



# **PLOMO EN PRODUCTOS CÁRNICOS DE CAZA MAYOR: ESTIMACIÓN DE RIESGOS POR SU CONSUMO**

**Antonio J. García-Fernández,  
Isabel Navas Ruíz  
Pedro María-Mojica  
Irene Valverde  
Eduardo A. Hernández**

© de los textos: sus autores

© de las fotografías: sus autores



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



## PLOMO EN PRODUCTOS CÁRNICOS DE CAZA MAYOR: ESTIMACIÓN DE RIESGOS POR SU CONSUMO

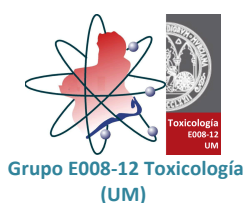
**Antonio J. García-Fernández<sup>1,2,\*</sup>, Isabel Navas Ruíz<sup>1,2</sup>,  
Pedro María-Mojica<sup>1</sup>, Irene Valverde Domínguez<sup>1</sup>  
y Eduardo A. Hernández Hernández<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Servicio de Toxicología y Veterinaria Forense, Departamento de Ciencias Sociosanitarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, 30100 Murcia.

<http://www.sertoxmur.com>. \*[ajgf@um.es](mailto:ajgf@um.es)

<sup>2</sup> Grupo de Toxicología y Evaluación de Riesgos, Instituto de Investigación Biosanitaria de la Región de Murcia (IMIB-Arrixaca), Universidad de Murcia, Murcia.

<http://toxirisk.imib.es>



## AGRADECIMIENTOS

Informe derivado del contrato suscrito entre World Wildlife Fund-España y la Universidad de Murcia



“Proyecto cofinanciado por el Ministerio para la Transición Ecológica a través de la convocatoria 2018 de subvenciones a ONG que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental”

### Cómo citar este informe:

García-Fernández, A.J., Navas, I., María-Mojica, P., Valverde, I., Hernández, E.A. 2019. *Plomo en productos cárnicos de caza mayor: Estimación de riesgos por su consumo*. Servicio de Toxicología y Veterinaria Forense, Universidad de Murcia, IMIB-Arrixaca, Murcia, España. 37 pp.

**Foto de portada:** Composición de fotos propiedad de Antonio J. García Fernández

# INDICE

• RESUMEN	3
• INTRODUCCIÓN	4
• Toxicidad del plomo	5
• Consumo de carne de caza	6
• HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	7
• MATERIAL Y MÉTODOS	8
• Recepción y registro de muestras	8
• Examen radiográfico	8
• Toma de la muestra analítica	9
• Custodia de las muestras	10
• Determinación de la humedad en las muestras analíticas	11
• Tratamiento de las muestras para análisis de plomo	13
• Detección y cuantificación analítica de plomo	14
• RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
• Distribución de las muestras	16
• Fragmentos de munición de plomo: Resultados radiográficos	18
• Concentraciones de plomo en los productos cárnicos	22
• Evaluación de riesgos por el consumo de productos cárnicos	26
▪ Escenarios de riesgo para niños y adultos consumidores	26
▪ Riesgos para adultos consumidores extremos y medios	29
• CONCLUSIONES	31
• REFERENCIAS	33



## RESUMEN

El presente estudio se ha llevado a cabo de acuerdo a las condiciones firmadas en el contrato suscrito entre WWF-España y la Universidad de Murcia en 2018 con el título “*Estudio de impregnación de plomo en embutidos de especies cinegéticas*”. Se han llevado a cabo análisis de una serie de productos cárnicos de especies cinegéticas de caza mayor con el fin de detectar la presencia de restos de plomo, cuantificar la concentración de dicho metal en el alimento y valorar así su posible influencia sobre la salud humana; mediante la comparación de dichas concentraciones con los límites máximos permitidos por la Unión Europea para este tipo de productos alimenticios. Los productos se han seleccionado de forma aleatoria entre los que se ofrecen al consumo humano, tanto por venta en puntos de alimentación como por internet, buscando variedad de especies de origen. Se realizaron radiografías y análisis de plomo a las 86 muestras registradas en el Laboratorio de Toxicología de la Universidad de Murcia. Se llevaron a cabo estudios estadísticos descriptivos en función de la especie (jabalí o ciervo-venado), tipo de alimento (chorizo, salchichón, ragout) y distribución de muestras por encima o por debajo de la concentración máxima permitida por la legislación europea para productos cárnicos. Finalmente se realizó la evaluación del riesgo del consumo de estas piezas cárnicas para el desarrollo neurológico de los niños y para los efectos cardiovasculares y renales de adultos consumidores medios y extremos.

## INTRODUCCIÓN

El clima, la orografía y las costumbres de la Península Ibérica han favorecido siempre la práctica de la actividad cinegética, integrándose así en la historia, cultura y tradiciones. Esto explica que grandes extensiones de terreno de las comunidades autónomas de Castilla-La Mancha, Andalucía y Extremadura se dediquen prácticamente en exclusiva a la caza mayor (García-Fernández y Soler Rodríguez, 2006).

Esta actividad genera una gran cantidad de carne de caza que cada vez tiene mayor aceptación en la dieta de los españoles. Y aunque se relaciona con un consumo estacional, la dinámica está cambiando, con una demanda social en auge al considerarse un producto libre de residuos de hormonas, antibióticos y otros fármacos de la ganadería intensiva (Melchor, 2003).

García-Fernández y Soler-Rodríguez (2006) argumentan que, si bien no existe una regulación específica en materia de límite de niveles de contaminantes en productos alimenticios de especies de caza, el Reglamento CEE 315/93 del Consejo, de 8 de febrero de 1993, por el que se establecen procedimientos comunitarios en relación con los contaminantes presentes en los productos alimenticios, incluye entre sus considerandos tres que permiten asumir para las carnes de caza lo que para los animales de abasto hay regulado. Estos tres considerandos son:

1. En interés de la salud pública, los contenidos de contaminantes deben mantenerse en niveles aceptables desde el punto de vista toxicológico.
2. Deberán aplicarse restricciones más limitativas siempre que sean compatibles con las prácticas profesionales correctas.
3. Conviene, en lo que a la protección de la salud se refiere, dar prioridad a un planteamiento general de la cuestión de los contaminantes en la alimentación.

Por otro lado, más recientemente, el Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, estableció para las carnes de animales bovinos, ovejas, cerdos y aves de corral una concentración máxima permitida (CMP) de 0,1 mg/kg, peso fresco o húmedo; mientras que para despojos



comestibles (vísceras, etc) de bóvidos, ovejas, cerdos y aves de corral de 0,5 mg/kg. Como se argumentaba anteriormente, siguiendo la filosofía de la interpretación legislativa que hace García-Fernández y Soler-Rodríguez (2006), estas concentraciones deberían ser aplicadas también en las carnes y derivados de las especies de caza.

En un estudio llevado a cabo en muestras de ciervo y jabalí obtenidas durante una montería en Sierra Morena en 1995, Santiago *et al.* (1998) encontraron, tras el análisis de plomo en hígado y riñón de un centenar de animales (70 ciervos y 30 jabalíes), que el 14% de los hígados y el 16% de los riñones analizados superaban la concentración de 0,5 mg/kg, peso fresco.

### Toxicidad del plomo

La AESAN, en 2012, revisó la problemática del consumo de carnes de caza por el riesgo de exposición a plomo, del que destacaremos algunos datos interesantes. En el año 2010, el Panel de Contaminantes en la Cadena Alimentaria de EFSA (EFSA, 2010) concluyó que, de acuerdo con los últimos hallazgos en la investigación de los efectos del plomo, la PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) vigente hasta entonces de 25  $\mu\text{g}$  Pb/kg p.c. (peso corporal)/semana (3,6  $\mu\text{g}$  de Pb/kg p.c./día) ya no puede considerarse apropiada puesto que no se ha podido evidenciar la existencia de un umbral para los efectos críticos inducidos por el plomo que incluyen neurotoxicidad en el desarrollo y nefrotoxicidad y efectos cardiovasculares en adultos.

