PRESENCIA DE PERDIGONES Y NIVELES HEPÁTICOS DE PLOMO EN AVES CINEGÉTICAS CAZADAS CON MUNICIÓN SIN PLOMO

Informe elaborado por

Antonio de José Prada
Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid

Diego Romero García
Doctor en Veterinaria. Profesor titular del área de Toxicología del Departamento de Ciencias Sociosanitarias de la Universidad de Murcia

Juan Manuel Theureau de la Peña
Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid

Juan Bautista Torregrosa Soler
Doctor ingeniero Agrónomo. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria de la Universidad Politécnica de Valencia

Andrés Ferrer Gisbert
Doctor ingeniero Agrónomo. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria de la Universidad Politécnica de Valencia

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 ENCARGO Y OBJETO 4
1.2 FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN 4
1.3 ANTECEDENTES EN ESTUDIOS SIMILARES 5
2 DESARROLLO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN 5
3 TRABAJO DE CAMPO 6
3.1 DEFINICIÓN DE LAS DIFERENTES VARIABLES 6
3.1.1 *Variable ESPECIE* 6
3.1.2 *Variable MÉTODO DE CAPTURA* 8
3.1.3 *Variable TERRITORIO* 8
3.1.4 *Variable INTENSIDAD DE CAZA* 11
3.2 RESUMEN DE LAS VARIABLES 12
3.3 PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE EJEMPLARES 12
3.3.1 *Obtención de piezas en campo* 12
3.3.2 *Transporte de piezas* 13
4 DATOS PRIMARIOS Y TOMA DE MUESTRAS 13
4.1 MATERIAL UTILIZADO 13
4.2 PROTOCOLO SEGUIDO 13
4.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE DATOS PRIMARIOS 14
5 VALORES SECUNDARIOS: ANALÍTICAS, BUCHES, MOLLEJAS E INTESTINOS 15
5.1 PROTOCOLO SEGUIDO 15
5.2 RESULTADOS 16
6 ANÁLISIS DE RESULTADOS 19
6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN CODORNIZ COMÚN 19
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN PERDIZ ROJA 25
6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN PALOMA TORCAZ 27
6.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON RESPECTO AL INFORME DE 2019 30
7 CONCLUSIONES 30
8 FECHA Y FIRMAS 32
9 REPORTAJE FOTOGRÁFICO 33
10 BIBLIOGRAFÍA CITADA 37

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ENCARGO Y OBJETO

El encargo ha sido realizado por la Federación Sectorial Española de Armas y Municiones (FSA) y tiene por objeto ampliar el Informe presentado en enero de 2019 bajo el título "Incidencia y repercusión sobre aves cinegéticas no acuáticas por aporte de perdigones de plomo al medio terrestre" (en adelante Informe de 2019), añadiendo una variable más al incluir en la caza con armas de fuego (escopeta), para obtención de muestras, el empleo de munición alternativa al plomo (acero). De este modo, con el presente encargo se pretende dar respuesta a la conclusión tercera y recomendación quinta del Informe de 2019 que a continuación se reproducen:

- Conclusión tercera: "Existen dudas acerca de la posible existencia de muestras con fragmentos de Pb embebidos en sus tejidos, sobre todo dadas las altas concentraciones detectadas en algunos ejemplares y la ausencia de signos clínicos. Nuevos estudios sobre otros tejidos podrán aclarar esta duda."
- Recomendación quinta: "Análisis de muestras de aves cinegéticas abatidas con munición libre de plomo."

Para el desarrollo de los trabajos, la FSA firma contratos con:

- Universidad de Murcia (UMU): Diego Romero García (Profesor Titular de la Universidad de Murcia).
- Juan Manuel Theureau de la Peña y Antonio de José Prada (Ingenieros de Montes).

Han colaborado:

- Juan Bautista Torregrosa Soler (Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia) y Andrés Ferrer Gisbert (Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia).

Otras especificaciones del encargo:

- Se acometerá la evaluación sobre aquellas aves cinegéticas que en el Informe de 2019 arrojaron datos por grupo de muestreo con concentraciones de Pb más elevadas.
- Se acometerá el estudio procurando obtener muestras de campo procedentes de los mismos territorios y/o condiciones, por especie cinegética elegida, que las utilizadas para el Informe de 2019.

El presente informe aporta los resultados finales obtenidos, con objeto de valorar toda la información obtenida hasta la fecha.

1.2 FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- Revisión bibliográfica. Realizada por Antonio de José Prada.
- Trabajo de campo: consistente en la obtención de piezas de caza. Realizado por Antonio de José Prada y Juan Manuel Theureau de la Peña.

- Obtención de datos primarios y toma de muestras, consistente en la medición de los diferentes parámetros físicos de las piezas de caza y procesado de las mismas para la obtención de muestras de cada ejemplar. Realizado en la Universidad de Murcia por Diego Romero García.
- Obtención de valores secundarios (análisis químico de muestras biológicas y análisis físico de buches, mollejas e intestinos), realizado en la Universidad de Murcia por Diego Romero García.
- Análisis y conclusiones. Realizado por Antonio de José Prada, Diego Romero García, Juan Manuel Theureau de la Peña, Juan Bautista Torregrosa Soler y Andrés Ferrer Gisbert.

1.3 ANTECEDENTES EN ESTUDIOS SIMILARES

Si hasta la fecha los estudios científicos desarrollados en relación con las aves de medios terrestres y la posible afección que los perdigones de plomo pueden ocasionar sobre sus poblaciones, eran muy escasos, más aún lo son aquellos que obtienen las muestras de los ejemplares a partir de disparo con munición distinta al plomo, ya que en la inmensa mayoría las muestras son obtenidas a partir de ejemplares cazados con munición de plomo.

En la revisión efectuada para el Informe de 2019, de los 13 artículos encontrados de interés relacionados con aves de hábitats terrestres tan sólo en uno de ellos se obtuvieron las muestras a partir de ejemplares cazados con munición distinta al plomo, resultando que de los citados 13 artículos, en 8 de ellos (61,5 %) los ejemplares se habían obtenido a partir de munición de plomo, en 4 de ellos (30,8 %) los ejemplares se habían encontrado muertos, en 2 de ellos (15,4 %) indefinido y tan sólo en 1 de ellos (7,7 %) los ejemplares se habían obtenido a través de caza con munición de plomo y de acero.

2 DESARROLLO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se inicia en julio de 2019, con la elección del equipo multidisciplinar que determina la metodología y objetivos a seguir.

En la fase inicial se eligieron las especies, y con ello en función de las mismas, las zonas de muestreo. Para el protocolo de actuación establecido en la toma de muestras en campo, así como las analíticas a desarrollar para las piezas obtenidas a lo largo del estudio, se consideró el mismo utilizado para el estudio previo y que se indicó en el Informe de 2019.

Las primeras piezas de caza se obtuvieron en agosto de 2019 (temporada de caza 2019/20). En enero de 2020 (misma temporada de caza 2019/20) se completaron los lotes y número de muestras seleccionadas para el presente estudio.

Durante este tiempo se solaparon el procesado de los ejemplares y de las analíticas, las cuales finalizaron en marzo de 2020.

3 TRABAJO DE CAMPO

Atendiendo a los resultados obtenidos por lotes en el Informe de 2019 de las diferentes especies cinegéticas seleccionadas, se programó la obtención de un número de piezas de caza por lotes similar al estudio previo (Informe de 2019) al objeto de que el estudio fuera igual de representativo.

Las variables observadas y cuantificables fueron las siguientes:

- Especie
- Método de captura
- Territorio
  - Características generales
  - Contaminación ambiental
- Intensidad de caza

3.1 DEFINICIÓN DE LAS DIFERENTES VARIABLES

3.1.1 *Variable ESPECIE*

Especies elegidas

De entre las posibles especies de aves susceptibles de estudio se eligieron las especies cinegéticas cuyo hábitat es el medio terrestre y que además de ser preferentemente granívoras, precisan de gastrolitos en su proceso digestivo. En concreto, se trataba de replicar en lo posible, ahora cazando con munición de acero, aquellos lotes en los que la presencia de plomo en hígado era mayor en los resultados del Informe de 2019.

Tabla 1. *Especies elegidas para el éste estudio*

	Sedentarias	Migratorias estivales	Otras (**)
Gallináceas	*Alectoris rufa*	*Coturnix coturnix (*)*	-
Colúmbidos	-	-	*Columba palumbus*

*Carácter migratorio no estricto; ** *Columba palumbus* cuenta con territorios de presencia permanente, de presencia estival, y poblaciones invernantes con marcados pasos migratorios.

Los lotes replicados han sido tres, uno por cada una de las especies de la Tabla 1, coincidiendo dichos lotes con aquellos que presentaron mayor número de ejemplares con concentraciones de plomo en hígado en el Informe de 2019 por encima del límite fijado como contaminación ambiental (> 0,65 µg/g), Tabla 2.

Es de reseñar que las posibilidades del estudio estaban limitadas a tres lotes, no habiendo sido posible replicar otros lotes del Informe de 2019, aunque existiera interés en ello.

Los lotes replicados y resultados del informe de 2019 fueron los siguientes.

Tabla 2. *Porcentaje de ejemplares con concentración de plomo en hígado superior a 0,65 µg/g en Informe de 2019*

	Procedencia del lote	n	% de ejemplares (> 0,65 µg/g)
Coturniz coturnix	**Zamora**	**31**	**6,5**
Alectoris rufa	Alicante	36	5,6
Alectoris rufa	Navarra	26	0,0
Alectoris rufa	Zamora	30	0,0
Alectoris rufa	Valencia	30	0,0
Alectoris rufa	**Ciudad Real**	**97**	**9,3**
Columba palumbus (M.V.)	Zamora	30	3,3
Columba palumbus (M.V.)	Alicante	30	0,0
Columba palumbus (M.V.)	Madrid	30	6,7
Columba palumbus (T.)	**Zamora**	**12**	**8,3**

M.V. – Media Veda T. – Temporada General

Tabla 3. *Concentraciones de Pb (µg/g, peso fresco) en hígado en Informe de 2019 para lotes replicados*

	n	Media geométrica±ES	% de ejemplares (> 0,65 µg/g)
Codorniz común	31	0,121±0,213	6,5
Perdiz roja	97	0,065±0,166	9,2
Paloma torcaz	12	0,018±0,230	8,3

Número de especies elegidas por lote

Se ha realizado un muestreo estratificado debido al tamaño de la población. Para ello, la unidad de gestión (espacio cinegético) ha sido considerada como estrato o segmento, y dentro de cada unidad (estrato), se han capturado las especies objetivo aleatoriamente.

