

**INCIDENCIA Y REPERCUSIÓN SOBRE LAS AVES
CINEGÉTICAS NO ACUÁTICAS POR APORTE DE PERDIGONES
DE PLOMO AL MEDIO TERRESTRE**

2019

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 Socio sanitarias 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. Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

Andrés Ferrer Gisbert

Doctor Ingeniero Agrónomo Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. Universidad Politécnica de Valencia (UPV)



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 disponer de un documento técnico-científico, en el que, tras la correspondiente programación y desarrollo de los trabajos oportunos, se evalúe la posible incidencia y repercusión sobre aves cinegéticas del aporte de perdigones de plomo al medio terrestre como consecuencia de la práctica de la actividad cinegética, empleando munición de plomo.

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

- Universidad Politécnica de Valencia (UPV): Juan Bautista Torregrosa Soler (Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia) y Andrés Ferrer Gisbert (Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia).
- Universidad de Murcia (UMU): Diego Romero García (Profesor Titular de la Universidad de Murcia).
- Juan Manuel Theureau de la Peña (ingeniero de Montes).
- Antonio de José Prada (ingeniero de Montes).

Otras especificaciones del encargo:

- no se acometerá tal evaluación sobre aves acuáticas cinegéticas ni sobre aves rapaces,
- se acometerá el estudio para aves granívoras (que precisen de gastrolitos en su alimentación) tanto sedentarias como migratorias,
- se acometerá el estudio procurando muestras de campo procedentes de diferentes territorios y/o condiciones, en cuanto a intensidades de caza o de hábitats

La presente memoria se corresponde con los resultados finales obtenidos, con objeto de aportar toda la información obtenida.

1.2 FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- Revisión bibliográfica. Realizado por Antonio de José Prada.
- Trabajo de campo: consistente en la obtención de piezas de caza (un 25% tomadas en espacio Red Natura 2000). 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 por Antonio de José Prada y Juan Manuel Theureau de la Peña.
- Obtención de valores secundarios (buches), consistente en la observación del contenido de losbuches de las diferentes piezas de caza. Realizado por Antonio de José Prada y Juan Manuel Theureau de la Peña.
- Obtención de valores secundarios (mollejas e intestinos), consistente en la observación del contenido de las mollejas y de los intestinos de las diferentes piezas de caza. Realizado en la Universidad de Murcia por Diego Romero García.

- Obtención de valores secundarios (análisis químico de muestras biológicas). Realizado en la Universidad de Murcia por Diego Romero García.
- Análisis y discusión de resultados. Elaboración de memorias preliminar y final. Realizado por Antonio de José Prada, Juan Manuel Theureau de la Peña, Andrés Ferrer Gisbert, Juan Bautista Torregrosa Soler y Diego Romero García.

1.3 ANTECEDENTES EN ESTUDIOS SIMILARES

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 son muy escasos.

Tras una revisión de los mismos, se han encontrado 13 artículos de interés relacionados con aves de hábitats terrestres que se reproducen a continuación, siendo los mismos reiteradamente repetidos en otras publicaciones o referencias científicas.

Artículos publicados realizados en España:

- Lead-Shot Exposure in Red-Legged Partridge (*Alectoris rufa*) on a Driven Shooting Estate. Environ. Sci. Technol (2008).
- Lead Exposition by Gunshot Ingestion in Red-Legged Partridge (*Alectoris rufa*). Vet Human Toxicol 46 (2004).

Artículos publicados realizados en Europa:

- Incidence of ingested lead gunshot in wild grey partridges (*Perdix perdix*) from the UK. Eur J Wildl Res (2005).
- Incidence of lead shot ingestion in red-legged partridges (*Alectoris rufa*) in Great Britain. Veterinary Record (2005).
- Lead exposure in ring-necked pheasants on shooting estates in Great Britain. Wildlife Society Bulletin 33 (2005).
- Lead Poisoning in Game from Denmark. Danish review of Game Biology Vol. 11 nº 2 (1979).
- Lead intoxication by ingestion of lead shot in racing pigeons (*Columba livia*). Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift 73 (2004).

Artículos publicados en Estados Unidos:

- Fall Diet of Chukars (*Alectoris chukar*) in eastern Oregon and discovery of ingested lead pellets. Western North American Naturalist 63 (2003).
- Grit size preferences and confirmation of ingested lead pellets in chukars (*Alectoris chukar*). Western North American Naturalist 67 (2007).
- Wildspread ingestion of lead pellets by wild chukars in Northwestern Utah. Wildlife Society Bulletin 39 (2015).
- Fall diet of a relict pheasant population in North Carolina. The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 116 (2000).
- Toxic lead exposure in the urban rock dove. Journal of Wildlife Diseases 23 (1987).
- Availability and ingestion of lead shot by mourning doves (*Zenaidura macroura*) in southeastern New Mexico. The Southwestern Naturalist 37 (1992).

2 DESARROLLO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se inicia en marzo de 2016, con la elección del equipo multidisciplinar que determina la metodología y objetivos a seguir.

Como fase inicial se comenzó eligiendo las especies y las zonas objeto de muestreo. Posteriormente se estableció un protocolo de actuación para la toma de muestras en campo y un protocolo para determinar qué muestras tomar, así como las analíticas desarrollar para las piezas obtenidas a lo largo del estudio.

Las primeras piezas de caza se obtienen en agosto de 2016 (temporada de caza 2016/17) y es en diciembre de 2017 (temporada de caza 2017/18) cuando se completan los lotes y número de muestras seleccionadas para el presente informe.

Durante este tiempo se solapan los procesados de los ejemplares y las analíticas, las cuales finalizan en agosto de 2018.

3 TRABAJO DE CAMPO

Atendiendo a la lista de especies de aves potenciales de muestreo, al método de captura de las aves, a las diferencias potenciales en cuanto al lugar de origen de las piezas (según la densidad de población en el entorno y de la intensidad de caza), así como las posibilidades reales de muestreo por el equipo de campo, se programó la obtención de un número suficientemente elevado de piezas de caza con objeto de que el estudio fuera representativo.

Las variables observadas y cuantificables fueron las siguientes:

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

3.1 DEFINICIÓN DE LAS DIFERENTES VARIABLES

3.1.1 Variable ESPECIE

Especies elegidas

De entre las posibles especies de aves susceptibles de muestreo, se han elegido las especies cinegéticas cuyo hábitat es el medio terrestre y que además de ser preferentemente granívoras, precisan de gastrolitos en su proceso digestivo.

Tabla 1. Especies elegidas para el estudio

	Sedentarias	Migratorias estivales	Otras (**)
Gallináceas	<i>Alectoris rufa</i> <i>Alectoris barbara</i>	<i>Coturnix coturnix</i> (*)	-
Colúmbidos	<i>Columba livia</i> (*)	<i>Streptopelia turtur</i>	<i>Columba oenas</i> <i>Columba palumbus</i>

*Carácter migratorio no estricto; ** *Columba palumbus* cuenta con territorios de presencia permanente, de presencia estival, y poblaciones invernantes con marcados pasos migratorios. *C. oenas* es una especie principalmente invernante en la Península Ibérica.

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 o no 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 localización es suficiente para aportar información relativa a los niveles tisulares de plomo. El reparto de ejemplares obtenidos se presenta en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Muestras previstas y obtenidas en los diferentes lugares de muestreo

Zona	Especie	Tipo	Muestras previstas	Muestras obtenidas	Lote
Castilla y León	<i>Alectoris rufa</i>	Salvaje	30	30	Completo
	<i>Coturnix coturnix</i>	Salvaje	30	31	Completo
	<i>Columba palumbus</i>	Media Veda	30	30	Completo
	<i>Columba palumbus</i>	Invernante	30	13	Incompleto
	<i>Columba livia</i>	-	30	28	Incompleto
	<i>Columba oenas</i>	Invernante	30	30	Completo
Castilla-La Mancha	<i>Alectoris rufa</i>	Aclimatada	90	97	Completo
Comunidad Foral de Navarra	<i>Alectoris rufa</i>	Granja cinegética	30	26	Incompleto
Canarias	<i>Alectoris barbara</i>	Salvaje	30	13	Incompleto
	<i>Columba livia</i>	-	-	1	*
Comunidad Valenciana	<i>Alectoris rufa</i>	Salvaje	60	66	Completo
	<i>Streptopelia turtur</i>	-	30	31	Completo
	<i>Columba palumbus</i>	Media Veda	30	30	Completo
	<i>Columba palumbus</i>	-	-	4	*
	<i>Columba livia</i>	-	60	60	Completo
Madrid	<i>Columba palumbus</i>	-	30	30	Completo
	<i>Columba livia</i>	-	30	10	Incompleto
			570	530	

*No consideradas inicialmente en el estudio

La anterior Tabla 2 no incluye aquellas piezas utilizadas inicialmente para concretar protocolos ni aquellas piezas objeto de reposición (22 muestras de Museros y 9 muestras que no pudieron ser digeridas en el pretratamiento de la muestra antes del análisis químico de Pb, lo que hace un total de 561 muestras entregadas en el laboratorio del Área de Toxicología de la Universidad de Murcia).

El lote de *Columba palumbus* de invernada de Castilla y León, ha quedado incompleto debido a la dificultad encontrada para obtener piezas de caza por una migración irregular durante la temporada 2016/17.

El lote de *Columba livia* de Castilla y León, ha quedado incompleto debido a la falta de capturas en las temporadas 2016/17 y 2017/18.

El lote de *Alectoris rufa* de la granja cinegética de Navarra, ha quedado incompleto debido al escape de tres ejemplares en la entrega y a que la muestra de un ejemplar no fue posible. Los ejemplares de granja fueron abastecidos por el productor directamente al veterinario colaborador para su sacrificio, siendo inmediatamente congeladas a -20°C.

El lote de *Alectoris barbara* de La Gomera ha quedado incompleto pues en la temporada 2017/18 tan sólo se habilitó un día de caza por la sequía, no pudiendo asistir los cazadores colaboradores durante dicha temporada.

El lote de *Columba livia* de Madrid, ha quedado incompleto por falta de aportación de ejemplares por los cazadores colaboradores.

Aun así, consideramos oportuno procesar todas estas muestras.

En previsión de lotes que no pudieran completarse con las 30 piezas del lugar preestablecido, se obtuvieron piezas de otras zonas. Es el caso de *Columba palumbus* en la Comunidad Valenciana (media veda e invernada, T.M. de Sacañet). El caso de un ejemplar de *Columba livia* en Canarias obedece a que dicha pieza fue entregada, al margen del muestreo, pero no por ello despreciada.

Es de reseñar la existencia de lotes que superan las 30 piezas. Esto se debe a que no se quiso realizar descartes subjetivos de piezas, cuando aportadas a la vez las últimas del lote por los cazadores, se superaba las 30 unidades. Es el caso de los lotes de perdiz roja (*Alectoris rufa*) aclimatada en Ciudad Real: octubre (32), noviembre (31) y diciembre (34); y también con los lotes de codorniz común (*Coturnix coturnix*) de Zamora (31) y tórtola europea (*Streptopelia turtur*) de Alicante (31) y perdiz roja (*Alectoris rufa*) de Alicante (36).

Cuando en una temporada cinegética (2016/17) no se alcanzó el total del lote compuesto por 30 piezas, se completó o intentó completar dicho lote en la siguiente temporada cinegética (2017/18).

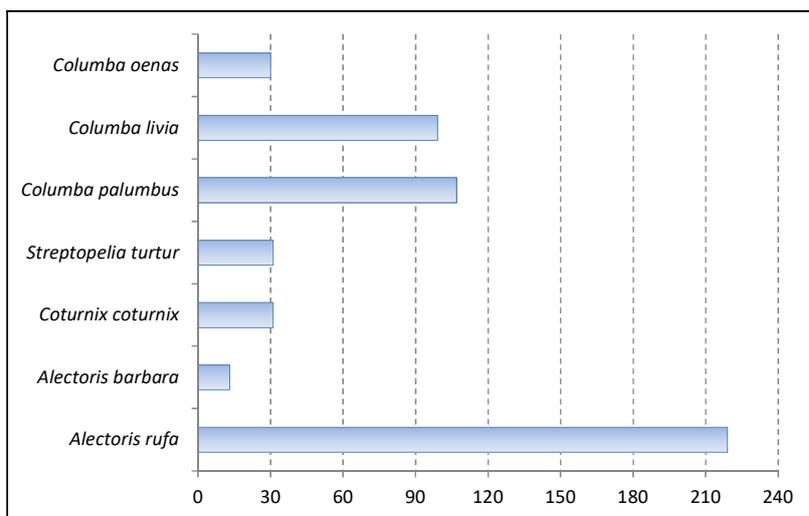
Número total de especies

Finalmente, el número total de piezas a las que se les realizó el estudio completo fue de 530, repartidas de la siguiente forma por especies:

- <i>Alectoris rufa</i>	219 piezas	Fotografía 1
- <i>Alectoris barbara</i>	13 piezas	Fotografía 2
- <i>Coturnix coturnix</i>	31 piezas	Fotografía 3

- *Streptopelia turtur* 31 piezas Fotografía 4
- *Columba palumbus* 107 piezas Fotografía 5
- *Columba livia* 99 piezas Fotografía 6
- *Columba oenas* 30 piezas Fotografía 7

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 (PS: perdiz salvaje, PA: perdiz aclimatada, PG: perdiz granja, PM: perdiz moruna, CS: codorniz salvaje, TE: tórtola europea, PT: paloma torcaz, PB: paloma bravía, PZ: paloma zurita)

BB: provincia de captura (ZA: Zamora, A: Alicante, CR: Ciudad Real, GOM: Santa Cruz de Tenerife, M: Madrid, AV: Ávila, N: Navarra, V: Valencia, CS: Castellón). En el caso de determinados lotes, debido a su particularidad, se ha identificado con este subcódigo dicha particularidad (GRANJA: granja cinegética, AER: aeropuerto de Manises, PV: puerto de Valencia)

CC: mes de captura (en números romanos)

00: número de orden de la muestra (en número arábigos)

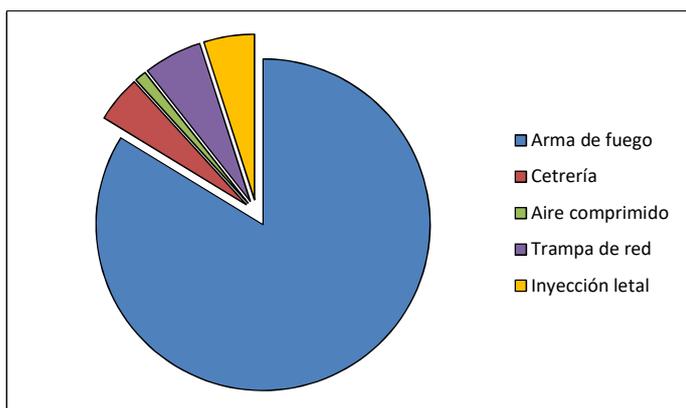
3.1.2 Variable MÉTODO DE CAPTURA

De las 530 piezas muestreadas, los métodos de captura fueron los siguientes:

- Con arma de fuego 444 piezas
- Cetrería 24 piezas
- Con aire comprimido 6 piezas

- Trampa de red 30 piezas
- Inyección letal 26 piezas

Figura 2. Distribución del número de piezas por métodos de captura



De entre las posibles variables de captura, estas se han elegido ante la necesidad de obtener ejemplares en determinadas zonas donde el uso de las armas está prohibido, pero sí existen otras opciones de captura. A continuación se describe brevemente cada uno de los métodos empleados en el trabajo de campo desarrollado:

- En el caso de captura mediante caza con arma de fuego (escopeta), la munición empleada en todos los casos ha sido perdigón de plomo de diferentes calibres en función de la especie objetivo, desde perdigón del número 10 (\varnothing 1,9 mm) hasta perdigón del número 6 (\varnothing 2,7 mm). Para la obtención de algunas de las piezas de caza, principalmente en el caso de las perdices y de las codornices, este método se ha auxiliado con perros de caza para muestra y cobro de las piezas. El número de ejemplares capturados con este método ha sido de 444 ejemplares.

NOTA: inicialmente se contempló el empleo de perdigón de acero, debido a la gran ventaja que supone que dicha munición no añade ningún tipo de contaminación por plomo proveniente del tiro a la pieza, pero habida cuenta del gran número de muestras con el que se pensaba contar, superior a 500, había que llegar a acuerdos con cazadores, para que facilitaran las piezas previo suministro de la munición de acero por parte del equipo investigador. Dadas las dificultades para llegar a dichos acuerdos, así como objeciones en materia de seguridad de las personas colaboradoras, se optó por elegir como única munición el plomo. Además, la práctica totalidad de los estudios realizados hasta la fecha se han realizado con pocas muestras y obtenidas empleando munición de plomo, por lo que, sin cerrar una segunda parte en la que se pueda emplear acero, se consideró interesante continuar con esta metodología para contrastar resultados.

- En el caso de las capturas mediante cetrería (aeropuerto de Manises) se han empleado halcones para su caza (24 ejemplares).
- En el caso de las capturas mediante aire comprimido (carabina de aire comprimido en el aeropuerto de Manises), el calibre empleado ha sido del 5,5 y munición de plomo (6 ejemplares). Inicialmente todas las capturas estaban previstas mediante cetrería.

- En el caso de capturas con trampa de red (puerto de Valencia), los ejemplares fueron posteriormente sacrificados mediante el empleo de gas, conforme a la autorización de control (30 ejemplares). Autorización de 19 de abril de 2016, referencia BIO/FC/15661/21 03 2016.
- En el caso de los ejemplares procedentes de granja cinegética, los ejemplares fueron trasladados vivos desde la granja cinegética siendo sacrificados atendiendo a la normas establecidas para el mismo (26 ejemplares).

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 seis comunidades autónomas:

Castilla y León:

Las piezas de caza se han obtenido de las provincias de Ávila y Zamora.