Se han llevado a cabo estudios y experimentos con animales en los que se ha demostrado que una exposición crónica a bajas concentraciones de plomo causa neurotoxicidad. En los adultos la neurotoxicidad asociada al plomo afecta al procesado de información, causa síntomas psiquiátricos y perjudica la destreza manual. Además, se ha identificado en adultos que la presencia de concentraciones relativamente bajas de plomo en sangre está asociada a una elevada presión sistólica y enfermedad renal crónica. En el caso de los niños, se ha puesto de manifiesto que la neurotoxicidad afecta en mayor grado a los cerebros en desarrollo frente a los cerebros maduros. Las concentraciones elevadas de plomo en sangre se han asociado con una reducción del coeficiente intelectual y de las funciones cognitivas en niños menores de siete años (EFSA, 2010; AESAN, 2012).

## Consumo de carne de caza en España

En cuanto al consumo de carne de caza en España, según la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE) de la AESAN (2011), el consumo medio de carne de caza mayor es de  $0,18 \pm 4,77$  g/persona/día. Para el grupo de “solo consumidores” el consumo recogido en dicha encuesta para caza mayor es de  $45,69 \pm 62,66$  g/persona/día. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en la encuesta, el porcentaje de consumidores de carne de caza es muy bajo (0,4 % para la carne de caza). Por ello, los datos de consumo que se recogen en la encuesta son poco representativos del consumo real de carne de caza por la población española (AESAN, 2012).

Por otro lado, en el estudio de Sevillano Morales *et al.* (2011), se aborda una encuesta en Andalucía sobre el consumo de carne de caza mayor en un periodo de 12 meses, en el que de 301 personas encuestadas 199 declararon consumir carne de caza (ciervo y jabalí). El consumo medio de ciervo y jabalí era de 22,96 g/persona/día en los cazadores y de 12,08 g/persona/día en los no cazadores.

Según el estudio de la EFSA (2010), en el caso de consumidores de carne de caza, se asume un consumo semanal de carne de caza de 200 g, lo que se corresponde con 28 g/día. En este caso no se especifican las especies cinegéticas incluidas en el estudio.

En el estudio de Iqbal *et al.* (2009), se realizó una encuesta sobre el consumo de carne de caza a 742 personas, entre 2-92 años, en Dakota del Norte. El 80,8% de los encuestados manifestaron consumir carne de animales silvestres, en el 98,8% de los casos es carne procedente de la caza. El 47,3% consumía carne de venado de 1 a 3 veces por semana y en el 90,3% de los casos las raciones eran de unos 57 g, lo que supondría un consumo de 8,14-24,42 g/día. Para “otra carne de caza” el 70,2% la consumía menos de una vez por semana y en caso de consumo la ración era igualmente de 57 g. Eso supone un consumo de 8,14 g/día. El mismo valor se obtuvo para aves de caza, donde el 78% declaró consumirla más de una vez por semana. Considerando en su conjunto la carne de caza, el consumo medio diario sería pues de 24,42-40,7 g/día.

## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis que se plantea en este estudio es que el consumo de carne y productos cárnicos de especies cinegéticas de caza mayor (ciervo y jabalí, principalmente) abatidas con munición de plomo, puede suponer un riesgo para la salud de los consumidores habituales y, especialmente, para individuos más vulnerables como los niños.

Se sospecha que en las piezas cárnicas y sus productos elaborados, procedentes de individuos de especies cinegéticas de caza mayor, se hallan presentes fragmentos de munición plomada fácilmente visibles o detectables durante el proceso de ingestión y masticación del alimento. Se sugiere que estos fragmentos o partículas serán rechazados por el consumidor, antes o durante el consumo del alimento, por lo que no deberían tenerse en cuenta en el cómputo de plomo ingerido cuando se realizan los cálculos de evaluación de riesgos. Por otro lado, en el resto del alimento (producto cárnico) existen otros fragmentos de munición plomada no perceptibles por su pequeño tamaño, los cuales sí serán ingeridos. Además, las piezas consumidas tienen plomo biológicamente incorporado en sus tejidos por el animal en vida y que también será ingerido por el consumidor. El plomo procedente de estas dos fuentes debe ser tenido en cuenta a la hora de la evaluación de riesgos.

Para comprobar la validez de la hipótesis se planten los siguientes objetivos:

- 1- Demostrar la presencia de fragmentos perceptibles de munición plomada en productos cárnicos elaborados con especies de caza mayor: chorizo, salchichón y ragout de ciervo y jabalí.
- 2- Cuantificar la concentración del plomo no perceptible en los productos cárnicos citados y cotejar los resultados con los límites máximos permitidos por la Comisión Europea para la carne establecida en el Reglamento (CE) No 1881/2006 de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- 3- Evaluar los riesgos en el desarrollo neurológico de los niños y los riesgos a nivel renal y cardiovascular en los adultos consumidores medios y extremos de estos productos cárnicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Recepción y registro de muestras

Al amparo del contrato suscrito con World Wildlife Fund-España, se han recibido, en la Unidad de Toxicología Forense (UTF) (Servicio Externo de Ciencias y Técnicas Forenses - SECyTeF) de la Universidad de Murcia, piezas de embutido y carne, en su mayor parte de ciervo (algunas mezcladas con gamo) y jabalí; procedentes de diferentes empresas y carnicerías de provincias de las Comunidades autónomas de Extremadura, Castilla-La Mancha y Andalucía.

Todos los productos fueron registrados en una base de datos y mantenidos en congelación y bajo custodia en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia hasta la finalización del contrato.

### Examen radiográfico

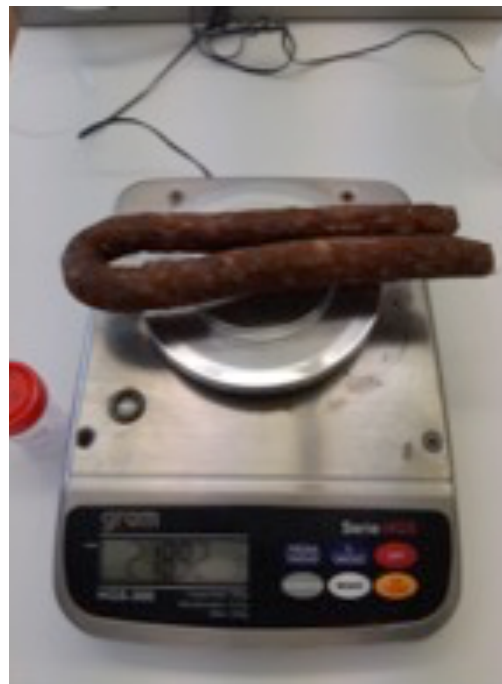
Tras su registro, todos los productos fueron fotografiados y, posteriormente, radiografiados para la detección de material de plomo. Las radiografías también fueron fotografiadas para inclusión en el presente informe, de las más representativas del caso investigado. En cada radiografía se incluyó el mayor número de piezas (muestras) posibles, con el fin de optimizar el uso de las placas, pero garantizando en todo momento la calidad radiográfica de las mismas. Se realizaron un total de 24 placas para el estudio radiográfico de las piezas de carne y embutido. El equipo de Rayos-X utilizado es de la marca Sedecal (modelo E7239X de Toshiba). Los parámetros utilizados para un óptimo contraste radiográfico según el espesor de las muestras estudiadas fue el siguiente: voltaje 47-50 KVp; amperajextiempo 2,50 mAs; amperaje 100 mA y tiempo de exposición 0,025 segundos.

### Toma de la muestra analítica

Para la toma de la fracción de muestra que fue sometida a tratamiento analítico de plomo (muestra analítica) se procuró, con la ayuda de las imágenes radiográficas, evitar tomar muestra de la zona del alimento (chorizo, salchichón, ragout) donde se observara material metálico. Este criterio se utilizó presuponiendo que una persona que, mientras consume uno de estos productos, note la presencia de un trozo metálico no lo ingerirá. De esta manera, simulamos un escenario más realista. Si bien es cierto que, en materia de evaluación de riesgos se procura evaluar en función del peor escenario posible y, este no lo sería. Una vez eliminada esta parte de la muestra, el resto es troceada y mezclada, seleccionando aleatoriamente partes de dicha mezcla, la cual es nuevamente troceada y mezclada una vez más (Fotos 1 a 3). De esta primera alicuota de la muestra se selecciona un subalicuota de la que cual se tomará la muestra para análisis. Con este proceso se pretendió que la muestra que se sometiera a análisis fuera lo más representativa posible del consumo medio de un individuo.



