

# **Perdigones y fragmentos balísticos: una fuente endógena de plomo en el cuerpo humano**

## **Consecuencias de la retención de perdigones y fragmentos balísticos en la salud de las personas víctimas de disparos por parte de las fuerzas de orden y seguridad pública durante las manifestaciones sociales en Chile**

Alethia Quirgas Barrera

Licenciada en Bioquímica  
Universidad de Concepción, Chile  
Estudiante de Antropología mención Arqueología  
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile  
Contacto: alethia.quirgas@ug.uchile.cl

### **Introducción**

El presente informe es elaborado en el contexto de una profunda crisis política y social en Chile, marcada por las masivas e ininterrumpidas manifestaciones que se han estado desarrollando a lo largo y ancho del país a partir de octubre del presente año. El Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) ha reportado 3.449 personas heridas por motivo de la manifestación, de las que 1.554 han sido heridas por perdigones<sup>1</sup> (casi el 60% del catastro); además, han reportado 352 casos de personas con lesiones oculares y al menos 685 querellas presentadas por homicidio, homicidio frustrado, tortura con violencia sexual, lesiones, torturas y tratos crueles por parte de fuerzas policiales y militares<sup>2</sup>. Al respecto, organizaciones como la Defensoría de la Niñez, Defensoría Jurídica de la Universidad de Chile, Amnistía Internacional y *Human Rights Watch* han denunciado ataques generalizados y el uso innecesario y excesivo de la fuerza por parte de las fuerzas de orden y seguridad pública en contra de la población civil que se manifiesta.

Frente a estos hallazgos, consideré urgente revisar investigaciones científicas relacionadas con el efecto de la exposición al plomo en la salud de las personas. Por tanto, los objetivos principales de este estudio son (a) recopilar, revisar y exponer la evidencia científica publicada durante los últimos veinte años, relacionada con los efectos de la exposición al plomo en la salud de los seres humanos;

---

<sup>1</sup> En el presente informe se empleará “perdigones” y “balines” como sinónimos para referirse a los proyectiles empleados por la fuerza policial y de orden público

<sup>2</sup> Información constatada por el INDH al 06-12-2019 a las 14.00 hrs. Disponible en <https://www.indh.cl/bb/wp-content/uploads/2019/12/Reporte-06-12-2019.docx>

(b) presentar una selección de reportes de casos clínicos e investigaciones que aborden específicamente la intoxicación por plomo secundaria a la retención de cuerpos extraños balísticos que contienen plomo y (c) discutir desde un enfoque crítico los antecedentes revisados y expuestos. La información que se expone a continuación fue organizada en dos grandes apartados de manera que permita entregar una visión general de las consecuencias de la exposición al plomo en los seres humanos; en el primer apartado se abordan aspectos como la toxicocinética del plomo, sus efectos en la población infantil, adolescente y adulta, las manifestaciones clínicas, diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por plomo, así como también los grupos de mayor riesgo. En el segundo apartado se aborda específicamente la intoxicación por plomo secundaria a la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo en el cuerpo humano, abordando los principales factores que intervienen en la elevación de los niveles de plomo en la sangre producto de la exposición crónica, para finalizar con una discusión de los antecedentes expuestos, además de recomendaciones para el abordaje y seguimiento de las personas afectadas.

Se extiende este informe a medios de prensa independiente, organizaciones judiciales y de derechos humanos y en especial a las víctimas, así como también a sus familiares y redes de apoyo, con la esperanza de que este trabajo represente un aporte en la búsqueda de justicia y reparación, además de un medio para alertar y denunciar una situación que se está configurando como un grave problema de salud pública.

## Tabla de contenidos

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. Exposición al plomo</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Toxicocinética</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Efectos en la salud</b>	<b>6</b>
Infancia y adolescencia (<18 años)	7
Adulthood (>18 años)	7
<b>1.3 Manifestaciones clínicas</b>	<b>8</b>
Intoxicación aguda	8
Intoxicación crónica	8
<b>1.4 Diagnóstico y evaluación del riesgo</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Tratamiento</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Poblaciones de riesgo</b>	<b>12</b>
Infancia y adolescencia (<18 años)	12
Embarazo, puerperio y lactancia	12
<b>2. Intoxicación por plomo secundaria a la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo (FBP) en el cuerpo humano</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Factores de riesgo asociados con elevación del nivel de plomo en sangre producto de la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo (FBP)</b>	<b>14</b>
Ubicación del FBP retenido	14
Fracturas óseas concomitantes	16
Número de proyectiles retenidos y grado de fragmentación	17
Tiempo de retención de los FBP en el cuerpo	18
<b>2.2 Recomendaciones para la prevención, evaluación, tratamiento y seguimiento de la población expuesta al plomo producto de FBP retenidos en el cuerpo</b>	<b>19</b>
Prevención	19
Evaluación	20
Tratamiento	20
Seguimiento	20
<b>2.3 Proyectiles empleados por las fuerzas de orden y seguridad pública</b>	<b>22</b>
<b>2.4 Directrices recientes sobre el uso de armas “menos letales”</b>	<b>24</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>26</b>
<b>Comentarios finales</b>	<b>31</b>
<b>Referencias</b>	<b>34</b>
<b>Anexos</b>	<b>41</b>
A. Estados Unidos: Reporte de caso clínico	41
B. Estados Unidos: Estudio de cohorte prospectivo	42
C. Argentina: Reporte de tres casos clínicos pediátricos	43
D. Chile: Caso de Brandon Hernández Huentecol	45
E. Chile: Caso de Sebastián Soto Hidalgo	47

## 1. Exposición al plomo

El plomo inorgánico es un agente tóxico ampliamente estudiado, cuyo extenso uso ha provocado un gran impacto en la contaminación ambiental y, en consecuencia, un incremento considerable en su exposición a la población, generando graves problemas de salud pública en diversas partes del mundo. Entre las principales fuentes de contaminación ambiental se incluye la explotación minera y fundición de minerales; la fabricación y uso de productos que contienen plomo como pinturas a base de plomo, pigmentos y esmaltes, plomería, baterías de almacenamiento y soldaduras; fabricación y aplicación de pesticidas que contienen plomo; combustión de carbón y petróleo, e incineración de residuos. La población puede exponerse al plomo en el aire, los alimentos, el agua potable, el suelo y el polvo, además de una variedad de otros productos de consumo, como cristalería con plomo, cosméticos, tintes para el cabello, artículos de joyería, municiones, juguetes infantiles importados, remedios caseros o tradicionales, y empaques de dulces y alimentos (Skerfving y Bergdahl, 2015; WHO, 2018).

En Chile, la experiencia relacionada con la exposición a contaminantes ambientales se relaciona fundamentalmente con los metales pesados y metaloides. La preocupación de las autoridades sanitarias por controlar la exposición al plomo en la población se ha enfocado principalmente en las ciudades de Arica y Antofagasta y en la comuna de San Antonio. En particular, los pobladores de la comuna de Arica denunciaron en el año 2009 la contaminación por metales pesados presentes en la ciudad, a causa de pasivos mineros abandonados por la empresa Promel Ltda., quienes entre los años 1984 y 1985 trasladaron desde Suecia alrededor de 20.000 toneladas de residuos tóxicos con presencia de los metales plomo, arsénico y mercurio, y los depositaron en varios puntos de la comuna de Arica. Entre 1992 y 1996 se autorizó la construcción de viviendas en sectores aledaños a los acopios -algunos de ellos actualmente habitados-, por lo que a finales de la década de los noventa miles de pobladores presentaron problemas de salud, declarándose en el año 1998 una emergencia sanitaria ambiental que se tradujo en la emisión de una resolución para trasladar los residuos a un lugar transitorio<sup>3</sup>. El caso no fue olvidado por la población ariqueña, cuyas movilizaciones constantes llevaron a la promulgación de la Ley N° 20.590 en mayo del año 2012, que establece un programa de intervención en las zonas con presencia de polimetales en la comuna de Arica y en sus habitantes que cumplan la calidad de beneficiarios, considerando como polimetales a los elementos arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo<sup>4</sup>. Producto de ello el Ministerio de Salud (MINSAL) estableció en el año 2014 una guía clínica de vigilancia biológica para los pobladores expuestos a contaminación por plomo, que tiene como objetivo general “contribuir al tratamiento médico, seguimiento, recuperación y vigilancia de los pobladores y ex pobladores expuestos a contaminación por plomo, que acrediten ser beneficiarios de la Ley 20.590, desde una mirada multidisciplinaria en la atención en salud requerida” (MINSAL, 2014, p. 11).

---

<sup>3</sup> Ariqueños apelan a justicia sueca por contaminación de polimetales. *Diario UChile*. (13 de mayo de 2018). Disponible en <https://radio.uchile.cl/2018/05/13/467400/>

<sup>4</sup> Ley N° 20590. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 29 de mayo de 2012. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1040447>

## 1.1 Toxicocinética

La toxicocinética del plomo en el organismo humano ha sido estudiada extensamente y se han propuesto diversos modelos que simulan la absorción, distribución, metabolismo y excreción desde la sangre, los tejidos blandos y los huesos, con el propósito de caracterizar parámetros como las tasas de intercambio de plomo entre compartimentos y las tasas de retención y de distribución entre diversos tejidos. A continuación, se presenta una visión general de las características principales para cada etapa de la toxicocinética del plomo, basada en la información proporcionada por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos ([ATSDR, 2019b](#)).

### Absorción

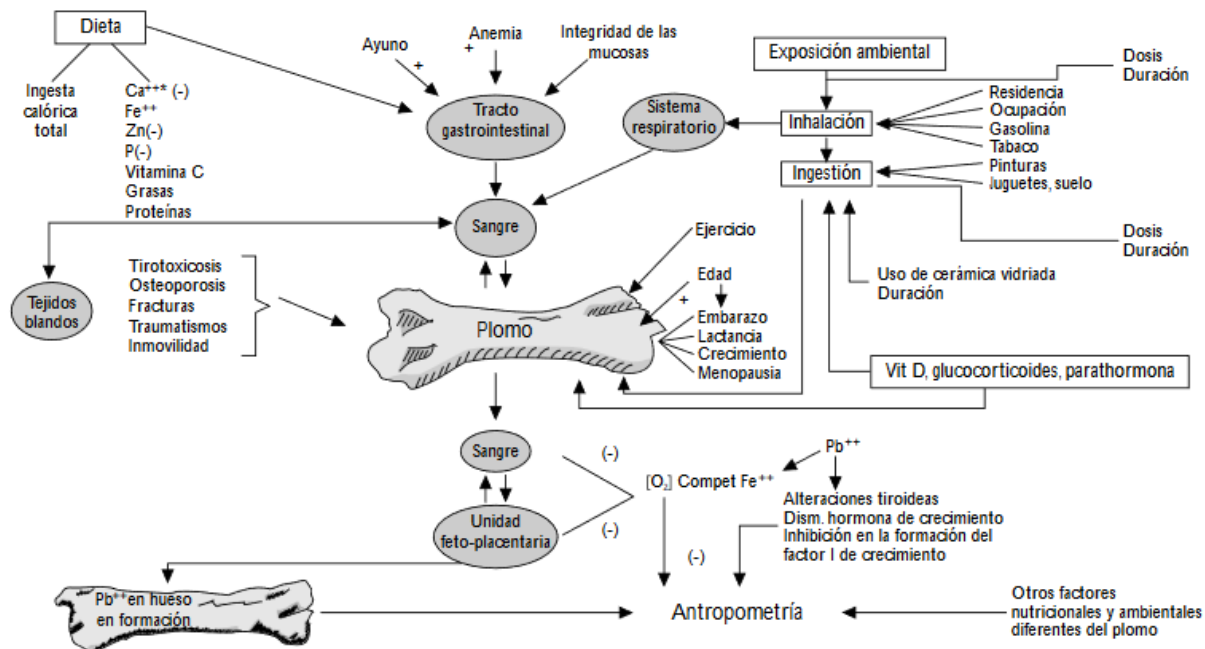
La absorción del plomo se produce principalmente a través de los tractos respiratorio y gastrointestinal. La fracción que se absorbe a partir del plomo ingerido depende de diversos factores, incluyendo edad, dieta, estado nutricional, tránsito gastrointestinal y las características fisiológicas del plomo en el medio ingerido. La absorción será mayor si hay deficiencia de hierro y/o calcio, dieta rica en grasas, y durante la infancia (de un 40 a 50% de absorción, mientras que en la edad adulta es de aproximadamente un 10%).

### Distribución y metabolismo

Una vez en el torrente sanguíneo (e independientemente de la vía de exposición), el plomo se acumula dentro de los glóbulos rojos (donde interfiere en la síntesis del grupo hemo) y en los tejidos blandos durante 30 a 35 días, y durante las siguiente cuatro a seis semanas se redistribuye a diferentes órganos y tejidos, generando alteraciones en el sistema nervioso, hematopoyético, cardiovascular, reproductivo y renal. Luego de uno a dos meses difunde hacia el tejido óseo, donde sustituye al calcio en los cristales de hidroxapatita que componen la matriz ósea y se deposita durante 20 a 30 años, desde donde puede liberarse nuevamente a la circulación sanguínea producto de estados fisiológicos como embarazo, lactancia, hipertiroidismo y edad avanzada, actuando como una fuente endógena de plomo (**Figura 1**) ([Fontana et al., 2013](#); [Hu et al., 2007](#); [Verstraeten et al., 2008](#); [WHO, 2018](#)). En adultos, aproximadamente el 94% de la carga corporal total de plomo se encuentra almacenada en los huesos, comparado con aproximadamente un 73% en niños y adolescentes.

### Excreción

El plomo tiene una vida media de eliminación muy larga, que varía con la edad y la historia de exposición (puede abarcar de una semana a dos años). Es excretado principalmente por la orina y las heces, independientemente de la ruta de exposición, y en menor medida a través del sudor, saliva, pelo, uñas, leche materna y fluido seminal. La tasa de eliminación es irregular, puesto que las diversas reservas de plomo en el cuerpo generalmente tienen tiempos de retención diferentes.



**Figura 1.** Modelo biológico del plomo (Sanín et al., 1998, p. 362).

## 1.2 Efectos en la salud

El plomo no posee función biológica conocida en el organismo humano; por el contrario, ejerce un amplio espectro de efectos adversos multisistémicos como consecuencia de su capacidad para interferir con los procesos bioquímicos que ocurren en las células de todo el cuerpo, dado que los mecanismos de acción involucrados (p. ej. alteraciones en homeostasis y transporte iónico, unión a proteínas, estrés oxidativo e inflamación) son comunes a todos los tipos celulares. Estos impactos en la salud abarcan desde cambios sutiles y subclínicos hasta intoxicaciones sintomáticas y potencialmente mortales (ATSDR, 2019a; Kosnett et al., 2007; WHO, 2018). Si bien los efectos tóxicos del plomo dependen de la duración de la exposición y la magnitud de la dosis, el Programa Nacional de Toxicología (NTP) del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos señala que existe la evidencia suficiente para sostener que niveles de plomo en sangre  $<10 \mu\text{g/dL}$  y también  $<5 \mu\text{g/dL}$  poseen la capacidad de producir efectos adversos en la salud de la población infantil, adolescente y adulta; de hecho, se ha reportado toxicidad en cada órgano y sistema del cuerpo humano con niveles de plomo en sangre  $\leq 10 \mu\text{g/dL}$  (ATSDR, 2019a; NTP, 2012). Además, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado los compuestos de plomo inorgánico como probablemente cancerígenos para los humanos (Grupo 2A) en base a evidencia suficiente en animales y evidencia limitada en humanos (IARC, 2006).

La evidencia científica da cuenta de una toxicidad especialmente importante a nivel del sistema nervioso central y periférico, puesto que el plomo ( $Pb^{2+}$ ) posee una gran semejanza con el calcio ( $Ca^{2+}$ ), por lo que puede imitar sus funciones y modificar sus efectos pre y postsinápticos (Florea et al., 2013; Sanders et al., 2009; Zúñiga et al., 2014). Además, se han reportado efectos tóxicos a nivel respiratorio (disminución en la función pulmonar, mayor riesgo de asma y enfermedad pulmonar obstructiva), hematológico (inhibición de síntesis de grupo hemo y subsecuente disminución en los niveles de hemoglobina), hepático (hepatomegalia y elevación en los niveles séricos de transaminasas y colesterol), endocrino (alteraciones en los niveles séricos de hormonas tiroideas y disminución en niveles séricos de vitamina D), gastrointestinal (dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea y/o constipación), musculoesquelético (pérdida ósea, osteoporosis, caries, pérdida de dientes y periodontitis) además de efectos oculares (posible degeneración macular y cataratas) (ATSDR, 2019a; Rodríguez Rey et al., 2016; Skerfving y Bergdahl, 2015).

### **Infancia y adolescencia (<18 años)**

Los niños, niñas y adolescentes son particularmente susceptibles a los efectos tóxicos de la exposición al plomo (véase sección 1.6). Existe suficiente evidencia para asociar niveles de plomo en sangre  $<5 \mu\text{g/dL}$  con efectos adversos a nivel neurológico, como la disminución en el rendimiento académico y en el coeficiente intelectual, mayor incidencia de problemas de atención y comportamiento, además de diversas alteraciones en las funciones neurocognitivas (Lanphear et al., 2005; NTP, 2012). La evidencia existente también permite asociar niveles de plomo en sangre  $<10 \mu\text{g/dL}$  con disminución en la agudeza auditiva y con efectos adversos relacionados con el desarrollo, como reducción en el crecimiento postnatal e inicio tardío de la pubertad (ATSDR, 2019a; NTP, 2012). Por otra parte, se ha asociado la presencia de elevados niveles de plomo en sangre durante la primera infancia con un mayor riesgo de desarrollar trastornos del sueño y somnolencia diurna excesiva en la preadolescencia (Liu et al., 2015).

