
EL HORNERO

REVISTA DE ORNITOLOGÍA NEOTROPICAL



Establecida en 1917
ISSN 0073-3407

Publicada por Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata
Buenos Aires, Argentina

Municiones de plomo y contaminación: un viejo problema mundialmente conocido pero localmente desatendido

Ferreyra, H.

2011

Cita: Ferreyra, H. (2011) Municiones de plomo y contaminación: un viejo problema mundialmente conocido pero localmente desatendido. *Hornero* 026 (01) : 065-072

www.digital.bl.fcen.uba.ar

Puesto en línea por la Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

MUNICIONES DE PLOMO Y CONTAMINACIÓN: UN VIEJO PROBLEMA MUNDIALMENTE CONOCIDO PERO LOCALMENTE DESATENDIDO

HEBE FERREYRA

*Global Health Program, Wildlife Conservation Society. Gaona 360, 5003 Alto Alberdi, Córdoba, Argentina.
hferreyra@wcs.org*

RESUMEN.— La intoxicación de aves acuáticas por ingestión de municiones de plomo es un problema reconocido mundialmente, pero desatendido en Argentina. Existe sobrada información sobre los riesgos de contaminación con este metal pesado, particularmente en humedales, y su impacto negativo sobre la salud de las aves silvestres, el ambiente y el hombre. Para remediar esta situación, en muchos países se sustituyó el plomo por materiales no tóxicos en las municiones usadas en la caza deportiva, acciones que con el tiempo fueron comprobadamente efectivas. Si bien el conocimiento global acumulado sobre la contaminación ambiental con plomo data del siglo XIX, esta problemática no había sido evaluada en Argentina pese a la existencia de humedales de relevancia en cuanto a su biodiversidad y en los cuales las prácticas cinegéticas con municiones de plomo son intensas. Recientemente Argentina se sumó a la larga lista de países que han reportado este problema, repitiendo un escenario conocido en otros lugares del mundo. Ahora los esfuerzos deberán enfocarse también a repetir las soluciones.

PALABRAS CLAVE: *actividad cinegética, humedales, medidas correctivas, plomo, salud.*

ABSTRACT. LEAD AMMUNITION AND POLLUTION: AN OLD PROBLEM WORLDWIDE RECOGNIZED, NEGLECTED IN ARGENTINA.— Poisoning of waterbirds due to the ingestion of lead pellets is a problem recognized worldwide, but currently neglected in Argentina. Abundant information is available on the pollution risks associated to this heavy metal, particularly in wetland ecosystems. Lead pollution has been linked to detrimental effects on the health of wild birds, the environment, and public health. To address these issues, many countries have substituted lead by non-toxic materials for sports hunting ammunition, initiatives which were proven effective over time. Even though knowledge on lead pollution has been building up worldwide since the XIX century, these risks had not been considered in Argentina, in spite of vast and highly-diverse wetlands being used for hunting with lead ammunition. Argentina recently joined the long list of countries reporting the existence of this problem, repeating a well-known worldwide paradigm. Now efforts should be focused on reproducing the worldwide measures applied to mitigate its impact.

KEY WORDS: *corrective measures, health, hunting, lead, wetlands.*

Recibido 14 septiembre 2009, aceptado 20 noviembre 2010

El plomo es un metal pesado altamente tóxico que afecta la fisiología de los seres vivos y al que no se le atribuyen funciones esenciales para la vida (Pain 1996, Eisler 2000, Pain et al. 2009). Ha sido conocido por la humanidad por unos 7000 años; no obstante, recién a partir de la revolución industrial y de su uso intensivo para la fabricación de diversos productos se ha convertido en un metal de características ubicuas, pasando a ser un constituyente de muchos componentes bióticos y abióticos del ambiente (Pain 1996, Eisler 2000). Su aplicación industrial ha sido muy variada, utilizándose principalmente para la fabricación de baterías,

cañerías de agua, pinturas y como anti-detonante de combustibles, convirtiéndose en fuente de intoxicación para el hombre y los animales domésticos hasta su prohibición en algunos de estos usos. Pero la fuente primaria de envenenamiento en aves silvestres ha sido y sigue siendo la ingestión de municiones de plomo desechadas en el ambiente por la actividad cinegética (Locke y Thomas 1996, Pain et al. 2009). Los primeros documentos que alertan sobre la intoxicación por plomo en aves silvestres datan del siglo XIX en Alemania (von Fuchs 1842, citado en Friend et al. 2009) y EEUU (Calvert 1876, citado en Pain et al. 2009,

Rattner et al. 2008). Desde entonces y hasta la actualidad los reportes de aves intoxicadas por este metal pesado han sido numerosos y ampliamente distribuidos geográficamente, en especial en los países del primer mundo. En EEUU se estimaron pérdidas anuales de entre 1.5–3 millones de aves acuáticas por esta causa (US Fish and Wildlife Service 1990), y cerca del millón para Europa (Mateo 2009).