**Foto 1.** Antes de pesar se quita el material no comestible. Autor foto: Antonio J. García.



**Foto. 2.** La pesada de la muestra puede llevarse a cabo con un granatorio. Autor foto: Antonio J. García.



**Foto 3.** La muestra analítica debe ser representativa. Se llevaron a cabo procedimientos para alicuotar muestras haciendo submuestreros del material previamente homogenizado. Autor foto: Antonio J. García.

### Custodia de las muestras

Por norma general, el laboratorio del Servicio de Toxicología y Veterinaria Forense y la Unidad de Toxicología Forense del SECyTeF conserva en custodia una parte del volumen de cada una de las muestras (Foto 4), por si fuera necesario realizar un nuevo análisis para confirmar los resultados. De todas las muestras se guardó una cantidad de entre 100 y 200 gramos, que se mantendrá en congelación (-40°C) mientras el caso u obojetivo por el que han hecho los análisis lo exijan.



**Foto. 4.** Se custodia una alicuota representativa de la muestra registrada.

La muestra custodiada se mantendrá a -40°C hasta su destrucción. Autor foto: Antonio J. García

## Determinación de la humedad en las muestras analíticas

La concentración de cualquier metal, en este caso el plomo, en un alimento dependerá del porcentaje de humedad del mismo. Cada alimento tiene un grado de humedad que viene determinado por su contenido de agua. El contenido de agua de la carne está, aproximadamente, entre un 70 y 75% de su peso. La mayor parte de este agua se encuentra libre entre los espacios de los filamentos de actina y miosina; y el restante 5% es agua ligada a proteínas. Cuando llevamos a cabo la determinación del grado de humedad, lo que medimos es el agua libre del alimento.



**Foto 5.** Analizador de humedad infrarrojo MA35 de Sartorius.

La medición de humedad de las muestras de este estudio se llevó a cabo mediante un analizador de humedad infrarrojo MA35 de Sartorius (Foto 5).

Se realiza la medición sobre 3 g de muestra homogenizada. De cada alimento se realizan 3 determinaciones y la diferencia entre los resultados de las repeticiones no debe ser superior a 0.1 g de agua por 100 g de muestra (0.1%).

Los porcentajes de materia seca (%MS) o humedad (%H) se calcularon por diferencia de pesos, de la siguiente manera:

$$\%MS = \frac{\text{Peso de la muestra seca (g)}}{\text{peso de la muestra húmeda (g)}} \times 100 \%$$

$$\%H = 100 - \%MS$$

La concentración máxima permitida (CMP) de plomo para carne de bovinos, ovinos, cerdos y aves establecida en el Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, se expresa en peso fresco o peso húmedo. Sin embargo, este Reglamento no establece una CMP para productos cárnicos, como los embutidos (salchichón y chorizo) analizados en este estudio. La humedad en estos productos es mucho menor que la de la carne. Así pues, para poder cotejar las concentraciones de plomo en embutidos de este estudio con la CMP de plomo en carne establecida por el Reglamento europeo es preciso calcular las concentraciones finales de plomo en estas piezas, teniendo en cuenta la diferencia de humedades entre los preparados cárnicos y la carne.

La media de humedad obtenida en las muestras de ragout fue de  $72 \pm 2 \%$ , la cual es la que tiene la carne y, por tanto, los resultados obtenidos se pueden cotejar directamente con la CMP. Sin embargo, la media de humedad en salchichón fue de  $28 \pm 6 \%$ ; y en chorizo de  $30 \pm 9 \%$ , bastante menores que la media de humedad de la carne. Así pues, a los resultados de concentración de plomo de salchichón y chorizo debe aplicársele la diferencia de humedad entre los embutidos y la carne, para poder cotejar los resultados con la CMP del Reglamento europeo. El cálculo se realizó multiplicando la concentración de plomo obtenida sobre la muestra por el ratio de humedad, siendo este ratio el cociente entre el porcentaje medio de humedad en la carne y el porcentaje de humedad de la muestra. Se estimó en un 75% el porcentaje medio de humedad en la carne.

$$[\text{Pb}] \text{ ng/mg ww} = [\text{Pb}] \text{ ng/mg en la muestra} * \text{Ratio de Humedad}$$

$$\text{Ratio de Humedad (RH)} = \frac{\% \text{ medio Humedad de la carne (75\%)}}{\% \text{ Humedad de la muestra}}$$



## Tratamiento de las muestras para análisis de plomo

Para llevar a cabo el análisis de plomo en una muestra biológica es preciso llevar a cabo un proceso de digestión de la misma. La digestión de las muestras se realizó con un digestor Selecta® Bloc Digest 12, con termostato y control de temperatura. El proceso se llevó a cabo con estrictas medidas de seguridad, en el interior de una campana extractora Flowtronic®.

En cada muestra (embutido y carne) debe conseguirse la destrucción total de la materia orgánica, según describieron García-Fernández *et al.* (1995), con el fin de poder ser analizadas por voltamperometría de redisolución anódica (ASV). En un primer paso, las muestras son sometidas a un proceso de predigestión con la finalidad de evitar reacciones violentas durante la digestión térmica húmeda, debido a la reacción de la materia grasa con el ácido nítrico cuando se somete a calor.

La **predigestión** consiste en introducir, en un tubo de cuarzo, una cantidad del tejido (exactamente pesada en balanza analítica) y adicionarle, a continuación, una mezcla de ácidos (calidad Suprapur®) nítrico, perclórico y sulfúrico (proporción de 8:8:1), respectivamente (García-Fernández *et al.*, 1995). El proceso de predigestión húmeda se llevó a cabo en el interior de la campana de extracción de gases tóxicos.

El paso que le sigue a la predigestión es la **digestión húmeda**. Para ello se someten las muestras a un proceso de aumento gradual de temperatura desde los 40°C hasta los 280°C. Cuando se ha producido la evaporación completa de los ácidos presentes en el tubo se puede dar por finalizada la digestión.

Una vez se han enfriado los tubos de cuarzo se añaden 10 ml de agua purificada (en dos veces) para arrastrar, mediante vertido en la célula electrolítica, todo el material digerido para su análisis. Previamente al vertido, el tubo con el agua purificada es sometida a sonicación con el fin de facilitar la disolución del plomo en el mismo y con ello mejorar el arrastre de los iones metálicos a la célula. A continuación, se le añaden a la célula 0,05 ml de ácido clorhídrico con el fin de tamponar la solución a pH entre 1 y 2.

## Detección y cuantificación analítica de plomo

Para realizar el análisis de plomo propiamente dicho se utilizó un polarógrafo Metrohm®, compuesto por un puesto de trabajo VA-757 (Foto 6) y un software adecuado para poder procesar los datos. El puesto de trabajo está compuesto por una célula en la que se deposita la muestra, además de tres electrodos que se describen a continuación:

1. Electrodo de referencia (KCl 3 mol/L).
2. Electrodo de trabajo (gota pendiente de mercurio) HMDE.
3. Electrodo auxiliar (platino).

Para la determinación del plomo se utilizó la voltamperometría de redisolución anódica de pulsos diferenciales (DPASV), según describió García-Fernández *et al.* (1995).



**Foto 6.** Polarógrafo Metrohm®. Puesto de trabajo VA-757. Autor foto: Antonio J. García.

En la voltamperometría de redisolución anódica, el ión metálico en disolución es reducido al aplicar sobre el electrodo de trabajo un potencial más negativo que el suyo, formando una amalgama en el electrodo de mercurio. Este catión se mide en una segunda etapa aplicando un barrido de potenciales más positivos y se mide la corriente producida por la oxidación del metal. En el voltamperograma, la altura de la curva es proporcional a la concentración de la muestra, sirviendo para la identificación del metal de forma cualitativa.

