

COLABORACIÓN ESPECIAL**¿ES EL PLOMO EMPLEADO EN DEPORTES (CAZA, TIRO Y PESCA DEPORTIVA) UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA INFRavalorado?****Raimon Guitart (1) y Vernon G Thomas (2)**

(1) Unitat de Toxicologia General. Universitat Autònoma de Barcelona.

(2) Department of Integrative Biology. University of Guelph (Canadá).

RESUMEN

La munición y los pesos empleados en actividades recreativas como la caza, el tiro y la pesca deportiva han sido fabricados tradicionalmente con plomo. En España la caza y el tiro son responsables de la dispersión en la naturaleza de cerca de 6.000 toneladas anuales del metal pesado, mientras que podemos estimar en 100 las aportadas por pescadores deportivos a las zonas acuáticas. Las pocas medidas legales que varios países han adoptado en contra del uso del plomo en esos deportes se han basado en las pruebas irrefutables que indicaban que cada año fallecían intoxicadas millones de aves, que ingerían inadvertidamente esos pequeños objetos de plomo hallados abandonados en sus hábitats naturales. En este trabajo se discute si el enfoque conservacionista que se ha dado hasta ahora al problema resulta adecuado, y si las evidencias de los daños sobre los seres humanos son o no suficientes para extender todavía más esas medidas de prohibición, en especial teniendo en cuenta que en niños se considera que no hay dosis de exposición segura. Se concluye que en algunos aspectos los datos ya existen, aunque en otros los estudios tóxico-epidemiológicos son todavía escasos, sugiriendo que al tema se le ha prestado poca atención. En cualquier caso, resulta preocupante constatar que el principio de precaución no se ha aplicado para solucionar un problema cuyos efectos sanitarios serán más a largo plazo que inmediatos.

Palabras clave: Perdigones de plomo. Pesos de pesca. Contaminación por metales pesados. Campos de tiro. Salud humana.

ABSTRACT**Is Lead Used in Sports (Hunting, Shooting and Angling) an Underestimated Public Health Problem?**

Ammunition and fishing weights used in recreational hunting, shooting and fishing sports have been made traditionally with lead. In Spain, for example, hunters and shooters are responsible for the dispersion of some 6.000 tonnes of the heavy metal yearly, into wetland and dryland areas, and an estimated 100 tonnes are contributed by anglers to the aquatic zones. The few legal measures that several countries have adopted banning the use of the lead in these sports are based on the irrefutable proof that every year millions of birds were poisoned lethally, due to the inadvertent ingestion of lead shot and sinkers found in their habitats. We analyzed whether the present conservationist approach to the problem is suitable, and if the evidence of damage to human beings is, or is not, sufficient to warrant even more prohibitive measures, especially because, in children, there is no safe exposure to lead. We conclude that in some areas adequate information already exists, although in others the toxicological-epidemiological studies are still scanty, suggesting that the topic has been given little attention. We are concerned that the Precautionary Principle has not been applied to solve this problem whose health effects will be more long-term than immediate, especially given the array of lead substitutes available.

Key words: Lead shot. Fishing sinkers. Lead poisoning. Heavy metal pollution. Shooting ranges. Human health.

INTRODUCCIÓN

El plomo (Pb) es el metal pesado que históricamente más problemas sanitarios y de

contaminación ha causado en el mundo¹⁻⁴. A pesar de las muchas medidas adoptadas en contra de su utilización en las últimas dos o tres décadas^{1,2,4-6}, su pertinaz presencia en el aire, suelo, agua y alimentos sigue considerándose todavía un factor de riesgo de primera magnitud, en especial para niños^{1,3,5} y para algunos animales silvestres^{4,6,7}. No en vano, hasta principios del siglo XX fue, tras el hierro, el segundo metal más empleado, y

Correspondencia:
Raimon Guitart
Unitat de Toxicologia General
Facultat de Veterinària
Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra
Correo electrónico: raimon.guitart@uab.es

sólo entonces el cobre le sustituyó en ese privilegiado puesto; a lo largo de la historia⁸, los humanos hemos extraído cerca de 300 millones de toneladas de Pb, una buena parte del cual se halla hoy como contaminante ambiental^{1,9}.

EL PLOMO EN LOS DEPORTES

La caza y la pesca en aguas continentales son actividades ancestrales, que el hombre prehistórico ya practicaba para su subsistencia. En la actualidad, ambas actividades (junto con la variante deportiva del tiro) todavía se mantienen vivas, aunque para la gran mayoría de practicantes se ha convertido en una actividad meramente recreativa, y sólo en algunas sociedades mantiene su estatus original o económico¹⁰⁻¹³.

La facilidad de extracción a partir de la galena (PbS), su pequeño coste económico, el bajo punto de fusión, la maleabilidad y su aparente resistencia a la corrosión^{1,2}, hicieron pronto del Pb el metal de elección para la fabricación de pesos de pesca (los llamados, por ello, «plomos»), e igual ocurrió con la caza tras la invención de las armas de fuego. Con el aumento demográfico sufrido en los últimos siglos, y con las mejoras sociales y económicas experimentadas por los países desarrollados, el número de practicantes de esos deportes se incrementó notablemente, y con ellos los problemas sanitarios y ambientales derivados del empleo masivo del Pb que realizan^{4,6,7,14}.

En España, por ejemplo, el número de cazadores (los tiradores suelen ser cazadores que practican el tiro fuera de las temporadas de caza) ronda los 1,5 millones⁷, y los 200 millones de cartuchos disparados anualmente por ellos son responsables de la dispersión en el medio ambiente¹⁵ de cerca de 6.000 t de Pb; en los EEUU, se ha estimado que la caza y el tiro han diseminado en la naturaleza cerca de 3 millones de toneladas de Pb a lo largo del siglo XX, a un ritmo en los últimos

tiempos de unas 60.000 t por año⁸. Los datos para la pesca son menos fiables, pero con cálculos semejantes a los del Canadá, donde se estima que cada año los pescadores pierden unas 500 t de Pb en los lechos de ríos¹⁶, podemos calcular que los más de 700.000 practicantes españoles contribuyen con aproximadamente 100 t anuales al problema en este país europeo.