Únicamente se ha obtenido una muestra de Ávila (El Losar del Barco), por lo que las características de este territorio no son significativas, a lo que se ha de añadir que la muestra es una paloma torcaz (*Columba palumbus*) de invernada.

Dentro de la provincia de Zamora, las muestras se han obtenido de tres unidades de gestión (espacios cinegéticos). Dos de ellas colindantes y situadas en los términos municipales de Palacios del Pan y Andavías, concretamente en los cotos privados de caza matrícula ZA-10303 (Palacios del Pan) y ZA-10304 (Andavías). La tercera de las unidades es la Reserva Regional de Caza "las Lagunas de Villafáfila", concretamente el cuartel de Villalba de la Lampreana. Las dos primeras serán consideradas como un único estrato a los efectos de sus características mientras que la tercera será considerada como una única unidad a efectos descriptivos:

Tabla 3. Características generales del Estrato ZA-10303-ZA-10304 y del Estrato RRCLV

	ZA-10303-ZA-10304	RRCLV
Superficie (ha)	4251	2829
Precipitación media (mm)	474,3	416,0
Temperatura media (°C)	11,7	12,1
Periodo cálido (meses)	0	2
Periodo frío o de heladas (meses)	6	8
Periodo seco o árido (meses)	3,5	4
Altitud (m)	720	680
Espacios protegidos	NO	SI
Usos del suelo	80 % agrícola – 20 % forestal	95 % agrícola – 5 % forestal
Principal cultivo agrícola	Cereal de secano	Cereal de secano

Castilla-La Mancha:

Las piezas de caza se han obtenido de la provincia de Ciudad Real.

Dentro de la provincia de Ciudad Real, las muestras se han obtenido de tres 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, CR-10517 y CR-10530), a los efectos de características del territorio serán consideradas como un único estrato:

Tabla 4. Características generales del Estrato CR-10420-CR-10517-CR-10530

	CR-10420-CR-10517-CR-10530
Superficie (ha)	1544
Precipitación media (mm)	525,6
Temperatura media (°C)	13,6
Periodo cálido (meses)	2
Periodo frío 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

Comunidad Valenciana:

Las piezas de caza se han obtenido de las provincias de Alicante, Castellón y Valencia.

Dentro de la provincia de Alicante, las muestras se han obtenido de una única unidad de gestión (espacio cinegético), concretamente en el término municipal de Pilar de la Horadada, coto deportivo de caza A-10517.

De la provincia de Castellón únicamente se han obtenido cuatro muestras del término municipal de Sacañet (espacio cinegético CS-10063), por lo que las características de

este territorio, esencialmente forestales, no son significativas a lo que se ha de añadir que las muestras son de paloma torcaz (*Columba palumbus*), dos de media veda y dos de invernada.

En la provincia de Valencia se han obtenido muestras de dos zonas fuertemente antropizadas, concretamente el Aeropuerto de Valencia de los términos municipales de Manises y Quart de Poblet, y el Puerto de Valencia en el término municipal de Valencia.

Tabla 5. Características generales del Estrato A-10517, Estrato Aeropuerto y Estrato Puerto

	A-10517	Aeropuerto de Valencia	Puerto de Valencia
Superficie (ha)	432	-	-
Precipitación media (mm)	322,2	458,2	443,4
Temperatura media (°C)	18,3	17,2	17,5
Periodo cálido (meses)	2	2	0
Periodo frío o de heladas (meses)	1	3	1
Periodo seco o árido (meses)	6	4	4
Altitud (m)	60	73	2
Espacios protegidos	SI	NO	NO
Usos del suelo	95 % agrícola - 5 % forestal	Improductivo	Improductivo
Principal cultivo agrícola	Cítricos	Eriales y cítricos	-

Canarias:

Las piezas de caza se han obtenido de la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Dentro de esta provincia, las muestras se han obtenido de una única unidad de gestión (espacio cinegético), concretamente en el término municipal de San Sebastián de la Gomera, la zona de caza controlada del Cabildo Insular de La Gomera.

Tabla 6. Características generales del Estrato ZCC CI La Gomera

	ZCC CI La Gomera
Superficie (ha)	6300
Precipitación media (mm)	164,8
Temperatura media (°C)	19,7
Periodo cálido (meses)	0
Periodo frío o de heladas (meses)	0
Periodo seco o árido (meses)	10
Altitud (m)	400
Espacios protegidos	SI
Usos del suelo	2 % agrícola - 98 % forestal
Principal cultivo agrícola	Tropicales y huertas

Comunidad de Madrid:

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

Dentro de esta provincia, las muestras se han obtenido de una única unidad de gestión (espacio cinegético), concretamente en el término municipal de Humanes de Madrid, coto privado de caza matrícula M-10734.

Tabla 7. Características generales del Estrato M-10374

	M-10734
Superficie (ha)	500
Precipitación media (mm)	414,7
Temperatura media (°C)	14,5
Periodo cálido (meses)	2
Periodo frío o de heladas (meses)	6
Periodo seco o árido (meses)	4
Altitud (m)	680
Espacios protegidos	NO
Usos del suelo	95 % agrícola - 5 % forestal
Principal cultivo agrícola	Cereal de secano

Comunidad Foral de Navarra:

Las piezas de caza se han obtenido de la provincia de Navarra, concretamente de la granja cinegética La Patirroja, S.A., situada en el municipio de Mendigorria. Dada la procedencia de los ejemplares, resulta innecesario determinar las características del territorio.

Como resumen, en la Tabla 8 se presentan las piezas de caza obtenidas en las 6 comunidades autónomas, y de estas en las 9 provincias, 12 términos municipales y en las diferentes unidades de gestión, algunas de ellas agrupadas en un mismo estrato por las condiciones anteriormente referidas.

Tabla 8. Distribución de las piezas capturadas

Comunidad Autónoma	Provincia	Término Municipal	Unidad de gestión	Nº de piezas	Especie	
Castilla y León	Ávila	El Losar del Barco	AV-10475	1	<i>Columba palumbus</i>	
				26	<i>Alectoris rufa</i>	
	Zamora	Palacios del Pan	ZA-10303	21	<i>Coturnix coturnix</i>	
				42	<i>Columba palumbus</i>	
				13	<i>Columba livia</i>	
				30	<i>Columba oenas</i>	
				4	<i>Alectoris rufa</i>	
Andavías	ZA-10304	ZA-10304	10	<i>Coturnix coturnix</i>		
			15	<i>Columba livia</i>		
Castilla-La Mancha	Ciudad Real	Torre de Juan Abad	CR-10530	56	<i>Alectoris rufa</i>	
			CR-10517	24	<i>Alectoris rufa</i>	
			CR-10420	17	<i>Alectoris rufa</i>	
Comunidad Valenciana	Alicante	Pilar de la Horadada	A-10517	36	<i>Alectoris rufa</i>	
				31	<i>Streptopelia turtur</i>	
				30	<i>Columba palumbus</i>	
				30	<i>Columba livia</i>	
	Castellón	Secañet	CS-10063	CS-10063	4	<i>Columba palumbus</i>
					Valencia	Manises ¹
	Valencia	Puerto	30	<i>Columba livia</i>		
Canarias	Santa Cruz de Tenerife	San Sebastián de la Gomera	ZCC	13	<i>Alectoris barbara</i>	
			ZCC	1	<i>Columba livia</i>	
Comunidad de Madrid	Madrid	Humanes de Madrid	M-10734	30	<i>Columba palumbus</i>	
				10	<i>Columba livia</i>	
Comunidad Foral de Navarra	Navarra	Mendigorría	Granja cinegética	26	<i>Alectoris rufa</i>	

¹ A los efectos, Manises es representativo de los dos términos municipales en los que se encuentra el aeropuerto de Valencia, Manises y Quart de Poblet.

A continuación, en las siguientes gráficas (figuras 3 y 4) se representa la distribución de capturas totales por términos municipales y por provincias:

Figura 3. Distribución del número de piezas por provincias

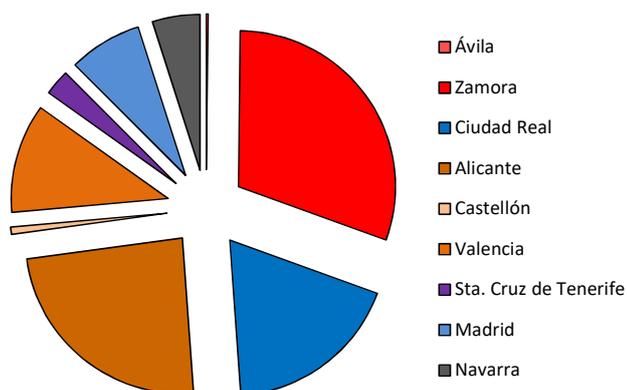
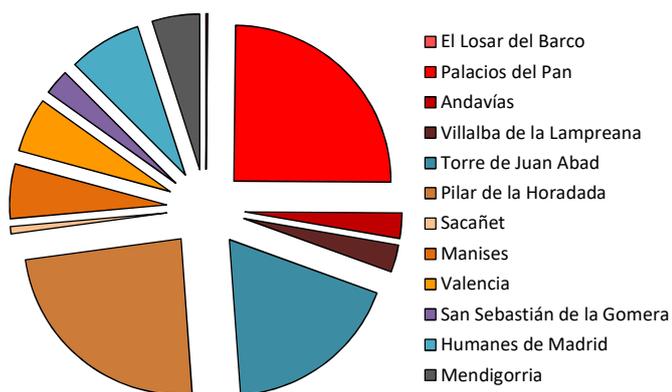


Figura 4. Distribución del número de piezas por términos municipales



Contaminación ambiental

A partir del Atlas Geoquímico de España (Instituto Geológico y Minero de España dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España), hemos considerado como variable la proximidad de la zona de muestreo a espacios fuertemente antropizados, 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 trabajo, se han encontrado los siguientes valores de plomo (Pb) en muestras de suelo para las diferentes unidades de gestión muestreadas, asociadas a término municipal (Tabla 9).

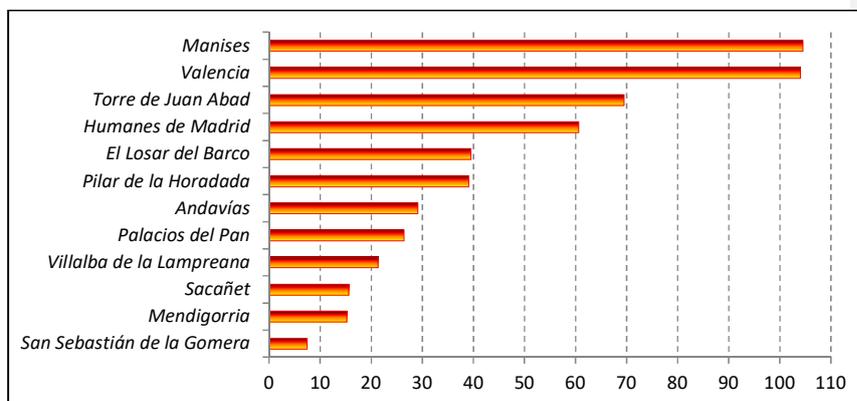
Tabla 9. Partes por millón de Pb en muestras de suelo

Comunidad Autónoma	Provincia	Término Municipal	Unidad de gestión	Pb (ppm)
Castilla y León	Ávila	El Losar del Barco	AV-10475	39,5
		Palacios del Pan	ZA-10303	20,7 - 32,0
	Zamora	Andavías	ZA-10304	29,1
		Villalba de la Lampreana ¹	RRCLV	20,1 - 22,5
Castilla-La Mancha	Ciudad Real	Torre de Juan Abad	CR-10530	69,3 - 69,7
			CR-10517	
			CR-10420	
Comunidad Valenciana	Alicante	Pilar de la Horadada	A-10517	39,1
	Castellón	Secañet ²	CS-10063	15,6
	Valencia	Manises	Aeropuerto	85,3 -124,0
		Valencia	Puerto	104
Canarias	Santa Cruz de Tenerife	San Sebastián de la Gomera	ZCC	4,8 - 9,9
Comunidad de Madrid	Madrid	Humanes de Madrid	M-10734	60,6
Comunidad Foral de Navarra	Navarra	Mendigorría ³	Granja cinegética	12,5 - 17,9

¹ El término municipal es Villafáfila por falta de datos en el de Villalba de la Lampreana; ² El término municipal es Bejis por falta de datos en el de Secañet; ³ El término municipal es Artajona por falta de datos en el de Mendigorría

En la siguiente gráfica (figura 5) se representan de menor a mayor las concentraciones por términos municipales encontradas en las muestras de suelo contenidas en el Mapa Geoquímico de España:

Figura 5. 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

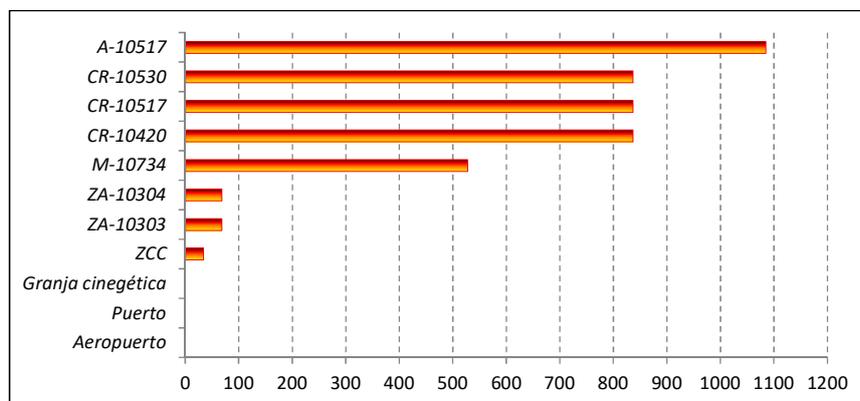
el medio terrestre. De este modo, considerando el caso más desfavorable, cartuchos de carga de perdigón de 34 gr, se ha estimado lo siguiente por unidad de gestión:

Tabla 10. 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
AV-10475	s.d.	s.d.
ZA-10303	2,01	68,34
ZA-10304	2,01	68,34
RRCLV	s.d.	s.d.
CR-10530	24,61	836,74
CR-10517	24,61	836,74
CR-10420	24,61	836,74
A-10517	31,91	1084,94
CS-10063	s.d.	s.d.
Aeropuerto	0,00	0,00
Puerto	0,00	0,00
ZCC La Gomera	< 1,00	< 34,00
M-10734	15,51	527,34
Granja cinegética	0,00	0,00

En la siguiente gráfica (figura 6) 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 6. Peso de plomo procedente de cartuchos en gr/ha y temporada



3.1.5 Variable ÉPOCA DE CAPTURA

Bajo la hipótesis de que, en zonas de alta intensidad de caza, el número de perdigones al alcance de las aves se incrementa desde el inicio (octubre) hasta el final de temporada (enero), se decide programar la captura de ejemplares de perdiz roja (mayormente perdices aclimatadas) de Ciudad Real, procurando tomar muestras en octubre, noviembre y diciembre. En las unidades de gestión elegidas para este lugar, la temporada empieza el 8 de octubre y finaliza en 8 de febrero.

Sólo en esta zona de Ciudad Real y con perdices aclimatadas, se ha considerado dicha variable, habiéndose finalmente conformado los lotes de la siguiente manera:

Tabla 11. Lotes de perdiz aclimatada de Ciudad Real en función de la variable época de captura

Unidad de gestión	Octubre	Noviembre 2016	Diciembre	
	2016	2016	2016	2017
CR-10530	32	0	15	9
CR-10517	0	16	3	5
CR-10420	0	15	0	2
TOTAL	32	31	34	

Los tres cotos elegidos de Ciudad Real están sometidos al mismo tipo de gestión, encontrándose localizados en el mismo término municipal, Torre de Juan Abad. En el informe de resultados, estos cotos se identifican como PA1-CR y PA2-CR (CR-10530, principio y final de temporada), PA3-CR (CR-10517) y PA4-CR (CR-10420).