Los grupos taxonómicos más frecuentemente afectados por el plomo son los Anseriformes y las rapaces (Clemens et al. 1975, Pain 1996, Friend 1999). No obstante, la lista se extiende a más de 100 especies de aves, tanto terrestres como acuáticas (Fisher et al. 2006, Kimmel y Tranel 2008). Entre las aves acuáticas afectadas en Europa se encuentran especies de Phoenicopteridae (*Phoenicopus ruber*; Mateo et al. 1997), Scolopacidae (*Gallinago gallinago*, *Philomachus pugnax*, *Limosa limosa*, *Limnodromus scolopaceus*, *Lymnocyptes minimus*, *Calidris alpina*), Rallidae (*Fulica atra*, *Rallus aquaticus*) y Anatidae (*Oxyura leucocephala* y *Marmaronetta angustirostris*, especies en peligro y vulnerable, respectivamente; Svanberg et al. 2006, IUCN 2011). En Europa se halló una correlación positiva entre la declinación poblacional de 15 especies de aves acuáticas y el porcentaje de ingestión de plomo (Mateo 2009). Las poblaciones de *Anas acuta* y *Aythya ferina*, con una prevalencia de ingestión de municiones de 50–70% en humedales del Mediterráneo, están declinando progresivamente (BirdLife International 2004). También en Europa, la intoxicación con plomo ha sido identificada en 17 especies de rapaces (Mateo 2009), incluyendo a *Aquila adalberti*, especie vulnerable a nivel mundial (IUCN 2011).

El escenario no ha sido diferente para América del Norte, donde se han documentado problemas de salud por alta exposición al plomo de origen cinético en 26 especies de la familia Anatidae y 10 especies de las familias Recurvirostridae, Threskiornithidae, Rallidae y Scolopacidae (Pain 1990, Pain et al. 1992, Tranel y Kimmel 2009). En aves rapaces, en las cuales la ingestión de presas contaminadas con municiones de plomo es la principal fuente de intoxicación, se conocen unas nueve especies afectadas (Tranel y Kimmel 2009). Entre ellas se incluye *Gymnogyps californianus*, que está categorizada en peligro (IUCN 2011) y para la cual el plomo de origen cinético es uno de los factores que más atenta contra los

programas de recuperación (Church et al. 2006, Cade 2007).

VÍAS DE EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS AVES

Las aves acuáticas ingieren las municiones del suelo en forma accidental, al confundirlas con semillas o con gastrolitos, pequeñas piedras que facilitan la digestión de los alimentos (Suárez y Urios 1999, Figuerola et al. 2005). Si bien los aspectos ecológicos que favorecen la ingestión parecen ser complejos (Figuerola et al. 2005), esta es la vía más frecuente de intoxicación en aves acuáticas (Mateo et al. 2001, De Francisco et al. 2003, Svanberg et al. 2006). Existe una alta asociación entre áreas de caza y de exposición al plomo, siendo éstos los sitios donde las altas concentraciones de plomo en sangre resultan más frecuentes (Pain et al. 2009). Los niveles de ingestión reportados son variables y dependen de la especie, de la dieta y de la densidad y disponibilidad de municiones en el ambiente, entre otros factores (Clemens et al. 1975, Pain 1990, Guitart et al. 1994, Friend 1999). Los niveles de ingestión proporcionan una estimación conservadora de la severidad de la intoxicación por plomo en poblaciones de aves acuáticas silvestres (Anderson y Havera 1985). Tanto en EEUU como en Europa se ha reportado ingestión de perdigones en anátidos en más del 75% de los animales evaluados (Figuerola et al. 2005, Pain et al. 2009). Estos valores han superado el 90% en especies que no son objeto de caza deportiva, como flamencos (*Phoenicopus ruber*) y cisnes (*Cygnus columbianus*, *Cygnus buccinator*), con mortalidad asociada (Kendall y Driver 1982, Mateo et al. 1997, Degernes et al. 2006). Para las especies de interés cinético es probable que en algunos sitios la mortalidad por intoxicación sea mayor a la ocasionada por la propia caza (De Francisco et al. 2003).

Tras la ingestión de las municiones, la acción de los ácidos estomacales oxida el metal y lo disuelve formándose sales de plomo que son absorbidas en el intestino. Posteriormente, estas sales pasan al torrente sanguíneo desde donde se distribuyen y acumulan en varios órganos, principalmente hígado, riñón, huesos y músculos (Clemens et al. 1975, Pain 1996, Friend 1999, De Francisco et al. 2003). Los efectos nocivos reportados incluyen cambios fisiológicos, reproductivos, comportamentales

