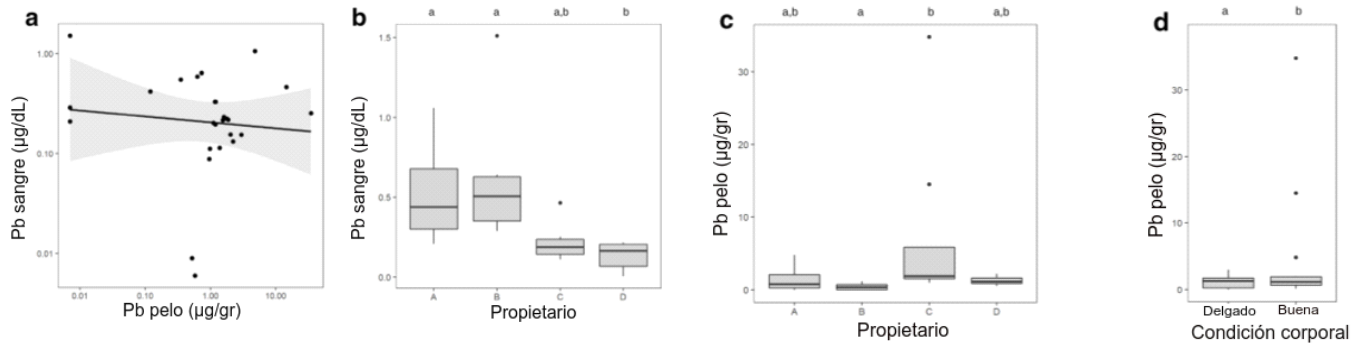
mente una aplicación cutánea de aceite quemado de motor como tratamiento contra ectoparásitos. Los residuos de aceite de vehículos pueden contener concentraciones significativas de Pb (Wolak et al. 2019), y este metal puede absorberse a través de la piel herida o intacta (Eqani et al. 2016; Gwaltney-Brant 2008). Por lo tanto, es probable que este valor atípico de Pb en sangre estuviera relacionado con este tratamiento en vez de con una exposición alimentaria. Aunque las alteraciones hematológicas son frecuentes en los casos de intoxicación crónica con Pb (Assi et al. 2016; Buekers et al. 2009), no detectamos una asociación significativa entre los niveles de Pb en sangre y las variables hematológicas, lo que podría deberse al pequeño tamaño de la muestra y la distribución desigual de las características individuales de los perros, relacionadas con los diferentes propietarios y manejo.

Los niveles de Pb en pelo fueron relativamente bajos en la mayoría de los perros. Solamente uno, el de mayor edad (7 años), tuvo un resultado atípicamente alto (34,8 µg/gr), aunque su concentración de Pb en sangre no era significativamente elevada (21,76 µg/dL). Este animal también presentó anemia (Hto = 35%, RGR = 5,95 × 10<sup>12</sup> células/L), con disminución del