Para determinar el tamaño de la muestra se ha considerado que los ejemplares de un mismo lugar muestran un perfil de contaminación similar. Normalmente, la disponibilidad de muestras es un factor limitante en estudios de monitorización de la contaminación ambiental, por lo que numerosos estudios se realizan a partir de un reducido número de muestras, máxime cuando se trata de tejidos u órganos en buen estado de conservación. En el presente estudio, se asume que 30 ejemplares de una misma especie y por estrato es suficiente para aportar información relativa a los niveles tisulares de plomo. El reparto de ejemplares obtenidos se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4. *Muestras previstas y obtenidas en los diferentes lugares de muestreo*

Zona	Especie	Tipo	Muestras previstas	Muestras obtenidas	Lote
Castilla y León	*Coturnix coturnix*	Salvaje	30	32	Completo
	Columba palumbus	Migratoria	30	31	Completo
Castilla-La Mancha	*Alectoris rufa*	Aclimatada	30	31	Completo
			90	**94**	

Todos los lotes superaron las 30 piezas programadas. Esto se debe a que no se quisieron realizar descartes subjetivos de piezas, cuando aportadas a la vez las últimas del lote por los cazadores, se superaba las 30 unidades.

Número total de especies

Finalmente, el número total de piezas con las que se les realizó el estudio fue de 94, repartidas de la siguiente forma por especies:

- *Alectoris rufa* 31 piezas
- *Coturnix coturnix* 32 piezas
- *Columba palumbus* 31 piezas

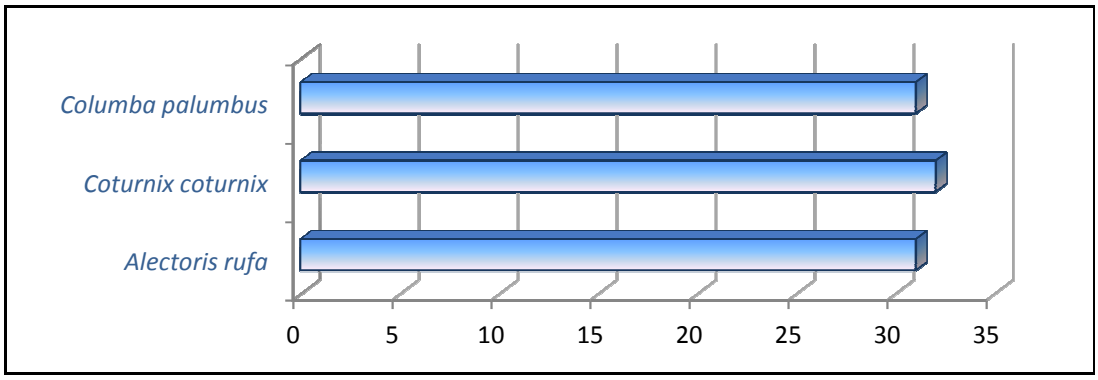


Figura 1. *Distribución del número de piezas de caza por especies*

Designación del código identificativo

El código empleado para definir cada una de las piezas de caza objeto de captura se compone de varios subcódigos:

AA-BB-CC-00

AA: especie y tipo (PA: perdiz aclimatada, CS: codorniz salvaje, PT: paloma torcaz)
BB: provincia de captura (ZA: Zamora, CR: Ciudad Real)
CC: mes de captura (en números romanos)
00: número de orden de la muestra (en número arábigos)

3.1.2 *Variable MÉTODO DE CAPTURA*

Las 94 piezas muestreadas se obtuvieron todas ellas mediante el método de captura con arma de fuego. La munición empleada en todos los casos ha sido perdigón de acero de diferentes calibres en función de la especie objetivo: perdigón del número 6 y 7 para las especies codorniz común y paloma torcaz con carga de 30 gramos y perdigón del número 6 con carga de 32 gramos para las perdices rojas.

3.1.3 *Variable TERRITORIO*

Características generales

A continuación, se hace un breve resumen de las principales características (valores aproximados) de cada una de las zonas de captura sitas en dos comunidades autónomas:

Castilla y León:

Las piezas de caza se han obtenido de la provincia de Zamora.

Dentro de la provincia de Zamora, las muestras se han obtenido de dos unidades de gestión (espacios cinegéticos). Una de ellas en el término municipal de Palacios del Pan, concretamente en el coto privado de caza matrícula ZA-10303, y la otra en el término municipal de Zamora, concretamente en el coto privado de caza matrícula ZA-10719. En líneas generales pueden ser consideradas como un único estrato, ya que la distancia entre una zona y otra es de 20 kilómetros, no obstante debido a la proximidad de la ciudad de Zamora al coto privado de caza matrícula ZA-10719, se realizará distinción a efectos descriptivos:

Tabla 5. *Características generales del Estrato ZA-10303 y ZA-10719*

	ZA-10303	ZA-10719
Superficie (ha)	1280	1354
Precipitación media (mm)	474,3	360,8
Temperatura media (°C)	11,7	11,8
Periodo cálido (meses)	0	0
Periodo frio o de heladas (meses)	6	8
Periodo seco o árido (meses)	3,5	4
Altitud (m)	720	640
Espacios protegidos	NO	NO
Usos del suelo	80 % agrícola – 20 % forestal	97 % agrícola – 3 % forestal
Principal cultivo agrícola	Cereal de secano	Cereal de regadío

Castilla-La Mancha:

Las piezas de caza se obtuvieron de la provincia de Ciudad Real.

Dentro de la provincia de Ciudad Real, las muestras se obtuvieron de dos unidades de gestión (espacios cinegéticos). Todas ellas dentro del mismo término municipal, Torre de Juan Abad, debido a la cercanía entre las distintas unidades de gestión (CR-10420 y CR-10517); a los efectos de características del territorio serán consideradas como un único estrato.

Tabla 6. *Características generales del Estrato CR-10420 - CR-10517*

	CR-10420 - CR-10517
Superficie (ha)	1544
Precipitación media (mm)	525,6
Temperatura media (°C)	13,6
Periodo cálido (meses)	2
Periodo frio o de heladas (meses)	6
Periodo seco o árido (meses)	4
Altitud (m)	820
Espacios protegidos	NO
Usos del suelo	65 % agrícola - 35 % forestal
Principales cultivos agrícolas	Cereal de secano, viña y olivo

Tabla 7. *Distribución de las piezas capturadas*

Comunidad Autónoma	Provincia	Término Municipal	Unidad de gestión	Nº de piezas	Especie
Castilla y León	Zamora	Palacios del Pan	ZA-10303	32	*Coturnix coturnix*
				11	*Columba palumbus*
		Zamora	ZA-10719	20	*Columba palumbus*
Castilla-La Mancha	Ciudad Real	Torre de Juan Abad	CR-10420	24	*Alectoris rufa*
			CR-10517	7	*Alectoris rufa*

A continuación, en las siguientes gráficas (Figuras 2 y 3) se representa la distribución de capturas totales por provincias y por términos municipales:

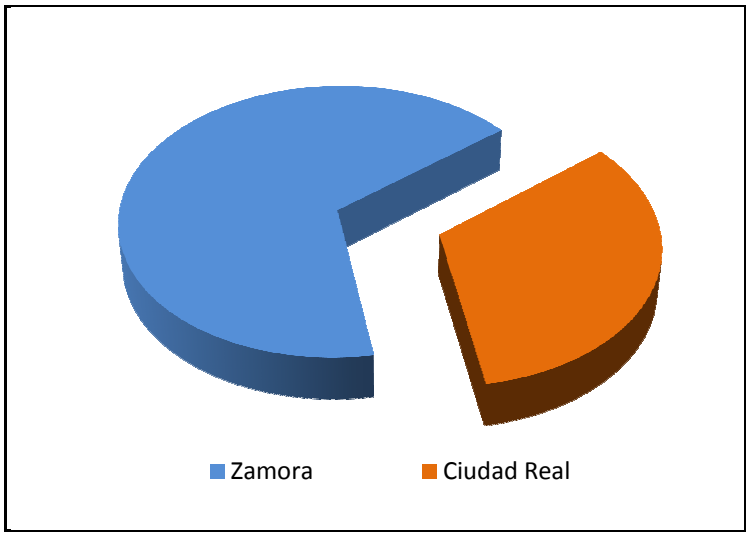


Figura 2. *Distribución del número de piezas por provincias*

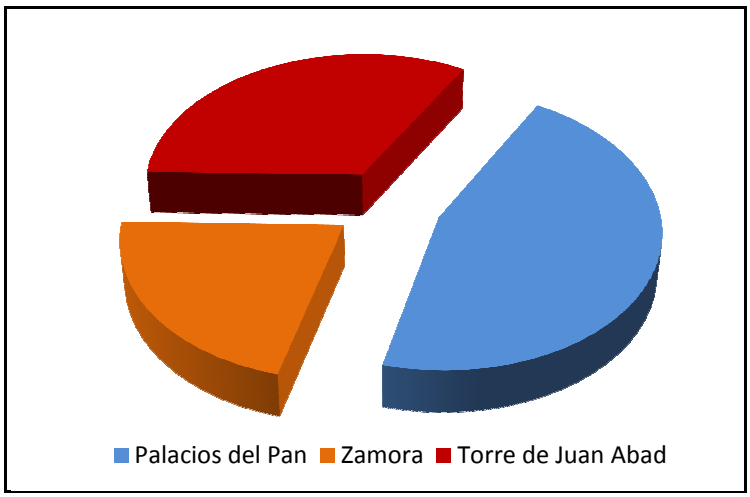


Figura 3. *Distribución del número de piezas por términos municipales*

Contaminación ambiental

A partir del Atlas Geoquímico de España del Instituto Geológico y Minero de España del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España

(http://www.igme.es/actividadesIGME/lineas/CartoGeo/geoquimica/geoquimicaEsp.htm) se ha considerado como variable la presencia de plomo ambiental (suelo), donde la contaminación ambiental acumulada pueda afectar a los valores químicos o biológicos de las poblaciones de seres vivos existentes en dichas zonas.

En particular, y siendo el caso que ocupa al presente estudio, se han descrito los siguientes valores de plomo (Pb) en muestras de suelo para las diferentes unidades de gestión muestreadas, asociadas al término municipal (Tabla 8).

