

# Prevención de la Exposición al Plomo en la Infancia: Evaluación de Capacidades para la Vigilancia del Plomo en Sangre

## Colombia



# Tabla de contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Reconocimientos</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>Acrónimos y abreviaturas</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>Resumen ejecutivo</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Introducción</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>Panorama de políticas</b> .....  | <b>13</b> |
| Política y regulación relacionada con el plomo .....  | 13        |
| Coordinación intersectorial en la gestión de potenciales socios estratégicos.....                 | 15        |
| Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA) .....                        | 15        |
| Política Integral de Salud Ambiental (PISA) .....   | 17        |
| Sistema Unificado de Información de Salud Ambiental (SUISA) .....                                 | 17        |
| Sector Salud.....   | 18        |
| Sector Medio Ambiente .....   | 22        |
| Gobierno local .....  | 23        |
| Entidades no gubernamentales .....  | 23        |
| <b>Capacidad de Vigilancia de la Salud Pública</b> .....  | <b>26</b> |
| Estudios previos sobre niveles de plomo en sangre en niños colombianos .....                      | 26        |
| Sistema de Vigilancia de la Salud Pública (SIVIGILA) .....  | 30        |
| Programa de Vigilancia de Salud Pública de Bogotá para la Exposición al Plomo y al Mercurio ..... | 31        |
| Encuesta Nacional de Salud Infantil .....   | 32        |
| <b>Capacidades de laboratorio</b> .....   | <b>35</b> |
| Laboratorios Públicos .....   | 35        |
| Laboratorios Privados.....  | 36        |
| Uso de analizadores portátiles.....   | 39        |
| Recomendaciones para el desarrollo de capacidades de laboratorio .....                            | 41        |
| <b>Capacidad de Gestión Clínica</b> .....   | <b>42</b> |
| <b>Capacidad de comunicación de riesgos</b> .....   | <b>44</b> |
| <b>Conclusión y recomendaciones</b> .....   | <b>45</b> |
| <b>Referencias</b> .....  | <b>47</b> |

# Reconocimientos

Agradecemos el valioso aporte del Grupo de Investigación en Salud Ambiental y Ocupacional del Instituto Nacional de Salud de Colombia, la Subdirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, la Oficina de Salud Ambiental y la Subdirección de Determinantes de Salud del Departamento Distrital de Salud de Bogotá, la Subdirección del Laboratorio de Salud Pública de Cundinamarca, el Departamento de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia y la Red de Desarrollo Sostenible de Colnodo. Esta evaluación fue posible gracias al generoso apoyo de la Farmacéutica Takeda.

## Colaboradores

Jesica Rodríguez-López, Vital Strategies

Daniela Alonso Molano, Pure Earth

Yi Lu, Vital Strategies

Dan Kass, Vital Strategies

Lizeth Olaya Zambrano, Pure Earth

## Cita sugerida

Rodríguez-López J, Alonso Molano D, Lu Y, Kass D, Olaya Zambrano L. Prevención de la exposición al plomo en la infancia: evaluación de capacidades para la vigilancia del plomo en sangre, Colombia. Vital Strategies, Nueva York, N.Y. julio de 2024.

## Acrónimos y abreviaturas

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>AAS</b>         | Espectroscopia de Absorción Atómica (Atomic Absorption Spectroscopy, en inglés)  |
| <b>BLL</b>         | Nivel de plomo en la sangre (Blood Lead Level, en inglés)  |
| <b>ETAAS</b>       | Espectroscopia de Absorción Atómica Electrotérmica (Electrothermal Atomic Absorption Spectroscopy, en inglés)                            |
| <b>FAAS</b>        | Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama (Flame Atomic Absorption Spectroscopy, en inglés)   |
| <b>ICP-MS</b>      | Espectroscopia de masas con plasma acoplado inductivamente (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy, en inglés)                     |
| <b>ICP-OES</b>     | Espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, en inglés) |
| <b>IHME</b>        | Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (Institute for Health Metrics and Evaluation, en inglés)                                  |
| <b>CI</b>          | Cociente intelectual   |
| <b>LSP</b>         | Laboratorio de Salud Pública   |
| <b>MinAmbiente</b> | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible   |
| <b>MinSalud</b>    | Ministerio de Salud y Protección Social  |
| <b>INS</b>         | Instituto Nacional de Salud  |
| <b>µg/dL</b>       | Microgramos por decilitro  |
| <b>ONG</b>         | Organización No Gubernamental  |
| <b>PISA</b>        | Política Integral de Salud Ambiental   |
| <b>SubSA</b>       | Subdirección de Salud Ambiental  |
| <b>SUISA</b>       | Sistema Unificado de Información de Salud Ambiental  |
| <b>TSIP</b>        | Programa de Identificación de Sitios Contaminados (Toxic Sites Identification Program, en inglés)  |
| <b>BPAU</b>        | Batería de plomo-ácido usada   |
| <b>OMS</b>         | Organización Mundial de la Salud   |