e inmunológicos (Bates et al. 1968, Veit et al. 1983, Rocke y Samuel 1991, Locke y Thomas 1996, Pain 1996, Flint y Grand 1997, Friend 1999, Eisler 2000). Los efectos de la intoxicación dependen de la especie de ave y de la dosis de plomo ingerido. La ingestión de una sola munición puede ocasionar la muerte en algunas especies, mientras que en otras se ha observado una reducción en la capacidad para sobrevivir después de consumir varias municiones en un período corto de tiempo (Mateo y Guitart 1997). Los signos clínicos más evidentes de intoxicación son distensión del proventrículo, heces verdes, incapacidad para sostener el vuelo, anorexia, alteración del sistema nervioso central y renal, debilidad, depresión, pérdida de peso, anemia y muerte (Clemens et al. 1975, Roscoe y Nielsen 1979, Friend 1999). Además, la ingestión reiterada en bajas dosis puede ocasionar cuadros subclínicos (i.e., sin signos externos aparentes), con alteraciones bioquímicas tempranas tales como un menor contenido de hemoglobina en los glóbulos rojos. La detección de los casos de intoxicación en poblaciones silvestres es especialmente dificultosa debido a que pasan inadvertidos (Friend 1999), motivo por el cual son usualmente denominadas “muertes silenciosas” (Mateo y Guitart 1997).

La predación de las aves débiles intoxicadas por la ingestión de municiones cierra un círculo casi “vicioso”, ya que constituye una vía de exposición al plomo para las especies predatoras o carroñeras. Pero, además, el consumo de aves que sobreviven a los disparos es una vía complementaria de exposición, aún no muy explorada. Las piezas de caza contaminadas con plomo, ya sea porque sobreviven al disparo o porque mueren pero no son recuperados por el cazador, constituyen la principal fuente de intoxicación en aves de presa y carroñeras. En EEUU, el 15% de los gansos y el 19% de los patos no son recuperados durante las prácticas de caza (US Fish and Wildlife Service 1975), mientras que en Europa el 9–65% de los gansos y el 9–68% de los patos silvestres sobreviven luego del disparo, incorporando partículas de plomo en sus músculos (Guillermain et al. 2007, Mateo 2009). Las intoxicaciones crónicas con plomo en humanos asociadas a heridas de balas o municiones de plomo alojadas en el cuerpo generalmente ocurren cuando se alojan en o cerca de los huesos, de las articulaciones o del sistema

nervioso central (Malandrini et al. 2001, McQuirter et al. 2004, Mahan et al. 2006, Dougherty et al. 2009, Oomen et al. 2011).

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SALUD PÚBLICA

La cantidad de municiones que pueden acumularse en suelos y sedimentos en los sitios de caza no es despreciable. En humedales del Mediterráneo se detectaron densidades de 60000–540000 municiones/ha y estos niveles fueron asociados con la ingesta de municiones en un 25% de patos que padecieron eventos de mortalidad (Guitart et al. 1994). Las densidades más elevadas fueron reportadas en Francia, con 2000000 municiones/ha (Pain 1990) y en España, con casi 4000000 municiones/ha (Mateo et al. 2007a). En humedales de EEUU se han reportado densidades de 20000–90000 municiones/ha (Oates 1989) y de hasta 210000 municiones/ha, relacionadas con mortalidades del 30% en *Cygnus columbianus* y *Cygnus buccinator* (Kendall y Driver 1982). En ecosistemas terrestres se documentaron hasta 860000 municiones/ha en sitios de caza de palomas (Best et al. 1992) donde es frecuente la ingestión de municiones por aves terrestres.

Las municiones de plomo pueden tardar unos 100–300 años en degradarse y desaparecer completamente del ecosistema (Jorgensen y Willems 1987, De Francisco et al. 2003). Recientemente, Flint y Schamber (2010) estimaron que en humedales de Alaska bajo presión de caza, las municiones en el suelo tardarían unos 25 años en ocultarse a profundidades no accesibles a los anátidos. Sin embargo desde que caen en el suelo y los sedimentos las municiones pueden comenzar a liberar formas solubles (biodisponibles) de plomo debido a la oxidación del metal en estos medios. Independientemente de la profundidad, el plomo biodisponible puede incorporarse a suelos, agua y sedimentos, y transferirse desde los componentes abióticos del ambiente a los bióticos. Este proceso depende de variables climáticas, del tipo de suelo, de su manejo y de sus características químicas, así como de las características del agua y de los sedimentos (Rooney et al. 1999, Cao et al. 2003). Soeder y Miller (2003) documentaron concentraciones de plomo en agua de 400–1000 $\mu\text{g/L}$ en áreas con altas densidades de municiones en un Refugio de Vida Sil-

vestre de EEUU, contrastando con concentraciones naturales de $1 \mu\text{g/L}$ para la misma zona fuera del área de impacto de caza. A modo de referencia, en Argentina los niveles máximos admisibles para agua de consumo humano son de $50 \mu\text{g/L}$; ese límite asciende a $100 \mu\text{g/L}$ para el ganado y a $200 \mu\text{g/L}$ para irrigación (Decreto 831/1993, Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24051/1991).

El plomo tampoco es un metal esencial para las plantas y, en cantidades excesivas, puede causar inhibición del crecimiento, reducción de la tasa fotosintética, alteraciones en la mitosis y reducción en la absorción de agua (Demayo et al. 1982). Dependiendo de la composición mineral y las propiedades químicas del suelo, las formas metálicas del plomo pueden hacerse biodisponibles y ser absorbidas por la planta (Thomas 1997). A través de su acumulación en las plantas, el plomo puede transferirse a los animales y al hombre por la cadena trófica (Braun et al. 1997, Rooney et al. 1999). Rooney et al. (1999) documentaron altos niveles de plomo en plantas forrajeras para ganado y consumo humano, correlacionados positivamente con la contaminación de los suelos por municiones de plomo.