Tabla 8. *Partes por millón de Pb en muestras de suelo*

Comunidad Autónoma	Provincia	Término Municipal	Unidad de gestión	Pb (ppm)
Castilla y León	Zamora	Palacios del Pan	ZA-10303	20,7 - 32,0
		Zamora	ZA-10719	17,0
Castilla-La Mancha	Ciudad Real	Torre de Juan Abad	CR-10420	69,3 - 69,7
			CR-10517	

En la siguiente gráfica (Figura 4) se representan de menor a mayor las concentraciones por términos municipales encontradas en las muestras de suelo contenidas según el Mapa Geoquímico de España:

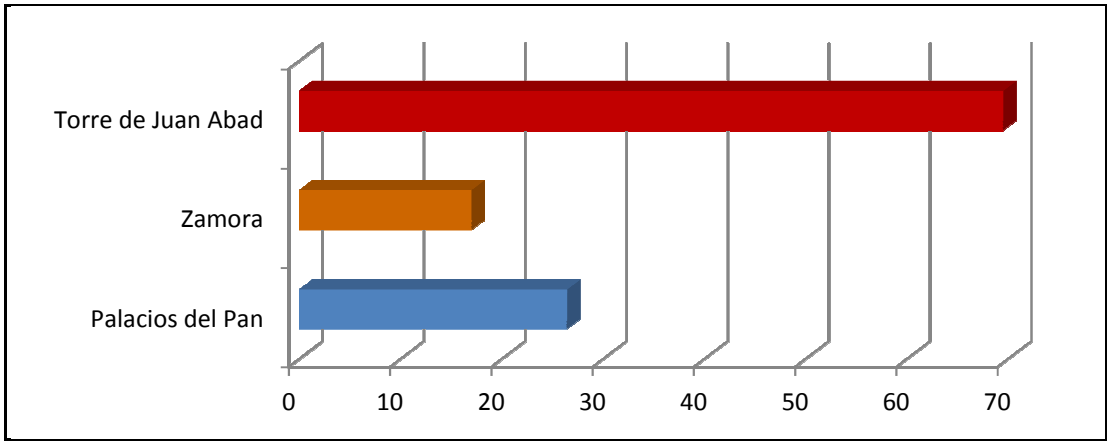


Figura 4. *Distribución de las concentraciones de plomo (ppm) en suelo por términos municipales*

3.1.4 *Variable INTENSIDAD DE CAZA*

A partir de las capturas declaradas por los titulares o usuarios de las diferentes unidades de gestión donde se practica la actividad cinegética (espacios cinegéticos), se puede estimar el número de disparos por hectárea, y con ello el peso en perdigones de plomo que acaban en el medio terrestre. De este modo, considerando el caso más desfavorable, cartuchos de carga de perdigón de 34 gr, se ha estimado lo siguiente por unidad de gestión:

Tabla 9. *Intensidad de disparos por hectárea y temporada en las unidades de gestión*

Unidad de gestión	Disparos/ha y temporada	gr de Pb/ha y temporada
ZA-10303	2,01	68,34
ZA-10719	3,32	112,88
CR-10420	24,61	836,74
CR-10517	24,61	836,74

En la siguiente gráfica (figura 5) se representan de menor a mayor las cantidades estimadas de plomo en gramos por hectárea y temporada de caza que supuestamente son aportadas al medio terrestre:

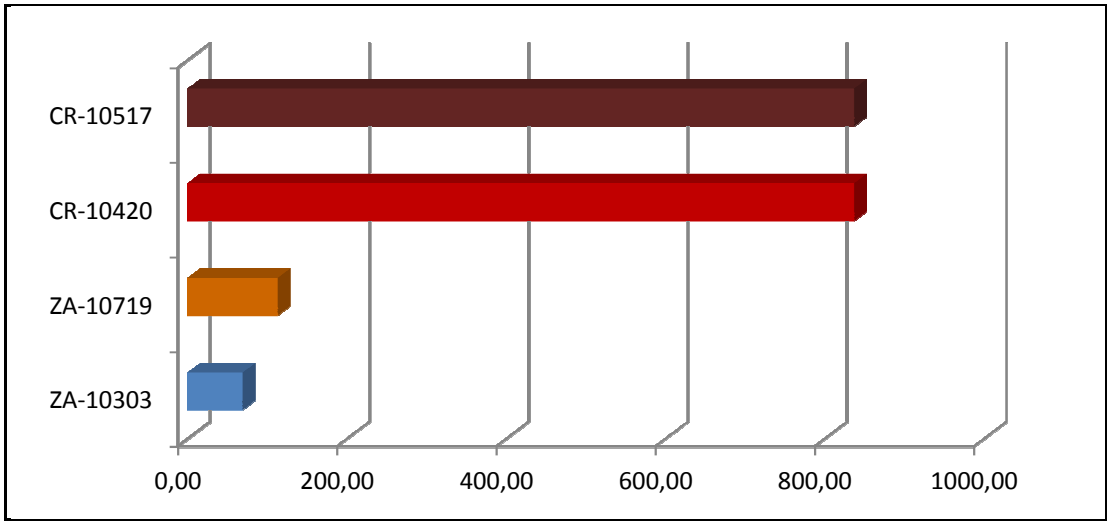


Figura 5. *Peso de plomo procedente de cartuchos en gr/ha y temporada*

3.2 RESUMEN DE LAS VARIABLES

En la Tabla 10 se recoge un resumen de las diferentes variables determinadas para el presente trabajo:

Tabla 10. *Resumen de las variables contempladas asociadas a los códigos y nº de muestras*

Especie	Tipo	Captura	Unidad gestión	Contaminación	Intensidad caza	Código	N
Alectoris rufa	Aclimatada	Caza	CR-10420	69,3 - 69,7	Alta	PA1-CR	24
	Aclimatada	Caza	CR-10517	69,3 - 69,7	Alta	PA2-CR	7
Coturnix coturnix	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	CS-ZA	32
Columba palumbus	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	PT1-ZA	11
	Silvestre	Caza	ZA-10719	17,0	Baja	PT2-ZA	20

3.3 PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE EJEMPLARES

3.3.1 *Obtención de piezas en campo*

Los lotes de piezas se han obtenido a partir de capturas aprovechando la temporada hábil de caza en los espacios cinegéticos (cotos).

Previamente, el equipo responsable de la obtención de las piezas obtuvo (de acuerdo al programa) los debidos permisos o compromisos por parte de los diferentes espacios cinegéticos o grupos de cazadores.

Los cazadores colaboradores recibieron todos ellos previamente las instrucciones oportunas, siendo el porcentaje de muestras obtenidas por los propios técnicos encargados del muestreo del 69,1% (65 piezas de caza) y del 30,9% (29 piezas de caza) por los cazadores colaboradores.

3.3.2 *Transporte de piezas*

En todos los casos, alguno de los dos responsables del trabajo de campo acudieron al lugar de captura para realizar la toma de muestras directamente o recoger las piezas recién cazadas.

El transporte de las piezas en fresco en neveras portátiles se realizó en el día, siendo todas las piezas etiquetadas y congeladas en bolsas según lugar de captura y fecha de caza. En la bolsa se anotaba en etiqueta lugar y fecha de captura, tal y como se ha indicado anteriormente.

Una vez completado el lote, éste fue transportado desde Valencia o Zamora a la Universidad de Murcia por carretera por los propios responsables del equipo de trabajo. Desde Valencia (duración del trayecto 2 horas y 15 minutos) y recién retiradas de los congeladores, se transportaron en neveras portátiles. Desde Zamora (duración del trayecto 6 horas) se transportaron en nevera congelador portátil modelo WAECO Coolfun, de generación de frío por conexión eléctrica al vehículo.

4 DATOS PRIMARIOS Y TOMA DE MUESTRAS

4.1 MATERIAL UTILIZADO

A continuación, se recoge el material empleado para esta acción:

- Guantes
- Bolsas autocierre
- Rotulador indeleble
- Tijeras
- Pinzas
- Bisturí
- Microtubos cónicos (del tipo *eppendorf* de 1.5 mL)
- Frascos (del tipo duquesita de 50 y 100 ml)
- Balanza (1 gr de precisión)
- Nevera
- Congelador

4.2 PROTOCOLO SEGUIDO

En bancada de trabajo con pila aledaña, se revisaron las piezas conforme al siguiente protocolo:

- **Pesado de la pieza**: cada ejemplar fue pesado en origen, previo a su tratamiento por frío.

- **Examen visual general** de la pieza para anotar todas aquellas observaciones que pudieran ser relevantes.
- **Examen del estado de muda de las rémiges primarias**. Se anotó si la muda estaba completa, o qué pluma de las rémiges primarias estaba en muda. Para determinar que rémige primaria estaba en muda o última mudada, se contaron el número de rémiges primarias (por si hubiera alguna recién tirada) y se desplumaban las plumillas interiores del ala que tapan los cañones; tras contar las plumas se anotó la rémige en muda. En caso de duda, se arrancaron las del ala izquierda para el examen de la inserción de los cañones con el ala, y de observarse uno más tierno, se anotó esa pluma como la última mudada. En el caso de alguna recién tirada y aún sin signos de reposición, dicha pluma se anotó como la rémige en muda.
- **Examen de desgaste de plumas en perdices rojas aclimatadas** en campo procedentes de granja. Las perdices aclimatadas en campo antes de la temporada de caza muestran por lo general, daños en las plumas muy característicos, pudiéndose incluso apreciar con nitidez qué rémiges han sido mudadas en campo y cuales en granja. Se anotó si los signos de perdiz de granja en rémiges primarias y secundarias eran abundantes, pocos, exiguos o ninguno, y en el caso de apreciarse con nitidez, se anotó la primera rémige mudada en el campo.
- **Edad del ejemplar**. Tras los exámenes anteriores se procedió a asignar la edad del ejemplar, diferenciando entre juvenil (0+) o adulto (>1+), sin perjuicio de realizar observaciones en cuanto a la edad por dobles espolones o cualquier otro sigo que permita atribuir una edad superior a 2+.

4.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE DATOS PRIMARIOS

Se ha procedido a anotar para cada una de las piezas los siguientes datos, recopilados posteriormente en una hoja de cálculo:

- Código de la pieza
- Especie
- Procedencia (unidad de gestión: matrícula del coto)
- Fecha de captura
- Naturaleza (en este apartado se distingue si el origen es de poblaciones silvestres o aclimatadas)
- Entorno (en este apartado se recoge una primera impresión sobre la densidad de población en el entorno, distinguiendo entre rural y periurbano)
- Edad (distinguiendo entre juvenil o adulto)
- Sexo
- Peso de la pieza
- Cualquier otra observación no recogida en los apartados anteriores

El resumen por estrato se presenta la Tabla 11.

Tabla 11. *Datos primarios de las piezas cazadas*

Especie	Unidad de gestión	O	N	En	E	S	P
Alectoris rufa	CR-10420	A	24	R	22/1	13/11	422,9
Alectoris rufa	CR-10517	A	7	R	6/1	5/2	461,8
Coturnix coturnix	ZA-10303	S	32	R	17/15	15/17	95,0
Columba palumbus	ZA-10303	S	11	R	1/10	6/5	453,3
Columba palumbus	ZA-10719	S	20	P	3/17	10/10	453,1

O: origen (S-silvestre; A-aclimatada); N: número de piezas muestreadas; En: entorno (R-rural; P-periurbano); E: edad (jóvenes/adultos); S: sexo (machos/hembras); P: peso medio (en gramos)

5 VALORES SECUNDARIOS: ANALÍTICAS, BUCHES, MOLLEJAS E INTESTINOS

5.1 PROTOCOLO SEGUIDO

Las muestras (ejemplares completos) fueron recibidas en el laboratorio del Área de Toxicología de la Universidad de Murcia, en estado de congelación (-20°C). Una vez identificados y registrados, dichos ejemplares se mantuvieron en el mismo estado de congelación hasta su posterior tratamiento.