INTOXICACIÓN DE AVES

La munición y los pesos de pesca de Pb abandonados en la naturaleza tienen unas víctimas que, en la literatura científica actual, son bien conocidas: las aves^{4,6,7}. El problema fue reconocido ya en el siglo XIX¹⁷, y desde entonces la evidencia no ha hecho más que aumentar. La intoxicación puede afectar a cualquier especie de ave, pero dos son los grupos más estudiados: el de las acuáticas y el de las rapaces.

La intoxicación es por vía digestiva, y se produce en todos los lugares en donde se practica o se ha practicado la caza, el tiro o la pesca deportiva^{4,7}. En España, con una abundante fauna ornitológica y un gran número de cazadores, la literatura sobre el tema es abundante¹⁸⁻²⁰. En el caso de la mayoría de aves, y entre ellas las acuáticas, la intoxicación se produce al confundir los perdigones (o los pesos de pesca) con piedrecillas («grit», que deben ingerir para facilitar la digestión) o con alimento. En las rapaces, el mecanismo es distinto: los perdigones los ingieren junto con la carne o vísceras de sus víctimas, previamente tiroteadas o con perdigones presentes en su molleja.

Por la concentración de aves y por la presión cinegética ejercida durante décadas o siglos sobre ellas, es en las zonas húmedas donde el problema de la intoxicación se magnifica. Los estudios sistemáticos llevados a cabo en España han descubierto lugares que contienen hasta 288 perdigones de Pb por metro cuadrado en los primeros 20

cm de sedimentos²⁰. La prevalencia de la intoxicación varía con la especie, pero se han detectado¹⁸⁻²⁰ anátidas con valores del 80%. Estos cálculos tóxico-epidemiológicos permitieron establecer que al menos 50.000 aves acuáticas podían fallecer intoxicadas anualmente por ingestión de Pb en territorio español⁷, lo que fue la base para que España, siguiendo ya el camino marcado por los EEUU., Canadá y varios países europeos, prohibiera el empleo de perdigones de Pb para la caza de acuáticas en zonas húmedas²¹.

REPERCUSIÓN EN LOS SERES HUMANOS

En este apartado trataremos de dar un repaso a las diferentes maneras a como el Pb empleado en deportes puede incidir negativamente sobre la salud humana. La exposición puede darse de distintas maneras, algunas poco conocidas o insospechadas incluso por los expertos sanitarios.

Vía inhalatoria

En forma de partículas sólidas o de vapores (recordemos que tiene un punto de fusión de sólo 327,5°C), el Pb resulta tóxico por vía inhalatoria².

En el caso de quienes emplean armas de fuego, la mayoría de estudios se han centrado en los campos de prácticas de tiro. En general, esto es así por la elevada concentración de personas y de disparos (desde puntos más o menos fijos) que allí se producen²²⁻²⁴. La información sobre el tema es relativamente abundante, y sólo remarcaremos los casos más significativos. La peor situación se produce principalmente en campos cubiertos («indoor»)²⁴⁻²⁷, donde la concentración de plomo en el aire puede alcanzar²⁶ hasta los 2.238 µg/m³, cuando la actual legislación española y europea marca un máximo de 150 µg/m³ como valor límite

ambiental para la exposición diaria (VLA-ED)²⁸. El problema afecta a los tiradores, lo sean estos por motivos recreativos^{24,26,29} o profesionales³⁰, pero igualmente a trabajadores y otro personal que frecuente estos lugares^{24,25,27}.

Muchos pescadores se fabrican sus propios pesos de pesca. Libros, revistas y también Internet dan indicaciones de cómo realizarlo, y en varios de estos documentos se especifican los riesgos que puede conllevar, por ejemplo, el fundir el metal en la cocina o en lugares mal ventilados. Sin embargo, la literatura científica más moderna es escasa en cuanto a referencias bibliográficas específicas sobre la cuestión. Con todo, un reciente estudio llevado a cabo en la Micronesia mostró que el 61% de los casos elevados de Pb en sangre de niños estaba asociado al «reciclado» de baterías doméstico para hacer pesos de pesca³¹. El proceso se realizaba en cocinas exteriores, lo que además de la exposición a los propios vapores podía hacer que el Pb se depositara en los alimentos y en el suelo.

Heridas por arma de fuego

Las heridas por arma de fuego resultan, obviamente y de por sí, peligrosas. Sin embargo, la munición³² de o basada en el Pb aporta un riesgo suplementario: el de intoxicación por el metal pesado, con efectos que pueden llegar a ser incluso letales³³. Las referencias al tema no son muy abundantes, a pesar de los cerca de 80.000 heridos sin consecuencias fatales que se producen sólo los EEUU. cada año³², pero sí concluyentes³²⁻³⁹. En general, la elevación de los niveles de plomo sólo se da en aquellos casos en los que la munición queda alojada en o cerca de los huesos, de las articulaciones o del sistema nervioso central^{32,34-36}, y debe tenerse en cuenta que sus efectos nocivos pueden tardar hasta 40 años en ponerse de manifiesto³⁴.