El consumo de carne de animales cazados es otra vía de exposición al plomo para el hombre, ya sea por la ingestión directa de municiones o de partículas imperceptibles presentes en los músculos pectorales o por el rastro contaminado que deja el paso de las municiones por el tejido (Guitart y Thomas 2005, Gustavsson y Gerhardsson 2005). Pain et al. (2010) encontraron que la concentración de plomo en la carne de animales cazados con balas o municiones de plomo tiene una correlación directa con la cantidad de municiones remanentes o con fragmentos de las mismas en los músculos, aún habiéndose extraído los fragmentos visibles antes de su cocción. En pueblos originarios de Dakota del Norte (EEUU) y en los Inuit de Canadá se encontraron niveles significativos de exposición al plomo asociados a la ingestión de carne de cacería (Tsuji et al. 1999, Iqbal et al. 2009). Recientemente se ha determinado que la cocción de la carne de caza, especialmente cuando se preparan escabeches, produce la liberación del plomo desde las municiones hacia la carne, alcanzando niveles superiores a los aceptables por las reglamentaciones de la Unión Europea (Mateo et al. 2007b).

EL PROBLEMA EN ARGENTINA

Hasta hace poco tiempo se había generado escasa información con respecto a la problemática de la contaminación por municiones de plomo en Argentina. Para las aves acuáticas, en particular, pese a la existencia de prácticas intensivas de caza en humedales, no se contaba con antecedentes sobre niveles de exposición hasta 2007 (Ferreyra et al. 2009). En ese estudio, realizado en humedales del norte de la provincia de Santa Fe, se registró un 31.3% de ingestión de municiones de plomo en *Netta peposaca* y un 28.6% en *Dendrocygna bicolor*, y niveles de plomo en hueso superiores a 20 ppm de peso seco en el 40% y el 15% de los individuos evaluados de cada especie, respectivamente. En aves, niveles de plomo en hueso superiores a 10 ppm de peso seco manifiestan signos bioquímicos tempranos de intoxicación, mientras que niveles superiores a 20 ppm se asocian a signos clínicos de intoxicación y riesgo de muerte (Pain 1996, Svanberg et al. 2006). Esto indica que los niveles de exposición hallados en estas aves son altos y permiten incorporar a Argentina en la larga lista de países que ya reportaron efectos perjudiciales derivados del uso de municiones de plomo, alertando sobre la necesidad de implementar medidas correctivas.

Grandes extensiones de humedales en el norte de la provincia de Santa Fe han sido modificadas para la expansión de la producción arroceras en los últimos años. En esa región especies de anátidos como *Dendrocygna viduata*, *Dendrocygna bicolor*, *Netta peposaca*, *Anas georgica* y *Amazonetta brasiliensis* son consideradas dañinas para el arroz por el piseteeo, el consumo de brotes y de granos (Bucher 1983, Zaccagnini 2002). Por esa razón, cada año se habilita la caza de anátidos en arroceras en 12 departamentos de la provincia, desde febrero hasta abril, como una manera de regular las poblaciones de estas especies y mitigar el daño (resoluciones provinciales de caza N° 306/07 y 99/08). Desde mayo hasta principios de agosto, además, se habilita la caza deportiva regular (resoluciones provinciales de caza N° 124/07 y 43/09). Esta situación ha convertido a la zona en un importante polo local e internacional para las prácticas cinegéticas que utilizan municiones de plomo. Cada cartucho tradicionalmente utilizado para la caza de anátidos contiene unos 32 g

de plomo (en 200–300 perdigones) y solo una fracción de esas municiones mata al ave, siendo el resto desechado al ambiente (De Francisco et al. 2003). En EEUU se estimó que cada cazador realiza unos seis disparos por ave abatida (US Fish and Wildlife Service 1986). Si bien esos valores no han sido estimados para Argentina, se puede realizar un cálculo muy conservador. Conforme a las normas vigentes en Santa Fe, hasta 2008 se habilitaba la caza de 15 individuos de patos por cazador por día, y cada excursión puede durar, en promedio, unos dos días. Tomando estas cifras de mínima, se puede estimar unos 180 disparos por cazador por excursión de dos días (considerando una sola excursión por cazador por temporada), lo que representa unos 5.7 kg de plomo que se desechan al ambiente. También se desconocen en Argentina las proporciones de piezas contaminadas con plomo no recuperadas, que quedarían en el ambiente accesibles a aves de presa o carroñeras. No obstante, se han podido observar municiones rodeadas de tejido fibroso de larga data en la grasa abdominal y en los órganos de patos silvestres que han sobrevivido a disparos anteriores e, incluso, en aves con amputación de una pata (obs. pers.).