La determinación cualitativa nos sirve para conocer el volumen de solución patrón a añadir, el cual debe ofrecer curvas que deben ser entre 1,5 y 3 veces superior a la intensidad de corriente de la muestra problema. El rango de potencial en el que se encuentra el plomo es  $386 \pm 20$  mV. De esta forma, la selección de las concentraciones y volúmenes de patrón certificado para cuantificar la concentración de metal en la

muestra, se adecuará a cada muestra, lo cual minimiza en gran medida la interferencia de matriz (García-Fernández *et al.* 1995).

Para llevar a cabo el procedimiento anterior, es necesario preparar disoluciones del patrón certificado, utilizando como disolvente agua purificada Milli-Q, a partir de un patrón analítico madre de plomo. Dicho patrón analítico certificado de plomo fue adquirido de Sigma-Aldrich. La concentración de este patrón es de 1005 mg/L, a partir del cual se prepararon diluciones decimales hasta la concentración 1,005 mg/L.

**Tabla 1.** Condiciones de operación para la detección de Pb por voltamperometría de redisolución anódica.

Condiciones de operación del Pb	
Técnica	Gota colgante de mercurio
Modo de medición	Diferencia de pulsos normal
Tamaño gota	4 mm
Electrodo	HMDE (Hanging Mercury Drop Electrode)
Tiempo inicial de purga con N2 (s)	120
Potencial de electrólisis (V)	-0,8
Tiempo de electrólisis (s)	120
Tiempo de reposo tras la electrólisis (s)	10
Potencial inicial de medición (V)	-0,5
Potencial final de medición (V)	-0,2
Amplitud de impulsos (V)	0,05005
Tiempo de impulso (s)	0,04
Velocidad de barrido (V/s)	0,0102
Incremento de potencial (V)	0,003052
Tiempo de repetición de impulsos (s)	0,3
Electrolito soporte	50 µl HCl

La media de la recuperabilidad de la técnica es del 97% y de la reproducibilidad  $98.16 \pm 1.03\%$ . Para determinar la linealidad de la recuperación, se analizaron patrones de referencia comunitarios (CEE) por triplicado (Tabla 2) (García-Fernández *et al.*, 1995).

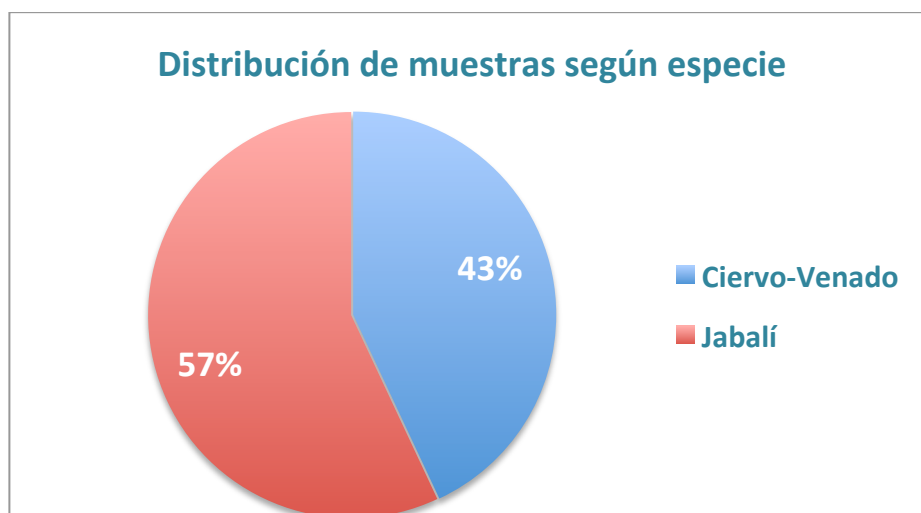
**Tabla 2.** Test de recuperabilidad para tres muestras de sangre liofilizada con concentraciones conocidas de plomo (García-Fernández et al., 1995).

Estándar certificado de Pb	Valor certificado (µg/L)	Valor detectado (µg/L)	Recuperabilidad (%)
CRM 194	126 ± 4	124 ± 3	98.41
CRM 195	416 ± 9	421 ± 9	101.20
CRM 196	772 ± 11	761 ± 12	98.58

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

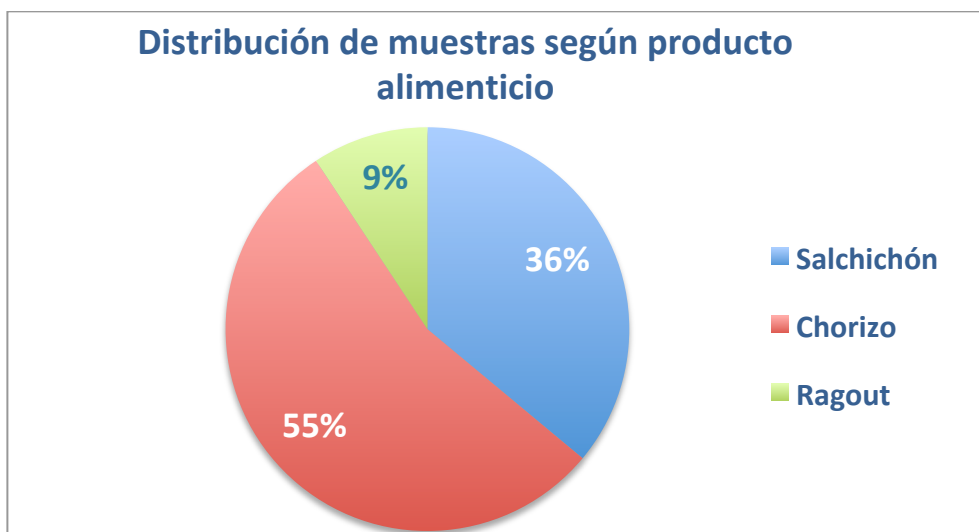
### Distribución de las muestras

El número total de muestras recibidas y registradas en el Laboratorio de Toxicología fue de 86 muestras. De ellas, 37 eran de ciervo-venado (29 etiquetadas como ciervo y 8 etiquetadas como venado) y 49 de jabalí (Figura 1). Estadísticamente se han tratado juntas las de ciervo y venado.



**Figura 1.** Distribución de muestras de carne y embutido en función de la especie del que procede el alimento. Se han juntado las muestras de ciervo y de venado.

De las 86 muestras, independientemente de la especie, 47 eran chorizos, 31 salchichones y 8 ragouts (Figura 2).



**Figura 2.** Distribución de muestras de carne y embutido en función de producto alimenticio elaborado, con independencia de la especie cinegética de procedencia.

La distribución de especies en el chorizo es de 13 de ciervo, 8 de venado (21 de ciervo-venado) y 26 jabalí. En Ragout, la distribución es de 5 de ciervo y 3 de jabalí; mientras que los salchichones son: 11 de ciervo y 20 de jabalí (Figura 3).



**Figura 3.** Distribución de muestras de en función del producto alimenticio y de la especie del que procede el alimento.

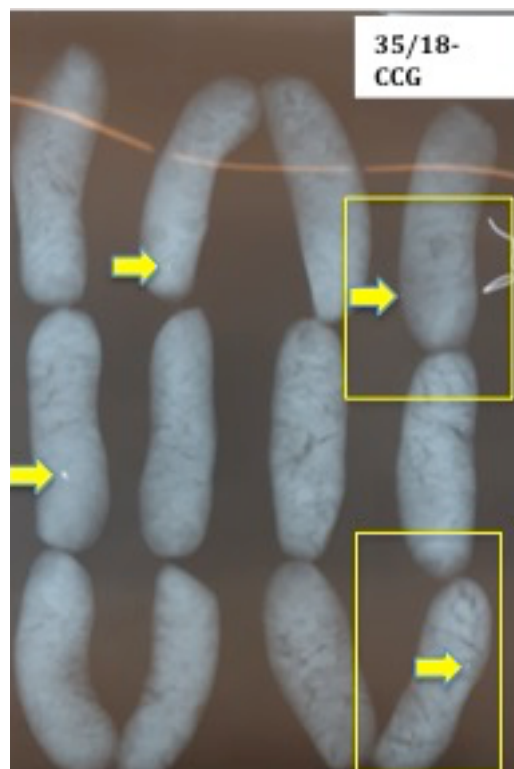
### Fragmentos de munición de plomo: Resultados radiográficos

Se observaron partículas metálicas en 42 de las 88 muestras registradas (49%), contabilizando un total de 81 cuerpos radiopacos. La media del número de partículas extrañas radiopacas por embutido es de  $0,94 \pm 1,32$ , con una mediana de 0 partículas y un rango entre 0 y 8 partículas radiopacas.