### **Adulthood (>18 años)**

En la población adulta, existe evidencia suficiente para establecer una asociación entre niveles de plomo en sangre  $<5 \mu\text{g/dL}$  con efectos adversos en la función renal, como disminución en la tasa de filtración glomerular y *clearance* de creatinina, además de un mayor riesgo de desarrollar enfermedad renal crónica (Krantz y Dorevitch, 2004; NTP, 2012). En tanto, niveles de plomo en sangre  $<10 \mu\text{g/dL}$  se asocian con efectos neurológicos como alteraciones en el ánimo, comportamiento y en las funciones cognitivas, incluyendo atención, memoria y aprendizaje, además de una mayor incidencia de temblor esencial (Fenga et al., 2016; NTP, 2012); efectos cardiovasculares como el aumento de la presión arterial y un mayor riesgo de desarrollar hipertensión arterial y aterosclerosis (ATSDR, 2019a; Kosnett et al., 2007; WHO, 2018), y efectos hematológicos como alteraciones en la síntesis del grupo hemo, bajo nivel de hemoglobina, conteo reducido de plaquetas y disminución en los niveles séricos de eritropoyetina (EPO) (Conterato et al., 2011; Wang et al., 2010). Además, diversos estudios reportan un aumento en el riesgo de mortalidad por cardiopatías coronarias en personas de mediana edad y adultos mayores producto

de la exposición crónica al plomo (Jain et al., 2007; Khalil et al., 2009) y otros han sugerido que la exposición crónica al plomo podría ser un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedad de Parkinson y esclerosis lateral amiotrófica, incluso en pacientes con niveles de plomo en la sangre muy bajos (Coon et al., 2006; Fang et al., 2010). En mujeres, la exposición al plomo se asocia con posibles alteraciones en los niveles de hormonas reproductivas y disminución de la fertilidad, mientras que en hombres se asocia con alteraciones en la calidad del semen, disminución de la fertilidad, daño histopatológico en los testículos y posibles alteraciones en los niveles de hormonas reproductivas (ATSDR, 2019a; Rodríguez Rey et al., 2016).

### 1.3 Manifestaciones clínicas

La exposición al plomo y su concentración en la sangre promueve manifestaciones clínicas particulares, donde la progresión del daño en niños y adolescentes comienza con concentraciones menores que en adultos. Así, tenemos que la presentación clínica de la intoxicación por plomo dependerá principalmente de la edad del paciente y de la duración e intensidad de la exposición, factores que permiten distinguir dos tipos principales: intoxicación aguda (exposición intensa y de corta duración) e intoxicación crónica (exposición de baja intensidad y a largo plazo) (ATSDR, 2019a).

#### **Intoxicación aguda**

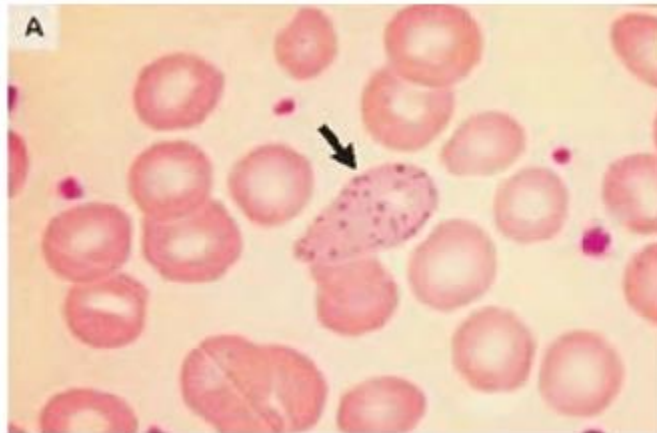
El cuadro de toxicidad aguda por plomo es de rápido inicio (generalmente dentro de 1 a 5 días luego de la exposición) y se caracteriza por síntomas y signos gastrointestinales (dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea o constipación, indigestión, pérdida de apetito y cólico), hematológicos (anemia, crisis hemolítica aguda), neurológicos (dolor de cabeza, irritabilidad, parestesia, debilidad y dolor muscular, ataxia, pérdida de la consciencia, edema cerebral y encefalopatía, que puede llevar a convulsiones, coma y muerte). Otros síntomas reportados incluyen artralgias, polidipsia, astringencia y sabor metálico en la boca; también es importante mencionar que los vómitos y diarreas pueden ser especialmente severos y desencadenar shock hipovolémico, anemia e insuficiencia renal. Niños y adolescentes son más susceptibles a este tipo de intoxicación (los detalles se presentan en la sección 1.6) (ATSDR, 2019a; MINSAL, 2016; Skerfving y Bergdahl, 2015).

#### **Intoxicación crónica**

El cuadro clínico de intoxicación crónica por plomo es más frecuente que la presentación aguda y se caracteriza por la presencia de anemia, que generalmente es normocítica/ligeramente hipocrómica y sideroblástica con punteado basófilo (**Figura 2**); suele ser moderada en adultos (aunque a menudo es clave en el diagnóstico), pero puede ser grave en niños y adolescentes (Souza y Tavares, 2009). En ocasiones se presentan signos y síntomas como dolor abdominal, constipación, calambres, astenia, irritabilidad y, en situaciones de alta exposición, neuropatía



periférica con fenómenos motores (debilidad en músculos extensores de antebrazos y piernas asociada a muñecas y tobillos caídos, así como disminución de la fuerza de agarre) y sensoriales (hormigueo o entumecimiento en brazos o piernas, dolor muscular, afectación de los umbrales sensoriales y de percepción del dolor en los dedos y disminución en los umbrales de vibración en manos y/o dedos de los pies) (Bartlett, 2003; Krantz y Dorevitch, 2004; Skerfving y Bergdahl, 2015; Zúñiga et al., 2014). En algunos cuadros puede predominar la gota (gota saturnina). En ocasiones también se presenta una “línea de plomo” gingival (línea de Burton), particularmente si el paciente tiene periodontitis con infección bacteriana (Grigoriadis et al., 2008).



**Figura 2.** Eritrocito con punteado basófilo prominente (flecha) en frotis de sangre periférica, como consecuencia de intoxicación por plomo (Bain, 2005, p. 504).

#### 1.4 Diagnóstico y evaluación del riesgo

El diagnóstico de la intoxicación por plomo está determinado por un historial de exposición al plomo, síntomas y signos clínicos compatibles la toxicidad inducida por plomo, análisis de laboratorio que respaldan el diagnóstico y la exclusión de otras explicaciones posibles (diagnósticos diferenciales). El diagnóstico suele ser difícil de establecer, puesto que en múltiples ocasiones se presenta de manera asintomática, y porque los signos y síntomas -cuando están presentes- son relativamente inespecíficos; otro inconveniente es la detección de la fuente de exposición cuando es inusual, como la ingestión de cuerpos extraños, el uso de barro vidriado, la acumulación en tuberías y las heridas provocadas por armas de fuego. En la actualidad, la determinación de plomo en sangre completa (plumbemia) es el biomarcador de exposición más ampliamente utilizado, validado y fiable para uso clínico general y *screening* en salud pública, realizándose frecuentemente a través de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito u otros métodos analíticos como la voltamperometría de redisolución anódica y la espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo, métodos que difieren considerablemente en términos de capacidad analítica, costos y requisitos técnicos (ATSDR, 2019b; Hu et al., 2007; Skerfving y Bergdahl, 2015; WHO, 2013). La evaluación diagnóstica también debería incluir la

determinación de los niveles de zinc protoporfirina (ZPP) y protoporfirina eritrocitaria libre (FEP), cuya elevación proporciona evidencia de la interferencia del plomo con la síntesis del grupo hemo, que ocurre luego de 50-70 días de la exposición; sin embargo, estos biomarcadores no se alteran en situaciones de baja exposición y son inespecíficos, puesto que también se encuentran elevados en la deficiencia de hierro. No obstante, los niveles de ZPP y FEP son útiles al dar cuenta de la cronicidad de la exposición y pueden emplearse durante el seguimiento del paciente, ya que un aumento inesperado de estos marcadores durante un período de semanas o meses puede indicar una nueva exposición y la necesidad de reevaluar el medio ambiente (Hauptman et al., 2017; Krantz y Dorevitch, 2004).

Es importante considerar que la determinación de plomo en sangre tiene ciertas limitaciones: la sangre comprende <2% del total de plomo en el cuerpo (dado que la mayor parte se encuentra depositada en el tejido óseo), la tasa de eliminación del plomo en la sangre es mucho mayor que en los huesos<sup>5</sup>, y además el nivel de plomo en la sangre refleja mayoritariamente la exposición reciente (p. ej., durante semanas a meses), por lo que no permite observar la exposición acumulada a largo plazo. En este sentido, una alternativa es realizar mediciones de plomo en sangre seriadas, que representan un mecanismo útil para conocer la dinámica de exposición a través del tiempo (ATSDR, 2019b; Behinaein et al., 2014; Rentschler et al., 2012); otra opción es la determinación de plomo en hueso a través de fluorescencia de rayos X, que proporciona una medida de la dosis acumulada y es particularmente útil en los casos de pacientes cuyo *peak* de exposición al plomo ocurrió en el pasado (Barbosa et al., 2005; Hu et al., 2007; Shih et al., 2007).

La evaluación del riesgo derivado de la exposición al plomo es compleja, dado que la evidencia científica acumulada en la actualidad no permite determinar un umbral o dosis apropiada para la derivación de un valor toxicológico referencial. En Chile, el Ministerio de Salud establece como valor límite un nivel de plomo en sangre de 5 µg/dL para la población infantil (menores de 14 años) y de 10 µg/dL para la población adulta (15 años o más) (MINSAL, 2016). Sin embargo, las investigaciones realizadas durante los últimos años han aumentado la preocupación a nivel de salud pública respecto de la toxicidad del plomo en bajas dosis, respaldando una reevaluación de los niveles de exposición al plomo que puedan ser tolerados de manera segura (Kosnett et al., 2007). En este sentido, la Organización Mundial de la Salud y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) coinciden al establecer que no existe un nivel de plomo en la sangre que pueda ser considerado exento de riesgo (CDC, 2012; WHO, 2018). En países como EE. UU., una creciente conciencia sobre el peligro que representa la exposición al plomo para la población ha llevado a las autoridades sanitarias a disminuir gradualmente los niveles de plomo en la sangre antes considerados como elevados, desde 60 µg/dL (década de 1960) hasta 10 µg/dL (año 1991). En el año 2012, el CDC estableció como valor límite de referencia un nivel de plomo en sangre  $\geq 5$  µg/dL para la población infantil (CDC, 2012); asimismo, en el año 2015 el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH) estableció

---

<sup>5</sup> La liberación lenta de plomo desde el tejido óseo puede contribuir a los niveles de plomo en la sangre mucho después de que haya cesado la exposición (ATSDR, 2019b).

un nivel de plomo en la sangre  $\geq 5$   $\mu\text{g/dL}$  como elevado para la población adulta (mayores de 16 años), valor de referencia cuya implementación por parte de la comunidad médica es recomendada también por los CDC a partir de ese año<sup>6</sup> (NIOSH, 2015). Cabe mencionar que los investigadores Gilbert y Weiss han sugerido que el límite para la población infantil debería ser reducido a 2  $\mu\text{g/dL}$ , puesto que numerosos estudios han demostrado repetidamente que niveles de plomo en la sangre menores a 10  $\mu\text{g/dL}$  pueden provocar efectos adversos en el desarrollo neurológico de niños y niñas, incluso en niveles de plomo notablemente bajos (Canfield et al., 2003; Gilbert y Weiss, 2006; Lanphear et al., 2005; Marturano y Elias, 2009).

## 1.5 Tratamiento

El tratamiento de la intoxicación por plomo se enfoca principalmente en (a) alejar a los pacientes de todas las fuentes de exposición; (b) controlar los síntomas y (c) reducir la carga corporal de plomo mediante terapia de quelación, indicada en intoxicaciones moderadas a severas. El manejo multifactorial de la intoxicación debería ser proporcionado a todas las personas con niveles de plomo en sangre que se encuentren por sobre el valor de referencia establecido por los CDC ( $\geq 5$   $\mu\text{g/dL}$ ), lo que incluye el hallazgo y eliminación de la fuente de exposición, instrucciones para medidas de higiene adecuadas (personales y domésticas), optimización de la dieta para corregir posibles deficiencias nutricionales de calcio, hierro y vitamina C y establecer protocolos de seguimiento (ATSDR, 2019b; CDC, 2012; Hauptman et al., 2017).

Los CDC han mantenido la recomendación de aplicar terapia quelante ante plumbemias  $\geq 45$   $\mu\text{g/dL}$  para la población tanto infantil como adulta. Los agentes quelantes son compuestos químicos que pueden unirse al plomo inorgánico y facilitar su excreción en la orina; en la práctica clínica, los agentes con mayor uso y eficacia para la desintoxicación son dimercaprol (anti-lewisita británica o BAL), edetato de calcio disódico (EDTA) y ácido 2,3-dimercaptosuccínico (DMSA, también conocido como succímero) (ATSDR, 2019b; CDC, 2012). Sin embargo, antes de comenzar cualquier terapia de quelación es preciso consultar con un toxicólogo médico o un especialista en el tratamiento médico de la intoxicación por plomo, puesto que cada medicamento tiene diversas contraindicaciones, precauciones y efectos adversos asociados, además de diferentes dosis y protocolos de administración, que varían con la edad del paciente, el nivel de plomo en sangre y la presentación y gravedad de los síntomas, por lo que se requiere del desarrollo de protocolos de tratamiento específicos para cada caso (Kosnett et al., 2007).

---

<sup>6</sup> Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance (ABLES). U.S. Centers for Disease Control and Prevention & The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Disponible en <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ABLES/description.html>

## 1.6 Poblaciones de riesgo

Los efectos nocivos de la intoxicación por plomo pueden potenciarse a causa de diversos escenarios y condiciones, como la coexposición con otros neurotóxicos (metales, pesticidas); presencia de deficiencias nutricionales (dieta baja en nutrientes y metales esenciales como hierro y calcio); condiciones médicas preexistentes (disfunción renal crónica, hipertensión arterial, trastornos neurológicos y disfunciones cognitivas); situación de vulnerabilidad socioeconómica (acceso deficiente a salud y educación) y situaciones concomitantes de estrés psicosocial (alcoholismo, consumo de drogas, violencia intrafamiliar) (Disalvo et al., 2009; Healey, 2009; Fontana et al., 2013; Kosnett et al., 2007). Se ha reportado extensamente una mayor susceptibilidad a los efectos del plomo en la población infantil y adolescente por razones neurológicas, metabólicas y comportamentales, así como también en la población femenina durante el embarazo, puerperio y lactancia (ATSDR, 2019a; MINSAL, 2016; WHO, 2018).

### **Infancia y adolescencia (<18 años)**

Los niños, niñas y adolescentes son particularmente vulnerables a los efectos tóxicos del plomo (en especial los más pequeños), lo que se debe a diversas razones: su menor tamaño (y proporcionalmente mayor exposición al plomo), mayor absorción en el tracto gastrointestinal y menor excreción en comparación con adultos, y un sistema nervioso que aún se encuentra en desarrollo (AAP Council on Environmental Health, 2016; Balparda, 2008; Fontana et al., 2013; Hauptman et al., 2017). Se ha comprobado que niveles de exposición inferiores a 10 µg/dL e incluso sin presencia de síntomas evidentes (antes considerados exentos de riesgo) pueden provocar consecuencias graves e irreversibles, afectando en particular el desarrollo neurológico y evidenciándose problemas de aprendizaje, de comportamiento, trastornos de atención e hiperactividad y bajo rendimiento escolar, efectos que pueden persistir hasta la edad adulta (Counter et al., 2008; Liu et al., 2014; Mazumdar et al., 2011). También se han reportado efectos adversos en el desarrollo, como disminución en las medidas antropométricas e inicio tardío de la pubertad (ATSDR, 2019a). Por otra parte, niños y niñas con desnutrición son más vulnerables a la intoxicación por plomo, puesto que presentan una mayor tendencia a absorber este metal producto del déficit o carencia de otros nutrientes, como el calcio (Disalvo et al., 2009; Healey, 2009; WHO, 2018).

### **Embarazo, puerperio y lactancia**

La exposición al plomo puede representar una amenaza para las mujeres en edad reproductiva, incluso transcurrido mucho tiempo después de la exposición, debido a la acumulación de plomo en los huesos. En mujeres embarazadas, la exposición al plomo está asociada con el aumento de la presión arterial, incluso a bajos niveles de plomo en sangre (Yazbeck et al., 2009; Wells et al., 2011); otros efectos incluyen bajo crecimiento fetal, preeclampsia y parto prematuro (Al Jameil, 2014; NTP, 2012; Skerfving y Bergdahl, 2015). Durante la gestación, el puerperio y la gestación aumenta notablemente la liberación de plomo desde los huesos hacia el torrente sanguíneo, lo que

es consistente con un incremento en la resorción ósea como mecanismo para suplir las mayores demandas fisiológicas de calcio<sup>7</sup> (Kalkwarf y Specker, 2002). Por tanto, se espera que exista un incremento en los niveles de plomo en la sangre de mujeres embarazadas, lo que es también un factor potencialmente dañino para el desarrollo neurológico del feto dada la capacidad del plomo de atravesar la placenta, y también para el lactante, puesto que el plomo se excreta por la leche materna; así, la magnitud de la exposición fetal y neonatal al plomo dependerá en gran medida de las cantidades de plomo almacenadas en el tejido óseo materno (Ettinger et al., 2004a, 2004b, 2006; Li et al., 2000; Schnaas et al., 2006). Durante este período, la ingesta de suplementos de calcio por parte de la madre podría constituir un importante mecanismo para limitar la exposición fetal y neonatal al plomo (ATSDR, 2019b; Ettinger et al., 2006, 2009).

## **2. Intoxicación por plomo secundaria a la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo (FBP) en el cuerpo humano**

Las heridas provocadas por armas de fuego no son un fenómeno reciente, puesto que han representado una de las principales posibilidades de lesión en diversos tipos de enfrentamientos armados desde la invención de la pólvora. Las personas que han sobrevivido a este tipo de lesiones a menudo conservan fragmentos balísticos que contienen plomo (balas, perdigones, esquirlas) retenidos en el cuerpo, lo que conlleva un aumento en el riesgo de desarrollar intoxicación crónica a partir de esta fuente de exposición al plomo que ha sido históricamente subestimada, producto de la manifestación tardía de los primeros síntomas y/o efectos adversos y al desconocimiento respecto de la composición y características fisicoquímicas de las municiones empleadas. De hecho, la evolución constante en los armamentos militares ha llevado a cambios en la estructura y composición metálica de proyectiles, empleándose diversas variedades de metales y mezclas de metales en su manufactura, elementos que no son testeados para conocer los potenciales efectos adversos que pueden generar tras su retención en el organismo. Esto ha representado un verdadero desafío en el tratamiento médico de pacientes heridos por disparos, que frecuentemente presentan fragmentos balísticos retenidos cuyas propiedades toxicológicas y cancerígenas a largo plazo aún no se conocen completamente; tampoco se sabe aún si sus propiedades afectan a la reparación de los tejidos y a la cicatrización de las heridas. La extracción de fragmentos balísticos retenidos en víctimas de disparos no forma parte del tratamiento de rutina, especialmente cuando se trata de una intervención quirúrgica de complejidad; de hecho, esta decisión prácticamente nunca se toma para prevenir o reducir la exposición al plomo, salvo cuando ya existe un diagnóstico confirmado de intoxicación grave y es atribuible a un fragmento balístico retenido en el cuerpo (Kalinich et al., 2014; McQuirter et al., 2001).