Todos los taxa de aves acuáticas que han sido afectados por ingestión de municiones de plomo a nivel internacional están bien representados en Argentina, debiendo ser tenidos en cuenta para estudios futuros. Al menos 18 de las 38 especies de anátidos que habitan en Argentina viven en los humedales del norte de Santa Fe (Zaccagnini 2002) y podrían estar expuestas, al igual que otras comunidades de aves no acuáticas. Este sitio alberga una amplia diversidad de aves residentes y migratorias (Blanco et al. 2006) que utilizan esas áreas para su alimentación y reproducción. Algunas especies, como *Netta peposaca*, realizan migraciones entre Argentina y Brasil. Relevamientos efectuados en Brasil indicarían una disminución de su población que algunos autores atribuyen, entre otras causas, a la caza excesiva (Menegheti 1999). Habría que considerar si la exposición al plomo no estaría colaborando también en su declinación.

Entre las aves de presa o carroñeras, aunque aún está poco explorado, algunos estudios recientes han reportado hallazgo de plomo en huesos de *Cathartes aura*, en huesos y sangre de *Harpyhaliaetus coronatus* y en plumas de

Vultur gryphus (Saggese et al. 2009). Estas dos últimas especies son consideradas en peligro de extinción y casi amenazada, respectivamente (IUCN 2011). En los humedales del norte de la provincia de Santa Fe se desconoce el nivel de exposición al plomo en aves de presa o carroñeras, pero teniendo en cuenta la alta probabilidad de que las aves acuáticas contaminadas sean fuente de exposición e intoxicación de predadores, no debe subestimarse la posibilidad de que el plomo se esté trasladando a otros niveles tróficos.

HACIA EL FUTURO

La información aquí presentada representa solo un acercamiento a un problema ambiental complejo y constituye una pequeña fracción del conocimiento acumulado sobre esta problemática en el mundo. No obstante, los datos presentados dan suficiente sustento para discontinuar las prácticas de caza con municiones tóxicas en Argentina.

En la actualidad existe una variedad de materiales alternativos no tóxicos para la fabricación de municiones, entre los que pueden mencionarse el acero, el níquel y diversas aleaciones como bismuto–estaño, entre otros (Rattner et al. 2008). El reemplazo del plomo por estos materiales ha reducido notablemente los efectos perjudiciales sobre las aves silvestres en solo 5–6 años luego de su implementación (Moore et al. 1998, Anderson et al. 2000, Samuel y Bowers 2000). Sin embargo, el proceso de implementación de medidas correctivas a nivel internacional ha sido lento, pues generó reacciones controvertidas y tuvo que enfrentar mucha resistencia. Mauritania fue el primer país que efectivizó la prohibición de uso de municiones de plomo para la caza en 1975, aunque las razones no fueron ambientales sino militares (Avery y Watson 2009). Dinamarca fue el primer país que recomendó el uso voluntario de municiones no tóxicas en 1985, para finalmente prohibir el uso del plomo en todo tipo de caza a partir de 1996 (Avery y Watson 2009). Veinticinco estados de EEUU comenzaron a implementar el reemplazo de municiones de plomo por materiales no tóxicos en humedales en 1991 y estas medidas van adoptándose en un número cada vez mayor de países (Avery y Watson 2009). Actualmente, 14 países de Europa ya han regulado la actividad cinegética

exigiendo el reemplazo por materiales no tóxicos, aunque estas medidas son variables en su extensión y forma de aplicación (Mateo 2009). Todas estas acciones han sido impulsadas por las evidencias sobre el impacto de la salud en aves acuáticas y carroñeras, y actualmente se están fortaleciendo por el creciente conocimiento sobre los efectos adversos no solo para la salud de la vida silvestre sino también para la del hombre (Avery y Watson 2009, Pain et al. 2010).