En las fotos 7 a 10 se presenta como ejemplo una secuencia del procedimiento de búsqueda de material radiopaco de plomo a partir de la radiografía y de ampliaciones de imágenes radiográficas. Se intentó mejorar la calidad de las imágenes mediante el uso de un ordenador con el fin de detectar presencia de objetos extraños no perceptibles a la vista.



**Foto 7.** Muestra de chorizos frescos de ciervo y gamo (Ref. 35/18 CCG).



**Foto 8.** Radiografía de los chorizos (imagen anterior) con material radiopaco (Ref. 35/18 CCG).

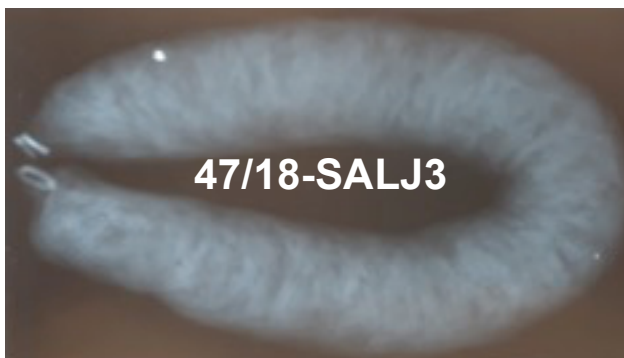


**Foto 9.** Radiografía del chorizo con detalle de material radiopaco (Ref. 35/18 CCG).



**Foto 10.** Radiografía del chorizo con detalle de material radiopaco (Ref. 35/18 CCG).

Se apreció la presencia de material radiopaco en todos los tipos de embutidos y piezas de las dos especies de caza, siendo algunos fácilmente visibles sin mucho esfuerzo. En las fotos 11 a 15 se muestran algunos ejemplos de lo comentado.



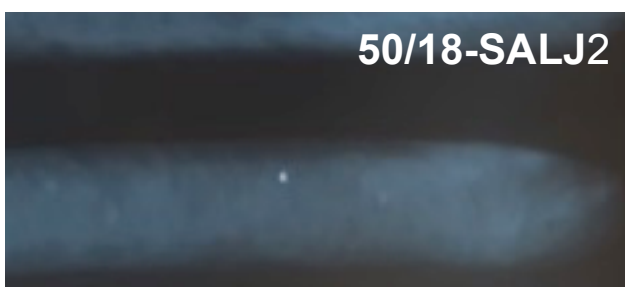
**Foto 11.** Salchichón de Jabalí (Ref. 47/18-SALJ3). Autor foto: Antonio J. García.



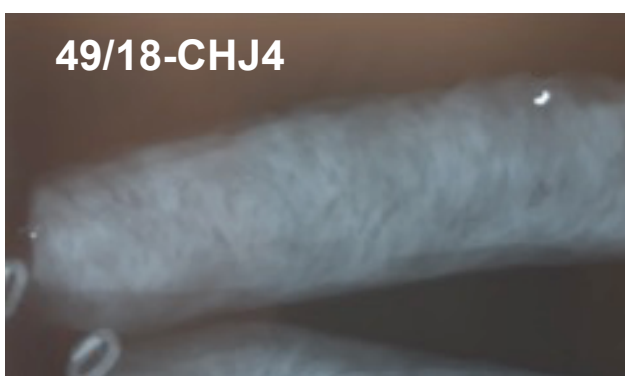
**Foto 12.** Chorizo de Ciervo fresco (Ref. 44/18-CHC1). Autor foto: Antonio J. García.



**Foto 13.** Ragout de Ciervo (Ref. 45/18-RC). Autor foto: Antonio J. García.



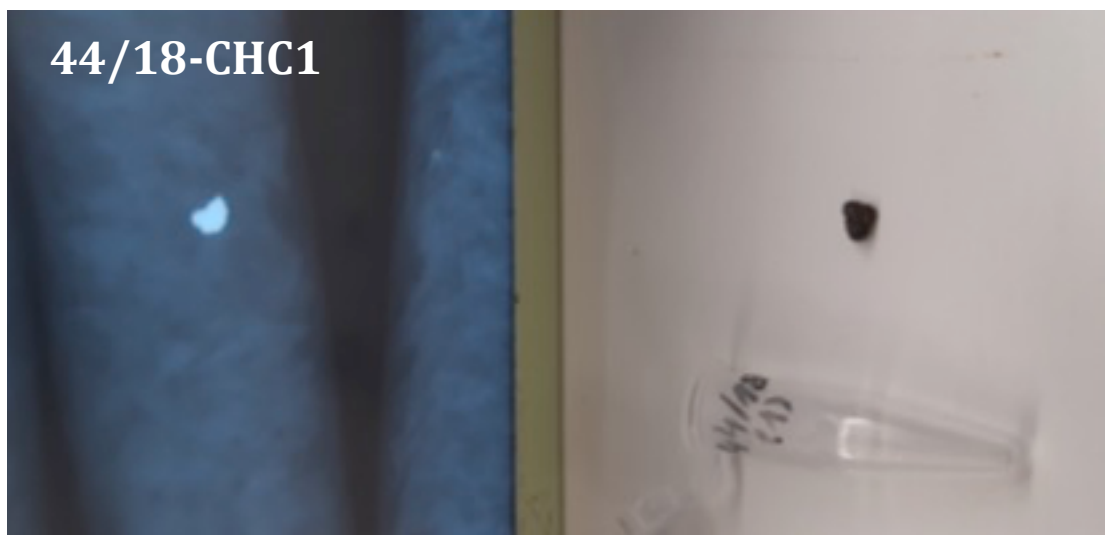
**Foto 14.** Salchicón de Jabalí (Ref. 50/18-SALJ2). Autor foto: Antonio J. García.



**Foto 15.** Chorizo de Jabalí (Ref. 49/18-CHJ4). Autor foto: Antonio J. García.

En las muestras en las que el material opaco tenía un tamaño apreciable por ingestión se procedió a su retirada de la muestra antes de llevar a cabo la homogenización de la muestra (Foto 16). Una vez retirado el material radiopaco se procedió a comprobar que realmente se trata de plomo. En la tabla 3 se detallan los estadísticos descriptivos de los fragmentos observados tras el estudio de las placas radiográficas.





**Foto 16.** Material radiopaco con tamaño para ser detectado fácilmente durante la ingestión del chorizo de ciervo donde se encontraba. Una vez extraído se comprobó que era de plomo. (Ref. 44/18-CHC1). Autor foto: Antonio J. García.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de los fragmentos de plomo observados en las placas radiográficas, en función de la especie y el producto cárnico.

Nº fragmentos de munición	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Mediana	Desviación Típica
Ciervo-Venado	37	0	8	44	1,19	1,00	1,596
Jabalí	49	0	4	37	0,76	0,00	1,051
Chorizo Ciervo-Venado	21	0	8	31	1,48	1,00	1,965
Chorizo Jabalí	26	0	4	23	0,88	0,50	1,143
Ragout Ciervo-Venado	5	0	1	4	0,80	1,00	0,447
Ragout Jabalí	3	0	1	1	0,33	0,00	0,577
Salchichón Ciervo-Venado	11	0	2	9	0,82	0,00	0,982
Salchichón Jabalí	20	0	13	13	0,65	0,00	0,988
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>81</b>	<b>0,94</b>	<b>0,00</b>	<b>1,323</b>

## CONCENTRACIONES DE PLOMO EN LOS PRODUCTOS CÁRNICOS

Los resultados de concentraciones de plomo en cada muestra se cotejaron con las concentraciones máximas permitidas por la UE para consumo humano de carne y productos cárnicos. Así, según el Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, la concentración máxima permitida (CMP) para carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral es de 0,10 mg/kg (peso fresco o peso húmedo); mientras que para despojos de estas mismas especies es de 0,50 mg/kg (peso fresco). Dado que no existen concentraciones máximas permitidas para las especies cinegéticas se ha de acudir a los niveles de referencia de las especies más cercanas.