Recientemente, diversas investigaciones han descrito la extracción quirúrgica y caracterización de proyectiles y/o fragmentos metálicos retenidos, identificando la presencia de plomo en su

---

<sup>7</sup> La resorción ósea también se encuentra incrementada en estados fisiológicos como la menopausia, y patológicos como la osteoporosis (ATSDR, 2019b).

composición (Coon et al., 2006; Farrell et al., 1999; McQuirter et al., 2004; Nguyen et al., 2005). En este contexto, la intoxicación por plomo secundaria a la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo (en adelante FBP) se configura como una potencial e importante complicación de las lesiones producidas por armas de fuego; de hecho, se ha reportado que los FBP en el cuerpo son una fuente continua de toxicidad por plomo a menos que sean removidos (Edetanlen y Saheeb, 2016; Farrell et al., 1999; Gerhardsson et al., 2002; Nguyen et al., 2005; Nickel et al., 2018; Zúñiga et al., 2014). El desarrollo de un cuadro de intoxicación por plomo dependerá de factores diversos como la ubicación del proyectil, el grado de fragmentación de éste y el estado fisiológico del individuo afectado, y el intervalo de tiempo desde la fecha de la lesión hasta el aumento de los niveles de plomo en sangre es variable, oscilando entre 2 días y hasta 52 años (Edetanlen y Saheeb, 2016; Farrell et al., 1999; Gerstner Garcés y Manotas Artuz, 2012).

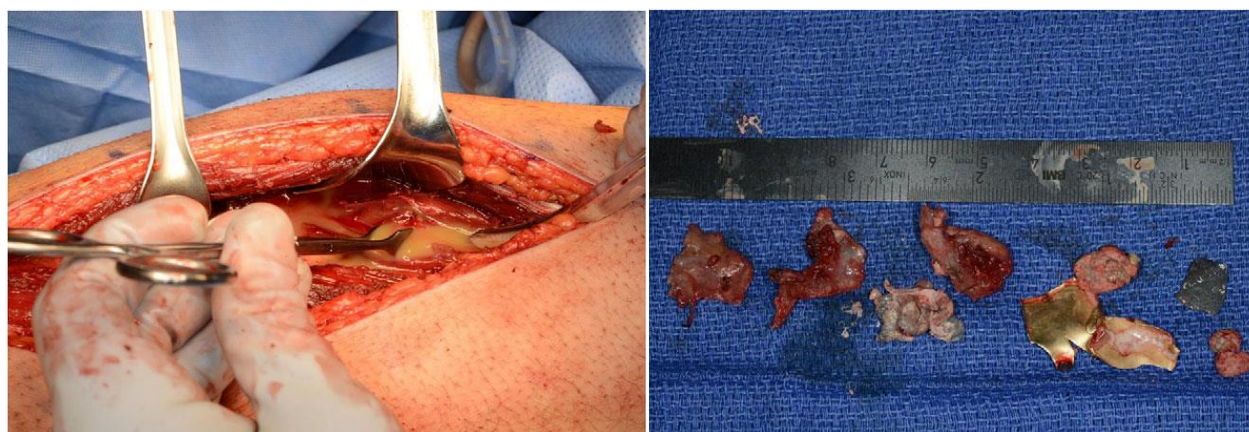
## **2.1 Factores de riesgo asociados con elevación del nivel de plomo en sangre producto de la retención de fragmentos balísticos que contienen plomo (FBP)**

### **Ubicación del FBP retenido**

Si bien la incidencia y el riesgo de intoxicación por plomo a menudo son difíciles de predecir, se ha considerado la ubicación del FBP con respecto al líquido sinovial y a las articulaciones móviles como un importante factor de riesgo de intoxicación para el paciente. La absorción sistémica del plomo en el espacio articular se debe a múltiples factores, como la fragmentación mecánica de los proyectiles y la acidez del líquido sinovial, que en conjunto incrementan la solubilización del plomo; además, el paso del plomo a través de una membrana sinovial inflamada lo introduce en la circulación sistémica. En este proceso intervienen factores como la superficie de plomo disponible para la solubilización, la retención en las articulaciones móviles o que soportan peso, y la inflamación crónica de la articulación que resulta en artritis y en el aumento del drenaje linfático y vascular del plomo. La alta solubilidad del plomo en el líquido sinovial y la supuestamente baja solubilidad del plomo en tejidos blandos se ha reflejado en la práctica quirúrgica generalizada de extraer los FBP retenidos intraarticulares, al tiempo que se permite la permanencia de FBP extraarticulares en los tejidos sin establecer un seguimiento posterior de los pacientes afectados (DeMartini et al., 2001; Farrell et al., 1999; Gerhardsson et al., 2002; McAninch et al., 2017; McQuirter et al., 2001, 2004; Zúñiga et al., 2014).

Sin embargo, en los tejidos blandos la retención de fragmentos balísticos puede producir una reacción de cuerpo extraño que conduce a la formación de quistes fluidos que los contienen, cuya alteración puede precipitar un aumento agudo de los niveles de plomo en la sangre, incluso después de transcurrido mucho tiempo desde la lesión inicial. La formación de quistes no es una secuela infrecuente de lesiones por disparo con retención de fragmentos balísticos y se ha reportado en hueso, tejido conectivo, músculo y elementos cartilaginosos (**Figura 3**). De hecho, numerosas

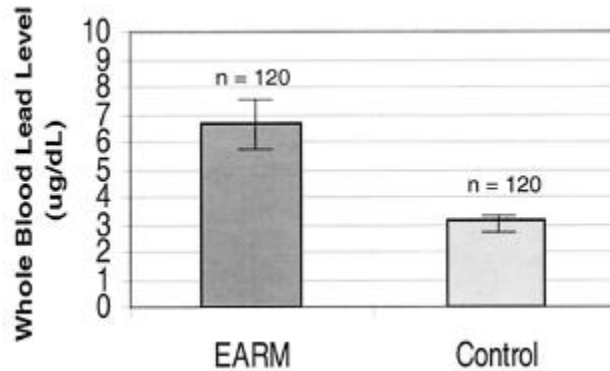
investigaciones han reportado el desarrollo de intoxicación por plomo en pacientes con retención de FBP extraarticulares, frecuentemente asociados con formación de quistes (Araújo et al., 2015; Dougherty et al., 2009; Eward et al., 2011; Grasso et al., 2017; Nickel et al., 2018; Rheinboldt y Francis, 2014; Weinrach et al., 2001; Weiss et al., 2017). A modo de ejemplo, se presenta el caso de un hombre de 34 años con FBP retenidos en la zona del muslo izquierdo, que presenta sintomatología de intoxicación por plomo (fatiga, trastornos del sueño, náuseas y espasmos musculares en las extremidades) luego de transcurridos 14 años de la lesión inicial, con un nivel de plomo en sangre de 57  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . Fue sometido a una intervención quirúrgica para la extracción de los FBP, encontrándose una masa quística intramuscular de aproximadamente 4 x 8 cm, cuya incisión reveló un fluido turbio café y dos fragmentos metálicos en su interior. La evaluación citológica del fluido mostró abundantes restos oscuros consistentes con metales y células inflamatorias mononucleares y polimorfonucleares; la evaluación histopatológica de la pared del quiste mostró partículas macro y microscópicas oscuras consistentes con restos metálicos y una respuesta de cuerpo extraño con fagocitosis de los restos metálicos, y los cultivos microbiológicos resultaron negativos para bacterias aeróbicas y anaerobias, hongos y bacilos acidorresistentes. Luego de la operación, el paciente se recuperó sin complicaciones (Eward et al., 2011; otro caso clínico con formación de quiste se presenta en el **Anexo A**).



**Figura 3.** *Izquierda:* fotografía intraoperatoria donde se aprecia el fluido amarillo y turbio dentro de un quiste. *Derecha:* fotografía intraoperatoria de múltiples fragmentos metálicos y minerales asociados con el quiste (Nickel et al., 2018, p. e109).

Por otra parte, un estudio de cohorte prospectivo comparó los niveles de plomo en la sangre de 120 pacientes adultos con FBP extraarticulares con pacientes que no los tenían, obteniendo como resultado un aumento estadísticamente significativo en los niveles de plomo en sangre en el grupo de estudio ( $\bar{x}=6.71 \mu\text{g}/\text{dL}$ ) en comparación con los pacientes de control ( $\bar{x}=3.16 \mu\text{g}/\text{dL}$ ) (Figura 4) (Nguyen et al., 2005). Este estudio y muchos otros proporcionan evidencia suficiente para establecer que la retención extraarticular de FBP efectivamente está asociada con una elevación de los niveles de plomo en la sangre; sin embargo, aún no se implementa el monitoreo de los niveles

de plomo en sangre de los pacientes afectados, y aún se mantiene el debate respecto de si se debiera extraer o no los fragmentos balísticos retenidos en diversas ubicaciones anatómicas (Araújo et al., 2015; Eward et al., 2011; Nickel et al., 2018).



**Figura 4.** Nivel de plomo en sangre promedio de 120 pacientes con FBP extraarticulares (EARM) (columna izquierda) en comparación con 120 pacientes de control (columna derecha) (Nguyen et al., 2005, p. 292).

### Fracturas óseas concomitantes

Se han realizado diversas investigaciones cuyo objetivo es evaluar el efecto que tiene la presencia de perdigones retenidos en el cuerpo en la concentración de plomo en la sangre, en particular cuando se encuentra asociada a la presencia de fracturas óseas concomitantes y/o recientes. Un estudio de cohorte prospectivo evaluó la prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados en 451 pacientes con lesiones producidas por disparos con FBP retenidos, obteniendo como resultado la presencia de una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de fracturas óseas en la región del torso (pecho, abdomen o pelvis) y los niveles de plomo en sangre, aumentando en un 29.5% en comparación con los pacientes que no presentaban fracturas, a medida que aumenta el grado de fragmentación de los proyectiles retenidos (**Figura 5**). Según los investigadores, esta asociación entre fracturas óseas en el torso y la fragmentación de los proyectiles puede deberse a que la región del torso contiene diversas cavidades corporales con órganos móviles y un gran volumen de fluido extravascular, por lo que en el contexto de una lesión penetrante los FBP podrían encontrarse expuestos a estos fluidos, así como también a coágulos de sangre, exudados inflamatorios y pus ocasional producto de la fractura, y a fluidos de articulaciones y espacios pleurales y bursales ubicados en la ruta de penetración del proyectil; en este ambiente, los FBP tendrían una mayor probabilidad de ser absorbidos en lugar de encapsulados, como se ve con frecuencia en los FBP retenidos en músculos y huesos (McQuirter et al., 2004; para más detalles sobre esta investigación véase **Anexo B**).

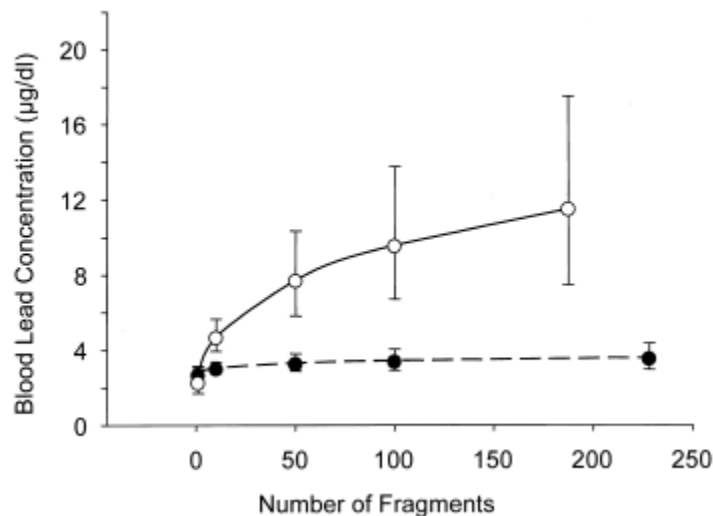
Por otra parte, los resultados obtenidos por el estudio de cohorte prospectivo realizado por Nguyen y colaboradores -mencionado en la sección anterior- demostraron la presencia de una correlación positiva entre niveles aumentados de plomo en sangre y una historia de fractura ósea reciente



(dentro de los últimos treinta días), hallazgo que según los investigadores no resulta sorprendente, puesto que las reservas de plomo en los huesos se liberan a la circulación en situaciones de lesión y remodelación ósea. Además, es importante destacar que esta correlación solamente se detectó en los casos de pacientes con retención de FBP extraarticulares y no en los pacientes de control, lo que sugiere que las reservas óseas de plomo necesariamente deben encontrarse elevadas para que se produzca un aumento en los niveles de plomo en sangre. En el grupo de estudio, la elevación en las reservas óseas de plomo fue atribuida a la retención extraarticular de FBP, ya que el nivel de exposición ambiental al plomo no fue diferente al grupo de control (Nguyen et al., 2005). Asimismo, otro estudio prospectivo evaluó los niveles de plomo en sangre en 24 pacientes que presentaban FBP retenidos en la región cráneo-maxilofacial producto de disparos y fracturas óseas en la misma zona, midiéndolos 3 días, 3 semanas y 6 semanas luego de producida la lesión. Los resultados obtenidos demostraron un aumento estadísticamente significativo en los niveles de plomo en sangre en el grupo de estudio ( $\bar{x}=6.88 \mu\text{g/dL}$ ) en comparación con los pacientes de control ( $\bar{x}=1.52 \mu\text{g/dL}$ ), y la presencia de una correlación positiva y estadísticamente significativa entre los niveles de plomo en sangre y la presencia de fracturas óseas concomitantes a la lesión (Edetanlen y Saheeb, 2019).

### **Número de proyectiles retenidos y grado de fragmentación**

La fragmentación de los proyectiles retenidos es frecuente (especialmente si el proyectil rebotó o golpeó tejidos duros como dientes o huesos) e involucra un aumento en la superficie de exposición al plomo (incluso en proyectiles con revestimiento externo), incrementando su absorción en el cuerpo humano. Esto se evidencia en el estudio de cohorte prospectivo llevado a cabo por McQuirter y colaboradores -mencionado en la sección anterior-, cuyo resultado demuestra la presencia de una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de una mayor cantidad de fragmentos retenidos y un aumento en los niveles de plomo en sangre en pacientes con fracturas óseas en la región del torso (**Figura 6**) (McQuirter et al., 2004). Otras investigaciones se han referido a la cantidad de proyectiles retenidos, evaluando los niveles de plomo en la sangre de 25 pacientes con FBP retenidos y obteniendo como resultado la presencia de una correlación positiva estadísticamente significativa entre el número de FBP retenidos y el nivel de plomo en la sangre (Moazeni et al., 2014). Asimismo, un estudio prospectivo evaluó los niveles de plomo en sangre en 24 pacientes que presentaban FBP retenidos en la región cráneo-maxilofacial producto de disparos, obteniendo como resultado la presencia de una correlación entre el número de FBP retenidos y la concentración de plomo en la sangre (Edetanlen y Saheeb, 2016). Posteriormente, los mismos investigadores realizaron un estudio prospectivo -mencionado previamente- y obtuvieron como resultado una asociación estadísticamente significativa entre el número de FBP retenidos en el cuerpo y el nivel de plomo en la sangre de los pacientes (Edetanlen y Saheeb, 2019).



**Figura 6.** Nivel de plomo en sangre (eje vertical) en función del número de FBP retenidos (eje horizontal) y la presencia de fracturas óseas en la región del torso. *Círculos blancos*: pacientes con fracturas óseas en el torso; *Círculos negros*: pacientes sin fracturas óseas en el torso (McQuirter et al., 2004, p. 687).

### Tiempo de retención de los FBP en el cuerpo

En este punto aún existe un debate en desarrollo, puesto que se han reportado resultados divergentes respecto de una posible asociación entre un mayor tiempo de retención de FBP en el cuerpo y el aumento en los niveles de plomo en sangre. Los resultados de las investigaciones de Nguyen et al. y Moazeni et al. -ambas mencionadas previamente- reportaron la ausencia de asociación entre un mayor tiempo de retención de FBP y el aumento en los niveles de plomo en sangre (Nguyen et al., 2005; Moazeni et al., 2014). Sin embargo, el trabajo de McQuirter y colaboradores -mencionado previamente- obtuvo resultados diferentes; ellos evaluaron el curso temporal y la prevalencia de los niveles de plomo en sangre elevados en 451 pacientes con lesiones producidas por disparos con FBP retenidos, midiendo los niveles de plomo en sangre en el momento de admisión del paciente y luego 3 días, 3 semanas, 3 meses, 6 meses y 12 meses tras la admisión. Los resultados obtenidos mostraron una prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados  $\geq 10 \mu\text{g/dL}$  de 2.1% y  $\geq 20 \mu\text{g/dL}$  de 0.2% al momento de la admisión de los pacientes; de 38.1% y 11.8% a los 3 meses; y de 20.1% y 2.6% a los 12 meses; al respecto, los autores concluyen que el aumento en la prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados luego de 3 meses de producida la lesión sugiere la necesidad de realizar seguimiento y tratamiento para los pacientes con FBP retenidos producto de lesiones por disparos (McQuirter et al., 2004).