En primer lugar, se procedió a la realización de radiografías de todos los ejemplares (piezas de caza), manteniendo durante el proceso el estado de congelación. Para ello se colocaron dichos ejemplares en placas de rayos X en las dependencias del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Murcia (Fotografías 1, 2 y 3). Una vez realizadas las placas, los ejemplares fueron conservados de nuevo a -20°C. Se anotó el número de perdigones en cada ejemplar y se identificaron aquellos casos en los que los perdigones pudieran estar en abdomen, tórax y zona anatómica compatible con buche.

Cada ejemplar fue fotografiado previamente a la toma de muestras. El hígado fue pesado y se tomaron muestras de hígado (n=2), riñón (n=1) y músculo pectoral (n=1) de cada ejemplar. Para ello se procedió a la descongelación del animal y a la inmediata toma de las muestras en microtubos de 1,5 ml, congelando las muestras inmediatamente evitando así la pérdida de la cadena del frío. Seguidamente se procedió al estudio de cada uno de los ejemplares, realizando igualmente fotografías durante el mismo (Fotografías 4, 5 y 6). Se buscaron sistemáticamente los perdigones, guardando de forma separada los de cada ejemplar, y se separó una de las alas y la cabeza para posteriores estudios (en su caso). En el caso de perdigones localizados (según la imagen radiológica) en zonas potencialmente correspondientes a buche, molleja o intestino (ejemplo en Fotografías 7 y 8), se realizó un examen minucioso de tales órganos, incluyendo su apertura y registro fotográfico (Fotografías 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16). Esta parte del estudio de los órganos del aparato digestivo se realizó de la manera descrita en el Informe de 2019. El análisis químico del hígado se realizó de la manera descrita en el Informe de 2019.

5.2 RESULTADOS

A continuación, se presentan los datos de cada ejemplar (Tablas 12, 13 y 14).

Tabla 12. *Codorniz común. Número de perdigones encontrados en cada ejemplar y su localización anatómica. Concentración hepática de Pb (µg/g, peso fresco).*

Ejemplar	Peso	Sexo	Edad	Pb hepático	Nº de perdigones de acero	Localización de perdigones (radiología)	Presencia de perdigones de Pb en aparato digestivo
CS-ZA-VIII-1	96,1	Macho	Adulto	0,182	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-2	89,2	Hembra	Adulto	0,327	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-3	82,0	Macho	Juvenil	0,229	3	Tórax y abdomen	Negativo
CS-ZA-VIII-4	81,7	Macho	Juvenil	0,159	1	Tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-5	101,0	Macho	Juvenil	0,387	1	Tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-6	100,6	Hembra	Juvenil	0,312	1	Cuello	Negativo
CS-ZA-VIII-7	98,4	Hembra	Adulto	0,832	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-8	97,2	Macho	Adulto	0,121	3	Tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-9	93,9	Hembra	Juvenil	0,185	3	Entrada a tórax y abdomen	Negativo
CS-ZA-VIII-10	81,8	Macho	Juvenil	0,160	1	Extremidad posterior	Negativo
CS-ZA-VIII-11	115,7	Hembra	Adulto	0,343	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-12	88,8	Hembra	Juvenil	0,103	1	Tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-13	97,6	Hembra	Juvenil	0,891	1	Abdomen	Negativo
CS-ZA-VIII-14	105,6	Hembra	Juvenil	0,267	2	Cabeza y tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-15	98,4	Hembra	Juvenil	0,065	2	Cabeza y tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-16	96,6	Hembra	Adulto	0,164	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-17	101,0	Hembra	Adulto	0,229	2	Entrada a tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-18	75,4	Hembra	Adulto	0,105	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-19	93,9	Macho	Adulto	0,142	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-20	97,9	Macho	Adulto	0,207	1	Cuello	Negativo
CS-ZA-VIII-21	96,7	Macho	Juvenil	0,244	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-22	103,8	Macho	Juvenil	0,291	2	Cabeza	Negativo
CS-ZA-VIII-23	102,4	Macho	Juvenil	0,136	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-24	81,3	Macho	Adulto	0,098	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-25	94,3	Macho	Adulto	0,199	1	Abdomen	Negativo
CS-ZA-VIII-26	79,5	Macho	Adulto	0,168	2	Entrada a tórax	Negativo
CS-ZA-VIII-27	93,0	Macho	Juvenil	0,809	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-28	85,4	Hembra	Juvenil	1,052	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-29	97,1	Hembra	Adulto	0,137	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-30	91,2	Hembra	Juvenil	0,315	1	Zona pericloacal	Negativo
CS-ZA-VIII-31	112,1	Hembra	Juvenil	0,247	0	-	Negativo
CS-ZA-VIII-32	102,2	Hembra	Adulto	0,288	1	Cabeza	Negativo

Tabla 13. *Perdiz roja. Número de perdigones encontrados en cada ejemplar y su localización anatómica. Concentración hepática de Pb (µg/g, peso fresco).*

Ejemplar	Peso	Sexo	Edad	Pb hepático	Nº de perdigones de acero	Localización de perdigones (radiología)	Presencia de perdigones de Pb en aparato digestivo
PA-CR-XI-1	419,8	Hembra	Juvenil	0,086	2	Abdomen y pericloaclal	Negativo
PA-CR-XI-2	354,3	Hembra	Indet.	0,097	1	Tórax	Negativo
PA-CR-XI-3	436,0	Hembra	Juvenil	0,012	4	Abdomen	Negativo
PA-CR-XI-4	487,2	Macho	Juvenil	0,025	3	Tórax (o ala), pericloacal y extremidad posterior	Negativo
PA-CR-XI-5	450,6	Macho	Juvenil	0,134	4	Tórax, abdomen y pericloaclal	Negativo
PA-CR-XI-6	434,2	Macho	Juvenil	0,229	2	Ala y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-7	398,2	Hembra	Juvenil	0,451	6	Abdomen, cuello y pericloaclal	Negativo
PA-CR-XI-8	405,1	Hembra	Juvenil	0,132	3	Tórax y extremidad posterior	Negativo
PA-CR-XI-9	488,8	Macho	Juvenil	0,052	7	Cabeza, tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-10	482,0	Macho	Juvenil	0,327	0	-	Negativo
PA-CR-XI-11	399,8	Hembra	Juvenil	0,096	2	Tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-12	374,4	Hembra	Juvenil	0,139	9	Tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-13	415,2	Macho	Juvenil	0,084	15	Abdomen, tórax y cabeza	Negativo
PA-CR-XI-14	514,1	Macho	Juvenil	0,080	8	Ala, extremidad posterior, tórax, abdomen	Negativo
PA-CR-XI-15	366,7	Hembra	Juvenil	0,097	0	-	Negativo
PA-CR-XI-16	535,1	Macho	Juvenil	0,012	1	Tórax	Negativo
PA-CR-XI-17	439,5	Macho	Juvenil	0,021	0	-	Negativo
PA-CR-XI-18	364,8	Macho	Juvenil	0,163	1	Cuello	Negativo
PA-CR-XI-19	422,9	Hembra	Adulta	0,064	2	Entrada a tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-20	503,0	Macho	Juvenil	0,077	5	Tórax, abdomen, cuello y extremidad posterior	Negativo
PA-CR-XI-21	267,1	Hembra	Juvenil	0,138	1	Tórax	Negativo
PA-CR-XI-22	371,8	Hembra	Juvenil	0,088	13	Tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-23	428,0	Macho	Juvenil	0,092	4	Tórax y abdomen	Negativo
PA-CR-XI-24	471,5	Macho	Juvenil	0,185	2	Ala y cuello	Negativo
PA-CR-XI-25	419,2	Hembra	Juvenil	0,050	0	-	Negativo
PA-CR-XI-26	493,9	Macho	Juvenil	0,128	3	Cuello, abdomen	Negativo
PA-CR-XI-27	431,4	Macho	Juvenil	7,189	10 (*)	Abdomen, extremidad posterior, pericloaclal	Positivo
PA-CR-XI-28	512,4	Macho	Juvenil	0,068	5	Abdomen, ala	Negativo
PA-CR-XI-29	462,1	Hembra	Adulto	0,058	4	Abdomen	Negativo
PA-CR-XI-30	453,9	Macho	Juvenil	0,079	14	Tórax, abdomen, extremidad posterior, pericloaclal	Negativo
PA-CR-XI-31	459,6	Macho	Juvenil	0,618	4	Tórax, abdomen	Negativo

(*) 4 perdigones de plomo

Tabla 14. *Paloma torcaz. Número de perdigones encontrados en cada ejemplar y su localización anatómica. Concentración hepática de Pb (µg/g, peso fresco).*

Ejemplar	Peso	Sexo	Edad	Pb hepático	Nº de perdigones de acero	Localización de perdigones (radiología)	Presencia de perdigones de Pb en aparato digestivo
PT-ZA-XI-1	424,3	Hembra	Adulto	0,358	21	Tórax, abdomen	Negativo
PT-ZA-XII-2	454,4	Macho	Adulto	0,037	0	-	Negativo
PT-ZA-XII-3	430,0	Macho	Juvenil	0,216	2	Cuello y tórax	Negativo
PT-ZA-XII-4	435,7	Hembra	Adulto	0,241	2	Tórax	Negativo
PT-ZA-I-5	443,3	Hembra	Adulto	0,347	0	-	Negativo
PT-ZA-I-6	507,8	Macho	Adulto	0,260	6	Ala, abdomen, cuello	Negativo
PT-ZA-I-7	463,2	Macho	Adulto	0,259	0	-	Negativo
PT-ZA-I-8	470,8	Macho	Adulto	0,304	0	-	Negativo
PT-ZA-I-9	482,9	Macho	Adulto	0,348	1	Ala	Negativo
PT-ZA-I-10	431,3	Hembra	Adulto	0,478	0	-	Negativo
PT-ZA-I-11	442,4	Hembra	Adulto	0,311	1	Tórax	Negativo
PT-ZA-I-12	443,6	Macho	Adulto	0,320	0	-	Negativo
PT-ZA-I-13	465,6	Macho	Adulto	0,319	5	Cabeza, cuello, abdomen	Negativo
PT-ZA-I-14	467,3	Hembra	Adulto	0,280	3	Tórax y abdomen	Negativo
PT-ZA-I-15	480,6	Macho	Adulto	1,230	2	Tórax	Negativo
PT-ZA-I-16	376,6	Hembra	Juvenil	0,267	7	Cabeza, tórax, abdomen	Negativo
PT-ZA-I-17	457,7	Hembra	Adulto	0,289	4	Cuello y tórax	Negativo
PT-ZA-I-18	422,6	Macho	Juvenil	0,310	0	-	Negativo
PT-ZA-I-19	372,8	Hembra	Juvenil	0,234	6	Cuello, tórax, abdomen	Negativo
PT-ZA-I-20	500,2	Macho	Adulto	0,232	8	Cuello, tórax y abdomen	Negativo
PT-ZA-I-21	477,1	Indet.	Adulto	0,308	5	Tórax	Negativo
PT-ZA-I-22	483,7	Hembra	Adulto	0,260	8	Tórax, extremidad posterior y abdomen	Negativo
PT-ZA-I-23	472,8	Macho	Adulto	0,314	2	Cabeza y tórax	Negativo
PT-ZA-I-24	519,0	Hembra	Adulto	0,230	1	Tórax	Negativo
PT-ZA-I-25	477,8	Hembra	Adulto	0,319	11	Tórax, extremidad posterior y abdomen	Negativo
PT-ZA-I-26	425,2	Macho	Adulto	0,316	1	Cuello	Negativo
PT-ZA-I-27	461,0	Macho	Adulto	0,340	5	Tórax, abdomen y pericloacal	Negativo
PT-ZA-I-28	426,0	Hembra	Adulto	0,369	3	Ala y abdomen	Negativo
PT-ZA-I-29	418,5	Hembra	Adulto	0,569	8	Cabeza, ala, tórax, abdomen, molleja	Negativo
PT-ZA-I-30	501,8	Macho	Adulto	0,638	4	Cabeza, tórax, abdomen	Negativo
PT-ZA-I-31	412,6	Hembra	Adulto	0,288	2	Tórax	Negativo

Los estadísticos descriptivos para tres especies quedan reflejados en las Tabla 15 y 16.