3.2 RESUMEN DE LAS VARIABLES

En la Tabla 12 se recoge un resumen de las diferentes variables determinadas para el presente trabajo:

Tabla 12. Resumen de las variables contempladas asociadas a los códigos y nº de muestras

Especie	Tipo	Captura	Unidad gestión	Contaminación	Intensidad caza	Época	Código	N
<i>Alectoris rufa</i>	Silvestre	Caza	ZA-10303-4	20,7 - 32,0	Baja	Temporada	PS-ZA	36 ¹
	Aclimatada	Caza	CR-10530	69,3 - 69,7	Alta	Principio T	PA1-CR	34 ²
	Aclimatada	Caza	CR-10517	69,3 - 69,7	Alta	Principio T	PA3-CR	24
	Aclimatada	Caza	CR-10420	69,3 - 69,7	Alta	Principio T	PA4-CR	17
	Aclimatada	Caza	CR-10530	69,3 - 69,7	Alta	Final T	PA2-CR	24
	Silvestre ^a	Caza	A-10517	39,1	Muy Alta	Reclamo	PS-A	36
	Silvestre	Cetrería	Aeropuerto	85,3 -124,0	Nula	-	PS-AER	30
	Granja	-	Granja cinegética	12,5 - 17,9	Nula	-	PG-GRANJA	27 ³
<i>Alectoris barbara</i>	Silvestre	Caza	ZCC La Gomera	4,8 - 9,9	Muy baja	Temporada	PM-GOM	13
<i>Coturnix coturnix</i>	Silvestre	Caza	ZA-10303-4	20,7 - 32,0	Baja	Media Veda	CS-ZA	31
<i>Columba palumbus</i>	Silvestre	Caza	AV-10475	39,5	Baja	Migración	PT-AV	1
	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	Media Veda	PT-ZA	30
	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	Migración	PT-ZA	12
	Silvestre	Caza	A-10517	39,1	Muy Alta	Media Veda	PT-A	30
	Silvestre	Caza	CS-10063	15,6	Baja	Media Veda	PT-CS	2
	Silvestre	Caza	CS-10063	15,6	Baja	Migración	PT-CS	2
	Silvestre	Caza	M-10734	60,6	Alta	Media Veda	PT-M	30
<i>Columba livia</i>	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	Temporada	PB-ZA	13
	Silvestre	Caza	RRCLV	20,1 - 22,5	Baja	Temporada	PB-ZA	15
	Silvestre	Caza	A-10517	39,1	Muy Alta	Media Veda	PB-A	30
	Silvestre	Caza	M-10734	60,6	Alta	Media Veda	PB-M	10
	Silvestre	Caza	ZCC La Gomera	4,8 - 9,9	Muy baja	Temporada	PB-GOM	1
	Silvestre	Red	Puerto	104	Nula	-	PB-PV	30
<i>Columba oenas</i>	Silvestre	Caza	ZA-10303	20,7 - 32,0	Baja	Migración	PZ-ZA	30
<i>Streptopelia turtur</i>	Silvestre	Caza	A-10517	39,1	Muy Alta	Media Veda	TE-A	31
Varias	Silvestre	Caza	Museros	-	-	-	-	22 ⁴

¹ De este lote 6 muestras no pudieron ser digeridas; ² De este lote 2 muestras no pudieron ser digeridas; ³ De este lote 1 muestra no pudo ser digerida; ⁴ Este lote no se ha tenido en cuenta para el Informe; ^a Inicialmente se consideraban perdices silvestres, pero han aparecido ejemplares de granja

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 en diferentes condiciones, aprovechando:

- la temporada hábil de caza en cotos (piezas abatidas con escopeta),
- permisos de control en aeropuertos (cetrería y otros) o puertos (trampa de red)

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

Los cazadores colaboradores recibieron todos ellos previamente las instrucciones oportunas, siendo el porcentaje de muestras obtenidas por los propios técnicos encargados del muestreo del 62,6% (332 piezas de caza), y del 37,4% (198 piezas de caza) por los cazadores colaboradores.

3.3.2 Transporte de piezas

En todos los casos y por alguno de los dos responsables del trabajo de campo, se ha acudido bien al lugar de captura para recoger las piezas recién cazadas, o bien a las localidades de los cotos o lugares de control (aeropuerto, puerto) para recoger de congeladores de los propios cazadores o de la empresa de control autorizada, las piezas previamente congeladas a -20°C.

El transporte de las piezas en fresco en neveras portátiles se realizó en el día. En el caso de realizar el transporte al día siguiente, éste se realizaba en neveras portátiles previa refrigeración en nevera en las localidades de captura.

El transporte de las piezas (previamente congeladas por los colaboradores) a los congeladores (ubicados expresamente en los lugares de trabajo habilitados en Zamora, Valencia y San Sebastián de La Gomera), se realizó en neveras portátiles y mediante desplazamientos directos. En el caso de mayores distancias o tiempos de transporte (Alicante y Zamora), se empleó para el transporte una nevera-congelador portátil modelo WAECO Coolfun.

Salvo casos excepcionales de procesado en fresco de las piezas, todas las piezas fueron congeladas en destino en bolsas separadas 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.

4 DATOS PRIMARIOS Y TOMA DE MUESTRAS

4.1 MATERIAL UTILIZADO

A continuación, se recoge el material empleado para esta acción (Fotografía 8):

- Guantes
- Bolsas autocierre
- Rotulador indeleble
- Tijeras
- Pinzas
- Bisturí

- Microtubos cónicos (del tipo *ependorf* de 1.5 mL)
- Frascos (del tipo duquesita de 50 y 100 ml)
- Balanza (1 gr de precisión)
- Nevera
- Congelador
- Acumuladores de frío (frigorines)

4.2 PROTOCOLO SEGUIDO

En bancada de trabajo con pila aledaña (Fotografía 9), se procesan las piezas conforme al siguiente protocolo ordenado de acuerdo con los pasos a seguir y las indicaciones de los veterinarios Diego Romero García y Miguel Ángel Sánchez Isarrias:

- **Descongelación** en nevera o nevera portátil de las piezas a procesar. El descongelado ha de durar hasta asegurar movilidad, muy levemente dificultada, de articulaciones con la finalidad de evitar un descongelado total y con ello posible mezcla y alteración de fluidos.
- **Etiquetado previo de bolsas autocierre y recipientes para alojar las muestras:** bolsa para ala y cabeza, bote para molleja y tracto digestivo, tubos *ependorf* para muestra de hígado para muestra de riñón. El etiquetado se realizó con rotuladores de tinta indeleble sobre las bandas blancas de bolsas, frascos o microtubos, destinadas a identificar los contenidos. Para el etiquetado se empleó el código visto anteriormente en el apartado 3.1.1 (Variable ESPECIE. Designación de código identificativo).
- **Pesado de la pieza (gramos).** En el supuesto caso de faltar alguna parte de la pieza (pata, cabeza o ala) por deterioro de la pieza, exclusivamente en el caso de caza método de captura mediante cetrería, se determinó el peso total, estimándose el peso del miembro ausente y anotándose en observaciones.
- **Examen visual general** de la pieza para anotar todas aquellas observaciones que pudieran ser relevantes (p.e.: falta cabeza, dobles espolones en perdiz, ejemplares estropeados por el disparo, etc.)
- **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 (Fotografía 10). 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 signo que permita atribuir una edad superior a 2+.
- **Muestra de ala (ala completa).** Corte con tijera del ala derecha incluyendo el húmero (músculo, hueso y plumas), sin perjuicio de muestrear el ala izquierda por deterioro de la derecha (p.e.: consecuencia del método de captura). Introducción de la muestra de ala en la bolsa etiquetada.
- **Muestra de cabeza (cabeza completa, incluyendo encéfalo).** Corte con tijera de la cabeza con primeras vértebras. Introducción de la muestra de cabeza en la bolsa etiquetada.

Para los siguientes pasos se procedió al **desplume** del vientre, pecho y garganta.

- **Muestra de buche (buche completo).** Extracción manual del buche con ayuda de tijeras pequeñas y pinzas. La extracción del buche ha de ser cuidadosa a los efectos de evitar daños en el tejido del mismo (Fotografía 11). Se examinó el exterior del buche por si tuviera algún orificio o rotura, anotándolo. En el caso de buche vacío o casi vacío, se examinó su interior y se anotó la presencia de perdigones en su interior (de encontrarse se guardaron en microtubos del tipo *eppendorf*), y se descartó. En caso de contener alimento, éste se pesó y se guardó para su análisis posterior en un frasco del tipo duquesita, etiquetado con el código correspondiente. Estos frascos, con los buches, fueron inmediatamente congelados.
- **Acceso a órganos internos.** En la zona blanda del vientre, inmediatamente por debajo de la quilla, se hizo una incisión y corte con tijera, que se prolongaban con otros cortes por el lado de los músculos del pecho hacia las alas. Sujetando las patas, se basculaba la pechuga hacia la cabeza, dejando visualizar los órganos internos.
- **Muestra de hígado.** Con ayuda de unas tijeras y pinzas, del lóbulo inferior del lado derecho del hígado se tomó una muestra que era introducida en un microtubo del tipo *eppendorf* etiquetado. Dicho microtubo se guardó en la bolsa junto a la bolsa que contiene las muestras de ala y de cabeza. En el caso de que el lado del hígado preseleccionado para muestrear se encontrara seriamente deteriorado por efecto del método de captura, se tomaba del lado izquierdo y se anotaba en observaciones.
- **Muestra de molleja y paquete intestinal (órganos completos).** Se realizaba un corte en la unión del proventrículo con la molleja, y tirando de ella se extraía junto con todo el paquete intestinal hasta la cloaca, donde se cortaba (incluyendo la cloaca). Se pesaba el conjunto, para continuar con la introducción de la muestra de molleja y paquete intestinal en un frasco del tipo duquesita etiquetado.
- **Anotación de sexo.** Tras el examen de las gónadas (Fotografía 12), se anotó el sexo (macho o hembra).
- **Muestra de riñón (órgano completo).** Mediante tijeras y pinzas se procedió a retirar el riñón izquierdo de su cavidad. Con un extremo de la pinza se separaba el órgano con cuidado de la cavidad, hasta alcanzar los ligamentos que fueron cortados con las tijeras. En el caso de estar el riñón izquierdo deteriorado por el método de captura, se anotaba

y se tomaba el riñón derecho. El riñón se introducía en tubo *ependorf* etiquetado, el cual fue introducido en la bolsa autocierre junto con el otro microtubo que alojaba la muestra de hígado, el frasco con la muestra de molleja y paquete intestinal y la bolsa que alojaba el ala y la cabeza.

- **Conservación de la bolsa con todas las muestras del ejemplar.** La bolsa debidamente identificada se guardó en congelador a -20 ° C, junto con otras en un mismo cajón o bolsa.
- **Toma de fotografías.** Durante todos los pasos anteriores se realizaron las fotografías oportunas, con visualización de fecha de la foto, que puedan ser significativas para aportar datos o documentar observaciones.
- **Anotación de observaciones.** Se anotó cualquier observación sobre los ejemplares que pudiera aportar diferencias significativas respecto a los restantes ejemplares.
- **Traslado de muestras a laboratorio.** Todas las muestras obtenidas de las piezas procesadas y debidamente identificadas, y agrupadas por lotes o sublotos, finalmente se trasladaron 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 h y 15 min) y recién retiradas de los congeladores, se transportaron en neveras portátiles. Desde Zamora (duración del trayecto 6 h) se transportaron en nevera congelador portátil modelo WAECO Coolfun, de generación de frío por conexión eléctrica al vehículo. Sólo en el caso de muestras procedentes de Canarias, existió un traslado intermedio desde el congelador de la zona, al congelador de Valencia, en nevera portátil.

Todas las muestras no utilizadas en el presente estudio quedan en depósito (-20°C) para futuros estudios (en su caso), en las dependencias del área de Toxicología de la Universidad de Murcia.

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
- Procedencia (generalmente matrícula del coto o zona en particular si no fuera una unidad de gestión cinegética perfectamente identificable)
- Fecha de captura
- Fecha de obtención de datos primarios y toma de muestras
- Fecha del traslado de muestras a la Universidad de Murcia
- Especie
- Naturaleza (en este apartado se distingue si el origen es de poblaciones silvestres, aclimatadas o de granja cinegética)
- 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 de los ejemplares
- Rémige (se trata del estado de la muda de las rémiges primarias -completa o rémige en muda determinando su número-)

- Signos en rémiges de daños propios de granja, caso de lotes de perdices aclimatadas (anotado en observaciones)
- Peso de la pieza
- Peso del buche (salvo vacíos o con muy escaso alimento)
- Peso del conjunto formado por la molleja y el paquete intestinal (incluida la cloaca)
- Presencia, en su caso, de posibles perforaciones por perdigones en buche
- Cualquier otra observación no recogida en los apartados anteriores

El resumen por estrato se presenta la Tabla 13.

Tabla 13. Datos primarios de las piezas cazadas

Especie	Unidad de gestión	O	N	E	S	P
<i>Alectoris rufa</i>	ZA-10303	S	26	19/7	16/10	433,7
<i>Alectoris rufa</i>	ZA-10304	S	4	3/1	1/3	402,5
<i>Alectoris rufa</i>	CR-10530	A	56	25/31	30/26	430,6
<i>Alectoris rufa</i>	CR-10517	A	24	15/9	11/13	474,3
<i>Alectoris rufa</i>	CR-10420	A	17	11/6	11/6	448,7
<i>Alectoris rufa</i>	A-10517	S ¹	36	19/17	21/15	449,6
<i>Alectoris rufa</i>	Aeropuerto	A	30	16/14	12/18	390,5
<i>Alectoris rufa</i>	Granja cinegética	G	26	0/26	11/15	410,0
<i>Alectoris barbara</i>	ZCC	S	13	3/10	7/6	485,3
<i>Coturnix coturnix</i>	ZA-10303	S	21	3/18	7/14	100,4
<i>Coturnix coturnix</i>	ZA-10304	S	10	8/2	6/4	100,9
<i>Columba palumbus</i>	AV-10475	S	1	0/1	1/0	428,0
<i>Columba palumbus</i>	ZA-10303	S	42	4/38	24/18	424,8
<i>Columba palumbus</i>	A-10517	S	30	30/0	16/14	398,4
<i>Columba palumbus</i>	CS-10063	S	4	2/2	-/-	374,6
<i>Columba palumbus</i>	M-10734	S	30	8/22	22/8	405,6
<i>Columba livia</i>	ZA-10303	S	13	3/10	9/4	287,31
<i>Columba livia</i>	RRCLV	S	15	1/14	8/7	309,5
<i>Columba livia</i>	A-10517	S	30	19/11	17/13	288,0
<i>Columba livia</i>	Puerto	S	30	11/19	13/9	309,1
<i>Columba livia</i>	ZCC	S	1	-/-	-/-	286,0
<i>Columba livia</i>	M-10734	S	10	0/10	5/5	297,3
<i>Columba oenas</i>	ZA-10303	S	30	7/23	15/15	278,0
<i>Streptopelia turtur</i>	A-10517	S	31	23/8	15/16	139,1

O: origen (S-silvestre; A-aclimatada; G-granja); N: número de piezas muestreadas; E: edad (jóvenes/adultos); S: sexo (machos/hembras); P: peso medio (en gramos); ¹ Se observan ejemplares procedentes de sueltas (según el titular del coto en el coto vecino se había procedido a soltar ejemplares antes de la temporada de caza de reclamo)

5 VALORES SECUNDARIOS BUCHES

5.1 PROTOCOLO DE EXÁMEN DE LOS BUCHES

Los pasos seguidos para la obtención de valores relativos a los buches han sido los siguientes:

- Extracción del contenido del frasco del tipo duquesita y comprobación del peso anotado y de las posibles perforaciones o roturas anotadas.
- Apertura del buche con tijeras y pinzas.

- Fotografía del contenido con aparición del código asignado en la misma (Fotografías 13, 14 y 15).
- Anotación de alimento identificable.
- Búsqueda de perdigones y anotación del número, en su caso.
- Atribución de procedencia de perdigón: en el caso de roturas manifiestas con entrada sin salida o perdigones embutidos en plumas se asigna procedencia de perdigón por disparo.
- Secado leve de contenido del buche y devolución al bote, sólo en caso de posible interés (ulterior identificación de contenidos en el buche, conservación de los perdigones en él, o mera conservación de los mismos en microtubo).

5.2 RESUMEN DE RESULTADOS DE VALORES SECUNDARIOS -BUCHES-

A continuación, se muestran los resultados encontrados sobre la presencia de perdigones de plomo en el buche por especies, así como de manera individual se ha determinado la procedencia de los mismos; en el caso de duda se admite que el perdigón es sospechoso de haber sido ingerido. En las siguientes tablas del presente apartado se considera "N" al número de ejemplares y "n" al número de perdigones:

Perdiz roja (*Alectoris rufa*)

Tabla 14. Resultados del contenido de los buches para la especie perdiz roja

Unidad de gestión	N	Número de buches de predices rojas		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
ZA-10303	26	20	6	0
ZA-10304	4	3	1	0
CR-10530	56	24	32	4
CR-10517	24	10	14	1
CR-10420	17	11	16	1
A-10517	36	17	19	5
Aeropuerto	30	9	21	0
Granja cinegética	26	26	0	0
TOTAL	219	120	109	11

Tabla 15. Número de perdigones por ejemplar y procedencia en los buches de perdiz roja

Unidad de gestión	Ejemplar	n	Número y procedencia del perdigón	
			Disparo	Sospechoso ingerido
CR-10530	PA1-CR-X-21	1	1	0
CR-10530	PA2-CR-XII-6	3	1	2
CR-10530	PA2-CR-XII-8	4	0	4
CR-10530	PA2-CR-XII-9	1	0	1
CR-10517	PA3-CR-XI-16	1	1	0
CR-10420	PA4-CR-XI-11	1	1	0
A-10517	PS-A-II-10	1	1	0
A-10517	PS-A-II-24	1	1	0
A-10517	PS-A-II-29	2	1	1
A-10517	PS-A-II-30	1	1	0
A-10517	PS-A-II-36	1	1	0
TOTAL	11	17	9	8

Perdiz moruna (*Alectoris barbara*)

Tabla 16. Resultados del contenido de los buches para la especie perdiz moruna

Unidad de gestión	N	Número de buches de predices morunas		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
ZCC	13	6	7	0

Codorniz (*Coturnix coturnix*)

Tabla 17. Resultados del contenido de los buches para la especie codorniz

Unidad de gestión	N	Número de buches de codornices		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
ZA-10303	21	9	12	3
ZA-10304	10	2	8	1
TOTAL	31	11	20	4

Tabla 18. Número de perdigones por ejemplar y procedencia en los buches de codorniz

Unidad de gestión	Ejemplar	n	Número y procedencia del perdigón	
			Disparo	Sospechoso ingerido
ZA-10303	CS-ZA-IX-01	1	1	0
ZA-10303	CS-ZA-IX-13	1	1	0
ZA-10303	CS-ZA-IX-19	1	1	0
ZA-10304	CS-ZA-VIII-25	1	1	0
TOTAL	4	4	4	0

Paloma torcaz (*Columba palumbus*)

Tabla 19. Resultados del contenido de los buches para la especie paloma torcaz

Unidad de gestión	N	Número de buches de palomas torcaces		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
AV-10475	1	1	0	0
ZA-10303	42	28	14	1
A-10517	30	16	14	0
CS-10063	4	4	0	0
M-10734	30	24	6	1
TOTAL	107	73	34	2

Tabla 20. Número de perdigones por ejemplar y procedencia en los buches de paloma torcaz

Unidad de gestión	Ejemplar	n	Número y procedencia del perdigón	
			Disparo	Sospechoso ingerido
ZA-10303	PT-ZA-VIII-09	4	0	4
M-10734	PT-M-VIII-22	2	0	2
TOTAL	2	6	0	6

Paloma bravía (*Columba livia*)

Tabla 21. Resultados del contenido de los buches para la especie paloma bravía

Unidad de gestión	N	Número de buches de palomas bravías		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
ZA-10303	13	9	4	1
RRCLV	15	4	11	1
A-10517	30	21	9	0
Puerto	30	0	30	0
ZCC	1	1	0	0
M-10734	10	9	1	0
TOTAL	99	44	55	2

Tabla 21b. Número de perdigones por ejemplar y procedencia en los buches de paloma bravía

Unidad de gestión	Ejemplar	n	Número y procedencia del perdigón	
			Disparo	Sospechoso ingerido
ZA-10303	PB-ZA-XII-13	1	1	0
RRCLV	PB-ZA-X-26	1	1	0
TOTAL	2	2	2	0

Paloma zurita (*Columba oenas*)

Tabla 22. Resultados del contenido de los buches para la especie paloma zurita

Unidad de gestión	N	Número de buches de palomas zuritas		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
ZA-10303	30	28	2	1

Tabla 23. Número de perdigones por ejemplar y procedencia en los buches de paloma zurita

Unidad de gestión	Ejemplar	n	Número y procedencia del perdigón	
			Disparo	Sospechoso ingerido
ZA-10303	PZ-ZA-XI-5	1	1	0

Tórtola europea (*Streptopelia turtur*)

Tabla 24. Resultados del contenido de los buches para la especie tórtola europea

Unidad de gestión	N	Número de buches de tórtolas europeas		
		Sin contenido	Con contenido	Con presencia de perdigón
A-10517	31	24	6	0

Del total de las 530 piezas de caza procesadas, solamente se han encontrado perdigones en 19 de ellas, teniendo 16 piezas su origen en el propio sistema de captura (disparo) frente al resto, 6 piezas su posible origen atribuible a la ingesta (los ejemplares dudosos por haber varios perdigones y un agujero -2- se incorporan al porcentaje de este tipo). De este modo resulta la siguiente Tabla 25.