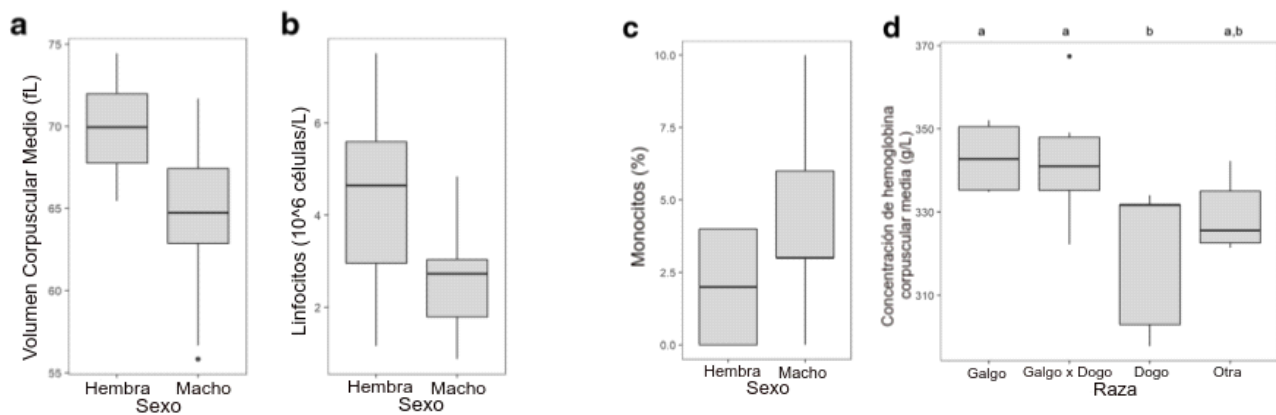
volumen corpuscular medio (VCM = 17,8 fL) y de la concentración de hemoglobina (CHCM = 30,3 g/L), y con policromasia notable (resultados hematológicos detallados proporcionados en Recurso en línea 3). Kozak et al. (2002) también diagnosticó las concentraciones más altas de Pb en pelo en los perros de 7 años, mientras que Nikolovski y Atanaskova (2011) las halló en perros de 3 años, aunque en ambos estudios la fuente de Pb era ambiental. En nuestro estudio, el perro con la mayor concentración de Pb en pelo era alimentado con carne y vísceras de caza de forma regular, con una frecuencia intermedia, desde una edad temprana. Esto podría explicar la ingesta prolongada y constante de Pb (manifestada a través de altas concentraciones en el pelo si el consumo es mantenido), así como el desarrollo de anomalías hematológicas, frecuentes en la intoxicación crónica (Bates 2018; Buekers et al. 2009; Gwaltney-Brant 2010). Sin embargo, y aparte de este valor atípico, no detectamos asociaciones estadísticamente significativas entre los niveles de Pb en pelo y las variables hematológicas analizadas.

No fue hallada una relación significativa entre las concentraciones de Pb en sangre y pelo. La literatura al respecto es variada,

**Fig. 1** Relación entre las concentraciones de Pb en sangre y en pelo de perros alimentados con carne y vísceras de caza, y su relación con variables individuales. Las letras diferentes sobre los diagramas de caja indican diferencias significativas entre los grupos (pruebas post-hoc de Dunn-Sidák,  $P < 0,05$ ).



**Fig. 2** Comparación de resultados hematológicos entre variables individuales de perros alimentados con carne y vísceras de caza. Las letras diferentes sobre los diagramas de caja indican diferencias significativas entre los grupos (pruebas post-hoc de Dunn-Sidák,  $P < 0,05$ ).



con algunos estudios que reportan una correlación significativa y consideran el pelo como un indicador confiable de la exposición al Pb (Ahmad et al. 2018; Patra et al. 2007; Rashed y Soltan 2005; Sanna et al. 2003; Skalny et al. 2018), mientras que otros llegan a la conclusión opuesta (Barton 2011; Wilhelm et al. 2002; Zaccaroni et al. 2014). En estudios donde no se encontró asociación significativa, la contaminación ambiental se propuso como una posible causa de la presencia de Pb en pelo (Barton 2011; Wilhelm et al. 2002; Zaccaroni et al. 2014). En nuestro estudio, dado que el Parque Nacional El Palmar se encuentra alejado de áreas industriales y grandes ciudades, es más probable que el Pb presente en las muestras de pelo se deba a un origen dietético más que ambiental. En este contexto, la falta de una asociación clara entre los niveles de Pb en sangre y en pelo podría estar relacionada con otros factores, como las diferencias

individuales en la cronología de ingestión de Pb y la deposición tisular. El Pb en sangre tiene una vida media de 1 o 2 meses (Gwaltney-Brant 2010), a diferencia del pelo, en el que se deposita según la fase de crecimiento del mismo (NRC 2005). Por lo tanto, las concentraciones encontradas en ambas muestras reflejan temporalidades diferentes. El pelo es un tejido rico en queratina, muy abundante en grupos sulfhidrilo que se unen a cationes divalentes. La falta de asociación entre las concentraciones en sangre y pelo también podría atribuirse a la saturación de dichos sitios de unión luego de una exposición crónica, ya que ocurriría una meseta en la concentración de Pb en pelo y, con ello, una falta de correlación con los niveles en sangre (Patra et al. 2007). La tasa de crecimiento del pelo y la caída también podrían influir en las concentraciones de Pb, tal como se menciona a continuación.