## Resumen ejecutivo

La exposición al plomo es un grave problema de salud pública en Colombia. Se estima que más de medio millón de niños presentan niveles de plomo en sangre superiores a 5 microgramos por decilitro ( $\mu\text{g/dL}$ ), un umbral que requiere acción, según la OMS. Incluso niveles bajos de exposición al plomo pueden reducir el coeficiente intelectual y agravar problemas de aprendizaje, provocar retrasos en el desarrollo y generar trastornos de comportamiento que pueden persistir a lo largo de la vida de un niño expuesto. Los efectos a largo plazo de la exposición al plomo pueden tener importantes repercusiones económicas y sociales, perpetuando ciclos de desventaja y desigualdad. Además, el plomo absorbido en etapas tempranas se almacena en los huesos, lo que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares a medida que las personas envejecen. Los niños están expuestos al plomo a través de diversas fuentes en su vida diaria, incluidas las prácticas industriales no reguladas, la pintura con plomo utilizada en los hogares y los productos de consumo inseguros.

En 2020, el Congreso colombiano promulgó la Ley 2041, que protege el derecho de las personas a desarrollarse física e intelectualmente en un entorno libre de plomo. Esta ley establece la vigilancia de los niveles de plomo en la sangre en niños para comprender su exposición y proporcionar tratamientos oportunos. Para apoyar su implementación, Pure Earth y Vital Strategies están explorando la capacidad de establecer un sistema de vigilancia del plomo en la sangre infantil en Colombia. Este esfuerzo forma parte del proyecto titulado "Fortalecimiento de los Sistemas de Salud para Reducir la Exposición al Plomo", que tiene como objetivo asociarse con el gobierno colombiano para diseñar y poner a prueba esfuerzos de vigilancia que ayuden a estimar la carga local de la exposición al plomo en la infancia, identificar fuentes comunes de exposición al plomo e informar acciones e intervenciones de política pública. Como parte de este esfuerzo, se llevó a cabo una evaluación de la capacidad de la infraestructura y los recursos existentes en Colombia para sostener un sistema nacional de vigilancia del plomo en sangre.

## **Panorama político**

Colombia ha adoptado diversas iniciativas y normas internacionales relacionadas con el manejo del plomo, incluyendo el Convenio de Basilea, el Convenio de Róterdam y las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para la reducción de la exposición al plomo.

A nivel nacional, el país ha establecido políticas y normas para regular el uso de plomo en productos de consumo, como gasolina, pinturas, utensilios de cocina y vajillas. Estas medidas son implementadas por diferentes entidades gubernamentales, entre ellas el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social, y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Un avance significativo fue la promulgación de la Ley 2041 en 2020, que sentó una base importante para avanzar en la vigilancia del plomo en sangre en el país. Esta normativa destaca la importancia de monitorear la exposición al plomo y brindar tratamiento oportuno a los niños afectados.

## **Coordinación intersectorial en el manejo del plomo**

Hemos identificado numerosas agencias e iniciativas clave que desempeñan un papel fundamental en el manejo de la exposición al plomo y que deben participar e informarse durante la planificación de la vigilancia del plomo en sangre en el país. La Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA) coordina esfuerzos intersectoriales para el desarrollo e implementación de políticas y estrategias de salud ambiental, como la Política Integral de Salud Ambiental (PISA). Esta política destaca la necesidad de monitorear la exposición crónica al plomo y resalta la importancia de un sistema de vigilancia más integral que el actual Sistema de Vigilancia de Salud Pública (SIVIGILA), el cual solo registra casos agudos de intoxicación por plomo.

El Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud) es un socio relevante para el establecimiento de la vigilancia del plomo en sangre. Su Dirección de Promoción y Prevención (P&P), está través de la Subdirección de Salud Ambiental, brinda apoyo técnico para la identificación y manejo de los casos de intoxicación por plomo. Asimismo, la Dirección de Epidemiología y Demografía (DED) debe ser consultada en el diseño e incorporación de las

mediciones de plomo en sangre dentro de los sistemas de vigilancia existentes, ya que esta oficina dirige las actividades del MinSalud en el SIVIGILA.