Vía digestiva directa: ingestión de plomo metálico

Se entiende, en nuestro contexto, por repercusiones directas aquellas que se derivan de la ingesta de plomo metálico (Pb^0). Dicha ingestión puede resultar peligrosa, sea el objeto empleado para armas de fuego⁴⁰⁻⁴³ o como pesos de pesca^{44,45}. La apendicitis es una de las complicaciones⁴¹, pero el plumbismo es la consecuencia más frecuentemente reportada^{42,43,45}. Varios casos se han debido a la ingestión inadvertida de la munición empleada por el cazador para abatir la pieza^{40,41,43}, fenómeno parecido al que ocurre también entre las aves de presa⁷, pero el único estudio epidemiológico en humanos apunta a la preocupante frecuencia del hecho: algo más de un 15% de los individuos de una comunidad aborigen del norte de Canadá, la de los Cree, cuya subsistencia está todavía basada en actividades ancestrales como la caza y la pesca, presentan evidencia radiológica de perdigones de Pb retenidos en su tracto digestivo⁴⁰.

Sin embargo, el problema toxicológico que con más fuerza ha emergido en los últimos tiempos (y uno de los que más debería preocupar, junto con los efectos a largo plazo de la contaminación de suelos y aguas) ha sido la ingestión de piezas de caza contaminadas con fragmentos de munición de plomo, algo que se produce debido a las propiedades intrínsecas² del Pb^0 . En efecto, el perdigón o la bala pueden dejar trazas metálicas durante el impacto con la presa⁴⁶⁻⁴⁸, en especial cuando alcanzan tejidos duros como el hueso, restos de plomo que no son siempre retirados (por su pequeño tamaño) antes de la consumición⁴⁹. El problema se ha puesto de manifiesto con aves cazadas con $Pb^{13,49-51}$, pero potencialmente puede tener lugar con cualquier especie cinegética⁴⁷, incluidos los grandes ungulados⁴⁸. Consecuencia de ello, el plumbismo o la exposición anómala al Pb entre los seres humanos^{11,12,47,52,53}. El riesgo más alto se produce entre los habituales consumidores de piezas cinegéticas, lo

que normalmente coincide con poblaciones indígenas^{11,12,40,50,51,53-55} como los Cree, los Inuit y otras. Varios estudios llevados a cabo con dientes mostraron la relación entre el consumo de caza y los niveles de plomo en la dentina^{10,56}, correlacionados a su vez con la caries dental⁵⁷. Pero fue el análisis isotópico del Pb sanguíneo el que permitió establecer claramente que la fuente contaminante eran los perdigones (o fragmentos suyos) empleados en la captura de los animales^{52,53}. En los Cree y en los Inuit, diversos estudios han establecido que este Pb que las madres ingieren puede llegar hasta los recién nacidos^{11,52,53}.

Para estas comunidades indígenas se ha descubierto otra fuente de exposición para los niños⁵⁸, que no requiere ingestión directa. Además, tampoco se circunscribe a ellos solos, pues es práctica habitual entre muchos niños del mundo entero que empiezan a practicar con escopetas de aire comprimido el que, para cargar el arma con mayor rapidez, se pongan los perdigones de Pb en la boca. En efecto, la saliva es capaz de disolver⁵⁸ parte de ese Pb.

Vía digestiva indirecta: agua y suelos contaminados

La toxicidad del Pb depositado en los suelos o en las aguas depende de su biodisponibilidad, término que en nuestro contexto podemos definir como su capacidad para transferirse desde los compartimentos abióticos hasta los bióticos. En este sentido, las formas de Pb oxidadas (Pb^{+2}) resultan todavía más peligrosas que las del Pb^0 , ya que son mucho más biodisponibles^{2,22,59-62}. La transformación en el medio ambiente es habitualmente lenta: se estima que puede tardar entre 15 y 300 años en producirse⁶³ para un objeto del tamaño de un perdigón de caza de unos 100-150 mg de peso, o que en 20-25 años sólo el 5-16% del Pb^0 pasa⁶⁴ a Pb^{2+} . Esta velocidad de oxidación depende de factores como la humedad, la temperatu-

ra, el pH, el potencial redox, la cantidad de materia orgánica o la roturación de los suelos^{22,63-69} y, en general, puede afirmarse que es más rápida en las regiones más cercanas al ecuador terrestre^{67,68,70}.

Los diferentes estudios, la mayoría llevados a cabo en campos de tiro, muestran que el Pb metálico (más rápidamente si está en forma de finas partículas^{23,71}) se va transformando en hidrocerusita ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) y que, en menor proporción, se forman también^{8,63,66,67,69,72} PbCO_3 , PbSO_4 , $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, PbO , PbO_2 y Pb_3O_4 . Estos compuestos contaminan los suelos con Pb a concentraciones que oscilan habitualmente⁷³ entre los 800 y 55.000 mg/kg, aunque en Suiza se ha descrito recientemente⁷² un caso con más de 80.000 mg/kg. A remarcar que los niveles críticos actuales de la *Environmental Protection Agency* de los EEUU. para el Pb en suelos⁷⁴ se establecen en 400 mg/kg.

La gran mayoría de trabajos concluyen también que las aguas superficiales o subterráneas de estas zonas con presencia de perdigones pueden quedar contaminadas con Pb por encima de lo que es la media normal del resto de lugares^{8,22,68,70,71,75,76}, con valores que llegan⁶⁵ hasta los 838 µg/L. La OMS y la UE⁷⁷ han establecido un máximo de Pb de 10 µg/L para aguas de consumo humano, y desde las páginas de esta misma revista se ha especulado con los perdigones como posible fuente de contaminación de aguas de uso público⁷⁸. No hay que olvidar que un sólo perdigón, de los 50.000 millones que cada año se disparan en España, puede contaminar 12.000 litros de agua hasta ese nivel crítico¹⁵.

Los objetos de Pb^0 que los pescadores pierden en los ríos, pantanos o lagos, tienen también su importancia⁷⁹. Scheuhammer y colaboradores¹⁶ han determinado que las 500 t que pierden anualmente los pescadores canadienses contribuyen al 14% del total de Pb liberado al medio ambiente en Canadá.