La frecuencia de alimentación con carne y vísceras de caza varió considerablemente entre los sujetos de nuestro estudio. Todos los perros cuyos dueños informaron una frecuencia media o alta de alimentación con restos de caza tenían niveles de Pb en sangre por debajo de 40  $\mu\text{g/dL}$ , considerados bajos por algunos autores (Bates 2018; Balagangatharathilagar et al. 2006). Por el contrario, los perros cuyos propietarios reportaron una muy baja o baja frecuencia de alimentación con restos de caza tendieron a presentar concentraciones más altas de Pb en sangre, con un 54% de ellos presentando niveles altos ( $> 40 \mu\text{g/dL}$ ). Se ha establecido que el porcentaje de Pb absorbido en el duodeno disminuye a medida que la dosis ingerida aumenta (NRC 2005) debido a la saturación del transporte activo a través de la barrera intestinal (Rădulescu y Lundgren 2019), lo que podría explicar por qué los perros alimentados con restos de caza con mayor frecuencia tenían concentraciones de Pb en sangre relativamente más bajas. Además, los perros adultos absorben mucho menos el Pb ingerido, en comparación con los jóvenes (Bates 2018) que tienen una mayor absorción intestinal de Pb debido a la inmadurez del tracto digestivo (Gwaltney-Brant 2008; NRC 2005). En nuestro estudio, la mayoría de los perros alimentados con restos de caza con frecuencias medias y altas eran adultos mayores a dos años (edad promedio 50 meses). Por el contrario, los perros alimentados con restos de caza con frecuencias muy bajas y bajas eran comparativamente más jóvenes (edad promedio 36 meses). Langlois et al. (2017) y Toyomaki et al. (2020) describieron tendencias similares, al hallar correlaciones negativas significativas entre la concentración de Pb en sangre y la edad de los perros. En nuestro estudio los valores altos de Pb en perros alimentados ocasionalmente con caza sugieren que la variabilidad entre ingestión y absorción de Pb, la frecuencia de alimentación y la edad podrían explicar la aparente discrepancia entre la frecuencia de alimentación con caza y las concentraciones de Pb en sangre. También debe considerarse la fragmentación de las municiones en la carne. Es probable que los riesgos para la salud dependan más de la superficie total de los fragmentos que de la masa total de Pb ingerida (Green y Pain 2019), ya que más Pb se vuelve biodisponible cuando aumenta la superficie del fragmento. Por lo tanto es probable que no exista una frecuencia libre de riesgo para la alimentación de los perros con restos de caza, independientemente de su edad. Curiosamen-

te, los perros pertenecientes a propietarios que los alimentaban con carne y vísceras de caza con frecuencia media o alta, tendieron a mostrar concentraciones más altas de Pb en pelo, en contraste con los niveles generalmente bajos de Pb en sangre. Es posible que estos perros estuvieran eliminando los altos niveles de Pb ingerido a través del pelo, lo cual reduciría efectivamente sus concentraciones en sangre. De hecho, el pelo es una vía de excreción importante de elementos tóxicos (Pereira et al. 2006), y el recambio de pelo puede influir significativamente en la acumulación de metales no esenciales, tales como el Pb (Strumińska-Parulska et al. 2015). También es posible que las diferencias genéticas en el metabolismo y el crecimiento del pelo modulen la distribución de Pb (Gundacker et al. 2009), sesgando nuestros resultados debido a la distribución desigual de razas entre propietarios. Las tasas de crecimiento del pelo varían ampliamente entre razas. En los perros de pelo corto el crecimiento completo tarda 3 a 4 meses, mientras que en razas de pelo largo puede demorar hasta 18 meses (Díaz et al. 2004; Scott et al. 2001). Nuestros análisis GLM no detectaron una interferencia de la raza en el contenido de Pb del pelo, sin embargo esto podría haber sido pasado por alto debido al tamaño de muestra relativamente pequeño, lo cual fue una limitante significativa en este estudio. Aunque no se halló una asociación clara entre el Pb en pelo y la edad, se ha informado una asociación positiva en estudios anteriores con tamaños de muestra más grandes (Kozak et al. 2002; Park et al. 2005).