El Instituto Nacional de Salud (INS) puede ser un socio decisivo al probar el sistema de vigilancia del plomo en sangre, demostrando su viabilidad e importancia. El INS ha trabajado en estrecha colaboración con el MinSalud para diseñar e implementar programas de vigilancia en salud pública. Entre los principales socios del INS se encuentran el Grupo de Investigación de Salud Ambiental y Laboral, que investiga la exposición al plomo entre los trabajadores; el Grupo de Salud Ambiental, que monitorea el plomo en muestras ambientales; la Dirección de Vigilancia y Análisis de Riesgos, que genera protocolos y lineamientos para la vigilancia en salud pública; y el Observatorio Nacional de Salud, que produce datos y evidencia que informan las decisiones de política pública.

Además del sector salud, es crucial involucrar e informar a otras entidades como el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), que regula la contaminación por plomo y sus impactos ambientales. Informar a MinAmbiente y a otras carteras ministeriales sobre las fuentes identificadas de exposición al plomo puede fortalecer la aplicación de las regulaciones existentes y propiciar el desarrollo de políticas efectivas. Finalmente, resulta valioso aprovechar el conocimiento y apoyo de los investigadores locales que han estudiado previamente la exposición al plomo en las poblaciones colombianas, como aquellos de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Los Andes, la Universidad del Valle, y las Universidades de Cartagena, Córdoba y Atlántico.

## Capacidad de Vigilancia de la Salud Pública

Los estudios sobre los niveles de plomo en sangre (BLL) en niños colombianos son escasos, especialmente en menores de 5 años, y hasta la fecha no se ha realizado ningún análisis a nivel nacional sobre este tema. Los promedios registrados de BLL en la población infantil general varían según la región: con 2,57 µg/dL en Bogotá, 4,74 µg/dL en Cartagena y 3,5 µg/dL en niños en edad escolar de cinco ciudades adicionales. Sin embargo, estudios realizados en áreas con contaminación conocida por plomo han encontrado niveles mucho más elevados, incluso con casos de niños que presentan BLL superiores a 50 µg/dL. La comprensión de las fuentes de exposición al plomo en el hogar de los niños colombianos es igualmente limitada, ya que la mayoría de las investigaciones se han centrado principalmente en fuentes industriales como la fundición y el reciclaje de baterías. Si bien se han encontrado niveles elevados de plomo en

pinturas, cerámicas y utensilios de cocina metálicos en los mercados, ningún estudio ha evaluado su contribución directa a los niveles de BLL en los niños.

A nivel nacional, la intoxicación aguda por plomo es monitoreada y reportada por profesionales de salud a través del SIVIGILA. Sin embargo, el número de casos de intoxicación por plomo sigue siendo incierto, ya que el sistema no informa sobre las fuentes sospechosas de intoxicación por sustancias químicas. SIVIGILA tampoco registra la exposición crónica al plomo en niños, a pesar de sus graves impactos en la salud pública y la sociedad. Además, es probable que haya un subregistro significativo de casos agudos de envenenamiento por plomo en la infancia debido a la escasez de pruebas diagnósticas. En 2017, un perfil epidemiológico de intoxicaciones en Colombia, entre 2008 y 2015, mostró que solo el 1% de los casos registrados (2.054) se atribuyó a la exposición a metales, de los cuales únicamente 111 correspondieron a niños menores de 5 años. En 2022, se registraron 51 casos de intoxicación por metales, con solo 21 reportados en niños de 0 a 5 años. Para 2024, hasta el 2 de abril, SIVIGILA reportó 5.668 intoxicaciones por sustancias químicas en el país, incluidos 958 casos en niños menores de 5 años.

A nivel local, desde 2017, la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá ha implementado un sistema de vigilancia centinela para identificar a niños en riesgo de exposición al plomo y mercurio. Este programa evaluó los niveles de plomo en sangre en niños con un riesgo elevado de exposición, llevó a cabo campañas de concienciación durante la vigilancia y difundió hallazgos en informes anuales de salud ambiental.

Aunque en Colombia se realizan regularmente encuestas de salud y nutrición, ninguna evalúa actualmente la exposición de los niños al plomo. La próxima Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) y la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) en 2024 representan oportunidades valiosas para incorporar pruebas de BLL y cuestionarios de evaluación sobre la exposición al plomo, lo que podría iniciar un esfuerzo de vigilancia sostenible liderado por el gobierno.