La pesca de salmón aporta 200 t de Pb a los ríos suecos, y se ha estimado que el 1% de esa cantidad se disuelve anualmente⁸⁰. En España hay constancia de una enorme cantidad de Pb^0 depositado en el lecho del río Sella⁸¹, ejemplo que constituye por ahora la mejor referencia al problema en el Estado español.

Vía digestiva indirecta: alimentos contaminados

Las plantas pueden absorber Pb de suelos altamente contaminados, tal y como se ha demostrado con estudios de campos de tiro^{61,68,70,82,83}. Los niveles en las raíces pueden llegar hasta los 1.342 mg/kg en peso seco (DW), mientras que en las partes aéreas se alcanzan los 806 mg/kg DW⁶⁸. Diversos autores^{68,73,82} advierten que los cultivos en zonas altamente contaminadas deben ser desestimados y que incluso el arranque de la vegetación puede representar un riesgo de exposición para los trabajadores, mientras que también se desaconseja el empleo como pastura de animales y señalan del riesgo toxicológico para los pastores^{70,73}. En la incorporación de Pb a las plantas, no hay que olvidar aquí que la zona húmeda más contaminada de España era un arrozal de la Albufera valenciana²⁰, en el que el arroz se está cultivando entre una media de 288 perdigones por metro cuadrado en los primeros 20 cm de suelo (los cazadores disparan a aves que utilizan estos lugares para alimentarse, y de aquí la presencia de perdigones de Pb en estas zonas agrícolas).

Además de a las plantas, la incorporación de este Pb a diferentes animales invertebrados y vertebrados inferiores (y en general a las redes tróficas) también ha sido estudiado^{59,60,62,83-85}. Como este Pb parece que se bioconcentra pero no se biomagnifica en exceso⁵⁹⁻⁶¹, el peligro principal para los humanos residiría, en todo caso, en el consumo de carne o vísceras de animales contami-

nados a su vez por haber ingerido directamente Pb (por un mecanismo, por tanto, de intoxicación secundaria en nuestro caso). Como las aves son víctimas frecuentes del plumbismo^{4,7,18-20} y muchas son especies cinegéticas, varios estudios han centrado su atención en el tema.

Ya en la primera referencia conocida a la intoxicación por ingestión de perdigones de Pb en aves, del año 1894, Grinnell¹⁷ advertía del potencial peligro para el consumidor humano. Sin embargo, minimizaba el riesgo, al igual que Burger y colaboradores han hecho posteriormente⁸⁶⁻⁸⁷ para el caso de los consumidores de tórtola plañidera o huilota (*Zenaida macroura*), una de las especies más cazadas en los EE.UU. y que es también víctima esporádica de la ingestión de perdigones. Pero con otras especies, zonas o circunstancias, los peligros sí que se han puesto de manifiesto^{15,86,88-90}. En un estudio llevado a cabo en España con 411 aves acuáticas pertenecientes a diversas especies cinegéticas¹⁵, se concluyó que más del 40% de ellas deberían haber sido consideradas no aptas para consumo humano, ya que superaban los niveles máximos establecidos por la UE de Pb para hígado de aves, y que están situados en 0,5 mg/kg en peso fresco⁹¹. En cualquier caso, músculo, hígado y otras vísceras se consumen habitualmente por los cazadores y sus familias, ya que la ley española no obliga a pasar ningún tipo de control sanitario o veterinario a este tipo de caza menor^{7,15}.

Además de las aves, también los bóvidos pueden vehicular dosis anómalas de Pb hasta los humanos. Casos de intoxicación por perdigones en estos animales, preferentemente por ser alimentados con ensilado contaminado con perdigones o por pastar en campos de tiro, se han descrito con cierta frecuencia en la literatura pertinente⁹²⁻⁹⁴. La leche de las vacas presenta, en tales casos, niveles elevados de Pb (el plomo mimetiza muchas veces al calcio²).

UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA

En este repaso sistemático pero no necesariamente exhaustivo, hemos comprobado que existe bastante información puntual de los daños potenciales o reales que el uso de Pb en actividades recreativas puede causar en el ser humano. Sin embargo, no es menos cierto que los efectos sobre las aves son mucho más dramáticos, llamativos y estudiados, razón por la cual la mayoría de países que han adoptado medidas en contra de la munición y los pesos de Pb, lo han hecho para proteger a las aves de la intoxicación y de la muerte innecesaria. No es esta una aproximación al problema criticable por sí misma, pues de hecho los autores de este mismo trabajo creen que todavía no se ha hecho suficiente en este sentido por parte de instituciones y organismos internacionales conservacionistas⁹⁵, pero sí incompleta e insatisfactoria.

Una prueba hiriente de la falta de percepción de riesgo para el caso humano es el llamado *Informe Dobriš* de la *European Environment Agency*⁹⁶, calificado en su momento como «la revisión más detallada y exhaustiva del estado del medio ambiente en Europa». A un problema toxicológico grave como es el que aquí tratamos, le dedica apenas un centenar de palabras en sus casi 700 páginas de denso texto, afirmando simplemente que el aumento de mortalidad de aves «constituye un motivo de preocupación en muchos países». Ninguna referencia al impacto sobre la salud humana, aún a pesar que en un país como Suecia se ha estimado que los perdigones de Pb han contribuido a algo más del 25% del total de emisiones de Pb en el pasado siglo⁹.