Tabla 15. *Estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb (µg/g, peso fresco) en hígado de codorniz, perdiz roja y paloma torcaz*

	n	Media geométrica±ES	Mínimo	Máximo	% de ejemplares (> 0,65 µg/g)
Coturniz coturnix	32	0,231±0,044	0,065	1,052	12,5
Alectoris rufa	31	0,103±0,229	0,012	7,189	3,2
Columba palumbus	31	0,304±0,035	0,037	1,230	3,2

Tabla 16. *Porcentajes de ejemplares con presencia de perdigones en digestivo*

		Acero			Plomo		
	n	Buche	Molleja	Intestino	Buche	Molleja	Intestino
Coturniz coturnix	32	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Alectoris rufa	31	3,2 % (1)	9,7 % (3)	3,2 % (1)	0 %	3,2 % (1)	0 %
Columba palumbus	31	0 %	6,5 % (2)	3,2 % (1)	0 %	0 %	0 %

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN CODORNIZ COMÚN

En el caso de las codornices, los ejemplares que podrían tener perdigones en buches según la imagen radiológica eran los siguientes: CS-ZA-VIII-(8-9-14-17-26). No se encontró ningún perdigón en buche en estos ejemplares, además de que los perdigones que estaban en esa zona anatómica eran de acero.

En el caso de las codornices con elevada concentración de Pb (>0,65 µg/g), los contenidos en buche son los que se muestran a continuación (el del ejemplar CS-ZA-VIII-28 estaba vacío):

Ejemplar CS-ZA-VIII-7	Ejemplar CS-ZA-VIII-13	Ejemplar CS-ZA-VIII-27

Figura 6. *Detalle del contenido en buche de las codornices comunes CS-ZA-VIII (7, 13 y 27)*

A continuación (Figuras 7, 8, 9 y 10), se muestran los datos e imágenes tomadas de los ejemplares de codorniz común cuya concentración hepática de Pb era superior a 0,65 µg/g (peso fresco), tomado como el valor de exposición ambiental a Pb más restrictivo según la literatura científica (Guitart et al. 1994; Ferrandis et al. 2008; Franson and Pain 2011; Berny et al. 2015; Bingham et al. 2015), y considerado en el estudio de 2019 (Romero et al., 2019).

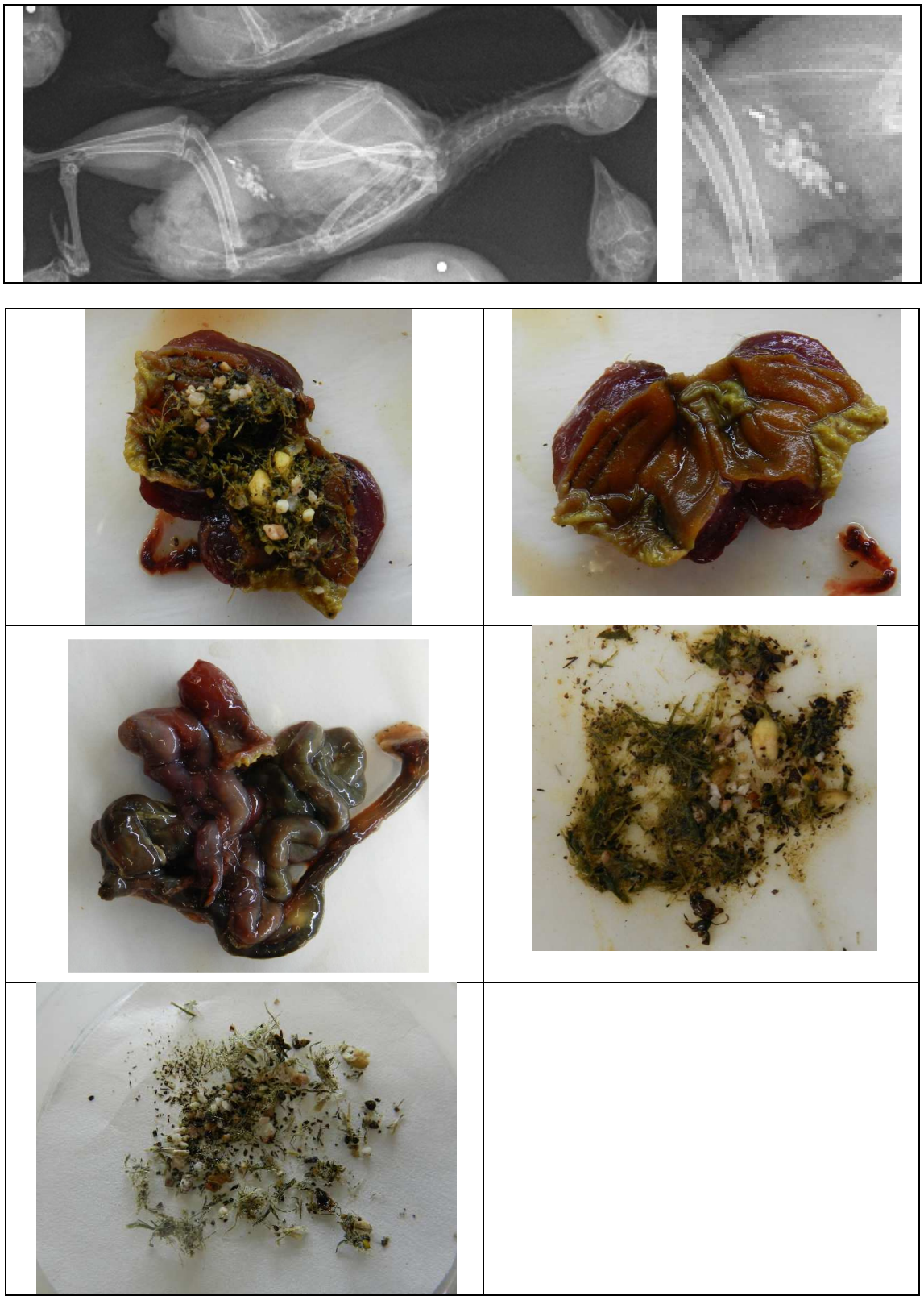


Figura 7. *EJEMPLAR CS-ZA-VIII-7. Estrato ZA-10303. Fecha captura 15/08/2019. Hembra. Adulta. Nº perdigones (según radiografía): 0; concentración de Pb (µg/g): 0.832 (hígado); 14.471 (riñón); 0.038 (músculo).*

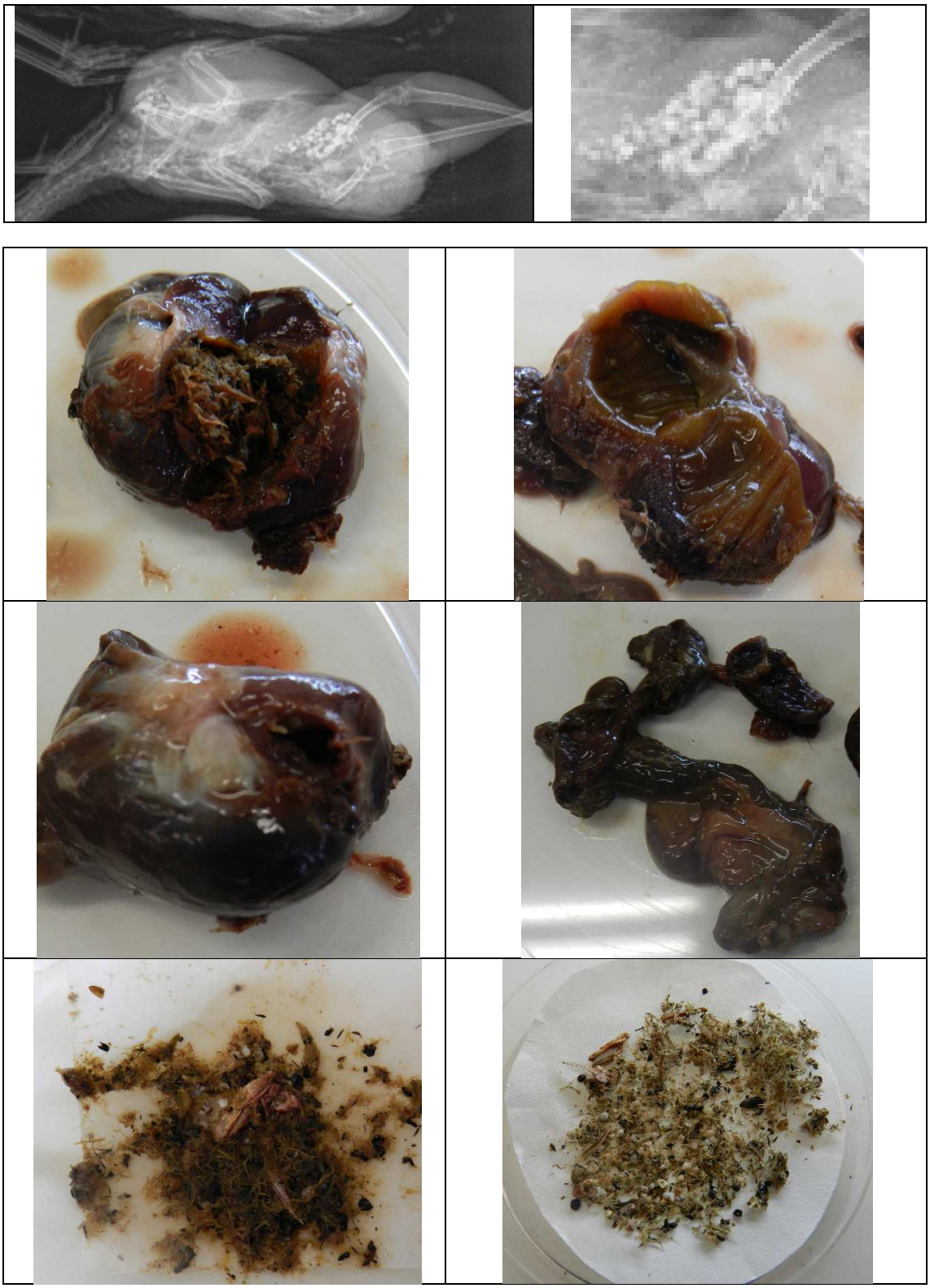


Figura 8. *EJEMPLAR CS-ZA-VIII-13. Estrato ZA-10303. Fecha captura 15/08/2019. Hembra. Juvenil. Nº perdigones (según radiografía): 1 (zona anatómica: molleja); concentración de Pb (µg/g): 0.891 (hígado); 0.036 (músculo); riñón no determinado (destrozado por el disparo); agujero en molleja; perdigón de acero.*