## **Capacidad de laboratorio para análisis de plomo en sangre**

En general, Colombia tiene una capacidad limitada de laboratorio para las pruebas de BLL, especialmente en laboratorios afiliados al gobierno. Solo se identificaron dos laboratorios de salud pública, ambos en Bogotá, que realizan pruebas de plomo en sangre. Los laboratorios

públicos de Cundinamarca y Valle del Cauca pueden analizar metales pesados en muestras ambientales, pero no en muestras de sangre.

Además, se identificaron ocho laboratorios no gubernamentales, tres laboratorios universitarios y cinco laboratorios privados, capaces de analizar el plomo en sangre. La mayoría de estos laboratorios utilizan espectroscopia de absorción atómica (AAS), sin embargo, el costo de las pruebas suele ser alto, con precios que oscilan entre 9 y 44 dólares por muestra.

Dada la limitada capacidad de los laboratorios actuales, importantes fundamental ampliar la capacidad de pruebas en el laboratorio nacional identificado y considerar acuerdos con universidades o laboratorios privados para apoyar al gobierno en el monitoreo de los niveles de plomo en sangre a nivel regional y nacional.

La limitada capacidad del laboratorio podría complementarse con el uso de analizadores portátiles de BLL, validados y utilizados previamente en otros países de América Latina. En Colombia, los analizadores portátiles se han utilizado en cinco proyectos para medir los niveles de plomo en la sangre en niños y adultos, con resultados satisfactorios en comparación con las mediciones de laboratorio tradicionales. Aunque presentan algunas limitaciones, estos analizadores portátiles pueden ser un buen complemento para la tamización de niños, y su uso requiere una formación mínima.

En conclusión, un esfuerzo piloto para comprender la exposición al plomo en niños colombianos a nivel nacional sería un primer paso crucial hacia el establecimiento de una vigilancia sostenible del plomo en sangre en Colombia. Esto proporcionará evidencia científica para caracterizar la exposición al plomo en la población, sensibilizará a actores clave sobre la problemática, identificará las principales fuentes de exposición al plomo y demostrará la viabilidad y el valor de aumentar la capacidad para monitorear la exposición al plomo y enfocar esfuerzos para reducir sus fuentes y la exposición futura. Para garantizar el éxito de esta iniciativa, es esencial la colaboración con socios gubernamentales que desempeñan un papel clave en la prevención de la intoxicación por plomo, como la CONASA, MinSalud, MinAmbiente y el INS.

## Introducción

El plomo es un metal pesado ampliamente disperso en el medio ambiente, que genera preocupación debido a sus efectos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas. Este metal se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y ha sido utilizado en diversas aplicaciones industriales y comerciales.

El plomo es altamente tóxico y puede causar graves impactos en la salud, afectando múltiples sistemas del cuerpo. Los niños pequeños son particularmente susceptibles al envenenamiento por plomo, ya que absorben mucho más de este metal que los adultos y su sistema nervioso central aún se está desarrollando.(1) Los niños pueden estar expuestos al plomo a través de la inhalación o ingestión de partículas, polvo, tierra, agua potable, fragmentos de pintura y productos de consumo contaminados.(1)

La exposición al plomo puede disminuir el coeficiente intelectual, exacerbar los problemas de aprendizaje, provocar retrasos en el desarrollo y desencadenar trastornos del comportamiento que pueden persistir durante toda la vida.(2–4) Los efectos a largo plazo de la exposición al plomo pueden tener importantes repercusiones económicas y sociales(5,6), dado que los niños expuestos enfrentan dificultades educativas y laborales, perpetuando ciclos de desventaja y desigualdad.

En Colombia, la intoxicación por plomo representa una carga significativa para la salud pública y la economía. El Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME) estimó que más de medio millón de niños tienen niveles de plomo en sangre (BLL) superiores a 5 µg/dL, un umbral que requiere acción.(7) Un estudio en cinco comunidades del norte del país encontró que más del 15% de los niños en edad escolar tenían un BLL superior a 5 µg/dL.(8)

La carga sobre el sistema de salud y la pérdida de potencial humano también afectan el desarrollo económico de las naciones. Un estudio de 2023 estimó que la exposición al plomo en Colombia representa una pérdida promedio de 4,1 puntos de coeficiente intelectual por niño, resultando en pérdidas económicas de 5 millones de dólares estadounidenses, equivalente al 1,5% del producto interno bruto del país.(5)

Los niños están expuestos al plomo en su vida diaria a través de diversas fuentes. Las prácticas industriales no reguladas pueden liberar altos niveles de plomo en el aire y el suelo. El [Programa](#)

[de Identificación de Sitios Contaminados](#) ha documentado casi 30 sitios afectados por plomo en todo el país (Figura 1).