La condición corporal fue un predictor significativo de las concentraciones de Pb en pelo, y los perros en buena condición corporal presentaron niveles más altos que aquellos que se encontraban delgados. Esto podría deberse a la competencia por la comida entre perros del mismo propietario, donde algunos podrían haber consumido una mayor proporción de carne y vísceras de caza que otros, lo que resultaría en una mejor condición corporal pero también en mayor ingestión de Pb. Así mismo es posible que todos los perros consumieran la misma cantidad de restos de caza, pero que factores individuales o raciales determinaran un metabolismo nutricional diferente y crecimiento desigual del pelo, como fue mencionado (Gundacker et al. 2009).

Aunque no se analizaron muestras de la dieta, se han encon-



trado niveles altos de Pb (superiores a 25.000 µg/gr peso húmedo) en muestras de carne a lo largo de la trayectoria de la bala en ciervos axis cazados durante nuestro estudio (Tammone et al. 2021). Dado que estas secciones de tejido dañado suelen ser recortadas por los cazadores y utilizadas como alimento para perros, es factible un alto riesgo de exposición alimentaria al Pb incluso si la porción se diluye con vísceras y suplementos como polenta. Otra consideración es la posible exposición a otras fuentes alimentarias de Pb, tales como huesos y restos de bovino, pollo, polenta y/o arroz, los cuales eran proporcionados a los perros en diferentes combinaciones, además de los restos de caza. Dado que estos componentes no fueron analizados, no pueden excluirse como una fuente adicional de Pb. También debe considerarse el efecto potencial de la dilución de los restos de caza dentro del volumen total de las porciones consumidas, así como la posibilidad de un tránsito intestinal rápido, estimulado por fibra dietética (por ejemplo, polenta), lo cual disminuiría el tiempo de absorción del Pb (Jadán-Piedra et al. 2017). En cuanto a los componentes dietarios, que no fueron analizados en nuestro estudio, se ha demostrado que las dietas altas en grasas y bajas en calcio provocan una absorción intestinal de Pb significativamente mayor (Kordas et al. 2018). Un estudio reciente (Kim et al. 2018) ha demostrado que incluso las dietas comerciales para perros con niveles de Pb muy por debajo de los umbrales conocidos de toxicidad podrían afectar el desarrollo neurológico de los perros jóvenes, debido a su mayor absorción del Pb ingerido. Teniendo en cuenta que en todo el mundo se han detectado niveles elevados de Pb tanto en los recortes de carne de caza como en las vísceras (Broadway et al. 2020; Gašparík et al. 2017; Martin et al. 2019; Tsuji et al. 2009), los riesgos para la salud de los perros (Høgåsen et al. 2016) podrían ser incluso mayores a lo propuesto. Claramente, numerosos factores pueden haber influido en los resultados de nuestro estudio, muchos de los cuales reflejan la dificultad típica de los estudios de campo para establecer relaciones únicas de causa-efecto. El análisis de todos los componentes de la dieta y el conocimiento exacto de su cantidad y frecuencia de consumo, mediante el estudio de los perros en condiciones controladas, debe ser considerado en futuras investigaciones. Esto permitiría establecer con mayor precisión los factores que influyen en los resultados, sin la interferencia de variables de confusión. Adicionalmente, el bajo número de mues-

tras en nuestra investigación, inherente al pequeño universo de perros de caza en el área de estudio, representa una limitación en cuanto a la probabilidad de detectar diferencias cuando la prevalencia es baja.