Figura 9. *EJEMPLAR CS-ZA-VIII-27. Estrato ZA-10303. Fecha captura 22/08/2019. Macho. Juvenil. Nº perdigones (según radiografía): 0; concentración de Pb (µg/g): 0.809 (hígado); 8.650 (riñón); 0.036 (músculo).*

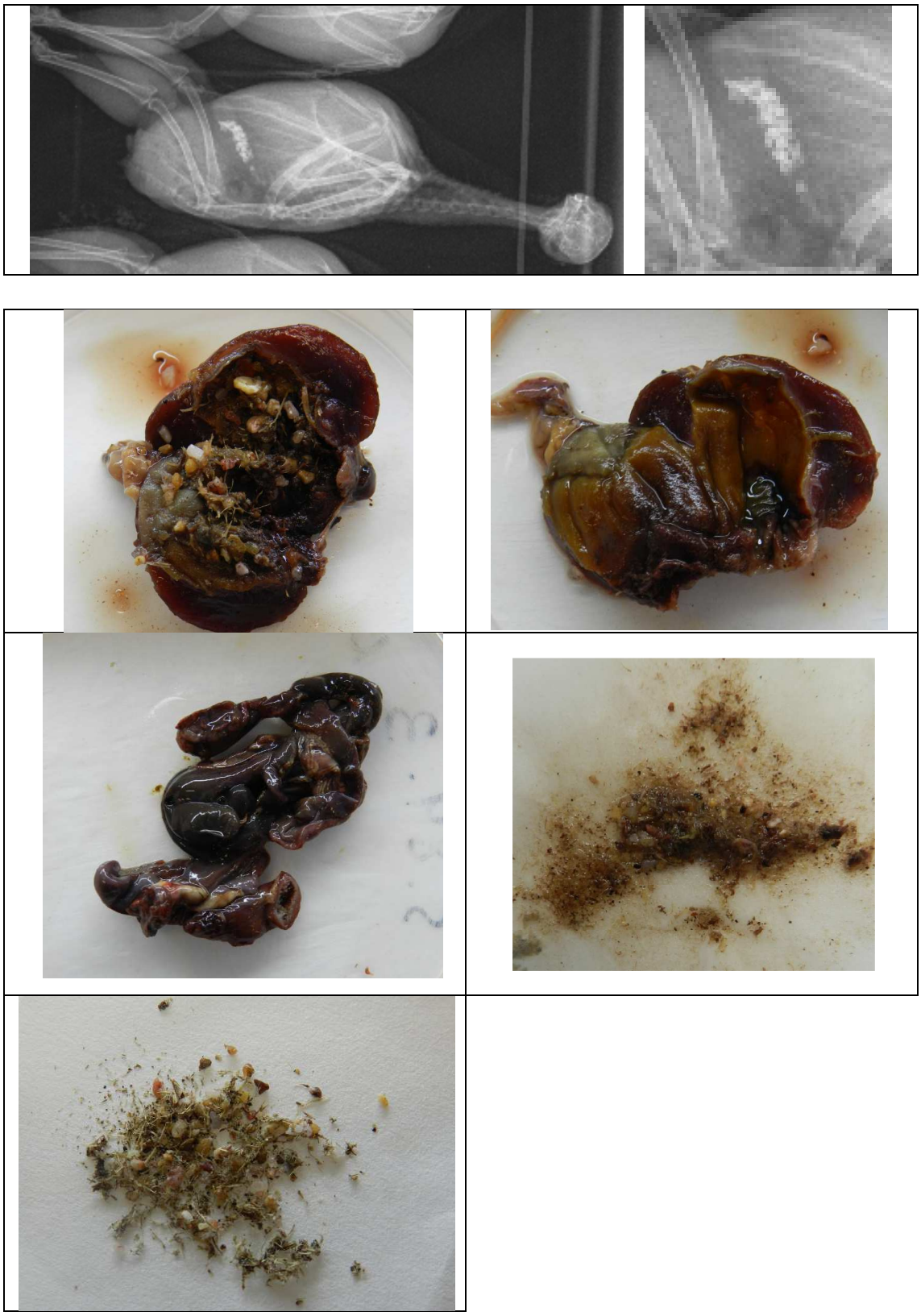


Figura 10. *EJEMPLAR CS-ZA-VIII-28. Estrato ZA-10303. Fecha captura 22/08/2019. Hembra. Juvenil. Nº perdigones (según radiografía): 0; concentración de Pb (µg/g): 1.052 (hígado); 2.887 (riñón); 0.038 (músculo).*

CS-ZA-VIII-26 (0.168 µg/g). Macho adulto, 2 perdigones acero (disparo)

CS-ZA-VIII-17 (0.229 µg/g). Hembra adulta, 2 perdigones acero (disparo)

CS-ZA-VIII-24 (0.098 µg/g). Macho adulto, 0 perdigones

CS-ZA-VIII-1 (0.182 µg/g). Macho adulto, 0 perdigones

CS-ZA-VIII-5 (0.387 µg/g). Macho juvenil, 1 perdigón acero (disparo)

Figura 11. *Mollejas y contenidos de otros ejemplares correspondientes a este mismo lote, su concentración hepática de Pb y el número de perdigones encontrados en cada ejemplar.*

Como puede observarse en la Figura 11, las tonalidades de color de la mucosa de las mollejas de estos ejemplares son similares a los de los ejemplares a la de los ejemplares anteriormente mostrados (concentración hepática de plomo superior a 0,65 µg/g, peso fresco). La ausencia de munición de plomo en dichos ejemplares, así como una tonalidad en la mucosa de la molleja similar a la de ejemplares con baja concentración hepática de Pb, no permiten asegurar una posible ingesta de perdigones de plomo del medio que justificara la concentración hepática encontrada.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN PERDIZ ROJA

Con respecto a la zona anatómica compatible con el buche, de los ejemplares (PA-CR-XI-) 2-8-13-14-18-19-21-26-30-31, solo se encontraron perdigones en buche en el ejemplar 19, siendo de acero y con agujeros de entrada de la munición.

En el ejemplar PA-CR-XI-13 se encontró un perdigón en molleja, pero era de acero. El ejemplar PA-CR-XI-19 tenía un perdigón en buche, pero se observó agujero de entrada y el perdigón era de acero. El ejemplar PA-CR-XI-22 tenía un perdigón de acero en molleja, y además se observó el agujero de entrada del mismo. El ejemplar PA-CR-XI-26 tenía un perdigón en molleja, pero era de acero. El ejemplar PA-CR-XI-27 tenía 10 perdigones, de los cuales 4 estaban en molleja y eran de plomo (no había orificio de entrada en molleja), y 1 en intestino (acero). Se trataba de un ejemplar con hasta la 4ª rémige mudada en granja, con signos inequívocos de procedencia de granja. En este último ejemplar había evidencia de ingesta de los perdigones que estaban en molleja.

A continuación (Figura 12), se muestran los datos e imágenes tomadas del ejemplar de perdiz roja cuya concentración hepática de Pb era superior a 0,65 µg/g (peso fresco), tomado como el valor de exposición ambiental a Pb más restrictivo según la literatura científica (Guitart et al. 1994; Ferrandis et al. 2008; Franson and Pain 2011; Berny et al. 2015; Bingham et al. 2015), y considerado en el estudio de 2019 (Romero et al., 2019).

Figura 12. *EJEMPLAR PA-CR-XI-27. Estrato CR-10517. Fecha captura 30/11/2019. Macho. Juvenil. Nº de perdigones encontrados: 4 en molleja, 1 en intestino (acero), 5 en resto del cuerpo (acero); Concentración de Pb (µg/g): 7.189 (hígado); 33.212 (riñón); 0.147 (músculo).*

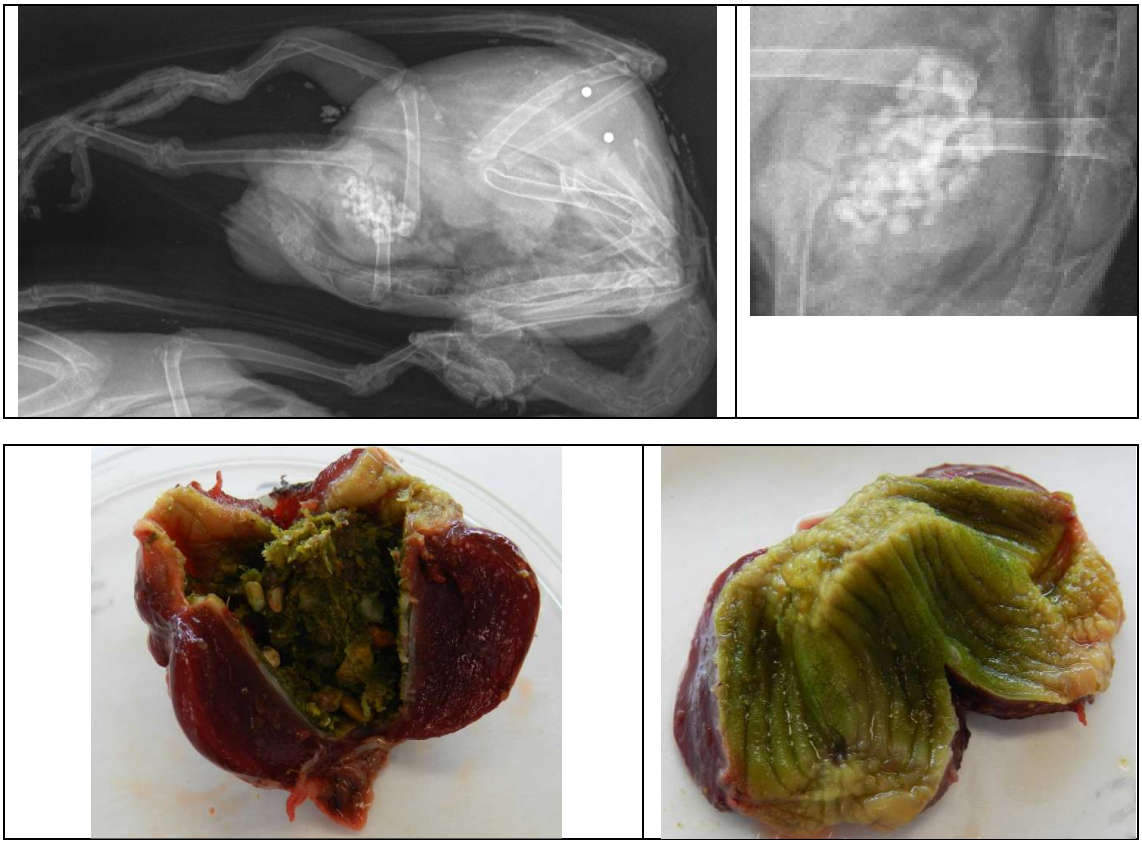
En este ejemplar es clara la evidencia de ingesta de perdigones de plomo del medio, lo cual justificaría las elevadas concentraciones tisulares encontradas, siendo máxima la concentración renal detectada.