Muchas de las incongruencias y carencias en el enfoque del asunto han sido analizadas y discutidas en los últimos años^{6,14,95,97}, siendo una deficiente aplicación del principio de precaución uno de los factores subyacentes. Este último, cuya evolución y concepto han sido examinados en profundidad reciente-

mente⁹⁸, aboga por exigir que, en caso de amenaza para el medio ambiente o la salud y en una situación de incertidumbre científica, se tomen las medidas apropiadas para prevenir el daño. Para el caso del Pb en caza y tiro, sólo en Dinamarca y en Holanda, y en Suecia próximamente (el 2008), se ha aplicado el principio de precaución hasta sus últimas consecuencias, prohibiendo la fabricación, tenencia o uso de munición tóxica y contaminante^{6,14,97}, mientras que el resto de países que han adoptado medidas lo han hecho basándose sólo en los efectos sobre la fauna aviar en lugares concretos, como las zonas húmedas.

¿Cómo debe enfocarse entonces el problema? Ante todo, ampliando el número y la calidad de los estudios tóxico-epidemiológicos en humanos. Los estudios de niveles de Pb en sangre se han centrado en demasiadas ocasiones en la población general y en hallar asociaciones con la minería, la refinación de metales, las pinturas o la gasolina con antidetonantes plomados, factores sobre los que ya se han adoptado medidas más o menos eficaces para controlar sus emisiones^{1-3,5}. Y eso, no sin reticencias y políticas obstruccionistas de los sectores industriales implicados en la reconversión⁹⁹, aun a pesar de los evidentes beneficios (en particular para niños) de reducir los niveles de exposición¹⁰⁰. Con la limitación o desaparición de esas fuentes clásicas del metal pesado, y con la mejora de las técnicas instrumentales que permiten el análisis isotópico, el estudio detallado y sistemático de la contribución del uso de Pb en deportes a la intoxicación, impregnación o contaminación de los seres humanos^{29,52-54}, debería resultar tan deseable como factible.

LAS CLAVES DE LA SOLUCIÓN

Siguiendo los ejemplos actuales de Dinamarca y Holanda, y el futuro de Suecia, es de prever que el Pb acabará por desaparecer totalmente como munición en deportes

como la caza y el tiro, ya que no hay razones científicas ni técnicas que avalen su peligrosa continuidad de uso. En estos países, y en los todavía muchos más que lo han prohibido solamente para zonas húmedas, sus practicantes siguen gozando de sus deportes preferidos pero utilizando ahora munición menos tóxica y contaminante (acero, estaño, bismuto y diversos materiales basados en el tungsteno, son las alternativas más al uso)^{4,14}. Una situación parecida se da con la pesca deportiva, y ejemplos de ello son Inglaterra y Gales, que ya prohibieron los «plomos» de Pb en 1987 en favor del empleo de materiales menos peligrosos^{6,7}.

La velocidad con la que todos los países adopten medidas definitivas va a depender de muchos factores. La vía de la protección de la fauna aviar, apoyada por muchos tratados y entidades de ámbito internacional^{95,97}, ha sido hasta ahora lenta pero efectiva en muchos casos, aunque también tiene límites de aplicación prácticos. El enfoque más fructífero sería la aportación de datos sobre el impacto en humanos^{15,97}, para lo cual es menester que los especialistas en salud pública centren su atención en cazadores, tiradores y pescadores deportivos, y en sus familias, así como también en las personas que viven cerca de campos de tiro.

El principio de precaución tiene también como objetivo final la protección de la salud animal^{97,98}, pero no es menos cierto que los gobiernos se sienten más inclinados a aplicarlo cuando puede afectarse la salud humana. Los científicos podemos en la actualidad proporcionar esos datos con la realización de estudios epidemiológicos bien diseñados, que pueden condicionar un análisis serio de la gestión de riesgo. El tiempo corre, y cada año que tardemos en tomar medidas drásticas en esos deportes, serán miles de millones de pequeños objetos de Pb más que dejaremos esparcidos en la naturaleza como legado –difícilmente justificable– para las próximas generaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernberg S. Lead poisoning in a historical perspective. *Am J Ind Med* 2000; 38:244-54.
2. Garnier R. Toxicité du plomb et de ses dérivés. *EMC Toxicol Pathol* 2005; 2:67-88.
3. Needleman H. Lead poisoning. *Annu Rev Med* 2004; 55:209-22.
4. Scheuhammer AM, Norris SL. The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights. *Ecotoxicology* 1996; 5:279-95.
5. Lanphear BP, Dietrich KN, Berger O. Prevention of lead toxicity in US children. *Ambul Pediatr* 2003; 3:27-36.
6. Thomas VG. Attitudes and issues preventing bans on toxic lead shot and sinkers in North America and Europe. *Environ Values* 1997; 6:185-99.
7. Guitart R, Mañosa S, Thomas VG, Mateo R. Perdigonos y pesos de plomo: Ecotoxicología y efectos para la fauna. *Rev Toxicol* 1999; 16:3-11.
8. Craig JR, Rimstidt JD, Bonnaffon CA, Collins TK, Scanlon PF. Surface water transport of lead at a shooting range. *Bull Environ Contam Toxicol* 1999; 63:312-9.
9. Bergbäck B, Anderberg S, Lohm U. Lead load: Historical pattern of lead use in Sweden. *Ambio* 1992; 21:159-65.
10. Tsuji LJ, Karagatzides JD, Katapatuk B, Young J, Kozlovic DR, Hannin RM, Nieboer E. Elevated dentine-lead levels in deciduous teeth collected from remote first nation communities located in the western James Bay region of northern Ontario, Canada. *J Environ Monit* 2001; 3:702-5.
11. Hanning RM, Sandhu R, MacMillan A, Moss L, Tsuji LJ, Nieboer E. Impact on blood Pb levels of maternal and early infant feeding practices of First Nation Cree in the Mushkegowuk Territory of northern Ontario, Canada. *J Environ Monit* 2003; 5:241-5.
12. Bjerregaard P, Johansen P, Mulvad G, Pedersen HS, Hansen JC. Lead sources in human diet in Greenland. *Environ Health Perspect* 2004; 112:1496-8.
13. Rodrigue J, McNicoll R, Leclair D, Duchesne JF. Lead concentrations in ruffed grouse, rock ptarmigan, and willow ptarmigan in Quebec. *Arch Environ Contam Toxicol* 2005; 49:97-104.
14. Thomas VG, Owen M. Preventing lead toxicosis of European waterfowl by regulatory and non-regulatory means. *Environ Conservat* 1996; 23:358-64.
15. Guitart R, Serratos J, Thomas VG. Lead-poisoned wildfowl in Spain: A significant threat for human consumers. *Int J Environ Health Res* 2002; 12:301-9.
16. Scheuhammer AM, Money SL, Kirk DA, Donaldson G. Lead fishing sinkers and jigs in Canada: Review of their use patterns and toxic impacts on wildlife. Occasional Paper no. 108, CWS, Ottawa, Canada; 2003.
17. Grinnell GB. Lead poisoning. *Forest Stream* 1894; 42: 117-8.
18. Guitart R, To-Figueras J, Mateo R, Bertolero A, Cerradelo S, Martínez-Vilalta A. Lead poisoning in waterfowl from the Ebro delta, Spain: Calculation for lead exposure thresholds for mallards. *Arch Environ Contam Toxicol* 1994; 27:289-93.
19. Mateo R, Martínez-Vilalta A, Guitart R. Lead shot pellets in the Ebro Delta, Spain: Densities in sediments and prevalence of exposure in waterfowl. *Environ Pollut* 1997; 96: 335-41.
20. Mateo R, Dolz JC, Aguilar-Serrano JM, Belliure J, Guitart R. Lead poisoning in waterfowl from Spain. *Arch Environ Contam Toxicol* 1998; 35:342-7.
21. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 581/2001, de 1 de junio, por el que en determinadas zonas húmedas se prohíbe la tenencia y el uso de municiones que contengan plomo para el ejercicio de la caza y el tiro deportivo. *BOE núm143, 15/6/2001*.
22. Sever CW. Lead and Outdoor Ranges. Proceedings from the National Range Symposium, October 17-19, 1993, Salt Lake City, Utah, p. 87-94.
23. Craig JR, Edwards D, Rimstidt JD, Scanlon PF, Collins TK, Schabenberger O, Birch JB. Lead distribution on a public shotgun range. *Eviron Geol* 2002; 41:873-82.