Un número significativo de muestras analizadas, como veremos más adelante, presentaron concentraciones de plomo por encima de la concentración máxima permitida por la UE en carne y productos cárnicos para el consumo humano.

El riesgo asociado a estos productos es especialmente elevado en los grandes consumidores de estos alimentos; y más aún en la población infantil, ancianos, fetos en desarrollo o mujeres embarazadas y/o lactantes. El plomo es un metal tóxico que comparte vías de absorción, distribución, acumulación y eliminación con el calcio; lo cual significa que las poblaciones de riesgos serán aquellas que, por circunstancias fisiológicas y/o patológicas, demanden calcio (Navas, 2017; Peñalver *et al.* 2005a,b). El crecimiento óseo (en fetos y niños), los procesos de desmineralización ósea (ej. osteoporosis), la formación de leche materna, etc son situaciones demandantes de calcio y, por similitud química entre el calcio y el plomo, se absorberá más plomo; lo cual aumentará el riesgo de ingreso del metal en el organismo. Ha de añadirse a ello que algunas de estas poblaciones son también más vulnerables a cualquier proceso patológico, pues sus sistema de defensa no estarán funcionando a pleno rendimiento (ej. en niños por no estar aún desarrollados; y en ancianos por el envejecimiento natural de los sistemas y procesos fisiológicos).

## A) Presencia de plomo en la muestra poblacional analizada

Se ha analizado la concentración de plomo presente en las 86 muestras registradas. Un total de 46 muestras (53%) tenían concentración de plomo por debajo de 0,1 ng/mg de peso húmedo (0,1 ng de plomo por cada mg de peso húmedo o fresco de muestra (Concentración Máxima Permitida –CMP- por la UE para carne de animales de abasto, sobre peso húmedo de muestra)). Por tanto, el 47% de las muestras analizadas (n=40) superaban dicha concentración umbral. El análisis de estadística descriptiva de estas 40 muestras ofreció una concentración media global de plomo (sin diferenciar entre especies, ni tipo de producto alimenticio) de  $0,39 \pm 0,34$  ng/mg (peso húmedo). Este dato supone que la media de concentración es aproximadamente 4 veces la CMP. Es destacable que 3 muestras (8% de las que superan la CMP y 4% del total de muestras) presentaban concentraciones más de 10 veces superiores a la CMP; siendo la concentración más alta observada cerca de 15 veces superior a la CMP de Pb.

## B) Presencia de plomo por especie cinegética

Los resultados de este apartado están resumidos en la Tabla 4.

**B.1. Ciervo-Venado:** Se registraron 37 muestras de ragout, chorizo y salchichón de estas especies. En 25 de ellas (68%) la concentración de plomo no superaba la CMP (0,1 ng/mg, p.h.) y en 12 muestras (32%) sí se superaba dicho umbral. La concentración media de plomo de las muestras que superaban la CMP era de  $0,52 \pm 0,33$  ng/mg (peso húmedo), con una mediana muy cercana a la media de 0,48 ng/mg; lo que supone un nivel medio 5 veces superior a la CMP. En esta especie la concentración máxima detectada es casi 11 veces superior a la CMP (1,06 ng/mg).

**B.2. Jabalí:** Se registraron 49 muestras de ragout, chorizo y salchichón de jabalí. De las cuales, 28 (57%) superaban la CMP. La concentración media de plomo de este grupo que superan la CMP fue de  $0,33 \pm 0,33$  ng/mg (peso húmedo), con una mediana algo más baja, de 0,21 ng/mg; lo que supone un nivel medio de entre 2 y 3 veces superior a la CMP. En esta especie se dio la concentración más alta detectada en este estudio, que llegó a un nivel 15 veces superior a la CMP (1,47 ng/mg).

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos de las concentraciones de plomo (ng/mg, peso húmedo) por especie cinegética de procedencia del producto alimenticio.

Espece (N)	N > 0,10 ng/mg <sup>1</sup> (p.h.)	Media (ng/mg) (p.h.)	Desviación Estándar	Mediana (ng/mg) (p.h.)	Rango (ng/mg) (p.h.)
Ciervo-Venado (37)	12	0,52	0,33	0,48	0,10-1,06
Jabalí (49)	28	0,33	0,33	0,21	0,10-1,47

<sup>1</sup> Estudio estadístico de las muestras con concentración superior o igual a 0,10 ng/mg (CMP).

### C) Presencia de plomo por tipo de producto alimenticio

Los resultados de este apartado están resumidos en la Tabla 5.

**C.1. Chorizo:** Se analizaron 47 muestras de chorizo registradas, de las cuales el 58% (n=27) presentaban concentraciones de Pb por encima de la CMP. La media de plomo en chorizos fue de  $0,39 \pm 0,37$  ng/mg (peso húmedo), con una mediana de 0,29 ng/mg.

**C.2. Salchichón:** Se analizaron 31 muestras de salchichón, de las que 12 (39%) superaron la CMP. Las que superaron la CMP de plomo tenían una concentración media y una mediana (p.h.) muy similares a la de chorizo ( $0,39 \pm 0,28$  ng/mg; 0,30 ng/mg).

**C.3. Ragout:** El total de ragouts registrados fue de 8, de los que solo una muestra (en concreto de un jabalí) superó la CMP, con un valor de 0,17 ng/mg (p.h.).

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos de las concentraciones de plomo (ng/ml, peso húmedo) por tipo de producto alimenticio.

Espece (N)	N > 0,10 ng/mg <sup>1</sup> (p.h.)	Media (ng/mg) (p.h.)	Desviación Estándar	Mediana (ng/mg) (p.h.)	Rango (ng/mg) (p.h.)
Chorizo (47)	27	0,39	0,37	0,29	0,10-1,47
Salchichón (31)	12	0,39	0,28	0,30	0,10-0,94
Ragout (8)	1	0,17	-	-	-

<sup>1</sup> Estudio estadístico de las muestras con concentración superior o igual a 0,10 ng/mg (peso húmedo) (Concentración Máxima Permitida).

## D) Presencia de plomo por tipo de producto alimenticio y especie

Los resultados de este apartado están resumidos en la Tabla 6.

**D.1. Chorizo de ciervo-venado:** Se han analizado 21 muestras registradas, de las que solo 8 (38%) superaron la CMP. Este grupo de muestras tenía una concentración media de plomo de  $0,48 \pm 0,34$  ng/mg y una mediana de 0,39 ng/mg; por lo que se sitúan en niveles entre 4 y 5 veces superiores a la CMP. La concentración máxima llegó a ser 11 veces superior a la CMP.

**D.2. Chorizo de jabalí:** Se han analizado 26 chorizos de jabalí, de las que casi tres cuartas partes (73%) superaron la CMP (n=19). Este grupo de muestras tenía una concentración media de plomo de  $0,35 \pm 0,38$  ng/mg (peso húmedo) y una mediana de 0,19 ng/mg; por lo que se sitúan en niveles entre 2 y 3 veces superiores a la CMP. La concentración máxima detectada llegó a ser 15 veces superior a la CMP.

**D.3. Salchichón de ciervo:** De las 11 muestras de salchichón de ciervo, el 64% (n=7) no superaron la CMP; mientras que el 36% restante (n=4) sí la superó. La concentración media de plomo del grupo que la superan llegó a los 0,58 ng/mg (p.h.), con una desviación estándar de 0,35 ng/mg; y una mediana de 0,65 ng/mg; lo cual supone una concentración media que llega a las 6,5 veces superior a la CMP. La concentración máxima llegó a ser casi 10 veces superior a la CMP (0,94 ng/mg).

**D.4. Salchichón de jabalí:** Se analizaron 20 muestras de salchichón de jabalí, de las que 8 (40%) superaron la CMP. La concentración media de plomo de estas 8 muestras de salchichón fue de  $0,30 \pm 0,19$  ng/mg, con una mediana de 0,28 ng/mg; lo cual supone una concentración media que llega a ser 3 veces superior a la CMP. La concentración máxima llegó a ser unas 7 veces superior a la CMP (0,73 ng/mg).