Aunque el riesgo que plantean estas prácticas para la salud humana y el ambiente no ha sido explorado en nuestro país, la abundante información disponible sobre los efectos negativos del plomo debería ser motivo suficiente para aplicar el principio de precaución e implementar medidas correctivas. Aún queda mucho trabajo por hacer y es mucho el esfuerzo necesario para lograr el apoyo de quienes tienen poder de decisión. Proteger los ecosistemas naturales implica también mantenerlos saludables para beneficios obvios, tanto para la biodiversidad como para la producción y la salud pública.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a Marcela Uhart, del Global Health Program, Wildlife Conservation Society, por su lectura crítica, y a los tres revisores anónimos que ayudaron a mejorar este artículo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ANDERSON WL Y HAVERA SP (1985) Blood lead, protoporphyrin, and ingested shot for detecting lead poisoning in waterfowl. *Wildlife Society Bulletin* 13:26–31
- ANDERSON WL, HAVERA SP Y ZERCHER B (2000) Ingestion of lead and nontoxic shotgun pellets by ducks in the Mississippi flyway. *Journal of Wildlife Management* 64:848–857
- AVERY D Y WATSON RT (2009) Regulation of lead-based ammunition around the world. Pp. 161–168 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- BATES FY, BARNES DM Y HIGBEE JM (1968) Lead toxicosis in Mallard ducks. *Bulletin of the Wildlife Disease Association* 4:116–125
- BEST TL, GARRISON TE Y SCHM T (1992) Availability and ingestion of lead shot by Mourning Doves (*Zenaida macroura*) in southeastern New Mexico. *Southwestern Naturalist* 37:287–292
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2004) *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. BirdLife International, Wageningen
- BLANCO DE, LÓPEZ-LANÚS B, DIAS RA, AZPIROZ A Y RILLA F (2006) *Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo*. Wetlands International, Buenos Aires
- BRAUN U, PUSTERLA N Y OSSENT P (1997) Lead poisoning of calves pastured in the target area of a military shooting range. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 139:403–407
- BUCHER EH (1983) Las aves como plaga en la Argentina. Pp. 74–90 en: ELIAS DJ (ed) *Simposio: Zoología económica y vertebrados como plagas de la agricultura. IX Congreso Latinoamericano de Zoología, Octubre 9–15, 1983, Arequipa*. Arequipa
- CADE TJ (2007) Exposure of California condors to lead from spent ammunition. *Journal of Wildlife Management* 71:2125–2133
- CALVERT HS (1876) Pheasants poisoned by swallowing shot. *Field* 47:189
- CAO X, MA LQ, CHEN M, HARDISON DW Y HARRIS WG (2003) Lead transformation and distribution in the soils of shooting ranges in Florida, USA. *Science of the Total Environment* 307:179–189
- CHURCH ME, GWIAZDA R, RISEBROUGH RW, SORENSON K, CHAMBERLAIN CP, FARRY S, HEINRICH W, RIDEOUT BA Y SMITH DR (2006) Ammunition is the principal source of lead accumulated by California condors re-introduced to the wild. *Environmental Science & Technology* 19:6143–6150
- CLEMENS ET, KROOK L, ARONSO AL Y STEVENS CE (1975) Pathogenesis of lead shot poisoning in the Mallard duck. *Cornell Veterinarian* 62:248–285
- DE FRANCISCO N, RUIZ TROYA JD Y AGUERA EI (2003) Lead and lead toxicity in domestic and free living birds. *Avian Pathology* 32:3–13
- DEGERNES L, HEILMAN S, TROGDON M, JORDAN M, DAVISON M, KRAEGE D, CORREA M Y COWEN P (2006) Epidemiologic investigation of lead poisoning in Trumpeter and Tundra Swans in Washington State, USA, 2000–2002. *Journal of Wildlife Diseases* 42:345–358
- DEMAYO A, TAYLOR MC, TAYLOR KW Y HODSON PV (1982) Toxic effects of lead and lead compounds on human health, aquatic life, wildlife, plants, and livestock. *Critical Reviews in Environmental Control* 12:257–305
- DOUGHERTY PJ, VAN HOLSBECK M, MAYER TG, GARCÍA JA Y NAJIBI S (2009) Lead toxicity associated with a gunshot-induced femoral fracture. *Journal of Bone & Joint Surgery* 91:2002–2008
- EISLER R (2000) *Handbook of chemical risk assessment. Health hazards to humans, plants, and animals. Volume 1. Metals*. Lewis Publishers, Boca Ratón
- FERREYRA H, ROMANO M Y UHART M (2009) Recent and chronic exposure of wild ducks to lead in human-modified wetlands in Santa Fe Province, Argentina. *Journal of Wildlife Diseases* 45:823–827