24. Lynn T, Arnold S, Wood C, Castrodale L, Midaugh J. Lead exposure from indoor firing ranges among students on shooting teams - Alaska, 2002-2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2005; 54:577-9.
25. Anderson KE, Fischbein A, Kestenbaum D. Plumbism from airborne lead in a firing range. An unusual exposure to a toxic heavy metal. *Am J Med* 1977; 63: 306-12.
26. Svensson BG, Schutz A, Nilsson A, Skerfving S. Lead exposure in indoor firing ranges. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64:219-21.
27. Abudhaise BA, Alzoubi MA, Rabi AZ, Alwash RM. Lead exposure in indoor firing ranges: Environmental impact and health risk to the range users. *Int J Occup Med Environ Health* 1996; 9:323-9.
28. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE núm. 104, 1/5/2001.
29. Gulson BL, Palmer JM, Bryce A. Changes in blood lead of a recreational shooter. *Sci Total Environ* 2002; 293:143-50.
30. Löfstedt H, Seldén A, Storéus L, Bodin L. Blood lead in Swedish police officers. *Am J Ind Med* 1999; 35:519-22.
31. Brown LM, Kim D, Yomai A, Meyer PA, Noonan GP, Huff D, Flanders WD. Blood lead levels and risk factors for lead poisoning in children and caregivers in Chuuk State, Micronesia. *Int J Hyg Environ Health* 2005; 208:231-6.
32. McQuirter JL, Rothenberg SJ, Dinkins GA, Kondrashov V, Manalo M, Todd AC. Change in blood lead concentration up to 1 year after a gunshot wound with a retained bullet. *Am J Epidemiol* 2004; 159:683-92.
33. DiMaio VJM, DiMaio SM, Garriott JC, Simpson P. A fatal case of lead poisoning due to a retained bullet. *Am J Forensic Med Pathol* 1983; 4:165-9.
34. Slavin RE, Swedo J, Cartwright J, Viegas S, Custer EM. Lead arthritis and lead poisoning following bullet wounds: A clinicopathologic, ultrastructural, and microanalytic study of two cases. *Hum Pathol* 1988; 19:223-35.
35. Peh WCG, Reinius WR. Lead arthropathy: A cause of delayed onset lead poisoning. *Skeletal Radiol* 1995; 24:357-60.
36. Malandrini A, Villanova M, Salvadori C, Gambelli S, Berti G, Di Paolo M. Neuropathological findings associated with retained lead shot pellets in a man surviving two months after a suicide attempt. *J Forensic Sci* 2001; 46:717-21.
37. McQuirter JL, Rothenberg SJ, Dinkins GA, Manalo M, Kondrashov V, Todd AC. The effects of retained lead bullets on body lead burden. *J Trauma* 2001; 50:892-99.
38. Çeliköz B. Chronic lead poisoning by lead shots and augmentation of facial soft tissue defect with Alloderm dermal graft. *Eur J Plast Surg* 2002; 25:328-31.
39. McQuirter JL, Rothenberg SJ, Dinkins GA, Norris K, Kondrashov V, Manalo M, Todd AC. Elevated blood lead resulting from maxillofacial gunshot injuries with lead ingestion. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61:593-603.
40. Tsuji LJS, Nieboer E. Lead pellet ingestion in First Nation Cree of the Western James Bay region of Northern Ontario, Canada: Implications for a non-toxic shot alternative. *Ecosystem Health* 1996; 3:54-61.
41. Larsen AR, Blanton RH. Appendicitis due to bird shot ingestion: A case study. *Am Surg* 2000; 66:589-91.
42. Treble RG, Thompson TS. Elevated blood lead levels resulting from the ingestion of air rifle pellets. *J Anal Toxicol* 2002; 26:370-3.
43. Gustavsson P, Gerdhardsson L. Intoxication from an accidentally ingested lead shot retained in the gastrointestinal tract. *Environ Health Persp* 2005; 113:491-3.
44. Fergusson J, Malecky G, Simpson E. Lead foreign body ingestion in children. *J Paediatr Child Health* 1997; 33:542-4.
45. Mowad E, Haddad I, Gemmel DJ. Management of lead poisoning from ingested fishing sinkers. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1998; 152:485-8.
46. Frank A. Lead fragments in tissues from wild birds: A cause of misleading analytical results. *Sci Total Environ* 1986; 54:275-81.