## **2.2 Recomendaciones para la prevención, evaluación, tratamiento y seguimiento de la población expuesta al plomo producto de FBP retenidos en el cuerpo**

Las autoridades sanitarias y profesionales de la salud deben establecer y adoptar estrategias de prevención, evaluación, tratamiento y seguimiento de la población expuesta al plomo como consecuencia de la retención de perdigones y/o fragmentos balísticos en el cuerpo (tanto en la actualidad como en el pasado). Para ello, se requiere un abordaje integral y complejo, que involucre la concientización y educación de los profesionales de la salud y de la población en general. Una atención médica de alta calidad requiere de un cuidadoso equilibrio de riesgos y beneficios; cada intervención (y ausencia de ella) presenta la posibilidad de efectos adversos y riesgos adicionales, que van creando la necesidad de intervenciones sucesivas con sus propios riesgos inherentes. Para mejorar el proceso de toma de decisiones en estas situaciones clínicas, se debe emplear un modelo compartido y participativo que involucre tanto al paciente como al internista, cirujano, toxicólogo médico y otros especialistas<sup>8</sup>, tomando en consideración la evidencia actual y las necesidades, valores y preferencias del paciente (Bustamante y Macias-Konstantopoulos, 2016; McAninch et al., 2017; Nickel et al., 2018).

### **Prevención**

La prevención de la intoxicación por plomo en pacientes con fragmentos balísticos retenidos el cuerpo requiere tomar en consideración los criterios que permiten identificar a los pacientes de riesgo (con factores de riesgo asociados a la elevación de niveles de plomo en sangre, véase sección 2.1), teniendo en cuenta que niveles de plomo muy por debajo de los que producen los síntomas clásicos ya están provocando daños en el organismo de los pacientes afectados. Debe realizarse un registro de cada caso de lesiones producidas por disparos con armas de fuego por parte de los médicos de atención primaria, urgencia u hospitalización. La conciencia y seguimiento temprano son aspectos críticos si consideramos las manifestaciones inespecíficas y el diagnóstico difícil de la intoxicación por plomo. Se debe promover la necesidad de una documentación adecuada y destacar la historia clínica de pacientes heridos por disparo, con o sin fragmentos balísticos retenidos, para evitar un retraso y/o errores en el diagnóstico.

Por otra parte, la implementación de actividades como charlas informativas, talleres y/o jornadas de discusión (dirigidas tanto a profesionales de la salud como a los pacientes, familiares y redes de apoyo) en las que se entregue información relacionada con los efectos de la exposición al plomo en la salud, se concientice a los pacientes y su círculo cercano respecto de la sintomatología asociada con la intoxicación aguda y crónica, y se entreguen recomendaciones para limitar la exposición exógena al plomo en el hogar y el lugar de trabajo, podría ser muy beneficiosa (Fontana et al., 2013; Nickel et al., 2018; WHO, 2018).

---

<sup>8</sup> Equipo multidisciplinario que incluya especialistas en neurología, hematología, fisiatría, traumatología, nefrología, endocrinología, psiquiatría, kinesiología, terapia ocupacional, entre otros.

## **Evaluación**

Toda persona que posea antecedentes de lesiones por disparos con perdigones y/o fragmentos balísticos retenidos en el cuerpo (incluso si ya fueron extraídos) deberá recibir una evaluación clínica completa, que incluya la determinación del nivel de plomo en sangre<sup>9</sup>. La concentración de plomo en circulación da cuenta principalmente de exposiciones recientes, por lo que no permite evaluar la exposición acumulada a largo plazo; en este sentido, una alternativa es realizar mediciones de plomo en sangre seriadas en el tiempo, o bien la determinación de plomo en hueso, que proporciona una medida de la exposición acumulada a largo plazo. La evidencia científica reciente ha llevado a organismos internacionales como la OMS, CDC/NIOSH y ATSDR a aseverar que no existe un nivel de plomo en sangre que pueda ser considerado “seguro”, por lo que han establecido un valor límite de 5 µg/dL tanto para la población infantil como para la población adulta (véase sección 1.4) (ATSDR, 2019b; CDC, 2012; NIOSH, 2015; WHO, 2018).

## **Tratamiento**

En el tratamiento de lesiones provocadas por disparos generalmente se requiere tomar decisiones médicas respecto de la remoción de los proyectiles y/o fragmentos metálicos retenidos en el cuerpo del paciente. En ocasiones, la remoción demanda dificultades en el abordaje quirúrgico, con disección extensiva del tejido y alta morbilidad en un paciente que ya se encuentra debilitado por la lesión. Se debe considerar que la terapia de quelación reducirá las concentraciones de plomo en sangre solo temporalmente, puesto que la mayor fuente de exposición al plomo permanecerá en el cuerpo (véase sección 1.5). La extracción de los proyectiles y/o sus fragmentos retenidos en espacios articulares y huesos, combinada con terapia de quelación para reducir el aumento perioperatorio de los niveles de plomo en la sangre, podría ser el procedimiento quirúrgico más efectivo para la reducción del plomo en la sangre de tales pacientes. El médico tratante debería consultar con especialistas calificados para determinar la relación riesgo/beneficio de la intervención quirúrgica, puesto que el daño a tejidos y órganos producto de la cirugía podría superar los riesgos conocidos para los niveles elevados de plomo en la sangre de ciertos pacientes (Bustamante y Macias-Konstantopoulos, 2016; Edetanlen y Saheeb, 2019; McAninch et al., 2017; McQuirter et al., 2004).

## **Seguimiento**

En pacientes con perdigones y/o fragmentos retenidos (en el pasado o en el presente), los niveles de plomo en sangre pueden variar en función de la presencia de factores de riesgo (véase sección 2.1) y el estado fisiológico particular de cada paciente, por lo que resulta de vital importancia el seguimiento temprano y de largo plazo a pacientes con proyectiles y/o fragmentos retenidos, realizando determinaciones periódicas de los niveles de plomo en sangre y vigilando la presencia

---

<sup>9</sup> Dado que los pacientes que acuden a urgencias no conocen el origen de su lesión, se debe proceder bajo el supuesto de que el proyectil o fragmento balístico retenido contiene plomo.

de síntomas y/o signos clínicos de intoxicación por plomo (Coon et al., 2006; Charris et al., 2011). A continuación, se presentan algunas recomendaciones propuestas por diversos investigadores a partir de la evidencia científica existente (véase **Anexo B**) (Bustamante y Macias-Konstantopoulos, 2016; Nickel et al., 2018; McQuirter et al., 2004):

- Se debe monitorear el nivel de plomo en sangre al ingreso del paciente en el recinto de salud, para contar con un registro de referencia
- El análisis de plomo en sangre debería repetirse al momento del alta o dentro de dos semanas luego de la lesión inicial; si la historia del paciente indica exposición ocupacional o ambiental al plomo, se debe entregar recomendaciones para evitar la posterior exposición a fuentes exógenas de plomo
- El análisis de plomo en sangre debería repetirse a intervalos mensuales hasta los tres meses y luego un año después de la lesión, especialmente en aquellos pacientes que presenten uno o más de los factores de riesgo reportados (véase sección **2.1**)
- Se debe monitorear el nivel de plomo en sangre al menos una vez al año a partir de entonces; la frecuencia del monitoreo debe evaluarse caso a caso, especialmente si el paciente pertenece a un grupo de riesgo o presenta factores de riesgo asociados (secciones **1.6** y **2.1**)

Además de monitorear los niveles de plomo en sangre, se debería determinar el nivel de plomo en hueso para evaluar de manera más precisa la carga corporal total de plomo en pacientes con retención de FBP tanto intraarticular como extraarticular, lo que ayudaría a identificar aquellos pacientes que podrían encontrarse en mayor riesgo de morbilidad (Nguyen et al., 2005). También se recomienda realizar periódicamente estudios imagenológicos en pacientes con formación de quistes fluidos alrededor de los perdigones y/o fragmentos retenidos (véase **Anexo A**) (Eward et al., 2011; Grasso et al., 2017; Rheinboldt y Francis, 2014; Weiss et al., 2017), y evaluaciones neuroconductuales y/o psicométrías en pacientes con historia clínica de exposición al plomo, puesto que el funcionamiento intelectual y conductual puede disminuir incluso a niveles bajos de exposición, y actualmente se desconoce la capacidad de revertir tales efectos con terapia de quelación (Coon et al., 2006; Dietrich et al., 2004; Gracia y Snodgrass, 2007).

## 2.3 proyectiles empleados por las fuerzas de orden y seguridad pública

La Dirección General de Carabineros de Chile establece en los protocolos para el mantenimiento del orden público, actualizados en marzo de 2019, que frente al empleo de la escopeta antidisturbios: “el usuario debidamente calificado (...) verificará que el tipo de cartuchos a utilizar sean los que correspondan para el uso antidisturbios, tanto en la parte legal como reglamentaria, debiendo tener tipos de munición no letal, tales como perdigones de goma, *super-sock* (...)” (**Figura 7**) ([Carabineros de Chile, 2019, p. 13](#)). En el Anexo 2 del mismo protocolo, se presenta un glosario en el que definen ambos tipos de municiones:

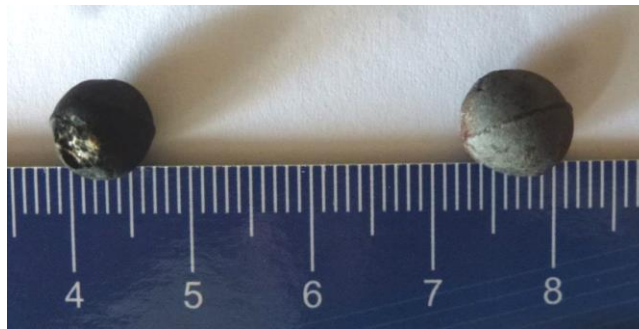
**CARTUCHO 12MM. PERDIGÓN DE GOMA:** Cartucho calibre 12 mm. el cual mantiene como proyectil 12 postas de goma endurecida, de material de caucho, el cual es de carácter no letal. **CARTUCHO 12MM SÚPER-SOCK:** Es un Cartucho de calibre 12 mm., modelo 2581, de impacto no letal, que se compone por un saquete o bolso, una tapa de cartón del plano de boca y una vaina, que según sus datos técnicos del cartucho, el alcance efectivo es de 25 metros, el cual contiene plomo envuelto en una malla balística de kevlar ([Carabineros de Chile, 2019, p. 28](#)).



**Figura 7.** Cartuchos de perdigones TEC (azul) y Súper Sock (gris) empleados por efectivos policiales en Santiago, Chile. Fuente: *PiensaPrensa*.

Sin embargo, a raíz de las elevadas cifras de personas heridas con perdigones disparados por las escopetas antidisturbios de las fuerzas de orden y seguridad pública, muchas de ellas resultando con lesiones oculares, la Unidad de Trauma Ocular (UTO) del Hospital del Salvador solicitó a investigadores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile analizar la composición de una muestra de dos perdigones extraídos del cuerpo de personas heridas por disparos con escopeta antidisturbios de efectivos policiales. Los resultados obtenidos por los investigadores caracterizan los perdigones como cuerpos esféricos de un diámetro del orden de los 8 mm, con una masa de 734,4 mg y densidad de  $2,517 \text{ g/cm}^3$  (**Figura 8**); además, producto del análisis composicional establecieron que los perdigones están compuestos sólo por un 20% de

caucho, mientras que el 80% restante corresponde a dióxido de silicio, sulfato de bario y plomo<sup>10</sup>. Asimismo, investigadores de la Universidad Austral de Chile analizaron una muestra de cuatro perdigones empleados por las fuerzas de orden y seguridad pública en Valdivia, determinando que la cantidad de caucho no supera el 18% en cada uno de los proyectiles analizados, y que presentan en su mayoría altas concentraciones de plomo, sulfato de bario, manganeso, calcio, hierro y silicio, entre otros compuestos<sup>11</sup>; finalmente, un grupo de investigadores de la Universidad de Valparaíso realizó análisis de estudios imagenológicos y de muestras de perdigones, determinando que se encuentran compuestos por un 23% de plomo, lo que es coherente con la alta densidad detectada en los estudios imagenológicos de estos proyectiles<sup>12</sup>.



**Figura 8.** La muestra de dos perdigones analizados por académicos de la Universidad de Chile.

Fuente: Informe Final (UTO), DIMEC, Universidad de Chile.

Los resultados obtenidos por los análisis de académicos de tres prestigiosas instituciones académicas de nuestro país no concuerdan con lo establecido en los protocolos de las fuerzas de orden y seguridad pública. Los perdigones empleados son metálicos, con contenido de plomo, y cubiertos superficialmente con caucho, lo que es coherente con la magnitud de las lesiones provocadas y con las imágenes radiológicas que muestran cuerpos esféricos con densidad metálica alojados en el cuerpo de las víctimas de disparos. Lamentablemente, este tipo de proyectiles suele deformarse y/o fragmentarse al impactar contra el cuerpo, especialmente si choca o rebota contra un hueso, lo que incrementa la superficie de contacto del plomo con los tejidos corporales, incrementando a su vez la probabilidad de que sea absorbido (véase sección 2.1) (McQuirter et al., 2004).

---

<sup>10</sup> Jorquera P. y Palma, R. (2019). Estudio de perdigón. Informe Final (UTO) 15-11-2019. Departamento de Ingeniería Mecánica, FCFM, Universidad de Chile. Disponible en [https://www.uchile.cl/documentos/estudio-de-perdigones-fcfm-u-de-chile-pdf-completo\\_159315\\_0\\_4801.pdf](https://www.uchile.cl/documentos/estudio-de-perdigones-fcfm-u-de-chile-pdf-completo_159315_0_4801.pdf)

<sup>11</sup> Lazo, C. (2019). Análisis de perdigones utilizados por Carabineros en la ciudad de Valdivia. Universidad Austral de Chile. Disponible en [https://issuu.com/rioenlinea/docs/comunicado\\_1](https://issuu.com/rioenlinea/docs/comunicado_1)

<sup>12</sup> Cox et al. (2019). Análisis fisicoquímico de proyectiles utilizados durante las manifestaciones en Valparaíso (... y su correlación imagenológica con los cuerpos extraños pesquisados entre el 19 de octubre y el 15 de noviembre de 2019 en el Hospital Carlos Van Buren. Universidad de Valparaíso, Chile. Disponible en <https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmID=186350&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>

## 2.4 Directrices recientes sobre el uso de armas “menos letales”

En el año 2015 se publica un reporte sobre las consecuencias en la salud de las armas de control de multitudes, elaborado en conjunto por la Red Internacional de Organizaciones de Libertades Civiles (INCLO) y la ONG Médicos por los Derechos Humanos (PHR). Según este documento, los proyectiles de impacto cinético -también conocidos como balines o balas de goma- han sido empleados regularmente en el control de multitudes en diversos países del mundo, siendo diseñados para infligir dolor e incapacitar a un individuo sin que el proyectil penetre en el cuerpo; sin embargo, su uso ha provocado lesiones graves, discapacidad permanente y, en algunos casos, la muerte. Con respecto al mecanismo de acción de estos proyectiles, señala:

la fuerza del proyectil depende de varios factores, incluidos su tamaño y velocidad. Además, la forma del proyectil, su capacidad de separarse, el número de proyectiles disparados a la vez y la dirección en la que se disparan pueden afectar el funcionamiento del proyectil (...) el disparo a corta distancia de un proyectil da como resultado patrones de lesiones similares a los observados con munición real, causando lesiones graves y discapacidades. Por lo tanto, los proyectiles de impacto cinético no solo son letales a corta distancia, sino que también pueden ser inexactos e indiscriminados a distancias más largas, incluso aquellos recomendados por seguridad por los fabricantes [traducido del original] (INCLO-PHR, 2015, p. 24).

Siguiendo la clasificación que se presenta en este reporte, los proyectiles empleados por las fuerzas de orden y seguridad pública en Chile corresponderían a perdigones de escopeta (*shotgun pellets*), descritos como “cartuchos llenos de bolitas pequeñas de plomo, acero o plástico/goma que se dispersan/extienden cuando se disparan (...) varían de 5 mm a 25 mm y pueden requerir apilamiento en una disposición geométrica fija [traducido del original]”, cuyo uso “causa un rociado indiscriminado de municiones que se extiende ampliamente y no puede ser dirigido [traducido del original]” (INCLO-PHR, 2015, p. 26).

En el año 2015, la organización Amnistía Internacional publica una guía en la que establece directrices para la aplicación de los Principios Básicos sobre el empleo de la fuerza y de armas de fuego por los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley<sup>13</sup>. El Principio Básico 2 establece que deben desarrollarse armas menos letales para “restringir cada vez más el empleo de medios que puedan ocasionar lesiones o muertes”; para garantizar esto, los Estados y organismos encargados del cumplimiento de la ley tienen el deber de llevar a cabo rigurosas comprobaciones independientes de las diferentes armas menos letales a emplear, identificando las necesidades y deficiencias operativas, comprobando o evaluando tales equipos a través de un organismo independiente integrado por expertos científicos, jurídicos y de otros campos, y deberían prohibir

---

<sup>13</sup> Principios básicos sobre el Empleo de la Fuerza y de Armas de Fuego por los Funcionarios Encargados de Hacer Cumplir la Ley. Adoptados por el Octavo Congreso de las Naciones Unidas sobre Prevención del Delito y Tratamiento del Delincuente, celebrado en La Habana (Cuba) en el año 1990. Disponible en <https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/UseOfForceAndFirearms.aspx>



la adopción del que no cumpla los criterios ([Amnistía Internacional, 2015](#)). La directriz N°6 de la guía para la aplicación de los Principios Básicos señala, con respecto al uso de armas menos letales:

los organismos encargados de hacer cumplir la ley deberían disponer de una variedad de equipos menos letales que permite un uso diferenciado de la fuerza que respete plenamente los principios de necesidad y proporcionalidad y garantice la reducción al mínimo de daños y lesiones ([p. 137](#)).

En la misma directriz, se establece que debería excluirse el uso de cualquier equipo que “presente un alto grado de imprecisión de manera que entrañe un gran riesgo de causar lesiones de consideración (...) por ejemplo, escopetas que disparan perdigones” (el énfasis es mío; [p. 138](#)), que “cause daños desproporcionados respecto al objetivo, por ejemplo, que implique un riesgo elevado de causar la muerte, pese a ser considerado menos letal, como la balas de metal recubiertas de goma” ([p. 138](#)), puesto que “aunque podrían parecer armas menos letales, se ha demostrado que presentan un peligro tan grave para la vida humana que deben considerarse armas letales” ([p. 142](#)). Respecto de las escopetas de perdigones, establece que:

por sus características presentan un elevado riesgo de causar graves lesiones (por ejemplo, lesiones oculares) a la persona contra la que se apunta, y también a terceras personas. Estos graves riesgos son casi imposibles de controlar, mientras que el objetivo podría conseguirse de forma menos lesiva con otro tipo de dispositivos que permiten apuntar mejor o controlar más el daño causado (...) Por consiguiente, las escopetas de perdigones deben prohibirse en la aplicación de la ley (el énfasis es mío; [p. 145](#)).