- FIGUEROLA J, MATEO R, GREEN AJ, MONDAIN-MONVAL JY, LEFRANC H Y MENTABERRE G (2005) Grit selection in waterfowl and how it determines exposure to ingested lead shot in Mediterranean wetlands. *Environmental Conservation* 32:226–234
- FISHER JL, PAIN D Y THOMAS VG (2006) A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* 131:421–432
- FLINT PL Y GRAND JB (1997) Survival of spectacled eider adult females and ducklings during brood rearing. *Journal of Wildlife Management* 61:217–221
- FLINT PL Y SCHAMBER JL (2010) Long-term persistence of spent lead shot in tundra wetlands. *Journal of Wildlife Management* 74:148–151
- FRIEND M (1999) Lead. Pp. 317–334 en: FRIEND M Y FRANSON JC (eds) *Field manual of wildlife diseases. General field procedures and diseases of birds*. USDI-USGS Biological Resources Division Information and Technology Report 1999-001, Madison
- FRIEND M, FRANSON JC Y ANDERSON WL (2009) Biological and societal dimensions of lead poisoning in birds in the USA. Pp. 34–60 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- VON FUCHS CJ (1842) *Die schädlichen einflüsse der bleibergwerke auf die gesundheit der haustiere, insbesondere des rindviehes*. Veit, Berlín
- GUILLERMAIN M, DEVINEAU O, LEBRETON J-D, MONDAIN-MONVAL J-Y, JOHNSON AR Y SIMON G (2007) Lead shot and Teal (*Anas crecca*) in the Camargue, southern France: effects of embedded and ingested pellets on survival. *Biological Conservation* 137:567–576
- GUITAR R Y THOMAS VG (2005) ¿Es el plomo empleado en deportes (caza, tiro y pesca deportiva) un problema de salud pública infravalorado? *Revista Española de Salud Pública* 79:621–632
- GUITART R, TO-FIGUERAS J, MATEO R, BERTOLERO A, CERRADELO S Y MARTÍNEZ-VILALTA A (1994) Lead poisoning in waterfowl from the Ebro Delta, Spain: calculation of lead exposure thresholds for mallards. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 27:289–293
- GUSTAVSSON P Y GERHARDSSON L (2005) Intoxication from an accidentally ingested lead shot retained in the gastrointestinal tract. *Environmental Health Perspectives* 113:491–493
- IQBAL S, BLUMENTHAL W, KENNEDY C, YIP FY, PICKARD S, FLANDERS WD, LORINGER K, KRUGER K, CALDWELL KL Y BROWN MJ (2009) Hunting with lead: association between blood lead levels and wild game consumption. *Environmental Research* 109:952–959
- IUCN (2011) *The IUCN red list of threatened species*. International Union for Conservation of Nature, Cambridge (URL: <http://www.iucnredlist.org/>)
- JORGENSEN SS Y WILLEMS M (1987) The fate of lead in soils: the transformation of lead pellets in shooting-range soils. *Ambio* 16:11–15
- KENDALL RJ Y DRIVER CJ (1982) Lead poisoning in swans in Washington State. *Journal of Wildlife Diseases* 18:385–387
- KIMMEL RO Y TRANEL MA (2008) Evidence of lead shot problems for wildlife, the environment, and human health - Implications for Minnesota. Pp. 96–115 en: DONCARLOS MW, KIMMEL RO, LAWRENCE JS Y LENARZ MS (eds) *Summaries of wildlife research findings 2007*. Minnesota Department of Natural Resources, St. Paul
- LOCKE LN Y THOMAS NJ (1996) Lead poisoning of waterfowl and raptors. Pp. 108–117 en: FAIRBROTHER A, LOCKE LN Y HOFF GL (eds) *Noninfectious diseases of wildlife*. Segunda edición. Iowa State University Press, Ames
- MAHAN ST, MURRAY MM, WOOLF AD Y KASSER JR (2006) Increased blood lead levels in an adolescent girl from a retained bullet. *Journal of Bone & Joint Surgery* 88:2726–2729
- MALANDRINI A, VILLANOVA M, SALVADRI C, GAMBELLI S, BERTI G Y DI PAOLO M (2001) Neuropathological findings associated with retained lead shot pellets in a man surviving two months after a suicide attempt. *Journal of Forensic Sciences* 46:717–721
- MATEO R (2009) Lead poisoning in wild birds in Europe and the regulations adopted by different countries. Pp. 71–98 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- MATEO R, DOLZ JC, AGUILAR SERRANO JM, BELLIURE J Y GUITART R (1997) An epizootic of lead poisoning in Greater Flamingos (*Phoenicopterus ruber roseus*) in Spain. *Journal of Wildlife Diseases* 33:131–134
- MATEO R, GREEN AJ, JESKE CW, URIOS V Y GERIQUE C (2001) Lead poisoning in the globally threatened Marbled Teal and White-headed Duck in Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20:2860–2868
- MATEO R, GREEN AJ, LEFRANC H, BAOS R Y FIGUEROLA J (2007a) Lead poisoning in wild birds from southern Spain: a comparative study of wetland areas and species affected, and trends over time. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66:119–126
- MATEO R Y GUITART R (1997) Ingestión de plomo: la enfermedad invisible de las aves. *Animalia* 88:28–34
- MATEO R, RODRÍGUEZ DE LA CRUZ M, VIDAL D, REGLERO M Y CAMARERO P (2007b) Transfer of lead from shot pellets to game meat during cooking. *Science of the Total Environment* 372:480–485
- MCQUINTER JL, ROTHENBERG SJ, DINKINS GA, KONDRASHOV V, MANALO M Y TODD AC (2004) Change in blood lead concentration up to 1 year after a gunshot wound with a retained bullet. *American Journal of Epidemiology* 159:683–692
- MENEGHETTI JO (1999) Mais sobre o marrecão: sua caça esportiva no Cone Sul das Américas. *Caça & Conservação* 4:11–12