Investigaciones anteriores en Colombia han encontrado altos niveles de plomo en la sangre de niños que viven en zonas industriales, cerca de fundiciones de plomo o sitios de reciclaje de baterías de plomo-ácido usadas (ULAB).(9–11) Es importante tener en cuenta que el reciclaje ULAB es una ocupación muy poco reportada y escasamente vigilada en el país, dada la naturaleza de este trabajo.

Otra fuente importante de exposición al plomo en el hogar es la pintura, especialmente aquellas formulaciones que incumplen la regulación publicada en 2020. Un estudio que analizó el plomo en pintura a base de solvente encontró que más de la mitad de las muestras contenían niveles de plomo que excedían el estándar.(12)

Asimismo, los niños también pueden estar expuestos al plomo a través del uso de productos de consumo contaminados. Un proyecto reciente de Pure Earth detectó altas concentraciones de plomo en pinturas, utensilios de cocina, vajillas de cerámica y metal adquiridos en mercados colombianos.(13) En Bogotá, han detectado plomo en la panela (un edulcorante popular hecho de bloques de caña de azúcar) y en la leche materna.(14,15)

Los niños también pueden estar expuestos al polvo de plomo traído a casa por padres que trabajan en industrias relacionadas con este metal, como plantas de reciclaje de baterías y talleres mecánicos.(11) En Colombia, a pesar de la notable reducción de la exposición al plomo en los procesos industriales, la disminución de la importación y exportación de productos con plomo y la prohibición del plomo en la gasolina en 1991, el plomo sigue siendo un desafío en el



Figura 1: Sitios contaminados con plomo en Colombia.  
Fuente: [Programa de Identificación de Sitios Contaminados \(TSIP\)](#).  
Consultado en marzo de 2024.

campo de la salud pública nacional debido a su uso persistente en actividades laborales informales y sus importantes impactos en la salud.(16,17)

Aunque estudios anteriores evaluaron la exposición al plomo y sus fuentes entre niños en áreas específicas, no se ha desarrollado ningún estudio o vigilancia a nivel nacional que permita comprender el riesgo de exposición y las fuentes comunes de contaminación en la población infantil de Colombia. En 2020, el Congreso colombiano promulgó la Ley 2041, que garantiza el derecho de las personas a desarrollarse física e intelectualmente en un ambiente libre de plomo. Esta ley estableció límites para el contenido de plomo en productos comercializados en el país, especialmente aquellos utilizados por niños. Asimismo, exige el control de los niveles de plomo en sangre en niños con el fin de comprender su exposición y proporcionar un tratamiento oportuno.(18)

En línea con la Ley 2041, Pure Earth y Vital Strategies están evaluando la viabilidad de implementar un sistema de vigilancia del plomo en sangre infantil en Colombia, en el marco del proyecto titulado "Fortalecimiento de los sistemas de salud para reducir la exposición al plomo". El objetivo es trabajar en colaboración con el gobierno colombiano para diseñar y poner a prueba mecanismos de vigilancia que permitan estimar la carga local de la exposición al plomo en niños, identificar sus fuentes comunes de exposición y orientar las acciones e intervenciones políticas necesarias. Como primer paso, se realizó una evaluación de la capacidad de los recursos e infraestructura existentes en Colombia para establecer dicha vigilancia, cuyos hallazgos se resumen en este informe.

# Panorama de políticas

## Política y regulación relacionada con el plomo

Colombia ha acordado cumplir con varias iniciativas y estándares internacionales importantes asociados con la gestión del plomo.

- Convenio de Basilea: Colombia adoptó este Convenio en 1996 mediante la Ley 253.(19) En 2010, el país fue sede de la 10ª Reunión de la Conferencia de las Partes (COP) y adoptó la [Declaración de Cartagena](#). El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es encargado de la implementación de esta convención.
- [Convenio de](#) Róterdam : Colombia adoptó este Convenio en 2007 mediante la Ley 1159.(20) El uso de tetraetilo de plomo (CAS 78-00-2) y tetrametilo de plomo (CAS 75-74-1) está regulado por dicho [Convenio](#). El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social, y el Instituto Agropecuario son responsables del seguimiento y la aplicación de la convención.
- Recomendación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): En 2020, Colombia se incorporó oficialmente como miembro de la OCDE. A través de la decisión C(96)42, la [Declaración sobre la Reducción del Riesgo del Plomo \(1996\)](#), la OCDE insta a los países miembros a reducir el riesgo de exposición al plomo a través de diferentes rutas, a fortalecer los sistemas de monitoreo de los niveles de plomo en el medio ambiente y en las poblaciones vulnerables, a promover programas de reciclaje ambientalmente responsables para el plomo y productos relacionados, y a utilizar el conocimiento para lograr una mejor gestión del riesgo.