Tabla 25. Resultados del contenido de los buches para las especies muestreadas

Especie	N	Con perdigón	Procedencia del perdigón	
			Disparo	No disparo
<i>Alectoris rufa</i>	219	11	9	4 (1,8%)
<i>Alectoris barbara</i>	13	0	0	0
<i>Coturnix coturnix</i>	31	4	4	0
<i>Columba palumbus</i>	107	2	0	2 (1,9%)
<i>Columba livia</i>	99	2	2	0
<i>Columba oenas</i>	30	1	1	0
<i>Streptopelia turtur</i>	31	0	0	0
TOTAL	530	20	14	6 (1,1%)
TOTAL (SIN GRANJA)	504	20	14	6 (1,2%)

Como puede apreciarse, hay grupos en los que no se encontró ningún ejemplar con perdigones en buche (*A. barbara* y *S. turtur*), y otros en los que, habiendo perdigones en el buche, no fueron atribuidos a ingesta (*C. coturnix*, *C. livia* y *C. oenas*).

Tabla 26. Ejemplares sospechosos de haber ingerido perdigones

Unidad de gestión	Ejemplar
CR-10530	PA2-CR-XII-6
CR-10530	PA2-CR-XII-8
CR-10530	PA2-CR-XII-9
A-10517	PS-A-II-29
ZA-10303	PT-ZA-VIII-09
M-10734	PT-M-VIII-22
TOTAL	6

El 1,2 % de los ejemplares muestreados susceptibles de estar en contacto con perdigones de plomo en su hábitat (504 ejemplares), presentan perdigones en el buche atribuibles a la ingesta (incluyendo los dudosos). De los 6 casos, 3 de ellos se dan en perdices de repoblación y cazadas en Ciudad Real durante el mes de diciembre en un coto con alta intensidad de caza. El estudio detenido de estos ejemplares se muestra en el apartado 7.

6 PROTOCOLOS VALORES SECUNDARIOS -MOLLEJAS E INTESTINOS- Y ANALÍTICAS

6.1 PROTOCOLO DE EXÁMEN DE LAS MOLLEJAS E INTESTINOS

Los pasos seguidos para la obtención de valores relativos a las mollejas e intestinos fueron los descritos a continuación. En primer lugar, se procedió a la realización de radiografías de todos los aparatos digestivos (desde la unión del proventrículo con la molleja hasta la cloaca) de las aves, manteniendo durante el proceso el estado de congelación. Para ello se colocaron dichas muestras en placas de rayos X en las dependencias del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Murcia (Fotografía 16). Una vez realizadas las placas, las muestras fueron almacenadas de nuevo a -20°C en sus mismos recipientes.

El procesado de los aparatos digestivos (mollejas e intestinos) para el estudio de la presencia de perdigones de plomo, se realizó siguiendo en todas las muestras la misma pauta, tomando fotografías de todos y cada uno de los pasos en cada una de las muestras. La secuencia se iniciaba dejando la muestra descongelar para su posterior manipulación. Ésta se iniciaba fotografiando la muestra recién sacada de su contenedor (Fotografía 17), para posteriormente separar y fotografiar molleja e intestino por separado (Fotografías 18 y 19). Durante el proceso de estudio del aparato digestivo se mantenía en la pantalla de un ordenador la radiografía de la muestra, la cual indicaba la posibilidad de existencia de perdigones de plomo (Fotografía 20). La búsqueda de perdigones de plomo se realizaba de forma independiente en intestino y molleja. En el intestino se procedía a la palpación de toda su estructura, y en el caso de que, mediante la misma, y con la posible confirmación radiográfica, se sospechara de la presencia de algún perdigón, se buscaba la posible presencia de orificios que indicaran la entrada de perdigón con el disparo. En el caso de que no existiera tal orificio, o que este no se pudiera apreciar claramente, se procedía a la extracción del mismo mediante incisión del intestino hasta la luz del mismo.

La molleja era explorada en toda su superficie, en busca de cualquier posible orificio o evidencia (por ejemplo, arrastre de plumas) de entrada de la munición. Seguidamente se procedía a su apertura mediante incisión con bisturí. A continuación, se procedía a fotografiar el contenido de la molleja (Fotografía 21) y éste se extraía. Para ello se volcaba todo el contenido en papel de filtro, el cual a su vez estaba colocado en una malla metálica (Fotografía 22) para que, con la ayuda de agua destilada, se limpiara todo el contenido sin perder la parte sólida (en suspensión), la cual se dejaba secar toda la noche (Fotografía 23). Posteriormente el contenido de la molleja se almacenaba a temperatura ambiente hasta su visualización en una lupa hasta 40x (Fotografías 24 y 25). Las mollejas fueron igualmente fotografiadas sin contenido, para que quedara reflejado el estado y color de la mucosa (Fotografía 26). Finalmente, las mollejas e intestinos fueron pesados, identificados y guardados en congelación (-20°C) por separado (Fotografía 27).

6.2 PROTOCOLO DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE TEJIDOS

Las muestras fueron recibidas en el laboratorio del Área de Toxicología de la Universidad de Murcia, en estado de congelación (-20°C). Una vez identificadas y registradas, las muestras se mantuvieron en congelación.

El número de muestras disponibles para el análisis de Pb fue de 552. Si bien se analizaron las 22 muestras recibidas de Museros (Valencia), sus resultados fueron eliminados del estudio, al no tratarse de especies de interés cinegético, sirviendo para evaluar el protocolo utilizado. Por tanto, el número de datos analíticos a considerar finalmente en el estudio fue de 530.

Previamente a la analítica se procedió a la separación de 0,1-0,3 gramos de hígado de cada una de las muestras, la cual quedó almacenada igualmente en congelación en un microtubo tipo *ependorf* con un nuevo código. Dicha muestra quedó depositada como “testigo”, para ser usada en el caso de que fuera necesario un nuevo análisis químico de Pb, aunque en algunos casos no se pudo obtener.

Las muestras fueron procesadas y analizadas siguiendo el siguiente protocolo: previamente al análisis químico se procedió a la digestión de las muestras con 4 ml de HNO₃ (PA-ISO 69%, Suprapure, Merck) y 1 ml de H₂O₂ (33%, Suprapure, Merck) en tubos de teflón, sometiéndolas a continuación a 220°C durante 20-30 minutos en un microondas UltraClave-Milestone.

Seguidamente las muestras enfriadas y digeridas se enrasaron con 10 ml de agua MilliQ. Para la digestión de las muestras en la UPV se siguió el mismo protocolo.

Las 552 muestras fueron analizadas mediante plasma de acoplamiento inductivo (ICP) acoplado a un espectrómetro de emisión óptico (OES). Se realizaron dos lecturas para cada muestra, y los valores de concentración se obtuvieron a partir de la media de las lecturas. Para comprobar la ausencia de contaminación, se analizó 1 blanco por cada 11 muestras. Se utilizaron patrones de calibración multielementales con diferentes concentraciones de Pb, tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 11885 para la determinación de elementos por ICP-OES. Además, se prepararon patrones intermedios de Pb. La calibración del equipo se estableció por lotes, con un mínimo de tres puntos para cada lote. El orden de la serie analítica se inició con los estándares de calibración y se continuó con las muestras y los patrones intermedios, terminando la serie de nuevo con patrones intermedios (10% de coeficiente de variación). La longitud de onda utilizada fue de 220,353, y el porcentaje de incertidumbre fue de 6,14.

El protocolo descrito ha sido utilizado en recientes trabajos de investigación desarrollados por este equipo con distintas especies y publicados en diversas revistas científicas de relevancia internacional (Cortés-Gómez et al., 2014; Mulero et al., 2016; Ráez-Bravo et al., 2016; García-Navarro et al., 2017; Cortés-Gómez et al., 2018a, 2018b; 2018c).

7 RESULTADOS VALORES SECUNDARIOS Y ANALITICAS

Como ya se ha indicado, dadas las características del estudio se optó por no considerar en el mismo los resultados obtenidos en las muestras analizadas en Museros (n=22), por no ser de especies de interés cinegético. Por tanto, el número final de muestras a considerar fue de 530. Como puede observarse en la Tabla 12, la especie de la que se obtuvieron más muestras fue la perdiz roja (228 ejemplares, 43.0%), seguida de la paloma torcaz (107 ejemplares, 20.2%) y paloma bravía (99 ejemplares, 18.7%). Atendiendo a las zonas de captura, el número de muestras analizadas por zonas fue el siguiente:

Tabla 27. Número de muestras por provincia

	Zamora	Alicante	Madrid	C. Real	Sta. Cruz de Tf.	Valencia	Castellón	Navarra	Ávila
Nº muestras	161	127	40	97	14	60	4	26	1

- Zamora: baja intensidad de caza (perdiz roja, codorniz, paloma torcaz, paloma zurita, paloma bravía).
- Alicante: muy alta intensidad de caza (perdiz roja, paloma torcaz, paloma bravía, tórtola europea).
- Madrid: alta intensidad de caza; zona periurbana (paloma torcaz, paloma bravía).
- Ciudad Real: alta intensidad de caza; zonas repobladas; animales aclimatados (perdiz roja).
- La Gomera: baja intensidad de caza (perdiz moruna).
- Valencia: nula intensidad de caza; puerto y aeropuerto (perdiz roja, paloma bravía).
- Castellón: baja intensidad de caza (paloma torcaz).
- Navarra: nula intensidad de caza; control (granja cinegética) (perdiz roja).
- Ávila: baja intensidad de caza (paloma torcaz).

Para cada grupo, el número de muestras analizadas, número de muestras en las que se detectaron Pb y porcentaje de éstas se muestra en la Tabla 28. Como puede apreciarse, sin contar las muestras de paloma torcaz recogidas en Castellón (PT-CS) por ser solo de 4 ejemplares, ni las correspondientes a PT-AV-MIGR (1 ejemplar), el grupo que presentó un menor porcentaje de muestras con Pb por encima del límite de detección fue el de PT-ZA-MIG, es decir, el de palomas torcaces cazadas en Zamora y procedentes de migración (9/12, 75%), seguido del grupo de palomas bravías de Alicante (PB-A, 24/30, 80%), el de paloma bravía de Zamora (PB-ZA, 24/28, 85.7%) y el de perdiz roja de Ciudad Real de final de temporada (PA2 CR, 21/24, 87.5%), estando el resto de grupos por encima del 90% de muestras con concentraciones de plomo por encima del límite de detección.

Los resultados del análisis químico de plomo se muestran en la Tabla 29. En aquellas muestras de hígado en las que no se detectó plomo por estar la concentración del mismo por debajo del límite de detección del equipo ($0.001 \mu\text{g/g}$), se le asignó una concentración equivalente a la mitad de dicho límite. El número de muestras a las que se le aplicó este criterio fue de 30 (5.7% del total). En la Tabla 29b hemos incluido dos nuevos datos de interés: la concentración máxima sin considerar los valores por encima de 0.65 mg/kg (Máxima 2), y el número de ejemplares con concentración entre 0.2 y 0.65 mg/kg , junto a los datos de intensidad de caza, entorno y naturaleza.

Tabla 28. Número de muestras analizadas, número de muestras en las que se detectó Pb y porcentaje de muestras con concentración de Pb por encima del límite de detección (LD)

Código	Especie	Procedencia	Nº de muestras analizadas	Nº de muestras en las que se detectó Pb	% de muestras con concentración de Pb por encima del LD
PT-ZA	Paloma torcaz	Zamora	30	30	100,0
PT-A	Paloma torcaz	Alicante	30	27	90,0
PT-M	Paloma torcaz	Madrid	30	30	100,0
PA1-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	32	31	96,9
PZ-GRANJA	Perdiz roja	Navarra	26	26	100,0
PS-ZA	Perdiz roja	Zamora	30	28	93,3
CS-ZA	Codorniz	Zamora	31	31	100,0
PB-A	Paloma bravía	Alicante	30	24	80,0
PZ-ZA	Paloma zurita	Zamora	30	28	93,3
PB-M	Paloma bravía	Madrid	10	10	100,0
PS-AER	Perdiz roja	Valencia	30	28	93,3
PM-GOM	Perdiz moruna	La Gomera	13	13	100,0
PB-GOM	Paloma bravía	La Gomera	1	1	100,0
PA3-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	24	24	100,0
PA4-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	17	17	100,0
TE-A	Tórtola europea	Alicante	31	30	96,8
PT-ZA-MIGR	Paloma torcaz	Zamora	12	9	75,0
PT-AV-MIGR	Paloma torcaz	Ávila	1	0	0,0
PB-ZA	Paloma bravía	Zamora	28	24	85,7
PT-CS	Paloma torcaz	Castellón	4	3	75,0
PB-PV	Paloma bravía	Valencia	30	29	96,7
PS-A	Perdiz roja	Alicante	36	36	100,0
PA2-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	24	21	87,5
Total	-	-	530	500	94,3

Tablas 29 y 29b. Concentración de plomo en hígado de aves de caza de los diferentes grupos

GRUPO	Especie	Localidad	n	Media na	Míni mo	Máxi mo	>0.65 µg/g; nº (%)	>0.74 µg/g; nº (%)	>1 µg/g; nº (%)	>1.5 µg/g; nº (%)	>2 µg/g; nº (%)	>6 µg/g; nº (%)	>10 µg/g; nº (%)
PT-ZA	Paloma torcaz	Zamora	30	0,087	0,034	31,253	1 (3.3)	1 (3.3)	1 (3.3)	1 (3.3)	1 (3.3)	1 (3.3)	1 (3.3)
PT-A	Paloma torcaz	Alicante	30	0,094	nd	0,395	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PT-M	Paloma torcaz	Madrid	30	0,124	0,047	35,567	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	1 (3.3)
PA1-CR	Perdiz	Ciudad Real	32	0,077	nd	5,946	1 (3.1)	1 (3.1)	1 (3.1)	1 (3.1)	1 (3.1)	0 (0)	0 (0)
P-GRANJA	Perdiz	Navarra	26	0,074	0,006	0,213	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PS-ZA	Perdiz	Zamora	30	0,026	nd	0,439	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
CS-ZA	Codorniz	Zamora	31	0,099	0,028	6,270	2 (6.5)	2 (6.5)	2 (6.5)	2 (6.5)	2 (6.5)	1 (3.2)	0 (0)
PB-A	Paloma bravía	Alicante	30	0,043	nd	0,142	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PZ-ZA	Paloma zurita	Zamora*	30	0,048	nd	0,151	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PB-M	Paloma bravía	Madrid	10	0,201	0,022	1,101	1 (10)	1 (10)	1 (10)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PS-AER	Perdiz	Valencia	30	0,045	nd	0,434	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PM-GOM	Perdiz moruna	La Gomera	13	0,038	0,002	8,766	3 (23.1)	2 (15.4)	2 (15.4)	2 (15.4)	2 (15.4)	2 (15.4)	0 (0)
PB-GOM	Paloma bravía	La Gomera	1	0,165	-	-	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PA3-CR	Perdiz	Ciudad Real	24	0,047	0,011	10,379	2 (8.3)	2 (8.3)	2 (8.3)	2 (8.3)	2 (8.3)	1 (4.2)	1 (4.2)
PA4-CR	Perdiz	Ciudad Real	17	0,035	0,008	4,329	2 (11.8)	2 (11.8)	2 (11.8)	2 (11.8)	2 (11.8)	0 (0)	0 (0)
TE-A	Tórtola europea	Alicante	31	0,040	nd	0,846	1 (3.2)	1 (3.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PT-ZA-MIGR	Paloma torcaz	Zamora*	12	0,025	nd	2,788	1 (8.3)	1 (8.3)	1 (8.3)	1 (8.3)	1 (8.3)	0 (0)	0 (0)
PT-AV-MIGR	Paloma torcaz	Ávila*	1	nd	nd	nd	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PB-ZA	Paloma bravía	Zamora	28	0,033	nd	0,226	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PT-CS	Paloma torcaz	Castellón*	4	0,004	nd	0,081	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PB-PV	Paloma bravía	Valencia	30	0,086	nd	1,171	2 (2.67)	2 (6.7)	1 (3.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PS-A	Perdiz	Alicante	36	0,067	0,007	14,187	2 (5.6)	1 (2.8)	1 (2.8)	1 (2.8)	1 (2.8)	1 (2.8)	2.8 (0)
PA2-CR	Perdiz	Ciudad Real	24	0,094	nd	7,885	4 (16.7)	4 (16.7)	4 (16.7)	3 (12.5)	3 (12.5)	1 (4.2)	0 (0)
TOTAL	-	-	530	0,064	nd	35,567	24 (4.5)	22 (4.2)	20 (3.8)	17 (3.2)	17 (3.2)	9 (1.7)	4 (0.8)