En conclusión, nuestros resultados confirman que los perros alimentados con restos de caza están expuestos a la ingestión de Pb. Los niveles elevados de Pb en sangre sugieren que podría no haber una frecuencia libre de riesgo para el consumo de carne o vísceras de caza contaminadas con este metal tóxico. Teniendo en cuenta los reconocidos riesgos ecológicos y sanitarios que representa el Pb, particularmente dentro de un área protegida como nuestro sitio de estudio, el uso de municiones no tóxicas para el control de los mamíferos invasores se considera la forma más efectiva de mitigar los impactos negativos asociados. De esta manera, la carne de los animales cazados podría continuar utilizándose como alimento para perros y personas sin representar un riesgo para su salud, mientras que el problema adicional de la eliminación segura de los restos (fuera del alcance de la fauna carroñera) sería evitado.

## Referencias

- Ahmad I, Khan B, Khan S, Khan MT, Schwab AP (2018) Assessment of lead exposure among automobile technicians in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Sci Total Environ* 633:293-299 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.160>
- Arnemo JM, Andersen O, Stokke S, Thomas VG, Krone O, Pain DJ, Mateo R (2016) Health and environmental risks from lead-based ammunition: science versus socio-politics. *EcoHealth* 13(4):618-622 <https://doi.org/10.1007/s10393-016-1177-x>
- Assi MA, Hezmee MNM, Haron AW, Sabri MY, Rajion MA (2016) The detrimental effects of lead on human and animal health. *Vet World* 9(6):660-671 <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.660-671>
- ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2020) Toxicological Profile for Lead <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf> [cited 2021 Mar 2]
- Balagangatharathilagar M, Swarup D, Patra RC, Dwivedi SK (2006) Blood lead level in dogs from urban and rural areas of India and its relation to animal and environmental variables. *Sci Total Environ* 359(1-3):130-134 <https://doi.org/>

g/10.1016/j.scitotenv.2005.09.063

Barton HJ (2011) Advantages of the use of deciduous teeth, hair, and blood analysis for lead and cadmium bio-monitoring in children. A study of 6-year-old children from Krakow (Poland). *Biol Trace Elem Res* 143(2):637-658 <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8896-6>

Bates N (2018) Lead toxicosis in cats and dogs. *Companion Anim* 23(12):674-682 <https://doi.org/10.12968/coan.2018.23.12.674>

Broadway MS, McCallen EB, Caudell J, Stewart CM (2020) Ammunition type and shot placement determine lead fragmentation in deer. *J Wildl Manage* 84(7):1406-1414 <https://doi.org/10.1002/jwmg.21917>

Buekers J, Redeker ES, Smolders E (2009) Lead toxicity to wildlife: derivation of a critical blood concentration for wildlife monitoring based on literature data. *Sci Total Environ* 407(11):3431-3438 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.044>

Diaz SF, Torres SM, Dunstan RW, Lekcharoensuk C (2004) An analysis of canine hair re-growth after clipping for a surgical procedure. *Vet Dermatol* 15(1):25-30 <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2004.00356.x>

Dobrowolska A, Melosik M (2008) Bullet-derived lead in tissues of the wild boar (*Sus scrofa*) and red deer (*Cervus elaphus*). *Eur J Wildl Res* 54(2):231-235 <https://doi.org/10.1007/s10344-007-0134-y>

EFSA (2010) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on lead in food. *EFSA J* 8(4):1570, 151 pp <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>

Eqani SAMAS, Khalid R, Bostan N, Saqib Z, Mohmand J, Rehan M, Ali N, Katsoyiannis IA, Shen H (2016) Human lead (Pb) exposure via dust from different land use settings of Pakistan: A case study from two urban mountainous cities. *Chemosphere* 155:259-265 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.036>

Gašparík J, Binkowski ŁJ, Jahnátek A, Šmehýl P, Dobiaš M, Lukáč N, Błaszczyk M, Semla M, Massanyi P (2017) Levels of metals in kidney, liver, and muscle tissue and their influence on the fitness for the consumption of wild boar from western Slovakia. *Biol Trace Elem Res* 177(2):258-266 <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0884-z>