Colombia también estableció políticas y normas nacionales para regular el uso de plomo en productos de consumo. El país comenzó a regular los niveles de plomo en la gasolina mediante el Decreto 948 de 1995. La Ley 1530 de 2002 estableció, además, que la gasolina que contenga tetraetilo de plomo en cantidades superiores a las internacionalmente especificadas no podrá ser importada, producida ni distribuida en el país, excepto como combustible para aeronaves de pistón. A partir de esta normativa, el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Minas y Energía establecieron las especificaciones de calidad para los combustibles que se importan, producen, distribuyen y consumen en el país.

En 2005, el Ministerio de Salud y el Ministerio de Comercio emitieron la Resolución 408, mediante la cual establecieron la norma técnica que especifica los límites permisibles de plomo liberados por vajillas y utensilios de cocina elaborados a base de cerámica y vidrio que entran en contacto con alimentos y bebidas. En 2015, Colombia propuso el Proyecto de Ley 148, cuyo objetivo era garantizar el derecho de los niños a un ambiente libre de plomo, regulando el contenido de este metal en productos de consumo. El capítulo III del proyecto se centra en las pinturas, concretamente en el artículo 12, que prohíbe la fabricación e importación de pinturas arquitectónicas con un contenido de plomo superior a 50 ppm (base seca o contenido total no volátil). Sin embargo, el proyecto fue modificado en la Comisión Séptima del Senado, donde se aprobó un límite de contenido de plomo de 100 ppm en la versión definitiva. Publicado en marzo de 2015, el proyecto de ley, ahora convertido en ley, fue enviado al pleno del Senado. Esta versión enfatizó la necesidad de reducir los niveles de plomo para proteger el desarrollo físico e intelectual de los niños en hogares y espacios públicos.

En 2018, el Ministerio de Salud publicó un informe de políticas, titulado Pinturas del hogar con plomo: un riesgo silencioso para nuestros hijos, que presentaba hallazgos científicos que respaldaban el desarrollo de regulaciones para el plomo en la pintura.

En 2020, se promulgó la [Ley 2041](#), cuyo objetivo principal es "garantizar el desarrollo físico, intelectual y la salud general de las personas, especialmente de los niños y niñas residentes en el territorio nacional, en un ambiente libre de plomo, mediante el establecimiento de lineamientos generales para prevenir la contaminación, intoxicaciones y enfermedades derivadas de la exposición a este metal". El alcance de esta ley incluyó a todas las entidades públicas y privadas involucradas en la importación, uso, fabricación, distribución y venta de productos que contenían plomo. La ley estableció pautas para prevenir la contaminación, intoxicación y enfermedades resultantes de la exposición al plomo. Además, definió términos clave y estableció el límite permisivo de plomo en la sangre en 5 µg/dL, centrándose en la protección de los niños y las mujeres embarazadas. La ley también ordenó el establecimiento de un sistema nacional para monitorear los niveles de plomo en la sangre entre niños y otras poblaciones vulnerables, con el fin de determinar una referencia nacional y hacer seguimiento al progreso.(21)

Asimismo, la legislación exigió que el gobierno, a través de la Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA), formulara políticas y estrategias para la reducción y eliminación del plomo.

De acuerdo con la Ley 2041 de 2020, el Ministerio de Salud y Protección Social emitió la Resolución 1440 de 2021, que estableció el reglamento técnico para artículos de vidrio, cerámica y vitrocerámica que entran en contacto con alimentos, ya sea que se fabriquen o importen a Colombia, minimizando las preocupaciones sanitarias y de seguridad relacionadas con el plomo y el cadmio.

Del mismo modo, la Resolución 734 de 2022 dispuso reglamentos técnicos sobre el plomo en juguetes y sus accesorios fabricados o importados a Colombia. Para hacer un seguimiento del cumplimiento de la ley y las regulaciones del Ministerio de Salud, resulta fundamental cuantificar los niveles de plomo en el entorno doméstico de los niños, en los productos de consumo, y evaluar su contribución a los niveles de plomo en sangre.