Incidencia y repercusión sobre las aves cinegéticas no acuáticas por aporte de perdigones de plomo al medio terrestre

PROCEDENCIA	Especie	Localidad	n total	Media	Máximo	n<0.65	Máximo 2*	n aves 0.2-0.65	n aves >0.65	Int. caza	Naturaleza	Entorno
PT-ZA	Paloma torcaz	Zamora	30	0,087	31,253	29	0,309	3	1	Baja	Silvestre	Rural
PT-A	Paloma torcaz	Alicante	30	0,094	0,395	30	0,395	5	0	Muy alta	Silvestre	Rural
PT-M	Paloma torcaz	Madrid	30	0,124	35,567	28	0,494	5	2	Alta	Silvestre	Periurbano
PA1-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	32	0,077	5,946	31	0,341	3	1	Alta	Aclimatada	Rural
P-GRANJA	Perdiz roja	Navarra	26	0,074	0,213	26	0,213	2	0	Nula	Granja	Rural
PS-ZA	Perdiz roja	Zamora	30	0,026	0,439	30	0,439	2	0	Baja	Silvestre	Rural
CS-ZA	Codorniz	Zamora	31	0,099	6,270	29	0,369	4	2	Baja	Silvestre	Rural
PB-A	Paloma bravía	Alicante	30	0,043	0,142	30	0,142	0	0	Muy alta	Silvestre	Rural
PZ-ZA	Paloma zurita	Zamora	30	0,048	0,151	30	0,151	0	0	Baja	Silvestre	Rural
PB-M	Paloma bravía	Madrid	10	0,201	1,101	9	0,585	4	1	Alta	Silvestre	Periurbano
PS-AER	Perdiz roja	Valencia	30	0,045	0,434	30	0,434	2	0	Nula	Silvestre	Urbano
PM-GOM	Perdiz moruna	La Gomera	13	0,038	8,766	10	0,255	1	3	Baja	Silvestre	Rural
PB-GOM	Paloma bravía	La Gomera	1	0,165	0,165	1	0,165	0	0	Baja	Silvestre	Rural
PA3-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	24	0,047	10,379	22	0,095	0	2	Alta	Aclimatada	Rural
PA4-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	17	0,035	4,329	15	0,069	0	2	Alta	Aclimatada	Rural
TE-A	Tórtola europea	Alicante	31	0,040	0,846	30	0,418	2	1	Muy alta	Silvestre	Rural
PT-ZA-MIGR	Paloma torcaz	Zamora	12	0,025	2,788	11	0,097	0	1	Baja	Silvestre	Rural
PT-AV-MIGR	Paloma torcaz	Ávila	1	0,001	0,001	1	0,001	0	0	Baja	Silvestre	Rural
PB-ZA	Paloma bravía	Zamora	28	0,033	0,226	28	0,226	1	0	Baja	Silvestre	Rural
PT-CS	Paloma torcaz	Castellón	4	0,004	0,081	4	0,081	0	0	Alta	Silvestre	Rural
PB-PV	Paloma bravía	Valencia	30	0,086	1,171	28	0,335	3	2	Nula	Silvestre	Urbano
PS-A	Perdiz roja	Alicante	36	0,067	14,187	34	0,335	2	2	Muy alta	Silvestre	Rural
PA2-CR	Perdiz roja	Ciudad Real	24	0,094	7,885	20	0,229	1	4	Alta	Aclimatada	Rural
Total	-	-	530	0,064	35,567	506	0,585	40	24	-	-	-

*Máximo sin contar los valores >0.65 mg/kg

Para evaluar estos resultados hemos considerado como criterios lo indicado por diversos autores:

- Beyer et al. (2013): las concentraciones de Pb en tejidos, especialmente en hígado, son probablemente la medida más fiable para evaluar los posibles efectos tóxicos por este metal.
- Beyer et al. (2013): los criterios para evaluar las concentraciones de Pb en hígado de otras especies deben ser similares a los desarrollados para las aves acuáticas.
- Friend (1985) y USFWS (1986) indican que una exposición elevada a Pb mediante el uso de muestras de hígado se sitúa en 2 mg/kg, aunque esta estimación de umbral se desarrolló para aves acuáticas (Friend 1985, USFWS 1986, Pain 1996).
- Franson y Pain (2011): los efectos “subclínicos” de la intoxicación por plomo aparecen cuando la concentración hepática de plomo (sobre peso fresco) es de 2-6 mg/kg; envenenamiento clínico cuando la concentración hepática de plomo es de 6-10 mg/kg; existe riesgo para la vida del animal cuando estas concentraciones superan los 10 mg/kg.
- Guitart et al. (1994): se considera intoxicación clínica cuando la concentración de plomo hepático (peso húmedo) es superior a 1.5 mg/kg (aves acuáticas).
- Bingham et al. (2015) indican que en *Alectoris chukar* el valor umbral entre el nivel de fondo y una elevada exposición a Pb es de 1 mg/kg (peso húmedo),
- Ferrandis et al. (2008): 0.58 y 2.17 mg/kg de Pb en hígado (sobre peso seco) de perdices que no habían ingerido Pb a través de perdigones presentes en el suelo. Asumiendo un 34% de materia seca en hígado (según nuestro estudio), estas concentraciones equivalen a 0.20-0.74 mg/kg.
- Según Berny et al. (2015), el umbral de exposición ambiental está en 0.65 mg/kg

No obstante, existen diversas publicaciones en las que se indican los niveles de plomo hepático a partir de los cuales se considera en aves acuáticas, una exposición anormal a plomo (>1.5 mg/kg, sobre peso fresco) o una intoxicación aguda (>6 mg/kg, sobre peso fresco). Una revisión de dichos datos puede obtenerse de <https://www.mapama.gob.es>. (Mateo et al., 1994). Según las fuentes consultadas por dichos autores, la concentración renal de plomo indicativa de una exposición aguda en aves acuáticas se cifra a partir de 5 mg/kg.

En la Tabla 29 se indica el número y porcentaje de muestras (para cada grupo) con concentración de plomo hepático superior a 0.65, 0.74, 1, 1.5, 2, 6 y 10 mg/kg. En la Tabla 29b se observa cómo al eliminar los valores por encima de 0.65 mg/kg, la mayoría de los grupos reducen bastante la concentración máxima de Pb, llegando incluso a valores por debajo de 0.1 mg/kg (PA3-CR, PA4-CR, PT-ZA-MIGR, PT-CS).

Como puede observarse en la Tabla 29 y en base al rango encontrado en la bibliografía (0.65-2.0 mg/kg), el 95.5-96.8% de la población estudiada presentaba una concentración de Pb hepático de base o inferior a la considerada como de exposición ambiental. Al eliminar los ejemplares obtenidos de granja (n=26), dicho porcentaje es de 95.2-96.6%, por lo que se podría considerar *a priori* que esas aves no habían consumido perdigones de Pb del medio. Cabe destacar que en realidad el margen sería entre 0.65 y 1.5 mg/kg, ya que no hemos encontrado ejemplares con valores comprendidos entre 1.5 y 2.0 mg/kg.

Llegado a este punto, vamos a abordar los resultados teniendo en cuenta además de los resultados analíticos, las observaciones del estudio radiológico y el derivado de las disecciones efectuadas en el aparato digestivo (molleja e intestino).

La Tabla 30 presenta los resultados obtenidos del estudio macroscópico de las mollejas e intestinos de las 530 aves de caza. El número de perdigones encontrados en total fue de 125. El

número de ejemplares con perdigones en la luz de la molleja fue de 57 (78 perdigones) y el número de ejemplares con perdigones en intestino fue de 13 (18 perdigones). Además, encontramos 21 perdigones incrustados en las capas muscular y serosa de las mollejas (19 ejemplares). Algunos de estos ejemplares tenían perdigones en varias de estas localizaciones (luz de molleja e intestino y capas de la molleja). Entre asas intestinales (exterior del tubo digestivo) se encontraron 8 perdigones (5 ejemplares). El número de ejemplares con sospecha de ingesta de munición por encontrar algún perdigón en la luz de molleja y/o intestino y no detectar agujero en la superficie externa de los órganos fue de 23.

Tabla 30. Observaciones macroscópicas en superficie e interior de molleja e intestino. Perdigones de plomo en el aparato digestivo de los diferentes grupos

	Ejemplares con orificio en molleja	Ejemplares con orificio en intestino	Ejemplares con sospecha de ingesta*	Ejemplares con perdigones en molleja	Molleja: nº perdigones en luz/nº ejemplares con perdigones en luz	Molleja: nº de perdigones incrustados/nº ejemplares con perdigones incrustados	Ejemplares con perdigones en intestino	Nº de perdigones en intestino	Perdigones entre asas intestinales	Nº total de perdigones
P-Granja	0	0	0	0	0/0	0/0	0	0	0	0 (Control)
Cs-ZA	10	0	0	6	5/5	1/1	0	0	1/1	7
PT-ZA	4	2	4	5	3/3	3/3	5	5	1/1	12
PA1-CR	5	0	0	5	6/4	1/1	0	0	0	7
PT-M	4	0	1	4	1/1	3/3	1	1	0	5
PT-A	6	0	3	2	2/2	1/1	2	2	1/1	6
PS-ZA-XI	7	1	1	7	5/5	3/2	1	1	0	9
PB-A	1	1	1	1	1/1	0/0	0	0	1	2
TE-A	9	0	0	2	2/2	0/0	0	0	0	2
PT-ZA-MIGR	3	0	0	2	3/2	0/0	0	0	0	3
PT-AV-MIGR	0	0	0	0	0/0	0/0	0	0	0	0
PB-ZA	4	0	1	3	2/2	2/1	1	3	0	7
PZ-ZA	6	0	1	6	5/5	1/1	0	0	0	6
PB-M	0	0	0	0	0/0	0/0	0	0	0	0
PM-GOM	2	0	1	2	3/2	0/0	0	0	0	3
PB-GOM	0	0	0	0	0/0	0/0	0	0	0	0
PA3-CR	4	0	2	5	13/3	2/2	0	0	0	15
PA4-CR	0	0	1	1	1/1	0/0	0	0	0	1
PS-AER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS-A	16	0	2	13	14/11	3/3	1	1	4/3	22
PB-PV	1	0	0	1	1/1	0/0	0	0	0	1
PT-CS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PA2-CR	6	0	5	8	11/7	1/1	2	5	0	17

* Sospecha por no observarse agujero de entrada y sí existir perdigones en molleja y/o intestino

En este sentido, en primer lugar, hemos considerado como ejemplares “sospechosos” de haber ingerido perdigones de plomo a aquellos en los que no observamos orificios de entrada de munición y sí que tenían perdigones en buche, molleja y/o intestino. En el intestino era muy difícil detectar los agujeros, pero los hemos considerado todos, aunque quizá algunos de los considerados como “sospechosos” no lo fuera. Según este criterio, el número de ejemplares sospechosos de haber ingerido perdigones fue de 28 (5.3% sobre el total de la población analizada; 5.6% si consideramos todos los ejemplares excepto los de granja, n=504). Ninguno de esos ejemplares procedía de entornos urbanos (puerto y aeropuerto de Valencia), ni

obviamente de granja. Hay que tener en cuenta que este criterio se basa en la observación directa de los orificios y si bien algunos se veían claramente, otros pudieron ser difíciles de observar.

Hemos considerado oportuno incluir así, como “sospechosos de ingesta de perdigón” en primera instancia, a todos los ejemplares en los que se encontró algún perdigón de Pb en buche, molleja o intestino y no se detectó orificio de entrada de la munición, aunque en algún caso, existieran dudas (dos casos de presencia de perdigón en buche). El resultado de estas observaciones se recoge en la Tabla 31. Como puede observarse, solo 6 ejemplares presentaron concentraciones de plomo hepático elevadas (4 perdices rojas de Ciudad Real), una perdiz roja de Alicante y una paloma torcaz de Zamora, estando el resto de casos, por debajo de 0.299 mg/kg, excepto un caso con 0.701 mg/kg (PS-A-23). De los cuatro ejemplares de Ciudad Real, dos de ellos presentaban un perdigón en molleja (PA4-CR-2 y PA1-CR-10), mientras que los otros dos presentaron 11 (PA3-CR-14) y 4 perdigones (PA2-CR-5). La paloma bravía de Zamora fue el único ejemplar con perdigones en los tres órganos.

Para aumentar la información sobre el estado de dichos ejemplares se procedió a analizar el riñón de los ejemplares que presentaron una concentración hepática de Pb superior a 0.65 mg/kg, excepto en el ejemplar PA1-CR-10, ya que no disponíamos de muestra de dicho tejido por quedar destruido como consecuencia del disparo. El riñón es considerado junto con el hígado el órgano con la máxima concentración de plomo tras exposiciones agudas a este metal. Los resultados de este análisis en estos 5 ejemplares quedan reflejados en la Tabla 32.

Como puede observarse en esta tabla, casi todos los ejemplares considerados como sospechosos por encontrar perdigones en intestino y no existir agujero, no presentaron elevadas concentraciones de Pb hepático, por lo que no debería considerarse el término “sospechoso” en estos casos.

Tabla 31. Ejemplares considerados como “sospechosos” (ausencia de orificio visible en órganos y con perdigones en la luz de alguno de ellos). Localización de perdigones y concentración hepática de Pb

	Perdigones en molleja	Perdigones en intestino	Perdigones en buche	Concentración de Pb (mg/kg, peso fresco)
PT-ZA-26		1		0.299
PT-ZA-7		1		0.049
PT-ZA-16	1			0.082
PT-ZA-20		1		0.176
PT-ZA-9			4	31.253
PT-A-11		1		0.119
PT-A-27	1			<0.001
PS-ZA-7	1			0.023
PB-ZA-26	1*	3	1**	0.135
PZ-ZA-7	1			0.151
PM-GOM-5	2			0.255
PA3—CR-2	1			0.017
PA3-CR-14	11			10.379
PA4-CR-2	1			4.329
PS-A-30	1		1**	0.104
PS-A-23		1		0.701
PA2-CR-3	1			0.064
PA2-CR-10	1			4.986
PA2-CR-7	2			0.132
PA2-CR-8		1	4	0.005
PA2-CR-9	1**		1	0.130
PA2-CR-5		4		7.885
PT-M-VII-22			2	0.166
PT-A-5		1		0.029
PT-M-12		1		0.061
PB-A-18	1			0.036
PS-A-29			1***	0.083
PA2-6			1***	0.192

*Aparente distinto calibre que el resto; **No sospechosa la entrada de dicho perdigón, por haber orificio en dicho órgano; ***Duda acerca de no entrada por disparo

Tabla 32. Concentración de Pb hepático y renal en los ejemplares sospechosos de ingesta de plomo con alta concentración de Pb hepático. Coloración de la mucosa de la molleja. Presencia de marcas de voladero en las plumas

	Concentración hepática de Pb (mg/kg, peso fresco)	Concentración renal de Pb (mg/kg, peso fresco)	Coloración de la molleja	Marcas de voladero
PA3-CR-14	10.379	28.037	Verde intenso	Si
PA4-CR-2	4.329	26.768	Verde intenso	Si
PA2-CR-10	4.986	-	Rosa	Si
PA2-CR-5	7.885	41.842	Verde sucio	Si
PT-ZA-9	31.253	0.081	Verde	No
PS-A-23	0.701	289.737	Verde	No

En el caso del ejemplar identificado como **PA3-CR-14** (hembra, 431 gramos de peso, rémige completa y con exiguas marcas de voladero), el número de perdigones encontrados en molleja (11) junto al aspecto de la superficie interna de la molleja (verde intenso, Fotografía 28), nos permite afirmar que se trataba de un claro caso de ingesta de perdigones del medio. En este caso, los pesos de los perdigones estaban comprendidos entre 0.049 y 0.097 g, con una media de 0.075 g (peso total 0.828 g). Estos datos, junto al estado aparentemente normal del intestino, parecen indicar una ingesta bastante reciente de los perdigones. Además, la concentración renal de plomo detectada en este ejemplar fue de 28.037 mg/kg, superior a la detectada en hígado (10.379 mg/kg). El coto en el que este ejemplar fue abatido se repuebla con perdiz de granja durante el mes de septiembre, y este ejemplar probablemente fuera un animal con dicha procedencia (aclimatada para repoblación). Las marcas de voladero podrían indicar que el ejemplar llevaba escasas semanas en dicha zona, ya que fue cazado el 13 de noviembre de 2016 (entregada en la Universidad de Murcia el 12 de diciembre de 2016), por lo que la ingestión de los perdigones podría haber sido muy reciente.