47. Tsuji LJS, Nieboer E, Karagatzides JD, Hanning RM, Katapatuk B. Lead shot contamination in edible portions of game birds and its dietary implications. *Ecosystem Health* 1999; 5:183-92.
48. Falandysz J, Szymczyk-Kobrzynska K, Brzostowski A, Zalewski K, Zasadowski A. Concentrations of heavy metals in the tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from the region of Warmia and Mazury, Poland. *Food Addit Contam* 2005 22:141-9.
49. Scheuhammer AM, Perrault JA, Routhier E, Braune BM, Campbell GD. Elevated lead concentrations in edible portions of game birds harvested with lead shot. *Environ Pollut* 1998; 102:251-7.
50. Johansen P, Asmund G, Riget F. Lead contamination of seabirds harvested with lead shot: Implications to human diet in Greenland. *Environ Pollut* 2001; 112:501-4.
51. Johansen P, Asmund G, Riget F. High human exposure to lead through consumption of birds hunted with lead shot. *Environ Pollut* 2004; 127:125-9.
52. Dewailly E, Lévesque B, Duchesne JF, Dumas P, Scheuhammer A, Gariépy C, et al. Lead shot as a source of lead poisoning in the Canadian Arctic. *Epidemiology* 2000; 11:S146.
53. Lévesque B, Duchesne JF, Gariépy C, Rhainds M, Dumas P, Scheuhammer AM, et al. Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among the Inuit. *Occup Environ Med* 2003; 60:693-5.
54. Smith LF, Rea E. Low blood lead levels in Northern Ontario - what now? *Can J Public Health* 1995; 86:373-6.
55. Odland JO, Perminova I, Romanova N, Thomassen Y, Tsuji LJS, Brox J, Nieboer E. Elevated blood lead concentrations in children living in isolated communities of the Kola Peninsula, Russia. *Ecosystem Health* 1999; 5:75-81.
56. Tsuji LJ, Nieboer E, Karagatzides JD, Kozlovic DR. Elevated dentine lead levels in adult teeth of First Nation people from an isolated region of northern Ontario, Canada. *Bull Environ Contam Toxicol* 1997; 59:854-60.
57. Tsuji LJ, Karagatzides JD, Hanning RM, Katapatuk B, Young J, Nieboer E. Dentine-lead levels and dental caries in First Nation children from the western James Bay region of northern Ontario, Canada. *Bull Environ Contam Toxicol* 2003; 70:409-14.
58. Tsuji LJ, Fletcher GG, Nieboer E. Dissolution of lead pellets in saliva: a source of lead exposure in children. *Bull Environ Contam Toxicol* 2002; 68:1-7.
59. Ma W. Effect of soil pollution with metallic lead pellets on lead bioaccumulation and organ/body weight alterations in small mammals. *Arch Environ Contam Toxicol* 1989; 18:617-22.
60. Migliorini M, Pigino G, Bianchi N, Bernini F, Leonzio C. The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range. *Environ Pollut* 2004; 129:331-40.
61. Labare MP, Butkus MA, Riegner D, Schommer N, Atkinson J. Evaluation of lead movement from the abiotic to biotic at a small-arms firing range. *Environ Geol* 2004; 46:750-4.
62. Darling CTR, Thomas VG. Lead bioaccumulation in earthworms, *Lumbricus terrestris*, from exposure to lead compounds of differing solubility. *Sci Total Environ* 2005; 346:70-80.
63. Jørgensen SS, Willems M. The fate of lead in soils: The transformation of lead pellets in shooting-range soils. *Ambio* 1987; 16: 11-5.
64. Lin Z, Comet B, Qvarfort U, Herbert R. The chemical and mineralogical behaviour of Pb in shooting range soils from central Sweden. *Environ Pollut* 1995; 89:303-9.
65. Stansley W, Widjeskog L, Roscoe DE. Lead contamination and mobility in surface water at trap and skeet ranges. *Bull Environ Contam Toxicol* 1992; 49:640-7.
66. Lin Z. Secondary mineral phases of metallic lead in soils of shooting ranges from Örebro, County Sweden. *Environ Geol* 1996; 370-5.
67. Cao X, Ma LQ, Chen M, Hardison DW, Harris WG. Lead transformation and distribution in the soils of shooting ranges in Florida, USA. *Sci Total Environ* 2003; 307:179-89.
68. Cao X, Ma LQ, Chen M, Hardison DW, Harris WG. Weathering of lead bullets and their environ-