## **Coordinación intersectorial en la gestión de potenciales socios estratégicos**

### **Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA)**

Reconociendo el carácter intersectorial de la salud ambiental, el Ministerio de Salud se involucra en el desarrollo de políticas e implementación de estrategias definidas en documentos como el CONPES 3550 (2008), el Decreto 2972 (2010), el Plan Decenal de Salud Pública y la Política Integral de Salud Ambiental (PISA). Estos enfoques tienen como objetivo integrar la salud ambiental en diversos sectores para mitigar el impacto de los factores ambientales sobre la carga de enfermedades regionales y nacionales, considerando las amenazas derivadas de los conflictos, la dinámica de producción, las iniciativas de hábitat, los mandatos legales y el cambio climático.

Como resultado, se creó la Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA), encargada de articular y armonizar normas sectoriales, promover la difusión de información y recomendar mecanismos de cooperación intersectorial. La comisión responde a los impactos del deterioro ambiental y el manejo inadecuado de productos químicos sobre la calidad del aire y el agua, factores que inciden directamente en la salud pública.

La CONASA tiene como misión coordinar y guiar el diseño, formulación e implementación de la Política Integral de Salud Ambiental (PISA), con la participación de representantes de distintos

ministerios. Actualmente, la CONASA está presidida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, pero este rol pasará al Ministerio de Salud y Protección Social o sus delegados durante el próximo período de sesiones. La CONASA puede establecer grupos de trabajo temáticos liderados por la Secretaría Técnica, que se enfocarán en la implementación del plan de acción trazado en el documento CONPES 3550 de 2008. El Departamento Nacional de Planeación, específicamente la Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible o su equivalente, actúa como Secretaría Técnica.

La Ley 2041 de 2020 otorgó a la CONASA el rol protagónico en el desarrollo de políticas y en la implementación de esta ley. Las entidades mencionadas incluyen a los Ministerios de Salud y Protección Social; Comercio, Industria y Turismo; Ambiente y Desarrollo Sostenible; la Dirección del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS); la Dirección del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA); y la Dirección del Instituto Nacional de Salud (INS).

Según esta ley, a través de la CONASA, el gobierno "formulará los lineamientos y políticas para el desarrollo de estrategias, acciones, campañas, actividades educativas, lineamientos de difusión, capacitación, sensibilización y sensibilización dirigidos a la reducción y eliminación del plomo, así como las prevenciones relacionadas con los contenidos de esta ley". También establece que, dentro de los cinco años siguientes a su promulgación, la CONASA "formulará la política pública para la verificación de la reducción de la exposición a niveles máximos de plomo en niños, niñas y adolescentes en el territorio nacional. Para ello, se seguirá el principio de sostenibilidad fiscal". Con base en estos requisitos, la CONASA se encuentra en una excelente posición para diseñar un sistema de monitoreo y vigilancia que determine la línea base de exposición al plomo en niños a nivel nacional. Los hallazgos de este sistema proporcionarán una base sólida para el desarrollo de pautas y políticas destinadas a reducir la exposición al plomo en los niños y ayudarán a monitorear los avances.

No obstante, es importante señalar que la CONASA solo puede hacer recomendaciones que deben ser ejecutadas por los diferentes ministerios responsables de generar y aplicar políticas públicas. Para fundamentar dichas políticas, la CONASA se basa en la información disponible. Asimismo, otra limitación identificada es la falta de aportes constantes, ya que la CONASA solo se ha reunido una vez desde 2022.

## **Política Integral de Salud Ambiental (PISA)**

La Política Integral de Salud Ambiental (PISA) es una política de gestión que aborda de manera integral todos los aspectos relacionados con la salud ambiental. Fue diseñada en el marco de la CONASA y tiene como objetivo general fortalecer la gestión integral e intersectorial de la salud ambiental, contribuyendo así a mejorar la calidad ambiental como el estado de salud de la población. Sus objetivos específicos son:

1. Mejorar la gestión del conocimiento en salud ambiental para facilitar la toma de decisiones informadas.
2. Fortalecer la gobernabilidad y gobernanza en la gestión integral de la salud ambiental.
3. Implementar estrategias para reducir la morbilidad y mortalidad asociada a los factores ambientales y sus costos.

En su versión más reciente, la [PISA](#) dedica especial atención a la exposición a sustancias químicas, incluyendo el plomo. Se destaca la necesidad de identificar y vigilar la exposición crónica, priorizando a las poblaciones afectadas. Esta perspectiva subraya la necesidad de establecer un esfuerzo de vigilancia más integral, ya que el sistema SIVIGILA actual solo registra casos de intoxicación aguda, pero no contempla aquellos de exposición crónica.(22)

## **Sistema Unificado de Información de Salud Ambiental (SUISA)**

El Sistema Unificado de Información de Salud Ambiental (SUISA) es un sistema de gestión del conocimiento que recopila y captura la información producida por diferentes sectores gubernamentales, analizando los determinantes sociales y ambientales, así como sus efectos en la salud de la población. Este sistema tiene como propósito apoyar la toma de decisiones intersectoriales, proporcionando conocimientos y facilitando la comunicación intersectorial sobre gestión y riesgos. El SUISA está organizado en torno a temas de salud ambiental como el agua, el aire, el clima, los productos químicos y la seguridad vial, entre otros.