El ejemplar identificado con el código **PA4-CR-2** tenía la superficie de la mucosa de color verde intenso (Fotografía 29), procediendo de un coto de similares características que el anterior. Se trataba de un macho joven, de 458 g, rémige completa y con marcas de voladero en las plumas, cazado el 19 de noviembre de 2016, con 1 perdigón en molleja. La concentración renal de plomo fue bastante similar al caso anterior (26.768 mg/kg), y la renal también más baja (4.329 mg/kg). Igualmente se trata de otro ejemplar con una probable ingesta de perdigones de plomo del medio.

El ejemplar identificado con el código **PA2-CR-10** se correspondía con un macho joven, de 495.8 g, rémige completa, con marcas de voladero, y cazada el 28 de diciembre de 2016. Este ejemplar presentó un perdigón en molleja. Sin embargo, el aspecto de la superficie de la molleja (Fotografía 30) no aparentaba una ingesta reciente, ya que el color no era verdoso. Este hecho contrasta con la concentración hepática de Pb encontrada (4.986 mg/kg), la cual haría suponer, junto con la existencia de dicho perdigón, que la superficie de la molleja estuviera alterada. Al no disponer de muestra de riñón, no podemos conocer mejor el estado del animal. En este caso, tampoco había muestra de intestino completo, ya que el ejemplar estaba bastante destrozado por el impacto de la munición. Un análisis de contenido de plomo en hueso nos podría aportar algo más de información, aunque al tratarse de un animal aclimatado (procedente de granja), se considera igualmente como sospechoso de ingesta de perdigones del medio.

El ejemplar identificado con el código **PA2-CR-5** (hembra joven, de 400.3 g, con rémige completa y abundantes marcas de voladero, cazada a final de temporada, el 28 de diciembre de 2016 y con 4 perdigones en molleja) procedía de un coto de las mismas características que los anteriores. El peso de los perdigones estaba comprendido entre 0.034 y 0.049 g, con una media de 0.040 g y un total de 0.161 g. La superficie de la molleja igualmente indicaba una probable ingesta de perdigones del medio (Fotografía 31). También se detectó una mayor concentración renal (41.842 mg/kg) de Pb que hepática (7.885 mg/kg). Dada la mayor concentración detectada en riñón (41.842 mg/kg), y el momento de su captura (fin de temporada), podría tratarse de una exposición de algunos días o semanas más.

El ejemplar identificado con el código **PS-A-23** era una hembra joven, de 417 g, capturada a final de temporada (9 de febrero de 2017) al reclamo. En este caso, la superficie interna de la molleja (Fotografía 32) no mostraba el color verde intenso característico de los casos anteriores. Por otro lado, contrasta de forma evidente la baja concentración hepática de Pb (0.701 mg/kg) con la renal (289.737 mg/kg). Si bien es cierto que se encontró un perdigón en intestino sin aparente orificio de entrada, parece extraño la elevada concentración renal detectada, y que podría

deberse a fragmentos incrustados (embebidos) en el tejido renal, tal y como indican algunos autores (Kreager et al., 2008). Al igual que en el caso del ejemplar PA2-CR-10, sería conveniente un análisis de Pb en otros tejidos. Los resultados de este ejemplar deberían tomarse con cautela.

Finalmente, la paloma torcaz de Zamora nº9 (**PT-ZA-9**) era un ejemplar macho, adulto, de 437 gramos, con la superficie de la molleja de color verde (Fotografía 33), con 4 perdigones en buche y ninguno en molleja e intestino. La presencia de estos perdigones en buche podría ser indicativo de muy reciente ingesta de los mismos, pero hay aspectos que no quedan del todo claros. La concentración hepática fue bastante elevada (31.253 mg/kg), mientras que la renal fue muy reducida (0.081 mg/kg). Además, la mucosa de la molleja no presentara aspecto verde sucio, propia de una absorción de plomo a este nivel. Como ya se ha dicho, algunos autores han descrito elevadas concentraciones tisulares de Pb como consecuencia de pequeños fragmentos que quedan embebidos en los tejidos (Kreager et al., 2008), aunque otros autores han indicado que las concentraciones de Pb en tejidos blandos de aves que han ingerido Pb metálico tienden a ser muy sesgadas o tienen valores atípicos distintos (Dieter 1979; Beyer et al. 1998). En este caso, la concentración no fue tal elevada como en el caso anterior, pero hay que recordar que concentraciones hepáticas de Pb superiores a 10 mg/kg ponen en riesgo la vida del animal (Franson y Pain, 2011). Por tanto, se debería investigar otros tejidos de este ejemplar con el fin de dirimir estas posibles hipótesis y declarar a este ejemplar como intoxicado por Pb. Sin embargo, la presencia de los 4 perdigones en buche sí que podrían ser indicativos de su ingestión.

Una vez evaluados los casos en los que se sospechaba de ingesta por detectar perdigones en el aparato digestivo sin visualizarse orificios de entrada y tener una elevada concentración de Pb hepático, pasamos a evaluar el resto de casos (18), en los que la concentración de plomo hepático fue superior a 0.65 mg/kg, independientemente de los hallazgos macroscópicos en la disección de los órganos. Una vez excluidos los casos anteriores, los restantes casos quedan recogidos en la Tabla 33. En esta parte del estudio vamos a considerar todos los ejemplares, independientemente de su lugar de captura, incluyendo por tanto, los ejemplares capturados en el puerto y en el aeropuerto de Valencia.

Tabla 33. Ejemplares con concentración de plomo superior a 0.65 mg/kg (sin incluir los casos presentados en la Tabla 32). El peso del ejemplar se indica en gramos. M=molleja; I=intestino; B=buche. Concentración de Pb en mg/kg de peso fresco

Identificación	Especie	Procedencia	Edad	Sexo	Peso	Rémige	Perdigones	Orificio/s	Concentración hepática de Pb	Fecha caza y observaciones
PM-GOM-12	Paloma bravía	LA GOMERA	joven	macho	479	completa	0	0	0,691	16/10/2016
PT-M-7	paloma torcaz	MADRID	adulto	macho	479,0	6	0	0	7,105	15/8/2016
PT-M-10	paloma torcaz	MADRID	adulto	hembra	392,0	5	0	0	35,567	15/8/2016
PA1-CR-14	perdiz roja	C REAL	joven	hembra	338	8	0	0	5,946	15/10/2016
CS-ZA-7	codorniz	ZAMORA	joven	hembra	92,0	5	1 (M)	1	2,695	4/9/2016
CS-ZA-18	codorniz	ZAMORA	joven	macho	80,0	5	1 (M)	1	6,270	18/8/2016
PB-M-9	paloma bravía	MADRID	adulto	macho	332,0	5	0	0	1,101	15/8/2016
PM-GOM-11	perdiz moruna	LA GOMERA	adulto	macho	507,0	10	0	0	8,300	16/10/2016
PM-GOM-2	perdiz moruna	LA GOMERA	indet	macho	520,0	completa	0	0	8,766	16/10/2016
PA3-CR-4	perdiz roja	C REAL	joven	hembra	390,3	completa	0	0	3,084	17/12/2017 Marcas voladero
PA4-CR-1	perdiz roja	C REAL	joven	macho	489,0	completa	0	0	2,404	19/11/2016 Marcas voladero
TE-A-22	tórtola europea	ALICANTE	joven	macho	136,4	3	0	0	0,846	4/9/2016
PT-ZA-1-MIG	paloma torcaz	ZAMORA	joven	macho	478,0	7	0	1	2,788	13/11/2016
PB-PV-28	paloma bravía	VALENCIA	joven	macho	329,0	1	0	0	0,766	16/12/2016
PB-PV-4	paloma bravía	VALENCIA	adulto	hembra	355,0	completa	0	0	1,171	16/12/2016
PS-A-II-26	perdiz roja	ALICANTE	adulto	macho	493,0	10	0	0	14,187	9/2/2017
PA2-CR-13	perdiz roja	C REAL	indet	macho	486,3	completa	0	0	1,230	28/12/2016 Marcas voladero
PA2-CR-2	perdiz roja	C REAL	joven	hembra	396,8	completa	0	0	3,985	28/12/2016 Marcas voladero

Como puede apreciarse, hay ciertos casos (TE-A-22, PB-M-9, PT-M-7 y PT-M-10) en los que la concentración de plomo hepático estaba por encima del límite marcado en nuestro estudio, pudiendo ser alto (PT-M-7), o muy alto (PT-M-10), aunque el aspecto de la molleja no era verde-negruzco (Fotografías 34, 35, 39 y 44), propio de exposición a través de perdigones de plomo ingeridos del medio. Además, los ejemplares de dichos grupos con bajas concentraciones de Pb, presentaron una molleja de aspecto parecido. Una de estas muestras (**PT-M-10**) fue la que presentó la mayor concentración hepática de plomo (35.567 mg/kg), mientras que la concentración renal fue tan solo de 0.162 mg/kg (Tabla 34). De nuevo nos encontramos con un caso en el que el animal debería estar bastante enfermo, según lo indicado por Franson y Pain (2011). Si asumimos una exposición a perdigones muy alta y muy reciente, la superficie de la molleja debería estar muy alterada (verde-negruzca), cosa que no sucedió. Igualmente, el aspecto externo del intestino no pareció anormal, por lo que cabría dudar *a priori*, de una exposición por consumo de perdigones de Pb. El caso de **PT-M-7** fue similar (baja concentración renal de plomo, 0.186 mg/kg, pero concentración hepática superior a 6 mg/kg), y sin aspecto verde oscuro de la molleja, por lo que se podría pensar además, en una exposición ambiental pero por otra vía distinta a la de los perdigones de Pb. El ejemplar de código **PB-M-9** presentó una alta concentración de plomo renal (46.034 mg/kg) y reducida concentración hepática (1.101 mg/kg), por lo que en este caso también sería discutible (o al menos no se podría decir taxativamente), que haya habido una exposición vía ingesta de perdigones del medio. En el caso del ejemplar con código **TE-A-22** (Fotografía 44), tampoco se aprecia un color verde sucio en la superficie interna de la molleja, por lo que cabría pensar que la concentración hepática de plomo (0.846 mg/kg) tampoco se debía a ingesta de perdigones de plomo.

Otras dos muestras con baja probabilidad de que la concentración hepática de plomo detectada fuera derivada de ingesta de perdigones fueron las identificadas con los códigos **PB-PV-28** (ejemplar joven) y **PB-PV-4** (ejemplar adulto) (Fotografías 46 y 47), ya que además de no ser elevada la concentración hepática de plomo (0.766 y 1.171 mg/kg), la superficie interna de la molleja no presentó un color verde sucio o negruzco, además de ser un color similar al del resto de su grupo. Estos ejemplares proceden de entorno urbano con amplia zona de expansión. Solo en uno de los casos se hizo la determinación de plomo renal (PB-PV-4), siendo en este caso de 3.211 mg/kg (Tabla 34).

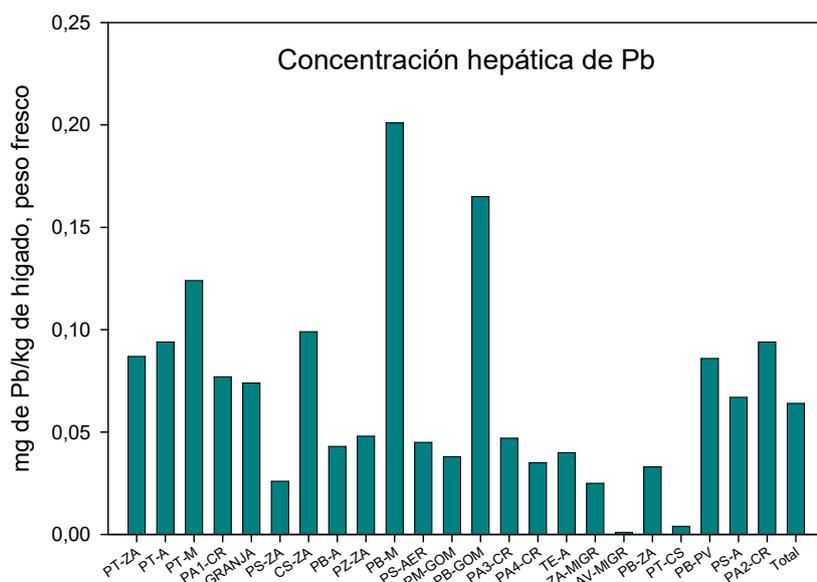
Tabla 34. Concentración de plomo hepático y renal de los ejemplares recogidos en la Tabla 33.
Coloración de la molleja

IDENTIFICACIÓN	Concentración de Pb hepático	Concentración de Pb renal	Coloración de molleja
PM-GOM-12	0,691	No determinado	Verde oscuro sucio
PT-M-7	7,105	0,186	Verde claro no sucio
PT-M-10	35,567	0,162	Verde claro no sucio
PA1-CR-14	5,946	0,576	Verde algo sucio
CS-ZA-7	2,695	2,022	Verde oscuro sucio
CS-ZA-18	6,270	131,085	Verde oscuro sucio
PB-M-9	1,101	46,034	Verde claro no sucio
PM-GOM-11	8,300	Sin muestra	Verde sucio
PB-GOM-2	8,766	0,044	Verde sucio
PA3-CR-4	3,084	No determinado	Verde sucio
PA4-CR-1	2,404	19,608	Verde sucio
TE-A-22	0,846	No determinado	Verde claro no sucio
PT-ZA-1-MIG	2,788	9,483	Verde no sucio
PB-PV-28	0,766	No determinado	Verde oscuro no sucio
PB-PV-4	1,171	3,211	Verde claro no sucio
PS-A-II-26	14,187	10,208	Verde sucio
PA2-CR-13	1,230	6,968	Negro
PA2-CR-2	3,985	5,209	Negro

En ninguno de estos seis casos se encontró ningún perdigón en molleja o intestino (Tabla 33).

Como se ha indicado, hay varios ejemplares cazados en Madrid cuya ingesta de perdigones de Pb es cuanto menos, discutible. En este punto cabe mencionar que el grupo con mayor concentración de plomo en hígado (mediana) fue el de paloma bravía de Madrid, PB-M (0.201 mg/kg), seguido del grupo de palomas torcaces de Madrid, PT-M (0.124 mg/kg), dos grupos procedentes de un entorno periurbano cercano a Madrid. En ambos grupos, todas las muestras presentaron concentración de plomo por encima del límite de detección. Si eliminamos los ejemplares con concentraciones por encima de 0.65 mg/kg (1 en PB-M y 2 en PT-M), observamos que siguen siendo los grupos con la mediana más grande (0.131 mg/kg para el grupo PB-M y 0.117 mg/kg en el grupo PT-M). El resto de grupos presentaron una mediana por debajo de 0.100 mg/kg. No se cuenta en este caso al grupo PB-GOM, por disponer solo de un ejemplar.

Figura 7. Concentraciones hepáticas de Pb medianas de caza grupo



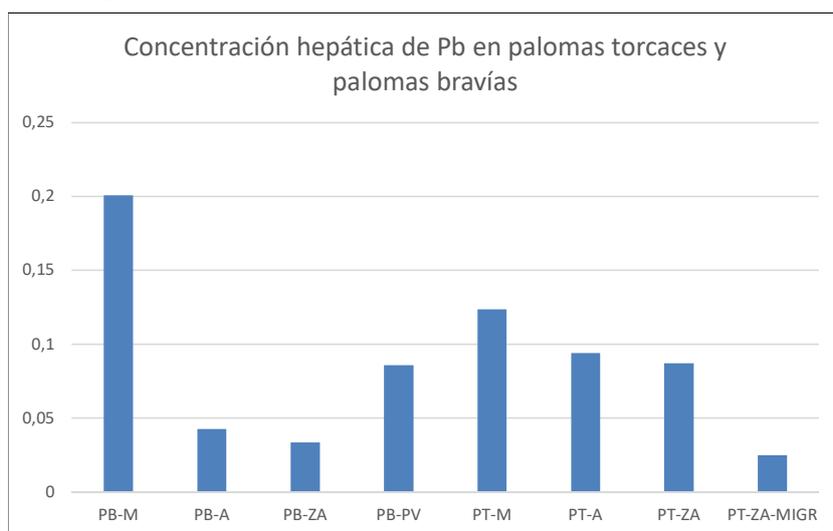
Si comparamos los grupos de palomas torcaes procedentes de Madrid con los procedentes de Zamora y Alicante (test U de Mann-Whitney, $p < 0.05$) observamos que siendo la misma especie, las diferencias eran estadísticamente significativas entre los grupos PT-M vs PT-ZA y PT-M vs PT-A, mientras que entre los grupos PT-ZA y PT-A no había diferencias estadísticamente significativas. Por tanto, aunque la zona de Madrid es considerada como de alta intensidad de caza (pero menor a la de Alicante), se podría afirmar que las palomas torcaes de Madrid tienen una mayor concentración hepática de plomo asociada probablemente a la procedencia (entorno periurbano). En este sentido habría que considerar los datos obtenidos del Atlas Geoquímico de España (Instituto Geológico y Minero de España) y mostrados en la primera parte de este informe, donde se observa que la concentración de plomo en muestras de suelo de la zona de Madrid donde fueron cazadas estas aves (Humanes de Madrid) era de las más elevadas (60.6 mg/kg), bastante superior a la descrita en Zamora (20.1-32.0 mg/kg) y Alicante (39.1 mg/kg).

En la paloma torcaz cabe mencionar que todas las observaciones con presencia de perdigón sin que exista agujero en molleja y/o intestino se encuentran por debajo del umbral de 0.65 mg/kg, y que la única observación que sí superó dicho límite no presentaba perdigones en molleja.