- mental effects at outdoor shooting ranges. *J Environ Quality* 2003; 32:526-34.
69. Vantelon D, Lanzirotti A, Scheinost AC, Kretzschmar R. Spatial distribution and speciation of lead around corroding bullets in a shooting range soil studied by micro-X-ray fluorescence and absorption spectroscopy. *Environ Sci Technol* 2005; 39:4808-15.
70. Urzelai A, Ciprián E, Roldán A, Cagigal E, Bonilla A. Environmental impact and risk associated to clay target shooting ranges. Proceedings of the 8th International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil; 2003 11-15 May; Gent, Belgium; p. 618-26.
71. Hardison DW, Ma LQ, Luongo T, Harris WG. Lead contamination in shooting range soils from abrasion of lead bullets and subsequent weathering. *Sci Total Environ* 2004; 328:175-83.
72. Knechtenhofer LA, Xifra IO, Scheinost AC, Flüßler H, Kretzschmar R. Fate of heavy metals in a strongly acidic shooting-range soil: Small-scale metal distribution and its relation to preferential water flow. *J Plant Nutr Soil Sci* 2003; 166:84-92.
73. Rooney CP, McLaren RG, Cresswell RJ. Distribution and bioavailability of lead in a soil contaminated with lead shot. *Water Air Soil Pollut* 1999; 116:535-48.
74. U.S. Environmental Protection Agency. Soil screening guidance: User's guidance. Office of Solid and Emergency Response, Vol. EPA 540/R-96/018, Washington DC, USA, 1996.
75. Murray K, Bazzi A, Carter C, Ehlert A, Harris A, Kopec M, *et al.* Distribution and mobility of lead in soils at an outdoor shooting range. *J Soil Contam* 1997; 6:79-93.
76. Darling CTR, Thomas VG. The distribution of outdoor shooting ranges in Ontario and the potential for lead pollution of soil and water. *Sci Total Environ* 2003; 313:235-43.
77. European Commission. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Off J Eur Comm* 5.12.1998, L330/32-L330/54.
78. Blanco Hernández AL, Alonso Gutiérrez D, Jiménez de Blas O, Santiago Guervós M, de Miguel Manzano B. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, cinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Rev Esp Salud Pública* 1998; 72:53-65.
79. Forbes IJ. The quantity of lead shot, nylon fishing line and other litter at a coarse fishing lake. *Biol Conservat* 1986; 38:21-34.
80. Jaks G, Byström M, Johansson L. Lead emissions from lost fishing sinkers. *Boreal Environ Res* 2001; 6:231-6.
81. Anónimo. Proyecto Río Sella 2002 [citado 12 de agosto 2005]. www.riosinplomo.com.
82. Manninen S, Tanskanen N. Transfer of lead from shotgun pellets to humus and three plant species in a Finish shooting range. *Arch Environ Contam Toxicol* 1993; 24:410-4.
83. Stansley W, Kosenak MA, Huffman JE, Roscoe DE. Effects of lead-contaminated surface water from a trap and skeet range on frog hatching and development. *Environ Pollut* 1997; 96:69-74.
84. Lewis LA, Poppenga RJ, Davidson WR, Fischer JR, Morgan KA. Lead toxicosis and trace element levels in wild birds and mammals at a firearms training facility. *Arch Environ Contam Toxicol* 2001; 41:208-14.
85. Hui CA. Lead distribution throughout soil, flora, and an invertebrate at a wetland skeet range. *J Toxicol Environ Health A* 2002; 65:1093-107.
86. Burger J, Kennamer RA, Brisbin IL, Gochfeld M. Metal levels in mourning doves from South Carolina: Potential hazards to doves and hunters. *Environ Res* 1997; 75:173-86.
87. Burger J, Kennamer RA, Brisbin IL, Gochfeld M. A risk assessment for consumers of mourning doves. *Risk Anal* 1998; 18:563-73.
88. Koesters J, Hilbich D, Stolle A, Brunner B, Grima F. Is the use of lead shot for hunting small game still in keeping with the times? *Arch Veter Polonicum* 1997; 35:269-277.
89. Kosatsky T, Przybysz R, Weber JP, Kearney J. Puzzling elevation of blood lead levels among consumers of freshwater sportfish. *Arch Environ Health* 2001; 56:111-6.

90. Tsuji LJS, Karagatzides JD, Young J, Nieboer E. Liver lead concentrations of several bird species from the Western James Bay Region of Northern Ontario, Canada: Do the data support the Canadian nontoxic legislation? *Bull Environ Contam Toxicol* 2002; 69:309-313.
91. European Commission. Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off J Eur Comm* 16.3.2001, L77/1-L77/13.
92. Frape DL, Pringle JD. Toxic manifestations in a dairy herd consuming haylage contaminated by lead. *Vet Rec* 1984; 114:615-6.
93. Rice DA, McLoughlin MF, Blanchflower WJ, Thompson TR. Chronic lead poisoning in steers eating silage contaminated with lead shot: Diagnostic criteria. *Bull Environ Contam Toxicol* 1987; 39:622-9.
94. Braun U, Pusterla N, Ossent P. Lead poisoning of calves pastured in the target area of a military shooting range. *Schweiz Arch Tierheilkd* 1997; 139:403-7.
95. Thomas VG, Guitart R. Role of international conventions in promoting avian conservation through reduced lead toxicosis: Progression towards a non-toxic agenda. *Bird Conserv Int* 2005; 15: 147-60.
96. Stanners D, Bourdeau P, editores. *Medio Ambiente en Europa: El Informe Dobriř*. Luxembourg-Madrid: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas-Ministerio de Medio Ambiente; 1998.
97. Thomas VG, Guitart R. Lead pollution from shooting and angling, and a common regulative approach. *Environ Policy Law* 2003; 33: 143-49.
98. de C3zar Escalante JM. Principio de precauci3n y medio ambiente. *Rev Esp Salud P3blica* 2005; 79:133-44.
99. Silbergeld EK. Preventing lead poisoning in children. *Annu Rev Public Health* 1997; 18:187-210.
100. Schwartz J. Social benefits of reducing lead exposure. *Environ Res* 1994; 66:105-24.