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN PALOMA TORCAZ

Los ejemplares de paloma torcaz con posible presencia de perdigón en buche, según imagen radiológica, eran los siguientes: (PT-ZA-I-) 6-13-20-22-26 y 30. Finalmente, ninguno de los perdigones (acero) se encontraban en el interior del buche.

En el ejemplar PT-ZA-I-14 se encontró un perdigón de acero en molleja. El ejemplar PT-ZA-I-16 tenía un perdigón de acero en molleja. En el ejemplar PT-ZA-I-19 había un perdigón de acero en intestino.

A continuación (Figura 13), se muestran los datos e imágenes tomadas del ejemplar de paloma torcaz cuya concentración hepática de Pb era superior a 0,65 µg/g (peso fresco), tomado como el valor de exposición ambiental a Pb más restrictivo según la literatura científica (Guitart et al. 1994; Ferrandis et al. 2008; Franson and Pain 2011; Berny et al. 2015; Bingham et al. 2015), y considerado en el estudio de 2019 (Romero et al., 2019).



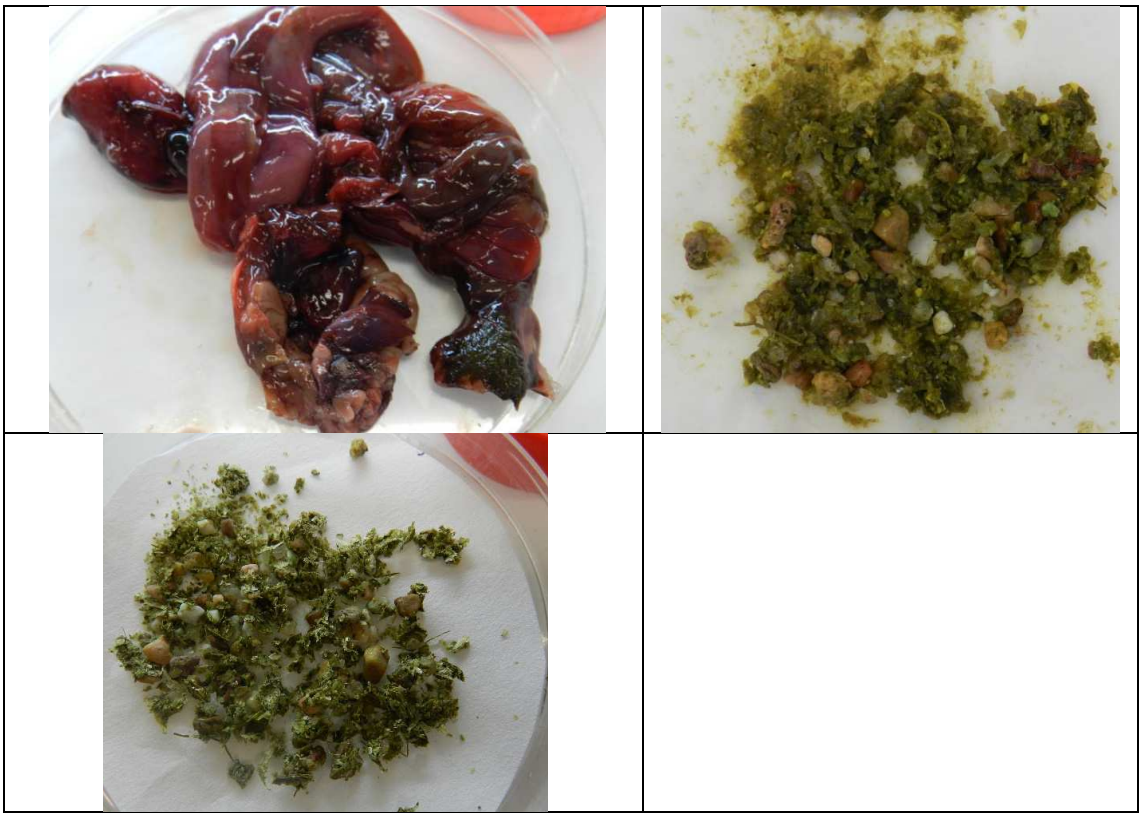
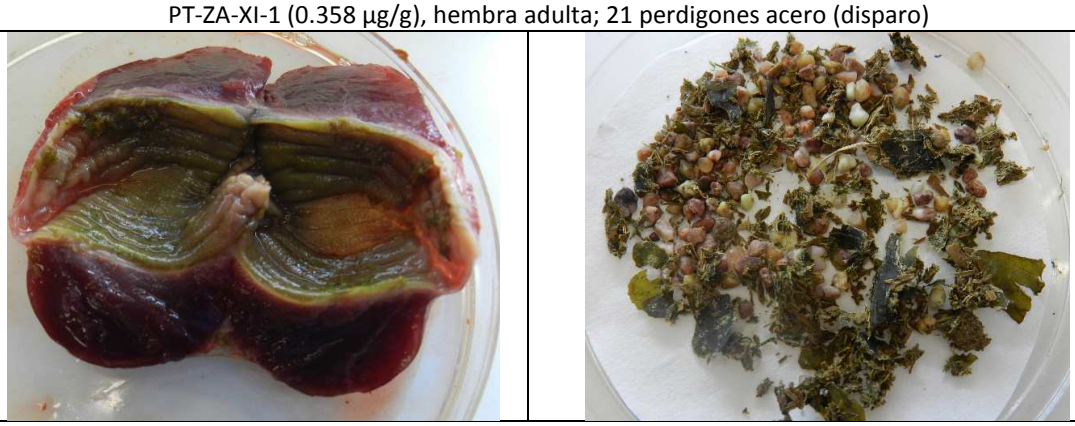


Figura 13. *EJEMPLAR PT-ZA-I-15. Estrato ZA-10719. Fecha captura 16/01/2020. Macho. Adulto. Nº de perdigones (según radiografía): 2 en tórax; concentración de Pb (µg/g): 1.230 (hígado); 0.455 (riñón); 0.018 (músculo).*

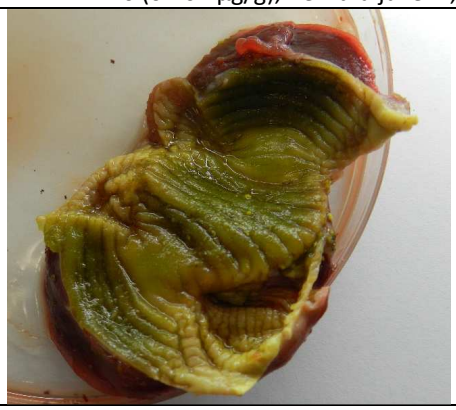
PT-ZA-XI-1 (0.358 µg/g), hembra adulta; 21 perdigones acero (disparo)



PT-ZA-I-7 (0.259 µg/g), macho adulto; 0 perdigones

PT-ZA-I-11 (0.311 µg/g), hembra adulta; 1 perdigón (disparo)

PT-ZA-I-16 (0.267 µg/g), hembra juvenil, 7 perdigones (disparo); 1 de ellos en molleja (acero)



PT-ZA-I-17 (0.289 µg/g), hembra adulta, 4 perdigones (disparo)

PT-ZA-I18 (0.310 µg/g), macho juvenil, 0 perdigones

Figura 14. *Muestras las mollejas de otros ejemplares correspondientes a este mismo lote, su concentración hepática de Pb y el número de perdigones encontrados en cada ejemplar.*

Tampoco se puede asociar la concentración hepática de plomo encontrada en el ejemplar PT-ZA-I-15 a un consumo de perdigones de plomo del medio en base a la coloración de la superficie interna de la molleja.

Se ha comparado la concentración detectada en los dos grupos de palomas del presente estudio (entorno rural, n=11 y entorno periurbano, n=20), no existiendo diferencias estadísticamente significativas en la concentración hepática de Pb: 0,252±0,033 (0,037-0,478 µg/g, peso fresco, entorno rural), y 0,337±0,051 (0,230-1,230 µg/g, peso fresco, entorno periurbano).

6.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON RESPECTO AL INFORME DE 2019

Ambos estudios muestran una concentración media de Pb muy baja y alejada del valor 0,65 µg/g (concentración umbral, peso fresco, de exposición ambiental descrita como más restrictiva en la bibliografía). No obstante, en el presente estudio se observa un incremento en la concentración hepática de Pb ($p<0,05$) en las tres especies objeto de estudio. Las concentraciones obtenidas en el Informe de 2019 (media geométrica y error estándar) pueden consultarse en Romero et al. (2019).

Tabla 17. *Comparativa de los estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb (µg/g, peso fresco)*

		Procedencia del lote	n	% de ejemplares con Pb hepático > 0,65 µg/g	Concentración de Pb (media geométrica ± error estándar
Coturniz coturnix	Estudio 2019	Zamora	31	6,5	0,121±0,213
Coturniz coturnix	Estudio 2020	Zamora	32	12,5	0,231±0,044
Alectoris rufa	Estudio 2019	Ciudad Real	97	9,3	0,065±0,166
Alectoris rufa	Estudio 2020	Ciudad Real	31	3,2	0,103±0,229
Columba palumbus	Estudio 2019	Zamora	12	8,3	0,018±0,230
Columba palumbus	Estudio 2020	Zamora	31	3,2	0,304±0,035

En el caso de la codorniz cabe destacar el incremento en el porcentaje de ejemplares con valor por encima de 0,65 µg/g, considerado por varios autores (como ya se ha indicado) como indicador de contaminación ambiental. En este caso, tres de los cuatro ejemplares con concentración de Pb por encima de este valor eran ejemplares juveniles (en el Informe de 2019, los dos ejemplares de codorniz con concentración hepática de Pb por encima del valor umbral también eran ejemplares juveniles). Es conocido el hábito insectívoro de la especie en edades tempranas, siendo los insectos una vía importante en la movilidad de los metales en las cadenas alimentarias (Butt et al., 2018), por lo que quizá este hábito podría explicar estos resultados.