Producto de los eventos recientes acontecidos en Hong Kong e Irak, la Oficina del Alto Comisionado de Derechos Humanos (ACNUDH) de Naciones Unidas emitió en octubre del presente año la primera Guía de Naciones Unidas sobre el uso de armas “menos letales” en el cumplimiento de la ley (*Human Rights Guidance on Less-Lethal Weapons in Law Enforcement*, en inglés), diseñada sobre las normas existentes, como los principios básicos de la ONU sobre el uso de la fuerza y las armas de fuego por parte de las fuerzas encargadas de asegurar el orden público. Este documento establece pautas para el uso apropiado de armas menos letales, entre ellas los proyectiles de impacto cinético, que “(...) solo deben usarse en fuego directo con el objetivo de golpear la parte inferior del abdomen o las piernas de una persona violenta y solo con el fin de abordar una amenaza inminente de lesiones, ya sea para un oficial de la ley o un miembro del público [traducido del original]” ([ONU: ACNUDH, 2019, párrafo 7.5.2](#)). Con respecto a los riesgos específicos asociados al uso de proyectiles de impacto cinético, el documento advierte:

apuntar a la cara o la cabeza puede provocar fracturas de cráneo y lesiones cerebrales, daños en los ojos, incluida ceguera permanente e incluso la muerte (...) apuntar al torso puede causar daño a los órganos vitales y puede haber penetración en el cuerpo, especialmente cuando se disparan proyectiles a corta distancia. El calibre y la velocidad de los proyectiles, así como el material de composición, también afectarán la probabilidad y la gravedad de la lesión [traducido del original] (el énfasis es mío; [ONU: ACNUDH, 2019, párrafo 7.5.3](#)).

Además, con respecto a circunstancias de uso potencialmente ilegal, la guía señala que “varios proyectiles disparados al mismo tiempo son inexactos y, en general, su uso no puede cumplir con los principios de necesidad y proporcionalidad. Los perdigones metálicos, como los disparados con escopetas, nunca deben usarse [traducido del original]” (el énfasis es mío; [párrafo 7.5.6](#)) y además que “los proyectiles de impacto cinético no deben apuntar contra la cabeza, la cara o el cuello. Las balas de metal recubiertas de goma son proyectiles particularmente peligrosos y no deben usarse [traducido del original]” (el énfasis es mío; [párrafo 7.5.8](#)).

## Conclusiones

Los antecedentes expuestos fueron recopilados y organizados luego la búsqueda y revisión de la literatura disponible que aborda los efectos de la exposición al plomo en la salud de los seres humanos, priorizando la evidencia científica publicada durante los últimos veinte años. Se incluyeron artículos originales y de revisión, reportes de casos clínicos, guías clínicas y manuales nacionales e internacionales, abarcando más de 70 fuentes que permiten establecer las siguientes conclusiones:

1. Los proyectiles que contienen plomo no son inertes ni inocuos al interior del cuerpo humano: ejercen efectos adversos tóxicos de carácter permanente e irreversible producto de exposición crónica al plomo

La evidencia procedente de investigaciones y reportes de casos clínicos ha demostrado que la exposición al plomo, incluso en bajas cantidades, está asociada a una mayor morbilidad y mortalidad en los seres humanos. La exposición prolongada a bajos niveles de plomo -incluso en adultos asintomáticos- puede provocar daños a largo plazo a nivel neurológico, renal, cardiovascular, hematológico, inmunológico y reproductivo, entre muchos otros, lo que se debe principalmente a que los mecanismos de acción asociados a la toxicidad del plomo son comunes a todas las células. En particular, la exposición crónica al plomo producto de la retención de proyectiles y/o sus fragmentos en el cuerpo (tanto en casos de retención intraarticular como extraarticular, como se detalla en la sección **2.1**) produce una elevación de los niveles de plomo en la circulación sanguínea, desde donde difunde luego de uno a dos meses hacia el tejido óseo, donde se deposita y puede permanecer, al menos, a lo largo de dos a tres décadas. Durante largo tiempo se creyó erradamente que este depósito era de “una sola vía”, vale decir, que el plomo se removía paulatinamente de la circulación y tejidos blandos para luego depositarse de manera inerte y estática en los huesos. Sin embargo, en la actualidad esta concepción ha sido derribada por completo, dado que la evidencia demuestra que el depósito de plomo en los huesos sigue la fisiología del calcio, mediada por factores como las influencias hormonas y metabólicas (véase sección **1.1**) y, por tanto, puede liberarse nuevamente al torrente sanguíneo bajo ciertas condiciones fisiológicas y patológicas, transformándose en una fuente endógena y permanente de exposición a este metal tóxico para la salud.

La epidemiología de la toxicidad del plomo en poblaciones humanas se ha basado en establecer asociaciones entre medidas de dosis interna (niveles de plomo en sangre y huesos) y sus consecuencias en la salud. Estas medidas representan un historial de exposición relativamente reciente (en el caso del nivel de plomo en sangre) y una exposición acumulativa a largo plazo (en el caso del nivel de plomo en hueso); esto se debe a que, durante períodos de incremento en la actividad metabólica o remodelación ósea, las reservas óseas de plomo podrían mobilizarse y regresar a la circulación sanguínea o a los tejidos blandos (véase secciones **1.1** y **1.6**). Por tanto, los niveles de plomo en la sangre reflejan la exposición aguda al plomo, ya sea reciente o por la movilización de las reservas corporales de plomo producidas por exposiciones anteriores. Sin embargo, ninguna medida ofrece una estimación confiable respecto de la duración de la exposición o de los cambios en la exposición al plomo a través del tiempo, por lo que la historia clínica de cada paciente es crucial para aproximarse a esta información.

2. La intoxicación por plomo secundaria a la retención de fragmentos balísticos es una entidad clínica de difícil diagnóstico, cuyas manifestaciones clínicas y efectos en la salud dependen de múltiples factores

El diagnóstico de intoxicación por plomo en pacientes con proyectiles y/o fragmentos retenidos es difícil, en especial sin un alto grado de sospecha y estudios apropiados, puesto que no hay signos o síntomas patognomónicos<sup>14</sup> de toxicidad por plomo y las primeras manifestaciones pueden aparecer días, meses e incluso décadas después de la lesión inicial. La sintomatología es inespecífica y fácilmente atribuible a otras causas (p. ej. mialgias, cefalea, fatiga, irritabilidad, insomnio, anorexia, deterioro en la memoria de corto plazo y dificultad para concentrarse; más detalles en las secciones **1.3** y **1.4**). De hecho, las personas expuestas al plomo como consecuencia de la retención de fragmentos balísticos en el cuerpo pueden encontrarse asintomáticas durante largos intervalos de tiempo; sin embargo, los niveles bajos de plomo en circulación sanguínea -aun cuando no produzcan síntomas notorios- ya están provocando daños a nivel localizado o sistémico en el organismo de las personas afectadas. Por lo tanto, el *screening* de la presencia de síntomas relacionados con la exposición al plomo no es un método fiable para detectar la toxicidad subclínica en personas con proyectiles y/o fragmentos retenidos en el cuerpo; el monitoreo periódico del nivel de plomo en sangre es el biomarcador de exposición por excelencia y debería ser empleado como método de *screening*, como se detalla en la sección **1.5** y como profundizaré más adelante.

La gravedad de los efectos tóxicos localizados a nivel de tejidos u órganos, y el eventual desarrollo de una intoxicación sistémica dependerá principalmente de la ubicación del proyectil y/o fragmento retenido, la magnitud de la exposición (en este caso, el número y grado de fragmentación de los proyectiles), la duración de la exposición (en este caso, el tiempo de retención de los proyectiles) y del estado fisiológico del individuo afectado (véase secciones **1.6** y **2.1**). Por ejemplo, frente a

---

<sup>14</sup> Signos o síntomas clínicos cuya presencia asegura que un paciente padece una determinada condición, enfermedad o trastorno.

estados de estrés metabólico como abuso de alcohol y drogas, cuadros infecciosos, cirugías, traumatismos e hipertiroidismo, puede desencadenarse un cuadro de intoxicación aguda en pacientes previamente asintomáticos, producto de una rápida redistribución del plomo almacenado en las reservas corporales en respuesta a mayores demandas metabólicas, liberándose a la circulación sanguínea (como se detalla en las secciones **1.1** y **1.6**). Por esta razón, la mayoría de los casos de niveles elevados de plomo en la sangre producto de la retención de fragmentos balísticos llama la atención de los profesionales de la salud de manera tardía, cuando la intoxicación está tan avanzada que el paciente busca atención médica debido a sintomatología severa, sufrimiento grave e incluso diversos grados de discapacidad.

Finalmente, es importante considerar que existen poblaciones más susceptibles y vulnerables frente a los efectos adversos de la exposición crónica al plomo; por ejemplo, los niños, niñas y adolescentes pueden sufrir efectos graves -y en ocasiones irreversibles- en el desarrollo neurológico, incluso a niveles bajos de exposición. Otro importante grupo de riesgo es la población femenina durante el embarazo, puerperio y lactancia, estados hipermetabólicos en los que aumenta la resorción ósea producto de un aumento en la demanda fisiológica de calcio, aumentando así la liberación de plomo de los depósitos óseos hacia la circulación sanguínea (ver sección **1.6**). Además, deben considerarse otros factores de riesgo como la vulnerabilidad social y económica, que conlleva un acceso deficiente a la salud y a las medidas de cuidado, prevención, tratamiento y seguimiento que se requieren en este tipo de situaciones.

### 3. Las elevadas cifras de personas heridas con perdigones metálicos que contienen plomo en un corto período de tiempo configuran una emergencia de salud pública nacional

La evidencia expuesta en este informe posee una especial relevancia en el contexto nacional actual, debido a la gran cantidad de personas que han resultado heridas con perdigones que contienen plomo por parte de las fuerzas de orden y seguridad pública durante jornadas de protesta y manifestaciones masivas que se han mantenido por más de siete semanas. El INDH ha reportado más de 1.500 personas heridas por perdigones en tan sólo 50 días (desde el 17 de octubre al 06 de diciembre de 2019)<sup>15</sup>; si consideramos que el INDH sólo incluye en su estadística los casos que sus funcionarios han podido constatar directamente en terreno, no resulta descabellado asumir que la cantidad aproximada de personas heridas por disparos con perdigones podría tratarse, al menos, de tres veces la cifra reportada hasta la fecha (y contando). El escenario es extremadamente preocupante, puesto que además del daño físico que provocan los perdigones (disparados indiscriminadamente y a corta distancia, hacia las áreas del torso y la cabeza) y además de las afectaciones de orden psicológico -sean éstas transitorias o permanentes-, existe un daño crónico que hasta ahora no ha sido considerado: los efectos tóxicos multisistémicos y de largo plazo en la salud de las personas que han sido víctimas de disparos por parte de efectivos policiales, como

---

<sup>15</sup> Información constatada por el INDH al 06-12-2019 a las 14.00 hrs. Disponible en <https://www.indh.cl/bb/wp-content/uploads/2019/12/Reporte-06-12-2019.docx>

consecuencia de la exposición crónica al plomo producida por la retención de perdigones en el cuerpo (el reporte de tres casos clínicos similares se presenta en el **Anexo C**).

Esto transforma la situación en un problema incluso aún más grave de lo que ya ha sido establecido en distintas oportunidades por organizaciones como la Defensoría de la Niñez, el Colegio Médico de Chile, Amnistía Internacional y *Human Rights Watch*, que han sido enfáticas al señalar que en Chile se están cometiendo graves y sistemáticas vulneraciones a los derechos humanos. Las elevadas e inusitadas cifras de personas heridas con perdigones configuran una emergencia de salud pública nacional sin precedentes, cuya prevalencia y gravedad aumenta con el transcurso de los días<sup>16</sup> y además cuya magnitud es aún difícil de estimar, puesto que no existe información estadística que permita dimensionar el total de personas heridas con perdigones, ni menos aún la proporción de personas heridas con perdigones que mantiene proyectiles y/o fragmentos balísticos retenidos en su cuerpo, o que los mantuvo durante cierto período de tiempo, así como tampoco existe información respecto de la proporción de niños, niñas, adolescentes, mujeres embarazadas y adultos/as mayores expuestos. En consecuencia, esta situación de emergencia requiere urgentemente el diseño, desarrollo e implementación de políticas de salud pública orientadas a generar acciones a corto plazo (p. ej., planes de contingencia) que permitan dimensionar la magnitud del riesgo sanitario derivado de la exposición al plomo en la subpoblación afectada, así como también acciones a mediano y largo plazo (programas de intervención y vigilancia epidemiológica).

Ahora bien, la gravedad del riesgo asociado a los efectos tóxicos de la exposición al plomo en la salud aumenta en la medida en que no se implementen acciones en el corto plazo. En este sentido, resulta imperioso conocer la magnitud de la emergencia que se está enfrentando, vale decir, conocer cuanto antes la cifra exacta de personas que han resultado heridas con perdigones con contenido de plomo por parte de fuerzas de orden y seguridad pública y la proporción de ellas que mantienen perdigones y/o fragmentos retenidos en el cuerpo, además de información detallada en cada caso (antecedentes clínicos del paciente, número de perdigones retenidos, número de perdigones extraídos, tiempo transcurrido desde la lesión inicial, análisis de laboratorio, estudios radiológicos, entre otros). A menudo, las heridas con fragmentos balísticos retenidos se presentan en concomitancia con otras lesiones, como traumatismos encefalocraneanos o hemorragias, y se sabe muy poco sobre el efecto que tiene la presencia de los fragmentos retenidos en la reparación muscular y la curación normal de heridas; también hay poca información sobre las posibles interacciones entre el metal liberado de fragmentos retenidos y otros metales en el cuerpo, ya sea endógenos o de dispositivos médicos (p. ej., tornillos quirúrgicos, articulaciones artificiales). Un paso fundamental para resolver esta situación de desconocimiento generalizado y favorecer la toma

---

<sup>16</sup> El Departamento de Salud Ambiental del MINSAL señala que, en la actualidad, el plomo no se encuentra en concentraciones ambientales de alto riesgo para la salud del país, y que “las prevalencias de concentraciones de plomo en la sangre de la población han ido en franca disminución, ya que las fuentes están absolutamente más controladas respecto de lo que ocurría varias décadas atrás”. Departamento de Salud Ambiental, División de Políticas Públicas, Ministerio de Salud. Disponible en <https://dipol.minsal.cl/departamentos-2/salud-ambiental/contaminantes-quimicos-ambientales-y-salud-humana/antecedentes-y-experiencias-en-el-nivel-nacional/>

de decisiones en base a información actualizada y precisa, es la implementación de un registro nacional de personas con perdigones y/o fragmentos balísticos retenidos en el cuerpo. A modo de ejemplo, en Estados Unidos existe desde el año 2009 el Centro de Vigilancia de Fragmentos Tóxicos Retenidos (en inglés *Toxic Embedded Fragment Surveillance Center*), cuya misión es brindar atención, biomonitoreo, tratamiento y vigilancia médica a veteranos que tienen o tuvieron fragmentos metálicos retenidos en el cuerpo, identificando y caracterizando tales fragmentos para determinar sus efectos en la salud y desarrollar planes de tratamiento apropiados. Para ello, han implementado un registro nacional que permite a los profesionales de la salud identificar a los veteranos que sufrieron heridas con fragmentos retenidos durante el servicio militar, abordar los problemas de salud asociados con los fragmentos y, si es necesario, desarrollar pautas de manejo médico y quirúrgico para tratar este tipo de lesiones<sup>17</sup>.

El efecto a largo plazo de la exposición crónica al plomo en la salud de las personas con perdigones y/o fragmentos balísticos retenidos en el cuerpo debe ser una preocupación primordial para las autoridades políticas y sanitarias, tanto a nivel nacional como regional. En este sentido, es urgente la promulgación de una ley que establezca programas de intervención y vigilancia para la población expuesta al plomo producto de la retención de perdigones y/o fragmentos balísticos en el cuerpo, considerando no sólo a las personas afectadas durante la contingencia actual (véase el caso de Sebastián Soto Hidalgo, **Anexo E**), sino también a quienes hayan sido afectados con anterioridad (véase el caso de Brandon Hernández Huentecol, **Anexo D**). Estos programas deberían contemplar el desarrollo y planificación de estrategias de prevención, evaluación, tratamiento y seguimiento; por tanto, para su elaboración se requiere de un equipo de profesionales de la salud y autoridades competentes en el tema y que lo aborden desde un enfoque integral y multidisciplinar, incluyendo especialistas en toxicología, cirugía, traumatología, neurología, hematología, nefrología, endocrinología, nutrición, y psiquiatría, entre otros. En la misma línea, es preciso que desde el MINSAL se genere una guía clínica que contemple la intervención de la población expuesta al plomo como consecuencia de la retención de perdigones y/o fragmentos balísticos en el cuerpo, dadas las singularidades propias de esta forma de exposición crónica, muy diferente de las exposiciones ambientales y ocupacionales que aborda la guía clínica de exposición crónica al plomo establecida por el Ministerio de Salud en el año 2016<sup>18</sup>. Se requiere que los contenidos, valores de referencia, protocolos y algoritmos de atenciones en salud estén actualizados, considerando la evidencia científica reciente y las nuevas regulaciones internacionales establecidas por organizaciones como la OMS, CDC/NIOSH y ATSDR, entre otras (véase sección **2.2**).