Gerofke A, Ulbig E, Martin A, Müller-Graf C, Selhorst T, Gremse C, Spolders M, Schafft H, Heinemeyer G, Greiner M, Lahrssen-Wiederholt M, Hensel A (2018) Lead content in wild game shot with lead or non-lead ammunition – does “state of the art consumer health protection” require non-lead ammunition? *PLoS*

One 13:1–23 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200792>

Green RE, Pain DJ (2015) Risks of health effects to humans in the UK from ammunition-derived lead. In: Delahay RJ, Spray CJ (ed) *Proceedings of the Oxford Lead Symposium. Lead Ammunition: understanding and minimising the risks to human and environmental health*. Edward Grey Institute, Oxford, pp 27-43 [http://www.oxford-leadsymposium.info/wp-content/uploads/OLS\\_proceedings/flipbook/files/assets/common/downloads/publication.pdf#page=29](http://www.oxford-leadsymposium.info/wp-content/uploads/OLS_proceedings/flipbook/files/assets/common/downloads/publication.pdf#page=29) [cited 2021 Mar 9]

Green RE, Pain DJ (2019) Risks to human health from ammunition-derived lead in Europe. *Ambio* 48:954–968 <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01194-x>

Gundacker C, Wittmann KJ, Kukuckova M, Komarnicki G, Hikkel I, Gencik M (2009) Genetic background of lead and mercury metabolism in a group of medical students in Austria. *Environ Res* 109(6):786-796 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.05.003>

Gürtler RE, Izquierdo VM, Gil G, Cavicchia M, Maranta A (2017) Coping with wild boar in a conservation area: impacts of a 10-year management control program in north-eastern Argentina. *Biol Invasions* 19(1):11-24 <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1256-5>

Gwaltney-Brant SM (2008) Lead Toxicosis in Small Animals. In: Bonagura JD, Twedt DC (ed) *Kirk's Current Veterinary Therapy XIV*. Saunders Elsevier, Saint Louis, pp. 127-130

Gwaltney-Brant SM (2010) Intoxicación con plomo. In: Côté E (ed) *El Consultor en la Clínica Veterinaria. Perros y Gatos*. Inter-Médica, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pp 1029-1031 (in Spanish)

Høgåsen HR, Ørnsrud R, Knutsen HK, Bernhoft A (2016) Lead intoxication in dogs: risk assessment of feeding dogs trimmings of lead-shot game. *BMC Vet Res* 12(1): 152 <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0771-z>

Hunt WG, Burnham W, Parish CN, Burnham KK, Mutch B, Oaks JL (2006) Bullet fragments in deer remains: implications for lead exposure in avian scavengers. *Wildl Soc Bull* 34(1):167-170 [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2006\)34\[167:BFIDRI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2006)34[167:BFIDRI]2.0.CO;2)

Hunt WG, Watson RT, Oaks JL, Parish CN, Burnham KK, Tucker RL, Belthoff JR, Hart G (2009) Lead bullet fragments in venison from rifle-killed deer: potential for human dietary exposure. *PLoS One* 4(4):e5330 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005330>

Jadán-Piedra C, Chiocchetti GM, Clemente MJ, Vélez D, Devesa V (2017) Dietary compounds as modulators of metals and metalloids toxicity. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58(12):2055-2067 <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1302407>

Kanstrup N, Swift J, Stroud DA, Lewis M (2018) Hunting with lead ammunition is not sustainable: European perspectives.

Ambio 47(8):846-857 <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1042-y>

Kim HT, Loftus JP, Mann S, Wakshlag JJ (2018) Evaluation of arsenic, cadmium, lead and mercury contamination in over-the-counter available dry dog foods with different animal ingredients (red meat, poultry, and fish). *Front Vet Sci* 5:264 <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00264>

Knutsen HK, Brantsæter AL, Fæste CK, Ruus A, Thomsen C, Skåre JU, Amlund H, Arukwe A, Eriksen GS (2013) Risk assessment of lead exposure from cervid meat in Norwegian consumers and in hunting dogs. Opinion of the Panel on Contaminants of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety. *VKM Report 2013, 27* [https://fhi.brage.unit.no/fhi-xmlui/bitstream/handle/11250/2465969/Knutsen\\_2013\\_Ris.pdf?sequence=2](https://fhi.brage.unit.no/fhi-xmlui/bitstream/handle/11250/2465969/Knutsen_2013_Ris.pdf?sequence=2) [cited 2021 Mar 9]