En el caso de la paloma bravía, al comparar estadísticamente la concentración de plomo entre el grupo PB-M, con el resto de grupos (PB-A, PB-ZA y PB-PV), comprobamos que había diferencias estadísticamente significativas con los grupos de Alicante y Zamora, no existiendo diferencias entre los grupos PB-A vs PB-ZA (a pesar de ser zonas con diferente

intensidad de caza, muy alta vs baja), y sí entre PB-ZA vs PB-PV (siendo Zamora de baja intensidad de caza y Valencia una zona periurbana, sin caza), y entre PB-A vs PB-PV (siendo Alicante, como ya se ha dicho, de muy alta intensidad de caza y el puerto de Valencia, una zona periurbana sin caza). No obstante, si se aplica una transformación logarítmica a la concentración de Pb y se realiza un test estadístico paramétrico (ANOVA), se observa que no hay diferencias significativas en la concentración de Pb entre Madrid y el puerto de Valencia, manteniéndose los resultados ya indicados mediante el test U de Mann Whitney para el resto. Por otro lado, cabe decir que, en la información obtenida del citado Atlas Geoquímico de España, se muestra también la zona del puerto de Valencia con una elevada concentración de plomo en suelo (104 mg/kg), mayor incluso que la de Madrid. Por tanto y también para esta especie, parece existir una mayor concentración de Pb asociada a entornos urbanos. Respecto a la presencia de perdigones sin que exista agujero aparente en la superficie de molleja y/o intestino, cabe decir que solo 2 se observaron en buche, no pareciendo existir relación entre la presencia de perdigones en palomas bravías y el hecho de superar o no el umbral de 0.65 mg/kg de Pb en hígado.

Figura 8. Concentraciones hepáticas de Pb en palomas torcaces y palomas bravías



Siguiendo con las palomas torcaces, el ejemplar identificado con el código PT-ZA-9 (Fotografía 33) presentó la segunda concentración de plomo hepático más alta (31.253 mg/kg), aunque la concentración renal era muy reducida (0.081 mg/kg) y el aspecto del intestino era normal, aunque algo verdoso en algunos tramos. Como ya hemos indicado anteriormente, se debería investigar otros tejidos de este ejemplar con el fin de dirimir las posibles hipótesis (exposición reciente vs fragmentos embebidos en el tejido).

En el caso de la paloma torcaz de Zamora procedente de migración (PT-ZA-1-MIGR) observamos que la superficie de la molleja no tenía un aspecto negruzco, aunque sí de color verde (Fotografía 45), aunque similar a las del resto de ejemplares de su grupo, y que la concentración de plomo renal era elevada (9.483 mg/kg), no siendo excesivamente alta la hepática (2.788 mg/kg), por lo

que se podría pensar en una ingestión de perdigones del medio no cercana en el tiempo, o bien una exposición por otra vía diferente al perdigón de Pb. En este ejemplar no se encontraron perdigones en molleja.

En el caso de las perdices rojas de Alicante (PS-A) nos encontramos con un caso (**PS-A-26**, fotografía 48) en el que la concentración de plomo hepático fue elevada, también de grave riesgo para su salud (14.187 mg/kg). El estado de la superficie de la molleja junto a las concentraciones renales encontradas este ejemplar (10.208 mg/kg, Tabla 34) podría ser indicativo de exposición reciente a plomo, aunque no se encontraron perdigones en el aparato digestivo en este ejemplar ni más signos clínicos de plumbismo.

Siguiendo con las perdices rojas, los 5 casos restantes con concentración de plomo hepático por encima de 0.65 mg/kg fueron ejemplares cazados en cotos de Ciudad Real. Los ejemplares de código PA1-CR-14, PA2-CR-13 y PA2-CR-2 pertenecían al mismo coto, con la diferencia de que el primero fue cazado a principio de temporada (15/10/2016) mientras que los otros dos lo fueron al final (28/12/2016). En el primer caso (PA1-CR-14), no aparecieron marcas de voladero mientras que en las otras dos sí. Según se observa en las Fotografías 36, 55 y 56, la superficie interna de la molleja mostraba un color negruzco en **PA2-CR-13** y **PA2-CR-2**, lo cual unido a la concentración renal de plomo encontrada (6.968 y 5.209 mg/kg), podría indicarnos una probable ingesta de perdigones del medio. El caso del ejemplar de código **PA1-CR-14** era más dudoso, ya que, aunque la superficie interna de la molleja presentaba un aspecto verde algo sucio, la concentración de plomo renal no era elevada (0.576 mg/kg). No obstante, ha sido considerado como sospechoso.

Finalmente, los casos encontrados en los cotos de Ciudad Real PA3 (PA3-CR-4) y PA4 (PA4-CR-1) presentaron Pb hepático por encima del valor umbral establecido de 0.65 mg/kg. El ejemplar de código **PA4-CR-1** (Fotografía 43) presentó una elevada concentración renal de plomo (19.608 mg/kg), con marcas de voladero, e intestino verdoso, no así la molleja. Del ejemplar **PA3-CR-4** (Fotografía 42), no disponemos de datos de plomo renal, aunque el color oscuro de la mucosa de la molleja e intestino era más evidente. En ambos casos, había marcas de voladero en las plumas. Se podría pensar igualmente, una probable ingesta de perdigones de plomo del medio.

Al comparar los resultados de los grupos de perdices rojas por zonas (Figura 9), observamos que el grupo que presentó una mayor concentración de plomo hepático fue el identificado con el código PA2-CR, es decir, de un coto de Ciudad Real cazado al final de la temporada. Al comparar este grupo con el resto comprobamos que no había diferencias estadísticamente significativas con ninguno de dichos grupos (test U de Mann-Whitney, $p < 0.05$). Al utilizar la transformación logarítmica y análisis paramétrico (ANOVA) tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas. En este sentido cabe decir que la concentración de plomo en muestras de suelo (Atlas Geoquímico de España) siguió este orden: Aeropuerto de Valencia>Ciudad Real>Alicante>Zamora>Navarra.

Curiosamente el grupo que presentó una concentración más elevada de Pb hepático fue el de granja (Navarra), con diferencias significativas con las perdices de Zamora; las de Alicante presentaron más Pb que las de Valencia y Zamora (estadísticamente significativo), y las de Ciudad Real más que las de Zamora (también estadísticamente significativo). Según el test chi cuadrado, existe una asociación entre localidad y los valores de Pb superiores a 0.65 mg/kg.

Para esta especie hemos realizado test estadísticos en función de diferentes variables: entorno (rural y urbano), naturaleza (silvestre/granja/aclimatada) e intensidad de caza (muy alta-Alicante, alta-Ciudad Real, baja-Zamora). En este sentido, se observa que no había diferencias

significativas entre entornos (rural vs urbano). Además, tampoco se observó asociación entre pertenecer a un entorno y tener un valor de Pb superior a 0.65 mg/kg (chi cuadrado).

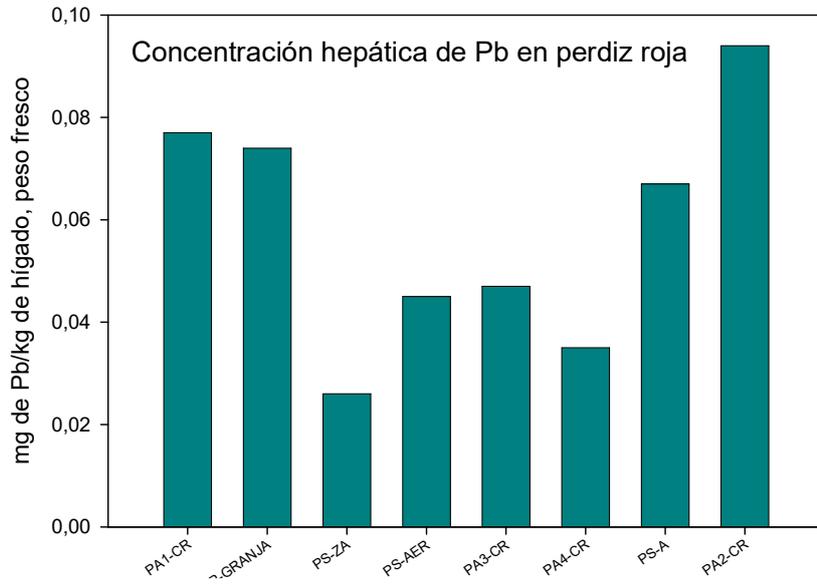
El análisis ANOVA según la variable "naturaleza" (silvestres/granja/aclimatadas), tampoco muestra diferencias significativas entre grupos, pero existe una significación estadística entre tener valores superiores a 0.65 mg/kg y la naturaleza (la mayoría de las de >0.65 mg/kg son aclimatadas). Hay 11 perdices rojas con Pb>0.65 mg/kg, de las cuales 9 son aclimatadas.

Si consideramos las localidades, para comparar si existen diferencias por intensidad de caza, se comprueba que los valores más altos aparecen en Alicante (muy alta intensidad de caza). El test ANOVA confirma que hay diferencias significativas en función de la intensidad de caza: baja con alta, y muy alta con baja (muy alta=0.067; alta=0.061; baja=0.026 mg/kg); sin embargo, en nula (granja+aeropuerto), la concentración es similar a la de muy alta y alta intensidad (0,061 mg/kg), lo cual sugiere profundizar en esta cuestión.

En el caso de las perdices morunas (PM-GOM) nos encontramos con dos ejemplares (**PM-GOM-11** y **PM-GOM-2**) con superficie de mollejas de color negruzco (Fotografías 40 y 41) y con una concentración de plomo hepático bastante similar (Tabla 33). Solo se pudo hacer el análisis de plomo renal en uno de los dos ejemplares, detectándose una concentración de plomo baja (0.044 mg/kg, Tabla 34). Si bien no se encontraron perdigones en molleja ni en intestino en ninguno de los dos casos, se podría pensar en un probable consumo de perdigones bastante reciente en el tiempo, aunque el hecho de que el aspecto de la superficie de la molleja de estos ejemplares fuera similar al del resto de ejemplares del grupo, la baja concentración renal en una y que la otra estuviera destrozada por el disparo (PM-GOM-11), dificulta su confirmación. El tercer caso de esta especie con concentración hepática superior a 0.65 mg/kg (**PM-GOM-12**) era un ejemplar con un valor al límite (0.691 mg/kg), y que igualmente presentó una superficie de molleja de color negruzco (Fotografía 51). Al igual que los casos anteriores, a lo que se suma el valor límite detectado, cabrían dudas sobre la ingesta de perdigones por parte de este ejemplar.

Finalmente, dos de las codornices cazadas en Zamora (**CS-ZA-7** y **CS-ZA-18**), sí que presentaron una superficie de molleja verde-negruzco (Fotografías 37 y 38), aunque similares a las del resto de ejemplares de su grupo. En ambos ejemplares sí que se encontró un perdigón en molleja, aunque también se encontraron agujeros en la misma. En el análisis de plomo renal se observó una concentración muy elevada en el caso del animal de código CS-ZA-18 (131.085 mg/kg) y una concentración bastante más reducida en el ejemplar CS-ZA-7 (2.022 mg/kg). Se podría también pensar en estos casos en una probable ingesta de perdigones del medio, aunque el caso de CS-ZA-18 cabría duda por la concentración tan elevada detectada en riñón sin la existencia de signos clínicos evidentes.

Figura 9. Concentraciones hepáticas de Pb en perdiz roja



En base a todo lo dicho, parece existir evidencias de ejemplares con elevada concentración hepática de Pb por posible ingesta de perdigones de Pb en 12 ejemplares: PA3-CR-14, PA4-CR-2, PA2-CR-5, PS-A-26, PA2-CR-13, PA2-CR-2, PA4-CR-1, PA3-CR-4, CS-ZA-7, PT-ZA-MIG-1 y PA1-CR-14. El ejemplar PM-GOM-12 es incluido en este grupo, aunque la concentración detectada estaba en el límite del umbral establecido. El resumen de estos ejemplares es el siguiente:

	Pb hepático	Pb renal	Perdigón	Orificio	Molleja
PA3-CR-14	10.379	28.037	11 (molleja)	No	Compatible
PA4-CR-2	4.329	26.768	1 (molleja)	No	Compatible
PA2-CR-5	7.885	41.842	4 (intestino)	No	Compatible
PS-A-26	14.187	10.208	0	-	Compatible
PA2-CR-13	1.230	6.968	0	-	Compatible
PA2-CR-2	3.985	5.209	0	-	Compatible
PA4-CR-1	2.404	19.608	0	-	Compatible
PA3-CR-4	3.084	Nd	0	-	Compatible
CS-ZA-7	2.695	2.022	1 (molleja)	Si	Compatible
PT-ZA-MIG-1	2.788	9.483	0	-	Dudoso a compatible
PA1-CR-14	5.946	0.576	0	-	Dudoso a compatible
PM-GOM-12	0.691	nd	0	-	Compatible

Esto supone un 2.4% sobre el total de la población, sin incluir a las perdices de granja.

Hay 3 ejemplares cuya concentración estaba situada entre los dos valores de concentración umbral de Pb hepático (0.65-2.0 mg/kg). Este hecho, junto al aspecto de la superficie interna de la molleja, y en un caso, concentración renal de Pb dentro de los límites considerados, hacen que pudieran ser considerados como negativos (TE-A-22, PB-PV-28 y PB-PV-4).

	Pb hepático	Pb renal	Perdigón	Orificio	Molleja
TE-A-22	0.846	nd	0	-	No compatible
PB-PV-28	0.766	nd	0	-	No compatible
PB-PV-4	1.171	3.211	0	-	No compatible

Esto supone un 0.6% sobre el total de la población, sin incluir a las perdices de granja

Para el caso de otros 5 ejemplares, los resultados habría que tomarlos con cautela, ya que en uno de los órganos la concentración de Pb era muy reducida mientras que en el otro la concentración detectada era excesivamente elevada (PS-A-23, PT-ZA-9, PT-M-10 y PB-M-9). Un quinto ejemplar podría sumarse a este grupo (CS-ZA-18), aunque en este caso, la

concentración de Pb en el otro tejido sí que era compatible con exposición a perdigones. En estos casos, no había evidencias por el color de la molleja, y de ser correctas las concentraciones tisulares en estos ejemplares y no por haber fragmentos de munición embebidos, deberíamos haber encontrado signos clínicos de intoxicación, cosa que no ocurrió.

	Pb hepático	Pb renal	Perdigón	Orificio	Molleja
PS-A-23	0.701	289.737	1 (intestino)	No	No compatible
PT-ZA-9	31.253	0.081	4 (buche)	No	No compatible
PT-M-10	35.567	0.162	0	-	No compatible
PB-M-9	1.101	46.034	0	-	No compatible
CS-ZA-18	6.270	131.085	1 (molleja)	Si	Compatible

Esto supone un 1.0% sobre el total de la población, sin incluir a las perdices de granja.

En el caso de PT-M-7 y PM-GOM-2, se podría pensar en una exposición a Pb por otra vía, ya que, si bien la concentración hepática fue elevada, la renal fue muy baja y el aspecto de la molleja era normal.

	Pb hepático	Pb renal	Perdigón	Orificio	Molleja
PT-M-7	7.105	0.186	0	-	No compatible
PM-GOM-2	8.766	0.044	0	-	Compatible

Esto supone un 0.4% sobre el total de la población, sin incluir a las perdices de granja.

Finalmente, en los dos ejemplares restantes (PA2-CR-10 y PM-GOM-11), si bien la concentración de Pb hepático fue elevada, los ejemplares estaban destrozados por el impacto de la munición y el color de la molleja no era sospechoso de exposición a perdigones, por lo que estos datos también habría que tomarlos con cautela.

	Pb hepático	Pb renal	Perdigón	Orificio	Molleja
PA2-CR-10	4.986	nd	1 (molleja)	No	No compatible
PM-GOM-11	8.300	nd	0	-	Compatible

Esto supone un 0.4% sobre el total de la población, sin incluir a las perdices de granja.

En resumen, en 15 ejemplares se puede sospechar una ingesta de perdigones del medio, lo que supondría un porcentaje sobre el total de ejemplares estudiados del 3.0% (sin contar los ejemplares de granja). Si asumimos los ejemplares que hemos considerado tomar con cautela, dicho porcentaje sería del 3.8% (19 ejemplares).

RESUMEN

A modo de resumen, se observa que el valor medio (mediana) de todos los grupos fue muy reducido, siendo la mediana para los 530 ejemplares analizados de 0.064 mg/kg (mismo valor si se excluyen los 26 ejemplares de granja).

La mediana de la concentración hepática de Pb superó los 0.1 mg/kg tan solo en las poblaciones de paloma torcaz de Madrid (0.124 ppm) y en la paloma bravía de Madrid (0.201 ppm). No se considera la paloma bravía de La Gomera (0.161 ppm) por ser solo un ejemplar.

En base al rango encontrado en la bibliografía (0.65-2.0 mg/kg), el 95.5-96.8% de la población estudiada presentaba una concentración de Pb hepático de base o inferior a la considerada como de exposición ambiental. Al eliminar los ejemplares obtenidos de granja (n=26), dicho porcentaje es de 95.2-96.6%, por lo que se podría considerar *a priori* que esas aves no habían consumido perdigones de Pb del medio. Cabe decir que los porcentajes indicados, en realidad harían mención al rango 0.65-1.5 mg/kg, pues no encontramos ejemplares con concentración hepática de Pb comprendida entre 1.5 y 2.0 mg/kg

El 87.9% de los ejemplares tenían una concentración de Pb hepático inferior a 0.2 mg/kg.

De los ejemplares considerados como sospechosos de ingesta de perdigones del medio, bien por encontrar perdigones en aparato digestivo sin encontrar evidencias aparentes de orificios (28 ejemplares), bien por detectar concentraciones de plomo hepático por encima de 0.65 mg/kg (24 ejemplares), se podría considerar como probable ingesta de perdigones del medio con repercusión tisular evidente en 15-19 ejemplares (3.0-3.8% excluyendo las perdices de granja). De los 24 ejemplares con concentración por encima de 0.65 mg/kg, 8 de ellos tenían claras marcas de voladero, por lo que se trataría de ejemplares liberados en los cotos durante la temporada de caza y 9 fueron cazados en Ciudad Real.