---

<sup>17</sup> Toxic Embedded Fragment Surveillance Center. U.S. Department of Veterans Affairs. Disponible en [https://www.publichealth.va.gov/exposures/toxic\\_fragments/surv\\_center.asp](https://www.publichealth.va.gov/exposures/toxic_fragments/surv_center.asp)

<sup>18</sup> Guía Clínica: Exposición crónica al plomo. Departamento de Salud Ambiental, División de Políticas Públicas, Ministerio de Salud. Disponible en [https://dipol.minsal.cl/wrdprss\\_minsal/wp-content/uploads/2018/02/Plomo.pdf](https://dipol.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2018/02/Plomo.pdf)

## Comentarios finales

La Declaración Universal para los Derechos Humanos de Naciones Unidas establece en el artículo 3 que “todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona”; en el artículo 5 que “nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes”, y en el artículo 28 que “toda persona tiene derecho a que se establezca un orden social e internacional en el que los derechos y libertades proclamados en esta Declaración se hagan plenamente efectivos” (Naciones Unidas, 1948). La Convención contra la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes de la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece en el artículo 1 que se entenderá por tortura:

todo acto por el cual se inflija intencionadamente a una persona dolores o sufrimientos graves, ya sean físicos o mentales, con el fin de obtener de ella o de un tercero información o una confesión, de castigarla por un acto que haya cometido, o se sospeche que ha cometido, o de intimidar o coaccionar a esa persona o a otras, o por cualquier razón basada en cualquier tipo de discriminación, cuando dichos dolores o sufrimientos sean infligidos por un funcionario público u otra persona en el ejercicio de funciones públicas, a instigación suya, o con su consentimiento o aquiescencia. No se considerarán torturas los dolores o sufrimientos que sean consecuencia únicamente de sanciones legítimas, o que sean inherentes o incidentales a éstas (Naciones Unidas, 1984).

El Manual para la investigación y documentación eficaces de la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes, más conocido como el Protocolo de Estambul, establece ciertas obligaciones que los Estados deben respetar para asegurar la protección contra la tortura, entre ellas “tomar medidas legislativas, administrativas, judiciales o de otra índole eficaces para impedir los actos de tortura. En ningún caso podrán invocarse circunstancias excepcionales tales como el estado de guerra como justificación de la tortura” (ONU: ACNUDH, 2004, párrafo 10). Además, establece que entre los métodos de tortura que deben tenerse en cuenta figura la “asfixia, con métodos húmedos y secos, ahogamiento, sofocación, estrangulamiento o uso de sustancias químicas”, “lesiones penetrantes, como puñaladas o heridas de bala” y “exposiciones químicas en heridas o en cavidades orgánicas” (párrafo 145).

La exposición de la población al plomo en el ambiente, incluso a bajos niveles, ha sido considerada por largo tiempo y en diversos países como un importante problema de salud pública. Hoy en día, estamos frente a una situación de emergencia en la que ha sido el propio Estado chileno quien, a través de las fuerzas de orden y seguridad pública, ha violado de manera sistemática y masiva los derechos humanos de las personas empleando la fuerza de manera desproporcionada, provocando más de 1.500 personas heridas por disparos con perdigones, más de 350 personas con lesiones oculares y al menos cinco personas asesinadas por efectivos policiales y/o militares, además de amedrentamiento, detenciones arbitrarias e ilegales, violencia sexual, torturas y otros tratos crueles; no obstante, también ha implantado artificialmente una fuente endógena y permanente de plomo en los cuerpos de numerosas personas, cuya magnitud y efectos aún no podemos dimensionar.

Sin embargo, es necesario recordar y subrayar que las violaciones a los derechos humanos en Chile no comenzaron el día 17 de octubre, ni terminaron con el retorno a la democracia en el año 1990. El uso de la violencia y represión por parte de agentes del Estado chileno ha sido continuo y sistemático, en particular contra el pueblo mapuche, que ha sido víctima de la represión y amedrentamiento policial de manera sostenida y brutal a través de los años, situación que se grafica al recordar casos como el de Alex Lemún<sup>19</sup>, estudiante de 17 años que recibió el impacto de un perdigón de plomo en la cabeza por parte de Carabineros en el año 2002, falleciendo cinco días más tarde; José Huenante<sup>20</sup>, joven de 16 años, víctima de desaparición forzada en el año 2005 en Puerto Montt; Jaime Mendoza Collío<sup>21</sup>, joven de 24 años, asesinado por la espalda en el año 2009; Matías Catrileo<sup>22</sup>, estudiante universitario de 22 años, muerto de un disparo por parte de Carabineros de Chile en el año 2008; o el caso de Camilo Catrillanca<sup>23</sup>, joven de 24 años, asesinado por la espalda por un sargento del llamado “Comando Jungla” de Carabineros de Chile en el año 2018. Me parece importante, además, mencionar el caso de Brandon Hernández Huentecol, joven mapuche de la localidad de Curaco (Región de la Araucanía), quien en diciembre de 2016 y a la edad de 17 años, recibió alrededor de 180 perdigones de plomo producto de disparos a quemarropa por la espalda por parte de un sargento de Carabineros de Chile, manteniendo actualmente 90 perdigones retenidos en su cuerpo (para más detalles del caso, véase **Anexo D**). Las fuerzas de orden y seguridad pública también han violentado y reprimido al pueblo chileno cuando ha ejercido su derecho a manifestarse, como fue el caso de Daniel Menco<sup>24</sup>, estudiante de 23 años, asesinado en 1999 tras el impacto de perdigones de plomo por Carabineros en una manifestación estudiantil en Arica; Rodrigo Cisterna<sup>25</sup>, trabajador forestal de 26 años asesinado producto de disparos efectuados por miembros de fuerzas especiales en el año 2007, o el caso de Manuel Gutiérrez<sup>26</sup>, joven de 16 años asesinado por una bala de Carabineros en la comuna de Macul, en el año 2011.

---

<sup>19</sup> Tras 16 años formalizan a carabinero acusado de asesinar a joven mapuche Alex Lemún. *INDH*. Disponible en <https://www.indh.cl/tras-16-anos-formalizan-a-carabinero-acusado-de-asesinar-a-joven-mapuche-alex-lemun/>

<sup>20</sup> Se conmemoran 14 años desde la desaparición de José Huenante en Puerto Montt. *INDH*. (03 de septiembre de 2019). Disponible en <https://www.indh.cl/se-conmemoran-14-anos-desde-la-desaparicion-de-jose-huenante-en-puerto-montt/>

<sup>21</sup> Suprema condena a carabinero por muerte de Jaime Mendoza Collío. *Diario UChile*. (21 de agosto de 2013). Disponible en <https://radio.uchile.cl/2013/08/21/suprema-revoca-absolucion-y-condena-a-carabinero-por-muerte-de-jaime-mendoza-collio/>

<sup>22</sup> A diez años de la muerte de Matías Catrileo, su hermana acusa “impunidad absoluta”. *Diario UChile*. (02 de enero de 2018). Disponible en <https://radio.uchile.cl/2018/01/02/a-diez-anos-de-la-muerte-de-matias-catrileo-su-hermana-acusa-impunidad-absoluta/>

<sup>23</sup> “Hay gente que nos hizo mentir”: El video de uno de los carabineros procesados por homicidio de Catrillanca. *La Tercera*. (02 de diciembre de 2018). Disponible en <https://www.latercera.com/nacional/noticia/gente-nos-mentir-video-uno-los-carabineros-procesados-homicidio-catrillanca/427643/#>

<sup>24</sup> Condenado a 3 años mayor Vargas por muerte del universitario Daniel Menco. *La Estrella de Arica*. (10 de enero de 2003). Disponible en <https://www.estrellaarica.cl/site/edic/20030109200919/pags/20030110015207.html>

<sup>25</sup> 10 años de la muerte de Rodrigo Cisterna: Gobierno aún no responde demanda internacional. *BioBio Chile*. (03 de mayo de 2017). Disponible en <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2017/05/03/10-anos-de-la-muerte-de-rodrigo-cisternas-gobierno-aun-no-responde-demanda-internacional.shtml>

<sup>26</sup> Informe Anual 2011. Situación de los Derechos Humanos en Chile. *INDH*. Disponible en <https://www.indh.cl/wp-content/uploads/2011/12/27555-Informe-Anual-2011-BAJA1.pdf>



La Ley N° 20.537, promulgada el 26 de junio de 2009 y que tipifica crímenes de lesa humanidad y genocidio y crímenes y delitos de guerra, establece en los numerales 1 y 2 del artículo 5° que las lesiones y mutilaciones constituyen crímenes de lesa humanidad<sup>27</sup>. El Estado chileno tiene la obligación de investigar y reparar: “las víctimas del uso ilegal de la fuerza por parte de los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley tendrán derecho a una reparación efectiva. Las formas de reparación incluyen compensación, garantías de no repetición, rehabilitación, reparación, restitución y satisfacción [traducido del original]” (ONU: ACNUDH, 2019, párrafo 3.12). Al respecto, el caso del asesinato del adolescente mapuche Alex Lemún resulta particularmente significativo: en el año 2017, la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) estableció la responsabilidad de Chile por la violación a los derechos a la vida, integridad personal, igualdad y no discriminación, derechos del niño, derechos a las garantías judiciales y protección judicial de Alex Lemún, su familia y la comunidad Requén Lemún<sup>28</sup>. Como consecuencia de este fallo, el Estado de Chile debió suscribir un acuerdo comprometiéndose a ejecutar medidas de reparación integral, entre ellas, la “garantía de no repetición”, mediante la aprobación de un decreto presidencial que estableciera lineamientos sobre el uso de la fuerza en conformidad con los estándares internacionales sobre derechos humanos en esa materia. Sin embargo, hoy vemos que el acuerdo suscrito no fue cumplido; a este respecto, Naciones Unidas establece que:

los Estados deberían garantizar, incluso mediante una revisión periódica interna, que las lecciones aprendidas a partir de situaciones en las que el ejercicio de los derechos humanos se haya visto afectado negativamente por el uso de armas menos letales o equipos relacionados se reflejen plenamente en las políticas, los procedimientos y la capacitación (ONU: ACNUDH, 2019, párrafo 3.11).

Además, los asesinatos de Daniel Menco y Alex Lemún producto de disparos con perdigones de plomo en los años 1999 y 2002, respectivamente, y las lesiones sufridas por Brandon Hernández en 2016, acciones perpetradas por efectivos policiales, permiten formular la hipótesis de que el Estado chileno, junto a las fuerzas de orden y seguridad pública, ha estado empleado este tipo de proyectiles a través de décadas contra la población civil que se manifiesta, afirmando que están compuestos íntegramente de goma y que son inocuos e inertes al interior del cuerpo humano. Además, ha denominado a estos perdigones “municiones no letales”, contando con el precedente de -al menos- dos personas asesinadas tras el impacto de estos proyectiles, cuyo uso en el control de manifestaciones ha sido prohibido categóricamente por parte de distintas organizaciones de salud y derechos humanos (como se detalla en la sección 2.4). La posibilidad de que esta hipótesis sea verdadera resulta crucial para la toma de decisiones por parte de las autoridades políticas y sanitarias y, en especial, para las personas que han resultado víctimas de disparos por parte de las

---

<sup>27</sup> Ley N° 20537. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 18 de julio de 2009. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1004297>

<sup>28</sup> Con fecha 9 de marzo de 2018 el Estado de Chile firmó un Acuerdo de Cumplimiento de las Recomendaciones emitidas por la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) en el caso Edmundo Alex Lemun Saavedra Vs. Chile. *Ministerio del Interior*. Disponible en <https://www.interior.gob.cl/media/2018/10/PUBLICACION-ACUERDO.pdf>

fuerzas de orden y seguridad pública durante las últimas décadas, puesto que podrían estar, o haber estado expuestas, sin saberlo, a los efectos tóxicos del plomo; por lo tanto, frente a esta duda razonable y ante la imposibilidad del acceso a la información por parte de las autoridades competentes, mi recomendación a los organismos de derechos humanos, judiciales y de salud pública es asumir que todo proyectil o munición empleada por efectivos policiales -tanto ahora como en el pasado- contiene plomo, y en consecuencia, considero urgente alertar a toda persona que haya sido víctima de disparos por las fuerzas de orden y seguridad pública, para brindarles atención y evaluación médica, e incluirlas en programas de intervención sanitaria, así como también en políticas de justicia, verdad y reparación, que, espero, sean implementadas en un futuro no muy lejano.

## Agradecimientos

Vayan mis agradecimientos a Ada Huentecol Leviluan, Brandon Hernández Huentecol y Sebastián Soto Hidalgo por su confianza y generosidad, compartiendo sus testimonios y antecedentes clínicos para efectos de la presente investigación.

## Referencias

- AAP Council on Environmental Health. (2016). Prevention of Childhood Lead Toxicity. *Pediatrics*, 138(1), e20161493. doi: 10.1542/peds.2016-1493
- Al Jameil, N. (2014). Maternal serum lead levels and risk of preeclampsia in pregnant women: a cohort study in a maternity hospital, Riyadh, Saudi Arabia. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 7(6), 3182.
- Amnistía Internacional. (2015). Uso de la fuerza: Directrices para la aplicación de los Principios básicos sobre el empleo de la fuerza y de armas de fuego por los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley. Recuperado de [https://www.amnesty.nl/content/uploads/2017/01/ainl\\_uso\\_de\\_la\\_fuerza\\_esp\\_0.pdf?x68150](https://www.amnesty.nl/content/uploads/2017/01/ainl_uso_de_la_fuerza_esp_0.pdf?x68150)
- Araújo, G. C. S., Mourão, N. T., Pinheiro, I. N., Xavier, A. R. y Gameiro, V. S. (2015). Lead toxicity risks in gunshot victims. *PloS one*, 10(10), e0140220.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2019a). Health Effects. En *Toxicological profile for Lead*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c2.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2019b). Toxicokinetics, Susceptible Populations, Biomarkers, Chemical Interactions. En *Toxicological profile for Lead*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c3.pdf>

- Bain, B. J. (2005). Diagnosis from the blood smear. *New England Journal of Medicine*, 353(5), 498-507. doi: 10.1056/NEJMra043442
- Balparda, J. K. (2008). Intoxicación por plomo: una revisión con énfasis en la población pediátrica. *Revista CES Medicina*, 22(1), 43-58.
- Barbosa Jr, F., Tanus-Santos, J. E., Gerlach, R. F. y Parsons, P. J. (2005). A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations, and future needs. *Environmental Health Perspectives*, 113(12), 1669-1674.
- Bartlett, C. S. (2003). Clinical update: gunshot wound ballistics. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 408, 28-57.
- Behinaein, S., Chettle, D. R., Egden, L. M., McNeill, F. E., Norman, G., Richard, N. y Stever, S. (2014). The estimation of the rates of lead exchange between body compartments of smelter employees. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 16(7), 1705-1715.
- Bustamante, N. D. y Macias-Konstantopoulos, W. L. (2016). Retained lumbar bullet: a case report of chronic lead toxicity and review of the literature. *The Journal of Emergency Medicine*, 51(1), 45-49. doi: 10.1016/j.jemermed.2016.02.025
- Canfield, R. L., Henderson Jr, C. R., Cory-Slechta, D. A., Cox, C., Jusko, T. A. y Lanphear, B. P. (2003). Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *New England Journal of Medicine*, 348(16), 1517-1526.
- Carabineros de Chile. (2019). Protocolos para el mantenimiento del orden público (OG 2635). Recuperado de [http://deptoddh.carabineros.cl/assets/og\\_2635-protocolo\\_orden\\_publico.pdf](http://deptoddh.carabineros.cl/assets/og_2635-protocolo_orden_publico.pdf)
- Capitani, E. M. (2009). Diagnóstico e tratamento da intoxicação por chumbo em crianças e adultos. *Medicina (Ribeirao Preto)*, 42(3), 319-329.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2012). CDC Response to Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention Recommendations in “Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call of Primary Prevention”. Recuperado de [https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/CDC\\_Response\\_Lead\\_Exposure\\_Recs.pdf](https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/CDC_Response_Lead_Exposure_Recs.pdf)
- Charris, V., Guerrero, A. y Barrera, C. (2011). Intoxicación por plomo secundaria a alojamiento de esquirlas en el cuerpo. *Acta Médica Colombiana*, 36(4), 200-203.
- Conterato, G. M., Bulcão, R. P., Sobieski, R., Moro, A. M., Charão, M. F., de Freitas, F. A., ... y Batista, B. L. (2011). Blood thioredoxin reductase activity, oxidative stress and hematological parameters in painters and battery workers: relationship with lead and cadmium levels in blood. *Journal of Applied Toxicology*, 33(2), 142-150. doi: 10.1002/jat.1731
- Coon, S., Stark, A., Peterson, E., Gloi, A., Kortsha, G., Pounds, J., ... y Gorell, J. (2006). Whole-body lifetime occupational lead exposure and risk of Parkinson’s disease. *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 1872-1876.
- Counter, S. A., Buchanan, L. H. y Ortega, F. (2008). Zinc protoporphyrin levels, blood lead levels and neurocognitive deficits in Andean children with chronic lead exposure. *Clinical Biochemistry*, 41(1-2), 41-47. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2007.10.002
- DeMartini, J., Wilson, A., Powell, J. S. y Powell, C. S. (2001). Lead arthropathy and systemic lead poisoning from an intraarticular bullet. *American Journal of Roentgenology*, 176(5), 1144-1144. doi: 10.2214/ajr.176.5.1761144
- Dietrich, K. N., Ware, J. H., Salganik, M., Radcliffe, J., Rogan, W. J., Rhoads, G. G. ... y Schwarz, D. (2004). Effect of chelation therapy on the neuropsychological and behavioral development of lead-exposed children after school entry. *Pediatrics*, 114(1), 19-26. doi: 10.1542/peds.114.1.19