Kordas K, Burganowski R, Roy A, Peregalli F, Baccino V, Barcia E, Mangieri S, Ocampo V, Mañay N, Martínez G, Vahter M, Queirolo EI (2018) Nutritional status and diet as predictors of children's lead concentrations in blood and urine. *Environ Int* 111:43-51 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.013>

Kozak M, Kralova E, Sviatko P, Bilek J, Bugarsky A (2002) Study of the content of heavy metals related to environmental load in urban areas in Slovakia. *Bratislavské Lekárske Listy* 103(7/8):231-237 <https://www.detoxmetals.com/wp-content/uploads/pdf/toxicity-articles/Heavy-metals-in-dogs.pdf> [cited 2021 Mar 9]

Langlois DK, Kaneene JB, Yuzbasiyan-Gurkan V, Daniels BL, Mejia-Abreu H, Frank NA, Buchweitz JP (2017) Investigation of blood lead concentrations in dogs living in Flint, Michigan. *J Am Vet Med Assoc* 251(8):912-921 <https://doi.org/10.2460/javma.251.8.912>

Lehel J, Zwillingner D, Bartha A, Lányi K, Laczay P (2017) Food safety aspects of primary environmental contaminants in the edible tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*). *Environ Sci Pollut Res* 24(32):25372-25382 <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0206-9>

Martin A, Müller-Graf C, Selhorst T, Gerofke A, Ulbig E, Gremse C, Greiner M, Lahrssen-Wiederholt M, Hensel A (2019) Comparison of lead levels in edible parts of red deer hunted with lead or non-lead ammunition. *Sci Total Environ* 653:315-326 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.393>

Menozzi A, Menotta S, Fedrizzi G, Lenti A, Cantoni AM, Di Lecce R, Gnudi G, Pérez-López M, Bertini S (2019) Lead and copper in hunted wild boars and radiographic evaluation of bullet fragmentation between ammunitions. *Food Addit Contam Part B*

12(3):182-190 <https://doi.org/10.1080/19393210.2019.1588389>

Mitra P, Sharma S, Purohit P, Sharma P (2017) Clinical and molecular aspects of lead toxicity: An update. *Crit Rev Clin Lab Sci* 54(7-8):506-528 <https://doi.org/10.1080/10408363.2017.1408562>

Nikolovski G, Atanaskova E (2011) Use of canine hair samples as indicators of lead and cadmium pollution in the Republic of Macedonia. *Bulg J Vet Med* 14(1):57-61 <http://www.uni-sz.bg/bjvm/BJ-VM%20March%202011%20p.57-61.pdf> [cited 2021 Mar 9]

NRC – National Research Council (2005) Lead. In: Mineral tolerance of animals, 2nd edn. National Academies Press, Washington DC, pp 210-223 <https://www.natureslogic.com/wp-content/uploads/2018/01/NRC-2005.pdf> [cited 2021 Mar 9]

Park SH, Lee MH, Kim SK (2005) Studies on Cd, Pb, Hg and Cr values in dog hairs from urban Korea. *Asian-Australas J Anim Sci* 18(8):1135-1140 <https://doi.org/10.5713/a-jas.2005.1135>

Patra RC, Swarup D, Naresh R, Kumar P, Nandi D, Shekhar P, Roy S, Ali SL (2007) Tail hair as an indicator of environmental exposure of cows to lead and cadmium in different industrial areas. *Ecotoxicol Environ Saf* 66(1):127-131 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.01.005>

Pereira R, Pereira ML, Ribeiro R, Gonçalves F (2006) Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). *Environ Pollut* 139(3):561–575 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.04.038>

Rădulescu A, Lundgren S (2019) A pharmacokinetic model of lead absorption and calcium competitive dynamics. *Sci Rep* 9(1):1-27 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50654-7>