- MOORE JL, HOHMAN WL, STARK TM Y WEISBRICH GA (1998) Shot prevalences and diets of diving ducks five years after ban on use of lead shotshells at Catahoula Lake, Louisiana. *Journal of Wildlife Management* 62:564–569
- OATES DW (1989) Incidence of lead shot in the rainwater basins of South Central Nebraska. *Prairie Naturalist* 21:137–146
- OOMEN JW, SMITS BW, SWINKELS DW, SCHREURS BW, BLOEM BR Y HENDRIKS MP (2011) A toxic shot from the hip. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 82:353–354
- PAIN DJ (1990) Lead shot ingestion by waterbirds in the Camargue, France: an investigation of levels and interspecific differences. *Environmental Pollution* 66:273–285
- PAIN DJ (1996) Lead in waterfowl. Pp 251–264 en: BEYER WN, HEINZ GH Y RED-NORWOOD AW (eds) *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations*. Lewis Publishers, Boca Ratón
- PAIN DJ, AMIARD-TRIQUET C Y SYLVESTRE C (1992) Tissue lead concentrations and shot ingestion in nine species of waterbirds from the Camargue (France). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 24:217–233
- PAIN DJ, CROMIE RL, NEWTH J, BROWN MJ, CRUTCHER E, HARDMAN P, HURST L, MATEO R, MEHARG AA, MORAN AC, RAAB A, TAGGART MA Y GREEN RE (2010) Potential hazard to human health from exposure to fragments of lead bullets and shot in the tissues of game animals. *PLoS One* 5:e10315
- PAIN DJ, FISHER IJ Y THOMAS VG (2009) A global update of lead poisoning in terrestrial birds from ammunition sources. Pp. 99–118 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- RATTNER BA, FRANSON JC, SHEFFIEDL SR, GODDARD CI, LEONARD NJ, STAND D Y WINGATE PJ (2008) *Sources and implications of lead ammunition and fishing tackle on natural resources*. The Wildlife Society, Bethesda
- ROCKE TE Y SAMUEL MD (1991) Effects of lead shot ingestion on selected cell of the mallard immune system. *Journal of Wildlife Diseases* 27:1–9
- ROONEY CP, MCLAREN RG Y CRESSWELL JR (1999) Distribution and phytoavailability of lead in a soil contaminated with lead shot. *Water, Air and Soil Pollution* 116:535–548
- ROSCOE DE Y NIELSEN SW (1979) A simple, quantitative test for erythrocytic protoporphyrin in lead-poisoned ducks. *Journal of Wildlife Diseases* 15:127–136
- SAGGESE MD, QUAGLIA A, LAMBERTUCCI SA, BÓ MS, SARASOLA JH, PEREYRA-LOBOS R Y MACEDA JJ (2009) Survey of lead toxicosis in free-ranging raptors from central Argentina. Pp. 223–231 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- SAMUEL MD Y BOWERS EF (2000) Lead exposure in American Black Ducks after implementation of non-toxic shot. *Journal of Wildlife Management* 64:947–953
- SOEDER DJ Y MILLER CV (2003) *Ground-water contamination from lead shot at Prime Hook National Wildlife Refuge, Sussex County, Delaware*. USDI-USGS Water-Resources Investigations Report 02-4282, Baltimore
- SUÁREZ-R C Y URIOS V (1999) La contaminación por saturnismo en aves acuáticas del Parque Natural de El Hondo y su relación con los hábitos alimenticios. *Humedales Mediterráneos* 1:83–90
- SVANBERG F, MATEO R, HILLOSTROM L, GREEN AJ, TAGGART MA, RAAB A Y MEHARG AA (2006) Lead isotopes and lead shot ingestion in the globally threatened marbled teal (*Marmaronetta angustirostris*) and white-headed duck (*Oxyura leucocephala*). *Science of the Total Environment* 370:416–424
- THOMAS VG (1997) The environmental and ethical implications of lead shot contamination of rural lands in North America. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 10:41–54
- TRANEL MA Y KIMMEL RO (2009) Impacts of lead ammunition on wildlife, the environment, and human health — A literature review and implications for Minnesota. Pp. 318–337 en: WATSON RT, FULLER M, POKRAS M Y HUNT WG (eds) *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans*. The Peregrine Fund, Boise
- TSUJI L JS, NIEBOER E, KARAGATZIDES JD, HANNING RM Y KATAPATUK B (1999) Lead shot contamination in edible portions of game birds and its dietary implications. *Ecosystem Health* 5:183–192
- US FISH AND WILDLIFE SERVICE (1975) *Final environmental statement. Issuance of annual regulations permitting the sport hunting of migratory birds*. US Fish and Wildlife Service, Washington, DC
- US FISH AND WILDLIFE SERVICE (1986) *Final supplemental environmental impact statement. Use of lead shot for hunting migratory birds in the United States*. US Fish and Wildlife Service, Washington, DC
- US FISH AND WILDLIFE SERVICE (1990) *Lead poisoning in waterfowl*. US Fish and Wildlife Service, Washington, DC
- VEIT HP, KENDALL RJ Y SCANLON PF (1983) The effect of lead shot ingestion on the testes of adult ringed turtle doves (*Streptopelia risoria*). *Avian Diseases* 27:442–452
- ZACCAGNINI ME (2002) Los patos en las arroceras del noreste de Argentina: ¿plagas o recursos para caza deportiva y turismo sostenible? Pp. 35–57 en: BLANCO DE, BELTRÁN J Y DE LA BALZE V (eds) *Primer taller sobre la caza de aves acuáticas. Hacia una estrategia para el uso sustentable de los recursos de los humedales*. Wetlands International, Buenos Aires