**D.5. Ragout de ciervo:** Solo se registraron 5 muestras de ragout de ciervo. Ninguna de ellas superó la CMP de plomo como umbral límite establecido por la Unión Europea para carne de animales de abasto.

**D.6. Ragout de jabalí:** Solo se registraron y analizaron 3 muestras de ragout de jabalí, de las que solo una mostró concentraciones ligeramente superiores a la CMP (0,17 ng/mg).

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos de las concentraciones de plomo (ng/mg, peso húmedo) por especie cinegética y tipo de producto alimenticio.

Espece (N)	N > 0,10 ng/mg <sup>1</sup> (p.h.)	Media (ng/mg) (p.h.)	Desviación Estándar	Mediana (ng/mg) (p.h.)	Rango (ng/mg) (p.h.)
Chorizo de Ciervo/Venado (21)	8	0,48	0,34	0,39	0,10-1,06
Chorizo de Jabalí (26)	19	0,35	0,38	0,19	0,10-1,47
Salchichón de Ciervo/Venado (11)	4	0,58	0,35	0,65	0,10-0,94
Salchichón de Jabalí (20)	8	0,30	0,19	0,28	0,12-0,73
Ragout de Ciervo/Venado (5)	0	-	-	-	-
Ragout de Jabalí (3)	1	0,17	-	-	-

<sup>1</sup> Estudio estadístico de las muestras con concentración superior o igual a 0,10 ng/mg (CMP).

## EVALUACIÓN DE RIESGOS POR EL CONSUMO DE PRODUCTOS CÁRNICOS

### Escenarios de riesgo para niños y adultos consumidores

Para los cálculos de estimación de dosis de exposición o de ingesta diaria estimada, la AESAN (2012), en su informe sobre el plomo en la carne de caza, propuso 50 g/persona/día como dato de consumo medio de carne de caza. Se han estimado también ingestas de productos cárnicos de 44,8 g/persona/día en España de embutidos; una cantidad muy cercana a esos 50 gramos propuestos por AESAN. Se puede entender, además, que en los consumidores de carne de caza, la ingesta de embutido sea de especies cinegéticas. No hay datos sobre la proporción en la que se distribuyen, en la ingesta, las carnes de ciervo, jabalí y aves (AESAN, 2012), por lo que al igual que AESAN se pueden plantear el siguiente supuesto de ingestión.

Se propone uno de los escenarios de consumo propuestos por AESAN (2012), con la información aportada por Iqbal et al. (2009), donde la ingesta de carne de caza se da en una proporción 3:1:1 (ciervo:jabalí:aves). Para las concentraciones de plomo en cada especie, partiremos de las concentraciones medias de este estudio para ciervo y jabalí y de la concentración propuesta en AESAN (2012) para aves.

Para calcular los  $\mu\text{g}$  de plomo diarios que se consumirían en cada escenario planteado de ingestión de embutidos de carne de caza se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$I_{\text{pb}} = \text{TI} \times \text{C}$$

donde,

$I_{\text{pb}}$  = Ingestión diaria (en mg) de plomo.

$\text{TI}$  = Tasa de ingestión (en Kg) de producto cárnico en cada escenario propuesto.

$\text{C}$  = Concentración media de plomo (mg/Kg, peso húmedo) detectada en los embutidos analizados.

A partir de la fórmula anterior, teniendo en cuenta estos datos, los resultados de la ingesta diaria de plomo para las condiciones del consumo de embutidos preparados con carne de caza, serían los siguientes

- $I_{\text{Pb-Ciervo}} = \text{TI} (0,02 \text{ kg/día}) \times \text{C} (0,20 \text{ mg/kg}) = 0,004 \text{ mg/día}$
- $I_{\text{Pb-Jabalí}} = \text{TI} (0,02 \text{ kg/día}) \times \text{C} (0,21 \text{ mg/kg}) = 0,0042 \text{ mg/día}$
- $I_{\text{Pb-Aves}} = \text{TI} (0,01 \text{ kg/día}) \times \text{C} (2,55 \text{ mg/kg}) = 0,0255 \text{ mg/día}$

Los datos obtenidos con la fórmula anterior nos permiten obtener el dato de ingesta diaria de plomo en función del peso de la persona. Para ello se divide la cantidad total de plomo ingerida por los 60 kg para adultos (estimación media del peso de un adulto), o por 20 kg en el caso de niños entre 4 y 7 años.

La suma de las tres da un total de 0,0337 mg/día (33,7 µg/persona/día). Esto equivale a 0,56 µg Pb/kg peso corporal/día, para un adulto con peso estimado de 60 kg. La cantidad media de plomo estimada en carne que se ingiere en España es de 48 µg/día por persona (excluyendo la carne de caza) (Rubio et al., 2004).

La exposición dietética a Pb, considerando todos los alimentos, es de 0,36-1,24 µg Pb/kg p.c./día para la población general adulta europea y de 0,73-2,43 µg Pb/kg p.c./día para los consumidores extremos (EFSA, 2010). Si a estos datos le sumamos los 0,56 µg Pb/kg p.c./día calculados con los análisis en embutidos de ciervo y jabalí de este estudio, entonces, en España, el plomo ingerido por la población general (incluyendo el aporte de la carne de caza) oscilará entre 0,92 µg Pb/kg p.c./día (25% de la PTWI) y 1,8 µg Pb/kg p.c./día (50% de la PTWI). Para los consumidores extremos de carne de caza, estos valores oscilarían entre 1,29 y 3 µg Pb/kg p.c./día (36% y 83%, respectivamente, de la PTWI).

Actualmente, a partir del año 2010, la EFSA (2010) plantea que el criterio del riesgo se debe basar en los efectos a nivel neurológico durante el desarrollo del niño y en los efectos nefrotóxicos y cardiovasculares en adultos. Además, EFSA entendió que el PTWI que estaba vigente (25 µg/kg p.c./semana = 3,6 µg/kg p.c./día) no era aplicable por no haber un umbral para los nuevos criterios. El parámetro que sustituye esta forma de evaluación es la aplicación del Margen de Exposición (MOE). En este modelo se utiliza como dosis de referencia el BMDL<sub>01</sub>, la cual se define como “el límite de confianza inferior al 5% de la dosis diaria (µg Pb/kg p.c./día) que produce un incremento del 1% en la aparición de un determinado efecto respecto a los controles, derivado del ajuste de un modelo matemático a los datos experimentales”. En el caso del BMDL<sub>10</sub> el incremento considerado es del 10%. Con este modelo se propusieron los siguientes valores de ingesta diaria de plomo, alternativos al modelo de comparación con el PTWI:

- **Para neurotoxicidad en el desarrollo**, BMDL<sub>01</sub> = 12 µg/L (0,5 µg/kg p.c./día)
- **Para efectos cardiovasculares en adultos**, BMDL<sub>01</sub> = 36 µg/L (1,5 µg/kg p.c./día)
- **Para efectos renales crónicos**, BMDL<sub>01</sub> = 15 µg/L (0,63 µg/kg p.c./día)



A partir de los valores de BMDL se puede calcular el MOE, dividiendo el BMDL entre la respectiva ingesta diaria estimada. Según este modelo aplicado, con un MOE  $\geq 10$  es suficiente para proponer que no hay riesgo apreciable de efectos tóxicos relevantes. Si el MOE es igual o ligeramente mayor a 1 se entiende que puede haber un riesgo bajo; y con MOE por debajo de la unidad no es posible excluir la posibilidad de que se observe algún efecto negativo en los consumidores.

- **Riesgos para adultos consumidores extremos y medios**

Los cálculos de márgenes de exposición se han obtenido para un escenario de población media y para otro escenario de consumidores extremos.

**a) Estimación de MOEs para consumidores extremos**

- **Efectos cardiovasculares en adultos** (BMDL<sub>10</sub> 1,5 µg Pb/kg p.c./día)

$$\text{MOE} = \frac{1,5 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{1,29 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 1,16$$

$$\text{MOE} = \frac{1,5 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{3,0 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,5$$

- **Efectos renales en adultos** (BMDL<sub>10</sub> 0,63 µg Pb/kg p.c./día)

$$\text{MOE} = \frac{0,63 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{1,29 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,49$$

$$\text{MOE} = \frac{0,63 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{3,0 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,21$$

Los datos de este estudio demuestran que en tres de los cuatro supuestos existe riesgo de padecerse efectos por el plomo presente en los embutidos de ciervo y jabalí.