7 CONCLUSIONES

Al tratarse de un informe de resultados con conclusiones en base a los mismos, no se procede (al igual que sucedió en el Informe de 2019) a realizar una discusión de los resultados, dejando ésta para la publicación del estudio (en su caso).

Las conclusiones que se desprenden del presente estudio son las siguientes:

Primera.- Las concentraciones medias de Pb en hígado de las tres especies siguen siendo muy bajas, al igual que se observó con las muestras analizadas en el estudio previo (Informe de 2019). El lote con valor más alto del presente estudio (0,302 µg/g de paloma torcaz) sigue estando alejado del valor de 0,65 µg/g (concentración umbral, peso fresco, de exposición ambiental descrita como más restrictiva en la bibliografía).

Segunda.- Solo se han encontrado evidencias de consumo de perdigón de Pb procedente del medio en un ejemplar de perdiz roja, con indicios suficientes para asegurar que se trataba de un ejemplar aclimatado y, por tanto, procedente de granja. Por lo tanto, el porcentaje de ejemplares de este estudio con evidencia de consumo de perdigones del medio natural es de 1,06%, un valor inferior al descrito en el Informe de 2019 e indicado en Romero et al. (2019) (3,0-3,8%).

Tercera.- Además de la perdiz indicada en la conclusión segunda, se comprueba la existencia de cuatro ejemplares de codorniz y uno de paloma torcaz que presentaron concentraciones de Pb en hígado por encima de 0,65 µg/g (peso fresco) (concentraciones comprendidas entre 0,809 y 1,230 µg/g, peso fresco), consideradas pues como contaminación ambiental, aunque sin evidencias de ingesta de perdigones de Pb del medio ambiente. Por ello se recomienda el seguimiento de estas especies y localizaciones, con objeto de determinar otras posibles fuentes de Pb en el ambiente.

Cuarta.- La concentración renal de Pb fue muy elevada en el ejemplar de perdiz roja (33,212 mg (kg, peso fresco), siendo pues clara su relación con la exposición a los perdigones encontrados en su molleja. En el caso de la paloma torcaz con concentración de Pb en hígado por encima del valor umbral, la concentración renal de Pb no fue elevada (0,455 µg/g, peso fresco). En el caso de las codornices que superaron dicho valor umbral en hígado, la concentración en riñón fue intermedia a los indicados previamente (2,887-14,471 µg/g, peso fresco).

Quinta.- En el caso del músculo, la concentración fue muy baja en el caso de las 4 codornices que superaron el valor umbral de Pb en hígado (0,036-0,038 µg/g, peso fresco) y de la paloma torcaz (0,018 µg/g, peso fresco), siendo superior en el caso de la perdiz roja que había ingerido perdigón de Pb del medio (0,147 µg/g, peso fresco).

Sexta.- Los porcentajes de ejemplares con concentración de Pb en hígado por encima del valor considerado como contaminación ambiental (0,65 µg/g) disminuyeron en el caso de perdiz y de paloma torcaz con respecto a la misma especie y localización (Informe de 2019), aumentando en el caso de la codorniz. Considerando los hábitos insectívoros de esta última especie (sobre todo en edades tempranas), y ante la falta de indicios de exposición a Pb por ingesta de munición de Pb en los ejemplares que superaron dicho umbral, convendría investigar si estos hábitos pueden condicionar el resultado observado en estos casos, recomendándose que la obtención de piezas se realice siempre con acero.

Se recomienda la realización de nuevos estudios en los que se pudiera determinar (1) el origen del Pb en los ejemplares con elevada concentración de Pb hepático y en los que no existen evidencias de ingesta de perdigones de Pb del medio, incluyendo estudios sobre insectos y otros tejidos (como el riñón), y (2) concentración de Pb en músculo de piezas de caza, para comprobar la existencia o no de riesgo alimentario por consumo de estas piezas, para lo cual son de utilidad las muestras ya tomadas de este estudio así como del anterior.

8 FECHA Y FIRMAS

Este informe ha sido elaborado a petición de la Federación Sectorial Española de Armas y Municiones (FSA).

Fecha: 1 de septiembre de 2020.

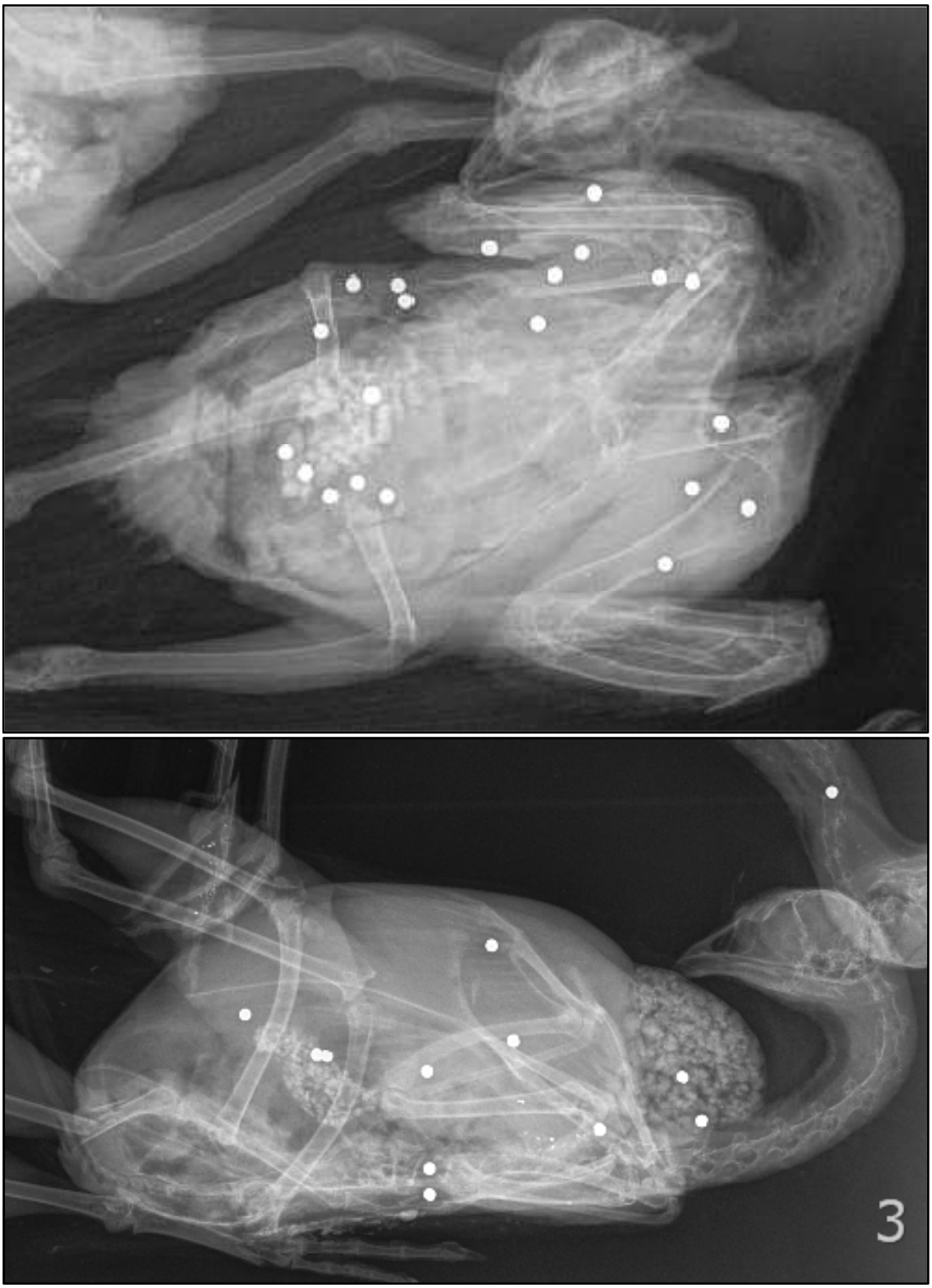
Intervinientes: D. Antonio de José Prada, D. Diego Romero García, D. Juan Manuel Theureau de la Peña, D. Juan Bautista Torregrosa Soler y D. Andrés Ferrer Gisbert.

9 REPORTAJE FOTOGRÁFICO

***Fotografías 1, 2 y 3**: Detalle de radiografía de perdices*

***Fotografías 4, 5 y 6**: Detalle de algunos ejemplares muestreados*

***Fotografías 7 y 8**: Detalle de perdigones con ubicación compatible con órganos del aparato digestivo*



***Fotografías 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16**: Detalle de estudio físico de ejemplares*

Paloma torcaz	Paloma torcaz. Detalle de ala
Perdiz. Impactos de munición en tórax	Perdiz. Buche
Codorniz. Detalle de gónadas	Perdiz. Orificio de impacto en buche
Codorniz. Perdigón subutáneo en abdomen	Codorniz. Perdigón en entrada a tórax

10 BIBLIOGRAFÍA CITADA

Berny P, Vilagines L, Cugnasse JM, Mastain O, Chollet JY, Joncour G, Razin M (2015) Vigilance poison: illegal poisoning and lead intoxication are the main factors affecting avian scavenger survival in the Pyrenees (France). Ecotoxicol Environ Saf 118:71–82.

Bingham RJ, Larsen RT, Bissonette JA, Hall JO (2015) Widespread ingestión of lead pellets by wild chukars in northwestern Utah. Wildl Soc Bull 39(1):94–102.

Butt, A., Qurat-ul-Ain, Rehman, K. *et al.* Bioaccumulation of cadmium, lead, and zinc in agriculture-based insect food chains. *Environ Monit Assess* 190, 698 (2018). https://doi.org/10.1007/s10661-018-7051-2

Ferrandis P, Mateo R, López-Serrano FR, Martínez-Haro M, Martínez-Duro E (2008) Lead-shot exposure in red-legged partridge (Alectoris rufa) on a driven shooting estate. Environ Sci Technol 42:6271–6277.

Franson JC, Pain DJ (2011) Lead in birds. In: Nelson W Beyer & Meadorv JP (eds) Environmental contaminants in biota: interpreting tissue concentrations, 2nd edn. CRC, Boca Raton, pp 563–593.

Guitart R, To-Figueras J, Mateo R, Bertolero A, Cerradelo S, Martínez-Vilalta A (1994) Lead poisoning in waterfowl from the Ebro Delta, Spain: calculation of lead exposure thresholds for mallards. Arch Environ Contam Toxicol 27:289–293.

Romero D, de José A, Theureau JM, Ferrer A, Raigón MD, Torregrosa JB. Lead in terrestrial game birds from Spain. Environmental Science and Pollution Research. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06827-y.