- Disalvo, L., Aab, C., Pereyras, S., Pattin, J., Apezteguia, M., Iannicelli, J. C., ... y Varea, A. (2009). Blood lead levels in children from the city of La Plata, Argentina. Relationship with iron deficiency and lead exposure risk factors. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 107(4), 300-306. doi: 10.1590/S0325-00752009000400006
- Dougherty, P. J., van Holsbeeck, M., Mayer, T. G., Garcia, A. J. y Najibi, S. (2009). Lead Toxicity Associated with a Gunshot-Induced Femoral Fracture: A Case Report. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 91(8), 2002-2008. doi: 10.2106/JBJS.H.01077
- Edetanlen, B. E. y Saheeb, B. D. (2016). Blood lead concentrations as a result of retained lead pellets in the craniomaxillofacial region in Benin City, Nigeria. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(5), 551-555. doi: 10.1016/j.bjoms.2016.02.028
- Edetanlen, B. E. y Saheeb, B. D. (2019). Effect of bone fracture (s) on blood lead levels from retained lead pellets in craniomaxillofacial region. *Human & Experimental Toxicology*, 38(12), 1378-1383. doi: 10.1177/0960327119862019
- Ettinger, A. S., Téllez-Rojo, M. M., Amarasiriwardena, C., González-Cossío, T., Peterson, K. E., Aro, A., ... y Hernández-Avila, M. (2004a). Levels of lead in breast milk and their relation to maternal blood and bone lead levels at one month postpartum. *Environmental Health Perspectives*, 112(8), 926-931. doi: 10.1289/ehp.6615
- Ettinger, A. S., Téllez-Rojo, M. M., Amarasiriwardena, C., Bellinger, D., Peterson, K., Schwartz, J., ... y Hernández-Avila, M. (2004b). Effect of breast milk lead on infant blood lead levels at 1 month of age. *Environmental Health Perspectives*, 112(14), 1381-1385. doi: 10.1289/ehp.6616
- Ettinger, A. S., Téllez-Rojo, M. M., Amarasiriwardena, C., Peterson, K. E., Schwartz, J., Aro, A., ... y Hernández-Avila, M. (2006). Influence of maternal bone lead burden and calcium intake on levels of lead in breast milk over the course of lactation. *American Journal of Epidemiology*, 163(1), 48-56. doi: 10.1093/aje/kwj010
- Ettinger, A. S., Lamadrid-Figueroa, H., Téllez-Rojo, M. M., Mercado-García, A., Peterson, K. E., Schwartz, J., ... y Hernández-Avila, M. (2009). Effect of calcium supplementation on blood lead levels in pregnancy: a randomized placebo-controlled trial. *Environmental Health Perspectives*, 117(1), 26-31. doi: 10.1289/ehp.11868
- Eward, W. C., Darcey, D., Dodd, L. G. y Zura, R. D. (2011). Case report: lead toxicity associated with an extra-articular retained missile 14 years after injury. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, 20(3), 241.
- Fang, F., Kwee, L. C., Allen, K. D., Umbach, D. M., Ye, W., Watson, M., ... y Kamel, F. (2010). Association between blood lead and the risk of amyotrophic lateral sclerosis. *American Journal of Epidemiology*, 171(10), 1126-1133.
- Farrell, S. E., Vandevander, P., Schoffstall, J. M. y Lee, D. C. (1999). Blood lead levels in emergency department patients with retained lead bullets and shrapnel. *Academic Emergency Medicine: Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 6(3), 208-212.
- Fenga, C., Gangemi, S., Alibrandi, A., Costa, C. y Micali, E. (2016). Relationship between lead exposure and mild cognitive impairment. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 57(4), E205-E210.
- Florea, A. M., Taban, J., Varghese, E., Alost, B. T., Moreno, S. y Büsselberg, D. (2013). Lead (Pb<sup>2+</sup>) neurotoxicity: Ion-mimicry with calcium (Ca<sup>2+</sup>) impairs synaptic transmission. A review with animated illustrations of the pre-and post-synaptic effects of lead. *Journal of Local and Global Health Science*, 2013(1), 4. doi: 10.5339/jlghs.2013.4

- Fontana, D., Lascano, V., Solá, N., Martínez, S. A., Virgolini, M. B. y Mazzieri, M. R. (2013). Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Revista de Salud Pública*, *XVII*(1), 49-59.
- Gerhardsson, L., Dahlin, L., Knebel, R. y Schütz, A. (2002). Blood lead concentration after a shotgun accident. *Environmental Health Perspectives*, *110*(1), 115-117. doi: 10.1289/ehp.02110115
- Gerstner Garcés, J. B. y Manotas Artuz, R. I. (2012). Secondary lead poisoning a projectile housed in the human body. *Colombia Médica*, *43*(3), 230-234.
- Gilbert, S. G. y Weiss, B. (2006). A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 µg/dL. *Neurotoxicology*, *27*(5), 693-701. doi: 10.1016/j.neuro.2006.06.008
- González, T. (03 de febrero de 2019). Sangre de plomo: La vida de Brandon con 90 perdigones. *Diario Uchile*. Recuperado de <https://radio.uchile.cl/2019/02/03/sangre-de-plomo-la-vida-de-brandon-con-90-perdigones/>
- Gracia, R. C. y Snodgrass, W. R. (2007). Lead toxicity and chelation therapy. *American Journal of Health-System Pharmacy*, *64*(1), 45-53. doi: 10.2146/ajhp060175
- Grasso, I. A., Blattner, M. R., Short, T. y Downs, J. W. (2017). Severe systemic lead toxicity resulting from extra-articular retained shrapnel presenting as jaundice and hepatitis: a case report and review of the literature. *Military Medicine*, *182*(3-4), e1843-e1848. doi: 0.7205/MILMED-D-16-00231
- Grigoriadis, G., Camuglia, J. y Gifillan, C. (2008). Lead poisoning and Burton's line. *Medical Journal of Australia*, *189*(6), 339-339.
- Hauptman, M., Bruccoleri, R. y Woolf, A. D. (2017). An update on childhood lead poisoning. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, *18*(3), 181-192. doi: 10.1016/j.cpem.2017.07.010
- Healey, N. (2009). Lead toxicity, vulnerable subpopulations and emergency preparedness. *Radiation Protection Dosimetry*, *134*(3-4), 143-151. doi: 10.1093/rpd/ncp068
- Hu, H., Shih, R., Rothenberg, S. y Schwartz, B. S. (2007). The epidemiology of lead toxicity in adults: measuring dose and consideration of other methodologic issues. *Environmental Health Perspectives*, *115*(3), 455-462.
- Huenchumil, P. (21 de noviembre de 2019). Entrevista a Ada Huentecol. Habla la madre de Brandon Hernández, el mapuche con 90 perdigones en su cuerpo desde antes de las protestas. *Interferencia*. Recuperado de <https://interferencia.cl/articulos/habla-la-madre-de-brandon-hernandez-el-mapuche-con-90-perdigones-en-su-cuerpo-desde-antes>
- INCLO-PHR. (2015). Lethal in Disguise: The Health Consequences of Crowd-Control Weapons, United States. Recuperado de <https://www.inclo.net/pdf/lethal-in-disguise.pdf>
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2006). Inorganic and organic lead compounds. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, *87*, 1. Recuperado de <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87.pdf>
- Jain, N. B., Potula, V., Schwartz, J., Vokonas, P. S., Sparrow, D., Wright, R. O., ... y Hu, H. (2007). Lead levels and ischemic heart disease in a prospective study of middle-aged and elderly men: the VA Normative Aging Study. *Environmental Health Perspectives*, *115*(6), 871-875.
- Kalinich, J. F., Vane, E. A., Centeno, J. A., Gaitens, J. M., Squibb, K. S., McDiarmid, M. A. y Kasper, C. E. (2014). Embedded metal fragments. *Annual Review of Nursing Research*, *32*(1), 63-78. doi: 10.1891/0739-6686.32.63
- Kalkwarf, H. J. y Specker, B. L. (2002). Bone mineral changes during pregnancy and lactation. *Endocrine*, *17*(1), 49-53.

- Khalil, N., Wilson, J. W., Talbott, E. O., Morrow, L. A., Hochberg, M. C., Hillier, T. A., ... y Cauley, J. A. (2009). Association of blood lead concentrations with mortality in older women: a prospective cohort study. *Environmental Health: A global access science source*, 8(1), 15.
- Kosnett, M. J., Wedeen, R. P., Rothenberg, S. J., Hipkins, K. L., Materna, B. L., Schwartz, B. S., ... y Woolf, A. (2007). Recommendations for medical management of adult lead exposure. *Environmental Health Perspectives*, 115(3), 463-471. doi: 10.1289/ehp.9784
- Krantz, A. y Dorevitch, S. (2004). Metal exposure and common chronic diseases: a guide for the clinician. *Disease-a-Month*, 5(50), 220-262. doi: 10.1016/j.disamonth.2004.04.001
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Houry, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C., ... y Rothenberg, S. J. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), 894-899.
- Li, P., Sheng, Y., Wang, Q., Gu, L. y Wang, Y. (2000). Transfer of lead via placenta and breast milk in human. *Biomedical and Environmental Sciences*, 13(2), 85-89.
- Liu, J., Liu, X., Wang, W., McCauley, L., Pinto-Martin, J., Wang, Y., ... y Rogan, W. J. (2014). Blood lead concentrations and children's behavioral and emotional problems: a cohort study. *JAMA Pediatrics*, 168(8), 737-745.
- Liu, J., Liu, X., Pak, V., Wang, Y., Yan, C., Pinto-Martin, J. y Dinges, D. (2015). Early blood lead levels and sleep disturbance in preadolescence. *Sleep*, 38(12), 1869-1874.
- Marturano, E. M. y Elias, L. C. (2009). Efeitos cognitivos, neuropsicológicos e comportamentais da exposição a baixas concentrações de chumbo na infância. *Medicina (Ribeirao Preto)*, 42(3), 291-295.
- Mazumdar, M., Bellinger, D. C., Gregas, M., Abanilla, K., Bacic, J. y Needleman, H. L. (2011). Low-level environmental lead exposure in childhood and adult intellectual function: a follow-up study. *Environmental Health*, 10(1), 24.
- McAninch, S. A., Adkison, J., Meyers, R. y Benham, M. (2017). Bullet fragment-induced lead arthropathy with subsequent fracture and elevated blood lead levels. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 30(1), 88-91. doi: 10.1080/08998280.2017.11929543
- McQuirter, J. L., Rothenberg, S. J., Dinkins, G. A., Manalo, M., Kondrashov, V. y Todd, A. C. (2001). The effects of retained lead bullets on body lead burden. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 50(5), 892-899.
- McQuirter, J. L., Rothenberg, S. J., Dinkins, G. A., Kondrashov, V., Manalo, M. y Todd, A. C. (2004). Change in blood lead concentration up to 1 year after a gunshot wound with a retained bullet. *American Journal of Epidemiology*, 159(7), 683-692.
- Ministerio de Salud (MINSAL). (2014). Guía Clínica: Vigilancia Biológica de la Población Expuesta a Plomo en la Comuna de Arica. Santiago, Chile: MINSAL. Recuperado de [https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia\\_Clinica\\_Vigilancia\\_Plomo\\_final.pdf](https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia_Clinica_Vigilancia_Plomo_final.pdf)
- Ministerio de Salud (MINSAL). (2016). Guía Clínica: Exposición Crónica al Plomo. Santiago, Chile: MINSAL. Recuperado de [https://dipol.minsal.cl/wrdprss\\_minsal/wp-content/uploads/2018/02/Plomo.pdf](https://dipol.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2018/02/Plomo.pdf)
- Moazeni, M., Alibeigi, F. M., Sayadi, M., Mofrad, E. P., Kheiri, S. y Darvishi, M. (2014). The serum lead level in patients with retained lead pellets. *Archives of Trauma Research*, 3(2), e18950. doi: 10.5812/at.18950

- Naciones Unidas. (1948). Declaración Universal de los Derechos Humanos. Adoptada proclamada por la Asamblea General en su Resolución 217 A (III), de 10 de diciembre de 1948. Recuperado de [https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR\\_Translations/spn.pdf](https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf)
- Naciones Unidas. (1984). Convención contra la Tortura y otros Tratos o Penas Cruelles, Inhumanos o Degradantes. Resolución 39/46, de 10 de diciembre de 1984, de la Asamblea General. Recuperado de <https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cat.aspx>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2015). Adult blood lead epidemiology and surveillance. Reference blood lead level for adults. Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ables/description.html>
- National Toxicology Program (NTP). (2012). NTP Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. Washington, DC: US Department of Health and Human Services. Recuperado de [http://ntp.niehs.nih.gov/NTP/ohat/Lead/Final/MonographHealthEffectsLowLevelLead\\_publication\\_508.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/NTP/ohat/Lead/Final/MonographHealthEffectsLowLevelLead_publication_508.pdf)
- Nguyen, A., Schaidler, J. J., Manzanares, M., Hanaki, R., Rydman, R. J. y Bokhari, F. (2005). Elevation of blood lead levels in emergency department patients with extra-articular retained missiles. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 58(2), 289-299.
- Nickel, W. N., Steelman, T. J., Sabath, Z. R. y Potter, B. K. (2018). Extra-Articular Retained Missiles; Is Surveillance of Lead Levels Needed? *Military Medicine*, 183(3-4), e107-e113.
- ONU: Oficina del Alto Comisionado de Derechos Humanos (ACNUDH). (2004). Manual para la investigación y documentación eficaces de la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes (“Protocolo de Estambul”). Recuperado de <https://www.ohchr.org/documents/publications/training8rev1sp.pdf>
- ONU: Oficina del Alto Comisionado de Derechos Humanos (ACNUDH). (2019). United Nations Human Rights Guidance on Less-Lethal Weapons in Law Enforcement. Recuperado de [https://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/CCPR/LLW\\_Guidance.pdf](https://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/CCPR/LLW_Guidance.pdf)
- Rentschler, G., Broberg, K., Lundh, T. y Skerfving, S. (2012). Long-term lead elimination from plasma and whole blood after poisoning. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 85(3), 311-316.
- Rheinboldt, M. y Francis, K. (2014). Systemic plumbism following remote ballistic injury. *Emergency Radiology*, 21(4), 423-426. doi: 10.1007/s10140-014-1207-3
- Rodríguez Rey, A., Cuéllar Luna, L., Maldonado Cantillo, G. y Suardiaz Espinosa, M. E. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(3), 251-271.
- Sanders, T., Liu, Y., Buchner, V. y Tchounwou, P. B. (2009). Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review. *Reviews on Environmental Health*, 24(1), 15-46.
- Sanín, L. H., González-Cossío, T., Romieu, I. y Hernández-Avila, M. (1998). Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Pública de México*, 40, 359-368.
- Saravi, A., Torolla, J. L., Villafañe, S., González, D. E., Martínez De Marco, M. y Fernández, M. C. (2017). Heridas de arma de fuego e intoxicación plúmbica en pediatría. Presentación de tres casos clínicos. *Revista Mexicana de Pediatría*, 84(5), 196-200.
- Schnaas, L., Rothenberg, S. J., Flores, M. F., Martinez, S., Hernandez, C., Osorio, E., ... y Perroni, E. (2006). Reduced intellectual development in children with prenatal lead exposure. *Environmental Health Perspectives*, 114(5), 791-797. doi: 10.1289/ehp.8552

- Shih, R. A., Hu, H., Weisskopf, M. G. y Schwartz, B. S. (2007). Cumulative lead dose and cognitive function in adults: a review of studies that measured both blood lead and bone lead. *Environmental Health Perspectives*, 115(3), 483-492. doi: 10.1289/ehp.9786
- Skerfving, S. y Bergdahl, I. A. (2015). Lead. Specific metals, Volume II. En G. F. Nordberg, B. A. Fowler y M. Nordberg. (Eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals, Fourth Edition* (pp. 911-967). Academic Press.
- Souza, A. M. y Tavares, C. F. (2009). Chumbo e anemia. *Medicina (Ribeirao Preto)*, 42(3), 337-340.
- Verstraeten, S. V., Aimo, L. y Oteiza, P. I. (2008). Aluminium and lead: molecular mechanisms of brain toxicity. *Archives of Toxicology*, 82(11), 789-802.
- Wang, Q., Zhao, H. H., Chen, J. W., Hao, Q. L., Gu, K. D., Zhu, Y. X., ... y Ye, L. X. (2010).  $\delta$ -Aminolevulinic acid dehydratase activity, urinary  $\delta$ -aminolevulinic acid concentration and zinc protoporphyrin level among people with low level of lead exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213(1), 52-58. doi: 10.1016/j.ijheh.2009.08.003
- Weinrach, D. M., Stickel, A. E. y Diaz, L. K. (2001). Soft tissue cyst secondary to bullet retention. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 125(10), 1391-1391.
- Weiss, D., Lee, D., Feldman, R. y Smith, K. E. (2017). Severe lead toxicity attributed to bullet fragments retained in soft tissue. *BMJ Case Reports*. doi: 10.1136/bcr-2016-217351
- Wells, E. M., Navas-Acien, A., Herbstman, J. B., Apelberg, B. J., Silbergeld, E. K., Caldwell, K. L., ... y Goldman, L. R. (2011). Low-level lead exposure and elevations in blood pressure during pregnancy. *Environmental Health Perspectives*, 119(5), 664-669. doi: 10.1289/ehp.1002666
- World Health Organization (WHO). (2010). Preventing disease through healthy environments, exposure to lead: a mayor public health concern. Recuperado de <http://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf>
- World Health Organization (WHO). (2013). Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre. Recuperado de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77917/1/9789243502137\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77917/1/9789243502137_spa.pdf)
- World Health Organization (WHO). (2018). Intoxicación por plomo y salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Yazbeck, C., Thiebaugeorges, O., Moreau, T., Goua, V., Debotte, G., Sahuquillo, J., ... y Charles, M. A. (2009). Maternal blood lead levels and the risk of pregnancy-induced hypertension: the EDEN cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 117(10), 1526-1530. doi: 10.1289/ehp.0800488
- Zúñiga, M., Posada, M. C., Rojas, M. F. y Collazos, A. (2014). Polineuropatía motora subaguda secundaria a intoxicación por plomo. *Acta Médica Colombiana*, 39(2), 185-190.



## Anexos

### A. Estados Unidos: Reporte de caso clínico (Grasso et al., 2017)

Hombre de 31 años con historia clínica de múltiples disparos en torso y extremidades 9 años atrás, junto con una fractura compleja del fémur izquierdo que requirió de una reducción abierta y fijación interna, además de un prolongado programa de rehabilitación. Se presenta con dolor abdominal, constipación, ictericia y elevación de transaminasas hepáticas aproximadamente tres semanas después de sufrir una lesión en la extremidad inferior izquierda durante una actividad deportiva. Fue diagnosticado de esteatohepatitis luego de un extenso trabajo ambulatorio y hospitalario, incluyendo endoscopías alta y baja, ultrasonido hepático y biopsia de hígado para la confirmación diagnóstica. Fue dado de alta tras la disminución del dolor, pero luego se presentó en una clínica de atención primaria con pérdida de peso y dolor continuo, seguido de la progresión hacia una debilidad difusa que resultó en incapacidad para caminar. El paciente fue readmitido en un centro médico de atención terciaria, tres meses después de la consulta inicial; el examen físico constató una pérdida de peso de 30 kg desde el ingreso inicial y debilidad periférica difusa con atrofia muscular global. Dada la constelación de síntomas que incluyeron dolor abdominal, pérdida de peso, anemia y neuropatías ascendentes, se consideró seriamente la posibilidad de toxicidad por metales pesados. Análisis de sangre periférica demostraron una concentración de plomo en sangre de 129 µg/dL y hemoglobina de 7.7 g/dL con punteado basófilo grueso en el frotis, confirmando un diagnóstico de intoxicación sistémica severa por plomo.