**b) Estimación de MOEs para consumidores medios.**

- **Efectos cardiovasculares en adultos** (BMDL<sub>10</sub> 1,5 µg Pb/kg p.c./día)

$$\text{MOE} = \frac{1,5 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{0,92 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 1,63$$

Propuesto por EFSA (2010) para consumidores medios 0,76.

$$\text{MOE} = \frac{1,5 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{1,8 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,83$$

Propuesto por EFSA (2010) para consumidores medios 0,61.

- **Efectos renales en adultos** (BMDL<sub>10</sub> 0,63 µg Pb/kg p.c./día)

$$\text{MOE} = \frac{0,63 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{0,92 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,68$$

Propuesto por EFSA (2010) para consumidores medios 0,32.

$$\text{MOE} = \frac{0,63 \text{ µg Pb/kg p.c./día}}{1,8 \text{ µg Pb/kg p.c./día}} = 0,35$$

Propuesto por EFSA (2010) para consumidores medios 0,26.

Como se puede observar en las fórmulas anteriores, en la estimación para consumidores medios, la probabilidad de riesgos para la salud también existe.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, es posible concluir que:

1. El plomo fue fácilmente visible en las placas radiográficas realizadas a las carnes (Ragout), chorizos y salchichones de venados, ciervos y jabalíes analizados en el presente estudio. Se observaron desde piezas de tamaño considerable (del tamaño de un grano de arroz) hasta pequeñas esquirlas de plomo. Las partículas radiopacas de plomo se observaron en casi la mitad de las piezas cárnicas estudiadas.
2. Se llevó a cabo el análisis de plomo en los productos cárnicos después de retirar las piezas de plomo observables en las placas radiográficas, con el fin de, por una parte, evidenciar su localización en el embutido, y, por otra parte, obtener la muestra de embutido de una zona lo más alejada posible del lugar donde se observan los fragmentos de plomo metálico.
3. Prácticamente la mitad de las piezas de carne y embutidos de ciervo, jabalí y venado analizadas en este estudio, presentaron concentraciones de plomo superiores a 0,1 mg/kg (peso fresco); límite establecido por la UE como concentración máxima permitida (CMP) de plomo para garantizar la salud pública. Este porcentaje (47%) ha superado, considerablemente, los datos obtenidos, en 1998, en estudios realizados en vísceras de ciervos y jabalíes abatidos en Sierra Morena, donde el porcentaje de vísceras que superaron la CMP establecida por la UE fue del 14-16%. Los datos del presente estudio indican que la probabilidad de que una persona consuma una pieza de embutido con niveles de plomo, por encima de los legalmente establecidos, es cercana al 50% (una de cada dos piezas). Además, la concentración media de esta mitad de las muestras que están contaminadas alcanzó casi los 0,4 mg/kg (p.h.), lo que supone un nivel 4 veces superior a la concentración máxima permitida para garantizar la seguridad.

4. Se observaron fragmentos de plomo metálico en todas las especies y en todos los tipos de piezas de caza, sin embargo, se ha observado que los jabalíes superan a los ciervos-venados en el número de muestras con concentraciones superiores a la CMP. Por el contrario, las concentraciones medias de plomo en ciervos-venados fueron mayores que las encontradas en jabalí.
5. El 12,5% de las muestras analizadas presentaron concentraciones de casi más de 10 veces la CMP para el plomo establecida por la UE, lo que las situaría en una posición de alto riesgo de padecer alguno de los efectos relevantes considerados en la evaluación de riesgos por consumo de plomo (cardiovasculares o nefrotóxicos crónicos) en adultos.
6. Los cálculos de estimación de riesgos, a partir del modelo de Margen de Exposición (MoE), muestran valores por debajo de la unidad para efectos cardiovasculares como para nefrotoxicidad crónica, tanto para consumidores extremos como para consumidores medios; lo cual supone riesgos potenciales para la salud por la ingesta del plomo metálico presente en estos productos cárnicos.
7. Recordemos en todo caso, que estos resultados se han obtenido tras eliminar el material radiopaco antes del análisis, por lo que los resultados reales y la estimación del peor escenario posible ofrecería resultados que justificarían aún más el riesgo de la exposición a los animales y al ser humano.

## REFERENCIAS

- AESAN (2011). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE). [www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/)
- EFSA (Alexander, J., Benford, D., Boobis, A., Ceccatelli, S., Cravedi, J.P., *et al*). 2010. Scientific Opinion on Lead in Food. *J EFSA* 8(4):1570. 10.2903/j.efsa.2010.1570
- García-Fernández, A.J., Sánchez J.A., Jiménez, P., Luna, A. 1995. Lead and Cadmium in wild birds in Southeastern Spain. *Environ Toxicol Chem* 14(12): 2049-2058
- García-Fernández, A.J., Soler-Rodríguez, F. 2006. Riesgos tóxicos asociados al consumo de carne de caza. En Cameán, A., y Repetto, M. (ed) *Toxicología Alimentaria*. Diaz de Santos, Madrid. ISBN 84-7978-727-9. Pp 413-436.
- Iqbal, S., Blumenthal, W., Kennedy, C., Yip, F.Y., Pickard, S., Flanders, W.D., *et al*. 2009. Hunting with lead: association between blood lead levels and wild game consumption. *Environ Res* 109(8): 952-959.
- Mateo, R., Baos, A.R., Vidal, D., Camarero, P.R., Martínez-Haro, M. y Taggart, M.A. 2011. Bioaccessibility of Pb from Ammunition in Game Meat Is Affected by Cooking Treatment. *PLoS ONE*, 6 (1): e15892. 10.1371/journal.pone.0015892
- Melchor, A. 2003. *Los recursos cinegéticos de Extremadura*. Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones, Cáceres. Pp 205.
- Morales, J.S., Rojas, R.M., Perez-Rodríguez, F., Casas, A.A., Lopez, M.A. 2011. Risk assessment of the lead intake by consumption of red deer and wild boar meat in Southern Spain. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 28(8): 1021-33.
- Navas, I., Gluszko, O., García-Fernández, A.J. 2017. Evaluación de riesgos asociados al plomo por el consumo de carne de caza de especies de aves acuáticas. *Rev Toxicol* 35:
- Peñalver, J., Navas, I., Martínez-López, E., María-Mojica, P., Romero, D., García-Fernández, A.J. 2005a. Riesgos asociados al consumo de especies de aves

cinegéticas de zonas húmedas altamente contaminadas por perdigones de plomo. *Rev Toxicol* 22 (2): 111

Peñalver, J., Romero, D., María-Mojica, P., Martínez-López, E., Navas, I., Sánchez, J.A., García-Fernández, A.J. 2005b. Riesgo para la Salud Pública por consumo de aves procedentes de cotos de caza con altas concentraciones de plomo en sus lodos: Estudio en el Parque Natural "El Hondo". I Congreso Internacional de Seguridad Alimentaria. ISBN 84-923537-8-3

AESAN 2012. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo asociado a la presencia de plomo en carne de caza silvestre en España. AESAN-2012-002. *Revista del Comité Científico* 15: 131-159.

Reglamento CEE 315/93 del Consejo, de 8 de febrero de 1993, por el que se establecen procedimientos comunitarios en relación con los contaminantes presentes en los productos alimenticios. *D.O.C.E.* L37: 1-3 (13.2.1993).

Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *D.O.U.E.* L364: 5-24 (20.12.2006).

Rubio, C., Gutiérrez, A.J., Martín Izquierdo, R.E, Revert, C., Lozano, G., Hardisson, A. 2004. El plomo como contaminante alimentario. *Rev Toxicol* 21(2): 72-80

Santiago, D., Motas, M., Reja, A., María-Mojica, P., Rodero, B., García-Fernández, A.J. 1998. Lead and Cadmium in red deer and wild boar from Sierra Morena (Andalusia). *Bull Environ Contam Toxicol* 61: 730-737