Rashed MN, Soltan ME (2005) Animal hair as biological indicator for heavy metal pollution in urban and rural areas. *Environ Monit Assess* 110(1-3):41-53 <https://doi.org/10.1007/s10661-005-6288-8>

Romero D, de José A, Theureau JM, Ferrer A, Raigón MD, Torregrosa JB (2020) Lead in terrestrial game birds from Spain. *Environ Sci Pollut Res* 27(2):1585-1597 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06827-y>

Saed OAS, AL-Kubaisi SMA, Suleiman JM, Hasan MS (2020) Treatment of induced lead toxicity by using DMSA in puppies. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology* 14(1):532-535

Sanna E, Liguori A, Palmas L, Soro MR, Floris G

(2003) Blood and hair lead levels in boys and girls living in two Sardinian towns at different risks of lead pollution. *Ecotoxicol Environ Saf* 55(3):293-299 [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(02\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(02)00072-6)

Scott DW, Miller WH, Griffin CE (2001) Structure and function of the skin. In: Scott DW, Miller Jr WH, Griffin CE (ed) *Muller and Kirk's Small Animal Dermatology*, 6th edn. WB Saunders, Philadelphia

Skalny AV, Zhukovskaya EV, Kireeva GN, Skalnaya MG, Grabeklis AR, Radysh IV, Shakieva RA, Nikonorov AA, Tinkov AA (2018) Whole blood and hair trace elements and minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia. *Environ Sci Pollut Res* 25(3):2014-2020 <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7876-6>

Strumińska-Parulska DI, Szymańska K, Skwarzec B (2015) Radiolead  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  activity ratios in dogs' hair. *J Environ Sci Health, Part A* 50(11):1180-1186 <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1047675>

Tammone A, Caselli AE, Condorí WE, Fernández V, Estein SM, Vanstreels RET, Sosa C, Delaloye A, Uhart MM (2021) Lead exposure in consumers of culled invasive alien mammals in El Palmar National Park, Argentina. *Environ Sci Pollut Res* (in press)

Tekindal MA, Erdoğan BD, Yavuz Y (2017) Evaluating left-censored data through substitution, parametric, semi-parametric, and nonparametric methods: A simulation study. *Interdiscip Sci: Computational Life Sciences* 9(2):153-172 <https://doi.org/10.1007/s12539-015-0132-9>

Toyomaki H, Yabe J, Nakayama SM, Yohannes YB, Muzandu K, Liazambi A, Ikenaka Y, Kuritani T, Nakagawa M, Ishizuka M (2020) Factors associated with lead (Pb) exposure on dogs around a Pb mining area, Kabwe, Zambia. *Chemosphere* 247:125884 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125884>

Tsuji LJS, Wainman BC, Jayasinghe RK, VanSpronsen EP, Liberda EN (2009) Determining tissue-lead levels in large game mammals harvested with lead bullets: human health concerns. *Bull Environ Contam Toxicol* 82(4):435-439 <https://doi.org/10.1007/s00128-009-9647-2>

Wilhelm M, Pesch A, Rostek U, Begerow J, Schmitz N, Idel H, Ranft U (2002) Concentrations of lead in blood, hair and saliva of German children living in three different areas of traffic density. *Sci Total Environ* 297(1-3):109-118 [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00101-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00101-8)

Wolak A, Zając G, Gołębiowski W (2019) Determination of the content of metals in used lubricating oils using AAS. *Pet Sci Technol* 37(1):93-102 <https://doi.org/10.1080/10916466.2018.1511584>

WSAVA – World Small Animal Veterinary Association (2011) *Nutritional Assessment Guidelines* <https://w-sava.org/wp-content/uploads/2020/01/WSAVA-Nutrition-Assessment-Guidelines-2011-JSAP.pdf> [cited 2021 Mar 22]

Zaccaroni A, Corteggio A, Altamura G, Silvi M, Di Vaia R, Formigaro C, Borzacchiello G (2014) Elements levels in dogs from “triangle of death” and different areas of Campania region (Italy). *Chemosphere* 108:62-69 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.041>