El paciente fue transferido a la unidad de cuidado intensivo para terapia de quelación vía parenteral con dimercaprol (BAL) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los niveles de plomo en sangre disminuyeron, pero aumentaron nuevamente luego de la transición hacia terapia de quelación oral con ácido dimercaptosuccínico (DMSA). El equipo médico relacionó este aumento abrupto de plomo en sangre con la exposición continua a los fragmentos de proyectil retenidos, por lo que consultó a cirugía para la remoción de los múltiples fragmentos alojados en el costado y muslo izquierdos; en este último, se encontró una masa quística fluida rellena con fragmentos metálicos. Se seleccionaron cuatro fragmentos de gran tamaño para caracterizar su composición en el Centro de Patología Articular, donde se identificó la presencia de plomo en dos de los especímenes analizados (**Figura 9**).

Luego de 28 días de hospitalización el paciente comenzó un programa de rehabilitación a tiempo completo, recuperando lenta y gradualmente la fuerza y función motora. Se mantuvo la terapia quelante vía oral con DMSA para asegurar que el nivel de plomo en sangre permaneciera <40 µg/dL. Su estado neurológico fue mejorando lentamente luego de la extracción quirúrgica de los fragmentos de proyectil retenidos, por lo que fue dado de alta y transferido a un centro de rehabilitación. Al momento del alta el paciente había progresado logrando caminar hasta alrededor de 200 metros con la ayuda de un andador y bajo supervisión, pero necesitando aún de asistencia moderada/máxima para todas las actividades de la vida cotidiana. A partir de este caso clínico y

evidencias anteriores, los autores cuestionan la práctica actual de no monitorear los niveles de plomo en sangre de pacientes con retención extraarticular de proyectiles y/o fragmentos metálicos, particularmente en aquellos que presentan formación extensiva de osteofitos posterior a una fractura de hueso largo.

Fragment	Weight (g)	Lead (%)	Calcium (%)	Zinc (%)	Copper (%)
1	0.57	59	38	—	—
2	0.41	9	88	—	—
3	0.30	—	2	88	8
4	0.50	—	1	89	8

**Figura 9.** Resultados del análisis composicional de cuatro de los fragmentos extraídos del muslo izquierdo del paciente. Los fragmentos 1 y 2 presentaron plomo en su composición (Grasso et al., 2017, p. e1846)

### B. Estados Unidos: Estudio de cohorte prospectivo (McQuirter et al., 2004)

Los autores estudiaron el curso temporal y la prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados en 451 pacientes con lesiones producidas por disparos con proyectiles y/o fragmentos retenidos, que recibieron atención médica en King-Drew Medical Center en Los Angeles, California entre los años 2000 y 2002. Se midieron los niveles de plomo en sangre en distintos momentos: en la admisión del paciente, al momento del consentimiento informado (3 días después, en promedio), a las 3 semanas, 3 meses, 6 meses y 12 meses. Los resultados obtenidos mostraron una prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados  $\geq 10 \mu\text{g/dL}$  de 2.1% y  $\geq 20 \mu\text{g/dL}$  de 0.2% al momento de la admisión de los pacientes; de 38.1% y 11.8% a los 3 meses; y de 20.1% y 2.6% a los 12 meses. Los pacientes con proyectiles alojados cerca de huesos tuvieron un aumento de 32.0% en los niveles de plomo en sangre, mientras que aquellos con proyectiles alojados en (o cerca de) articulaciones tuvieron un aumento de 17.0% en los niveles de plomo en sangre, en comparación con quienes no los tenían. Los resultados también demostraron la presencia de una asociación estadísticamente significativa entre un mayor número de fragmentos retenidos y el aumento de plomo en sangre. Además, cuando la fragmentación estuvo acompañada de fracturas óseas en la región del torso, hubo un consecuente aumento en los niveles de plomo en sangre de un 29.5%.

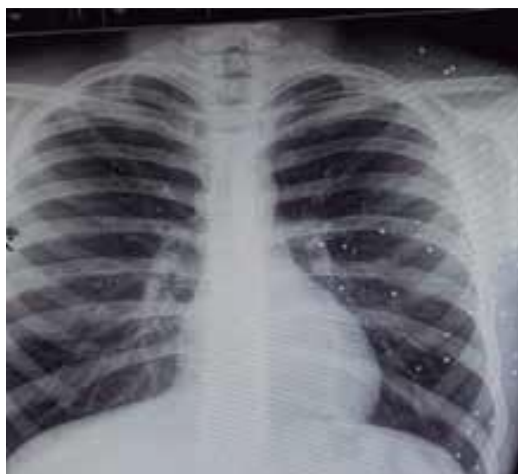
Los autores concluyen que el aumento en la prevalencia de niveles de plomo en sangre elevados luego de 3 meses de producida la lesión sugiere la necesidad de realizar seguimiento y tratamiento para los pacientes con lesiones de disparos y proyectiles retenidos. Se deberían determinar los niveles de plomo en sangre al momento de la admisión en el recinto de salud, para contar con un registro de referencia; dicho análisis debería repetirse antes del alta o dentro de las dos semanas

siguientes; si la historia del paciente indica exposición ocupacional o ambiental al plomo, el paciente debería recibir recomendaciones para evitar exposición exógena posterior; los análisis de plomo en sangre deberían repetirse a intervalos mensuales hasta 3 meses y luego 1 año después de la lesión, especialmente en aquellos pacientes que presenten uno o más de los factores de riesgo reportados; finalmente, se debería recomendar a los pacientes que se realicen análisis de plomo en sangre anualmente.

### **C. Argentina: Reporte de tres casos clínicos pediátricos (Saravi et al., 2017)**

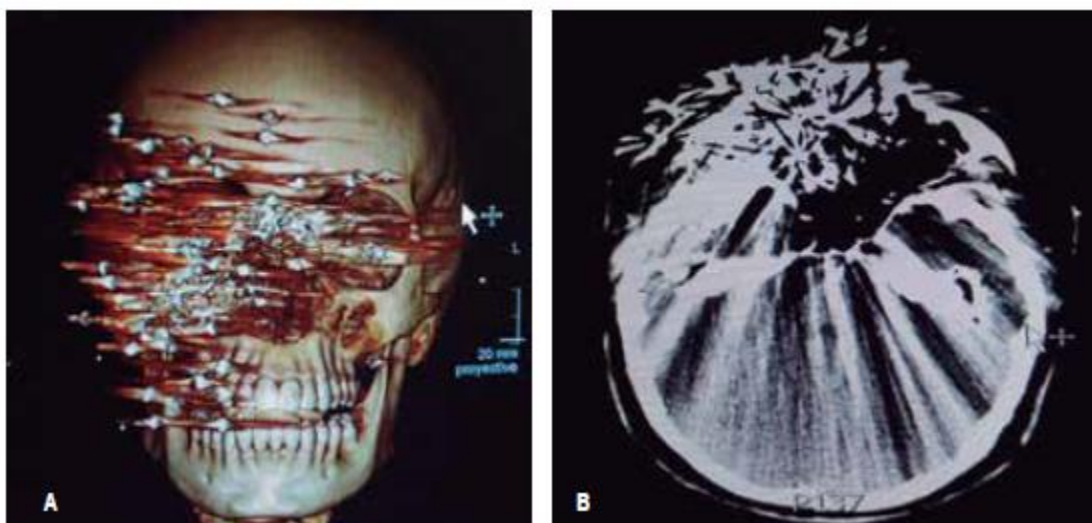
Caso 1: Adolescente masculino de 14 años, derivado de la provincia de Santa Fe por herida de escopeta en la cara y consecuente destrucción del macizo facial por lesión de partes blandas y óseas con oclusión de la vía aérea. Se realiza traqueotomía de urgencia con extracción de esquirlas de proyectiles. A partir de evaluación oftalmológica, radiografías y tomografía axial computarizada (TAC) del macizo facial, se evidencia la pérdida ósea del arco anterior del maxilar inferior y superior, lesión del paladar blando y duro, compromiso lingual con múltiples esquirlas nasoetmoidales, aire en ambas órbitas y exoftalmos en el ojo izquierdo. Durante la hospitalización, se sospecha intoxicación por plomo dada la retención de perdigones en el macizo facial y tórax. La determinación de plumbemia revela un valor inicial lo suficientemente elevado para dar inicio a terapia quelante (53.2 µg/dL); durante su hospitalización se monitorea la plumbemia cada 15 días, observándose un descenso gradual (15 días: 40 µg/dL; 1 mes: 36 µg/dL). Se le indica seguimiento en su lugar de origen y controles con cirugía plástica, endoscopia respiratoria, salud ambiental y mental, con mala adherencia (plumbemia 6 meses: 21.8 µg/dL; 2 años: 14 µg/dL y 3 años: 8.5 µg/dL).

Caso 2: Adolescente masculino de 14 años, derivado de la provincia de Buenos Aires por heridas de arma de fuego a nivel del tórax, abdomen y extremidad superior izquierda. Se realiza radiografía de tórax que evidencia múltiples imágenes de densidad metálica distribuidas en el tórax, abdomen y brazo izquierdo, compatibles con perdigones (**Figura 10**); en TAC toracoabdominal también se observan múltiples imágenes de densidad metálica con esquirlas en partes blandas, hombro, brazo izquierdo, tórax y abdomen. Se sospecha intoxicación aguda por plomo por la presencia de perdigones en tórax, corazón y abdomen del paciente. Se monitorea plumbemia y se decide mantener un seguimiento periódico (plumbemia inicial: <5 µg/dL; 1 mes: 17.5 µg/dL; 3 meses: 33.4 µg/dL y 1 año: 18.2 µg/dL); sin embargo, el paciente presenta baja adherencia al seguimiento, situación que posiblemente se relaciona con la presencia de trastorno conductual y abandono de la escuela. El paciente refiere la expulsión espontánea de los perdigones que se encontraban superficialmente en el tórax; sin embargo, el equipo de investigación plantea la posibilidad de que el descenso en los niveles de plomo en sangre sin abordaje terapéutico se deba a un mecanismo de encapsulamiento de los perdigones retenidos.



**Figura 10.** Radiografía de tórax, caso 2 (Saravi et al., 2017, p. 198).

Caso 3: adolescente femenina de 15 años, derivada de un hospital del conurbano bonaerense por heridas por arma de fuego (escopeta) en la cara, con estallido ocular bilateral. Se realiza TAC de cerebro y macizo facial, constatándose extensos artificios producidos por elementos metálicos en el macizo craneofacial (perdigones) que impiden su evaluación y parcialmente la del parénquima encefálico ventral (**Figura 11**). Ante el estallido ocular bilateral, el Servicio de Oftalmología realiza intervención quirúrgica de urgencia, extirpando numerosos perdigones y realizando la evisceración de ambos globos oculares. Se monitorea plumbemia (inicial: 20.3  $\mu\text{g/dL}$ ; 15 días: 31.2  $\mu\text{g/dL}$ ; 1 mes: 27  $\mu\text{g/dL}$  y 2 meses: 23  $\mu\text{g/dL}$ ) y se resuelve seguimiento con controles de laboratorio y clínicos.



**Figura 11.** TAC de cráneo, caso 3; imágenes distorsionadas por el efecto de los perdigones localizados en el macizo facial (Saravi et al., 2017, p. 199).

A partir de los tres casos clínicos presentados, el equipo de investigación concluye que, frente a pacientes con fragmentos de proyectiles retenidos, el monitoreo de plumbemia debe realizarse desde el comienzo para llevar a cabo un seguimiento adecuado, evaluar el tratamiento y prevenir la morbilidad y mortalidad asociadas a la intoxicación por plomo. Asimismo, señalan la importancia de efectuar exámenes neuroconductuales para la detección de trastornos como consecuencia de una intoxicación por plomo.

#### **D. Chile: Caso de Brandon Hernández Huentecol** ([Ada Huentecol, comunicación personal, 18 de noviembre, 2019](#))

El día 18 de diciembre de 2016, en la localidad de Curaco (Región de la Araucanía), el joven mapuche de 17 años Brandon Hernández Huentecol recibió disparos sucesivos de escopeta a menos de 50 centímetros de distancia por parte del sargento de Carabineros Cristian Rivera Silva mientras se encontraba reducido, boca abajo y en el suelo. El joven estuvo en riesgo vital debido a la serie de lesiones ocasionadas por el ataque, en el que penetraron 180 perdigones de plomo (incluyendo el cartucho calibre 12) a la altura de su cadera derecha ([González, 2019; Huenchumil, 2019](#)). Según el informe médico de la Clínica Alemana de Temuco (emitido en agosto de 2017), los diagnósticos principales fueron fractura expuesta de pelvis y trauma abdominal-pélvico por arma de fuego, por lo que se realizó una intervención quirúrgica el día 20 de diciembre de 2016 para la reducción y osteosíntesis de la fractura de pelvis expuesta con tres tornillos y placa de titanio, además de numerosas intervenciones posteriores y controles postoperatorios. El mismo informe señala que Brandon presentó una evaluación favorable, considerando la gravedad de sus lesiones: “al momento del alta [tras 45 días de hospitalización] se encuentra con heridas en buenas condiciones, sin signos infecciosos locales, levantándose y deambulando con apoyo de bastones” ([informe médico, 2017](#)). Las radiografías de control mostraron la consolidación de la fractura con defecto a nivel de ala ilíaca derecha, además de la presencia de “perdigones especialmente en relación al ala ilíaca, la cual presenta pérdida de sustancia ósea en su porción central, de aproximadamente 7 por 8 cms en sus diámetros mayores” ([informe radiológico, 2017](#)). En diciembre de 2018, gracias a la gestión de la Asociación de Municipalidades con Alcalde Mapuche (AMCAM), Brandon y su madre, Ada Huentecol, viajaron a Caracas, Venezuela, donde le realizaron una radiografía que demuestra la presencia de alrededor de 90 perdigones de plomo aún retenidos en su cuerpo, además del desplazamiento de uno de ellos hacia un pulmón (**Figura 12**).



**Figura 12.** Radiografías de Brandon Hernández Huentecol. *Izquierda:* realizada en diciembre de 2018 en Hospital Militar de Caracas (Huenchumil, 2019). *Derecha:* realizada en febrero de 2018 en Clínica Alemana de Temuco (A. Huentecol, comunicación personal, 2019).

Por otra parte, según el informe toxicológico extendido por el Dr. Andrei Tchernitchin, presidente del Departamento de Medio Ambiente del Colegio Médico de Chile, en agosto de 2017 se realizó la determinación del nivel de plomo en sangre de Brandon Hernández en el Instituto de Salud Pública, detectándose un valor de 15  $\mu\text{g/dL}$ . En el mismo informe, el profesional concluye:

Los perdigones localizados en la pelvis y la cavidad abdominal de Brandon Hernández continuarán liberando plomo lo que con toda seguridad seguirá afectando su salud cada vez con mayor intensidad, a menos que (a) se extirpen quirúrgicamente los perdigones, (b) se haga un seguimiento de los niveles de plomo en sangre (...) lo más probable es que el paciente tenga un deterioro neurocognitivo que dependerá de los niveles de plomo en sangre y si los niveles se eleven en forma progresiva sin tratamiento el daño será severo e irreversible (informe toxicológico, 2018).

Sin embargo, el equipo médico tratante ha señalado que los perdigones retenidos no pueden removerse debido a la profundidad en que se encuentran y a que existen órganos vitales comprometidos. Actualmente Brandon tiene 19 años, mantiene dificultades para caminar y refiere dolor en la cicatriz del disparo y en la cadera, encontrándose imposibilitado de retomar sus estudios de mecánica automotriz, puesto que no puede hacer actividades que involucren esfuerzo físico. Frente a esto y a la nula respuesta por parte del Estado chileno, la familia ha tenido que buscar ayuda en otros países, encontrando apoyo en Cuba.

**E. Chile: Caso de Sebastián Soto Hidalgo** (Sebastián Soto, comunicación personal, 01 de diciembre, 2019)

El lunes 28 de octubre de 2019, Sebastián Soto Hidalgo, de 31 años, recibió heridas en distintas partes del cuerpo producto de disparos con perdigones efectuados por un efectivo de FF.EE. aproximadamente a 6 metros de distancia, en el contexto de una manifestación ciudadana en la ciudad de Santiago. Recibió 7 impactos de perdigones en total (3 en el área abdominal y 4 en la extremidad inferior izquierda), recibiendo atención de primeros auxilios en el sitio del suceso y en luego en la casa FECH, donde detectaron la liberación espontánea de 4 perdigones superficiales y la retención de 3 perdigones en la pierna izquierda (uno en el muslo, otro en la rodilla y otro en la pantorrilla). Dos días más tarde acude a Centro de Urgencia Ñuñoa, donde le realizaron curaciones simples y le administraron diclofenaco sódico vía intramuscular. Fue dado de alta ese mismo día, con derivación al Hospital Santiago Oriente, pero viaja a Arica (su ciudad de origen), por lo que decide acudir al Hospital Regional de esa ciudad aproximadamente una semana después, refiriendo dolor y molestias en la pierna izquierda. Se le realizó una radiografía de la rodilla izquierda, observándose la presencia de dos perdigones retenidos (uno cercano a la rótula y otro alojado en el gastrocnemio; la radiografía no alcanza a mostrar el perdigón alojado en el muslo) (**Figura 13**). Entre las indicaciones entregadas se incluye consulta con cirugía y ketoprofeno para el dolor; sin embargo, de 9 cirujanos consultados a la fecha sólo uno ha manifestado su disposición para extraer los perdigones alojados, pero en tres meses más. No se le han realizado exámenes de laboratorio o radiografías adicionales, tampoco tomografía axial computarizada. Actualmente, Sebastián refiere dolor intenso en la pierna afectada, por lo que toma diversos y costosos medicamentos para el manejo del dolor (p. ej., tramadol, pregabalina). Además, mantiene dificultades para caminar y para realizar cualquier actividad que involucre esfuerzo físico.



**Figura 13.** Radiografía de rodilla de Sebastián Soto Hidalgo, realizada el día 09-11-2019 en Hospital Regional de Arica (S. Soto, comunicación personal, 2019).