En el caso concreto de las perdices rojas (n=219), se podría considerar que la alta intensidad de caza podría tener un efecto positivo sobre la aparición de ejemplares a los que se les puede atribuir una ingesta de perdigones, lo que sugiere profundizar en ello.

En el caso de la paloma bravía (n=99), parece existir una relación entre la concentración de Pb hepático y el entorno, estando asociada la mayor concentración en la especie a entornos urbanos. En el caso de paloma torcaz (n=107), parece existir igualmente una asociación entre el entorno urbano y la mayor concentración de Pb hepático.

Dada la dificultad en la detección de marcas de agujeros en intestino y ante la posibilidad de que se identifiquen falsos sospechosos, no se debería considerar el criterio de presencia de agujero en este órgano.

La necesidad de obtener un elevado número de muestras para la investigación, así como la no necesidad de sacrificar animales con el único fin de la misma, hizo que eligiéramos ejemplares provenientes de la actividad cinegética habitual, es decir, aves abatidas con escopeta y munición de plomo, aun siendo conscientes de las dificultades que este manejo pudiera acarrear al existir plomo metálico sobre las muestras.

CONCLUSIONES

Este trabajo aporta importantes conclusiones acerca de la concentración promedio de Pb en hígado de aves cinegéticas de hábitats terrestres como órgano indicador de exposición a Pb. Las conclusiones generales de este estudio son las siguientes:

PRIMERA. La concentración hepática de Pb en la población estudiada es reducida, lo cual indica un buen estado de la misma con respecto a este contaminante. La concentración mediana encontrada es 10 veces inferior a la concentración umbral de exposición ambiental descrita como más restrictiva en la bibliografía.

SEGUNDA. Los resultados analíticos junto a las observaciones realizadas sobre los tejidos de algunos ejemplares hacen pensar que quizá en algunos ejemplares se haya producido una exposición ambiental a otras fuentes de Pb, sobre todo los procedentes de entornos urbanos. Futuros estudios podrían corroborar o refutar esta hipótesis.

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.

CUARTA. Si bien resulta difícil saber con exactitud cuáles son los ejemplares que han ingerido Pb en forma de perdigones y eliminando las dudas indicadas en las conclusiones segunda y tercera, parece probable que solo en un reducido grupo (3.0-3.8%) se haya producido dicha ingesta con una repercusión tisular evidente.

QUINTA. La importancia ecológica, social e industrial del impacto de la munición de Pb en aves cinegéticas de hábitats terrestres, aconseja realizar un seguimiento en las poblaciones de aves estudiadas, así como realizar nuevas investigaciones en el futuro, las cuales contribuyan a profundizar en el conocimiento de esta problemática.

RECOMENDACIONES

A continuación, se indican algunas líneas de trabajo para futuros estudios:

- Estudios de densidad de perdigones en hábitats de aves cinegéticas terrestres (perdices, palomas, tórtolas, etc.).
- Análisis de muestras de otros tejidos para corroborar o refutar hipótesis y dudas planteadas en este estudio.
- Análisis de isótopos estables para intentar discriminar entre Pb procedente de munición y fuentes naturales o de otros tipos de contaminación.
- Estudios experimentales con aves cinegéticas para estudio de la cinética de deposición tisular del plomo.
- Análisis de muestras de aves cinegéticas abatidas con munición libre de plomo.
- Evaluación de riesgo para consumidores de piezas de caza, mediante el análisis de Pb en músculo de estas aves.

8 FECHA Y FIRMAS

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

Fecha: 25 de enero de 2019.

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

9 REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: *Alectoris rufa*



Fotografía 2: *Coturnix coturnix*



Fotografía 3: *Alectoris barbara*



Fotografía 4: *Streptopelia turtur*



Fotografía 5: *Columba palumbus*



Fotografía 6: *Columba livia*



Fotografía 7: *Columba oenas*



Fotografía 8: Material empleado en la toma de muestras



Fotografía 9: Bancada de trabajo con pila aledaña



Fotografía 10: Estado de la muda de las rémiges primarias



Fotografía 11: Muestra de buche



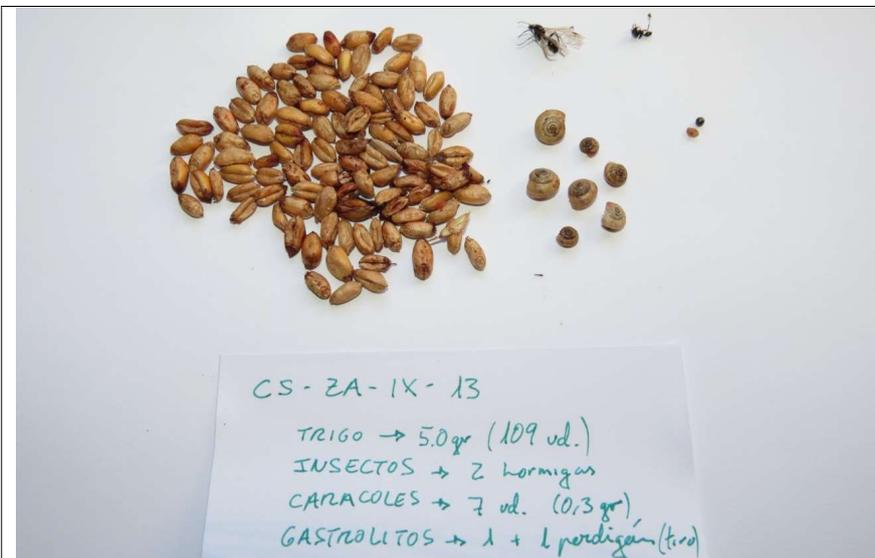
Fotografía 12: Examen de gónadas



Fotografía 13: Contenido de un buche PB-ZA-XII-15



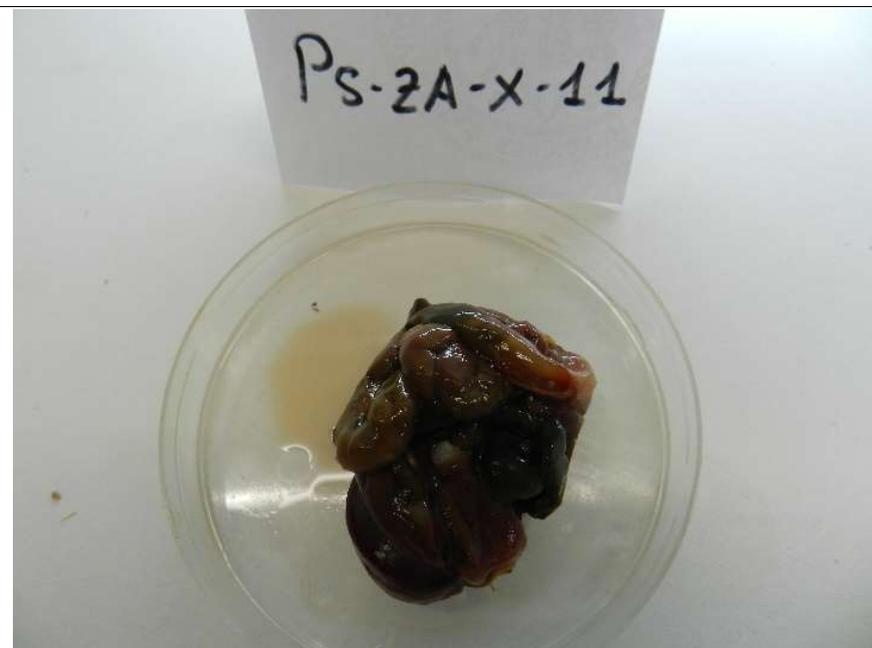
Fotografía 14: Contenido de un buche PT-A-IX-3



Fotografía 15: Contenido de un buche CS-ZA-IX-13



Fotografía 16: Radiografía de aparato digestivo



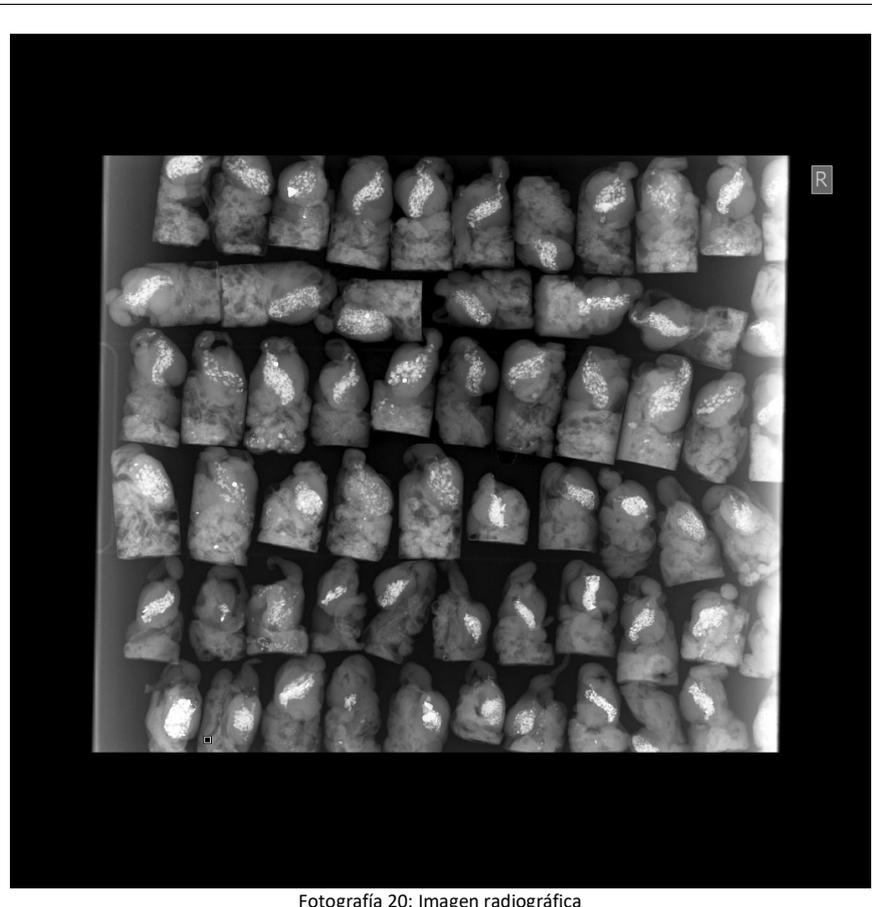
Fotografía 17: Aparato digestivo completo



Fotografía 18: Molleja



Fotografía 19: Intestino



Fotografía 20: Imagen radiográfica



Fotografía 21: Apertura de molleja



Fotografía 22: Limpieza del contenido de la molleja



Fotografía 23: Contenido de molleja una vez lavado



Fotografía 24: Observación del contenido de molleja mediante lupa



Fotografía 25: Contenido de molleja limpio y seco



Fotografía 26: Mucosa de molleja



Fotografía 27: Almacenamiento de molleja e intestino



Fotografía 28: Ejemplar PA3-CR-14. Superficie interna de la molleja y aspecto externo de molleja e intestino



Fotografía 29: Ejemplar PA4-CR-2. Superficie interna de la molleja y aspecto externo de molleja e intestino



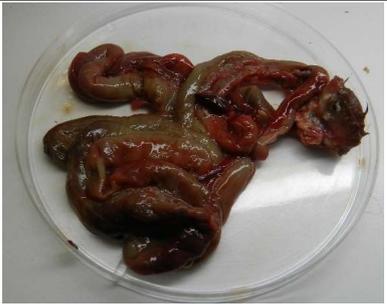
Fotografía 30: Ejemplar PA2-CR-10. Superficie interna de la molleja y aspecto externo de molleja e intestino



Fotografía 31: Ejemplar PA2-CR-5. Superficie interna de la molleja y aspecto externo de molleja e intestino



Fotografía 32: Ejemplar PS-A-23. Superficie interna de la molleja y aspecto externo de molleja e intestino

PT-ZA-9	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 33.		

PT-M-7	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 34.		

PT-M-10		
---------	--	--

	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 35.		

PA1-CR-14	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 36.		

CS-ZA-7	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 37.		

CS-ZA-18		
----------	--	--

	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 38.		

PB-M-9	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 39.		

PM-GOM-11	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 40.		No disponible (destrozada por disparo)

PM-GOM-2	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 41.		

PA3-CR-4	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 42.		

PA4-CR-1	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 43.		

TE-A-22	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 44.		

PT-ZA-1-MIG	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 45.		

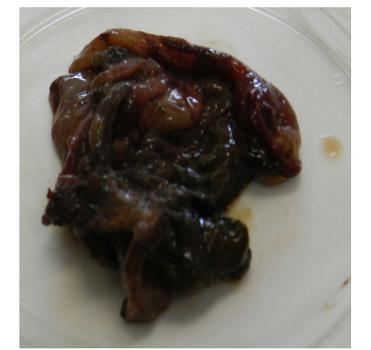
PB-PV-28	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 46.		

PB-PV-4	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 47.		

PS-A-26	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 48.		

PA2-CR-13	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 49.		

PA2-CR-2	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 50.		

PM-12	Superficie interna de la molleja	Aspecto externo del intestino
Fotografía 51.		

BIBLIOGRAFÍA CITADA

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

Beyer, W. N., 1. C. Franson, L. N. Locke, R. K. Stroud, and L. Sileo. 1998. Retrospective study of the diagnostic criteria in a lead-poisoning survey of waterfowl. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35:506~512.

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Código de campo cambiado

Bingham RJ, Larsen RT, Bissonette JA, Hall JO. Widespread Ingestion of Lead Pellets by Wild Chukars in Northwestern Utah. *Wildlife Society Bulletin* 39(1):94–102; 2015;

Cortés-Gómez AA, Fuentes-Mascorro G, Romero D. Metals and metalloids in whole blood and tissues of Olive Ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) from La Escobilla Beach (Oaxaca, Mexico). *Mar Pollut Bull.* 2014, 15;89(1-2):367-375. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.035.

Cortés-Gómez AA, Morcillo P, Guardiola FA, Espinosa C, Esteban MA, Cuesta A, Girondot M, Romero D. Molecular oxidative stress markers in olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) and their relation to metal concentrations in wild populations. *Environ Pollut.* 2018a, 233:156-167. doi: 10.1016/j.envpol.2017.10.046.

Cortés-Gómez AA, Romero D, Girondot M. Carapace asymmetry: A possible biomarker for metal accumulation in adult olive Ridleys marine turtles? *Mar Pollut Bull.* 2018b, 129(1):92-101. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.02.020.

Cortés-Gómez AA, Tvarijonaviciute A, Teles M, Cuenca R, Fuentes-Mascorro G, Romero D. p-Nitrophenyl Acetate Esterase Activity and Cortisol as Biomarkers of Metal Pollution in Blood of Olive Ridley Turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Arch Environ Contam Toxicol.* 2018c, 75(1):25-36. doi: 10.1007/s00244-017-0464-z.

Dieter. M. P. 1979. Blood delta-aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) to monitor lead contamination in canvasback ducks (*Aythya valisineria*). In *Animals as monitors (if environmental pollutants)*, eds. S. W. G. Nielsen, G. Migaki, and D. G. Scarpelli, pp. 177-191. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

Franson JC, Pain DJ. Lead in birds. In: Beyer WN & Meador JP (Eds.), *Environmental Contaminants in Biota: interpreting tissue concentrations*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2011, 563-593.

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Código de campo cambiado

- Friend M. Interpretation of criteria commonly used to determine lead poisoning problem areas. Fish and wildlife leaflet 24. 1985. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., USA.
- García-Navarro JA, Franco L, Romero D. Differences in the accumulation and tissue distribution of Pb, Cd, and Cu in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) exposed to single, binary, and ternary metal mixtures. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017, 24(7):6599-6610. doi: 10.1007/s11356-016-8349-7.
- Guitart R, Figueras J, Mateo R, Bertolero A, Cerradelo S, Martínez-Vilalta A. Lead poisoning in waterfowl from the Ebro Delta, Spain: calculation of lead exposure thresholds for mallards. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1994, 27:289–293.
- Kreager, N., Wainman, B.C., Jayasinghe, R.K., & Tsuji, L.J.S. (2008). Lead pellet ingestion and liver-lead concentrations in upland game birds from Southern Ontario, Canada. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 54:331–336.
- Mateo R, Martínez-Vilalta A, Dolz JC, Belliure J, Aguilar Serrano JM y Guitart R. Estudio de la problemática del plumbismo en aves acuáticas de diferentes humedales españoles. 1994. <https://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/vertebrados/plumbismo.aspx>. Acceso 26/7/2018.
- Mulero R, Cano-Manuel J, Ráez-Bravo A, Pérez JM, Espinosa J, Soriguer R, Fandos P, Granados JE, Romero D. Lead and cadmium in wild boar (*Sus scrofa*) in the Sierra Nevada Natural Space (southern Spain). *Environ Sci Pollut Res Int.* 2016, 23(16):16598-608. doi: 10.1007/s11356-016-6845-4.
- Pain DJ. Lead in waterfowl. Pages 251–264 in W. N. Beyer, G. H. Heinz, and A. W. Redmon-Norwood, editors. *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations.* 1996. CRC Press Boca Raton, Florida, USA.
- Ráez-Bravo A, Granados JE, Cano-Manuel FJ, Soriguer RC, Fandos P, Pérez JM, Pavlov IY, Romero D. Toxic and Essential Element Concentrations in Iberian Ibex (*Capra pyrenaica*) from

the Sierra Nevada Natural Park (Spain): Reference Intervals in Whole Blood. Bull Environ Contam Toxicol. 2016, 96(3):273-80. doi: 10.1007/s00128-015-1711-5.

U.S. Fish and Wildlife Service [USFWS]. Final supplemental environmental impact statement, use of lead shot for hunting migratory birds in the United States. 1986. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., USA.