De acuerdo con las competencias y las funciones, las entidades que conforman la CONASA tienen la responsabilidad de implementar el SUISA. Como parte de la gestión del conocimiento establecida en la PISA, estas entidades deben caracterizar las fuentes de información priorizadas para la salud ambiental, integrándolas en el SUISA. Además, deben garantizar el suministro y actualización oportuna de la información de cada institución, de acuerdo con las necesidades identificadas para la gestión de la salud ambiental en el marco de la PISA.

El informe sobre la carga de la salud ambiental realizado por el INS en 2018 enfatizó la brecha en la información y la investigación relacionada con la exposición al plomo y sus efectos en el país, lo que resultó en una falta de información que limita la toma de decisiones.(23) Por lo tanto, la CONASA ha identificado la necesidad de incluir información sobre la exposición al plomo en el sistema SUIA. Este sistema puede ser una excelente plataforma para integrar los datos sobre la exposición al plomo (como los niveles promedio de BLL por región) recopilados durante la vigilancia, junto con los factores de riesgo ambientales y poblacionales, lo que permite informar las decisiones de política pública del país.

## Sector Salud

El Ministerio de Salud y Protección Social coordina y ejecuta la política nacional y los servicios sociales en materia de salud y seguridad social.(24) Dentro del Ministerio de Salud, la Dirección de Promoción y Prevención (PyP) será un socio fundamental para establecer la vigilancia del plomo en la sangre, ya que es responsable de proponer políticas y proyectos para la promoción de la salud, la prevención de enfermedades, así como el control y la comunicación de enfermedades. PyP supervisa la implementación y evaluación de los programas de salud del ministerio, propone normas y políticas para la salud ambiental, coordina con las autoridades ambientales y monitorea su implementación.

Dentro de PyP, la Subdirección de Salud Ambiental (SubSA) desempeña las funciones más relevantes para monitorear y reducir la exposición al plomo. Es responsable de elaborar políticas y proyectos relacionados con la prevención, detección, control e intervención de los riesgos asociados a productos químicos y sustancias peligrosas que afectan la salud. En el caso de intoxicación por plomo, la SubSA proporciona asistencia técnica según sea necesario, orienta la metodología del plan de contingencia con monitoreo, hace cumplir las políticas que garantizan un manejo efectivo de los casos de envenenamiento químico y encabeza las medidas de prevención a través de la inspección, vigilancia y control intersectoriales, incluidas las medidas especiales específicas del sector y las intervenciones necesarias identificadas a partir de los análisis de eventos.

Dependiendo de la magnitud y el impacto, estos eventos pueden presentarse al comité institucional de vigilancia epidemiológica y al comité estratégico, dirigido por la SubSA, para informar a los responsables de la formulación de políticas sobre las acciones que involucran a otros sectores (por ejemplo, ambiente, trabajo y defensa). La SubSA también participa

activamente en la formulación, implementación y evaluación de la PISA, así como en el desarrollo del Modelo de Gestión de la PISA y del SUIA.

La SubSA orienta estudios e investigaciones en salud ambiental e implementa estrategias de promoción y prevención de la salud en coordinación con socios nacionales, territoriales o privados. La SubSA sería un socio ideal para iniciar y coordinar el diseño e implementación de los esfuerzos de vigilancia del plomo en la sangre entre las partes relevantes dentro del Ministerio de Salud y traducir estos hallazgos en intervenciones y políticas efectivas.

La Dirección de Epidemiología y Demografía es otro asociado clave que debe participar dentro del Ministerio de Salud para establecer la vigilancia del plomo en la sangre. Esta dirección es responsable de proponer, desarrollar y ejecutar actividades de investigación en salud pública, así como de dirigir y coordinar las actividades del ministerio en el sistema de vigilancia de la salud pública. Debido a su papel clave en la vigilancia de la salud pública y a sus conocimientos pertinentes, esta dirección debe ser consultada durante el diseño e incorporación de mediciones de plomo en sangre en los sistemas de vigilancia de la salud pública existentes.

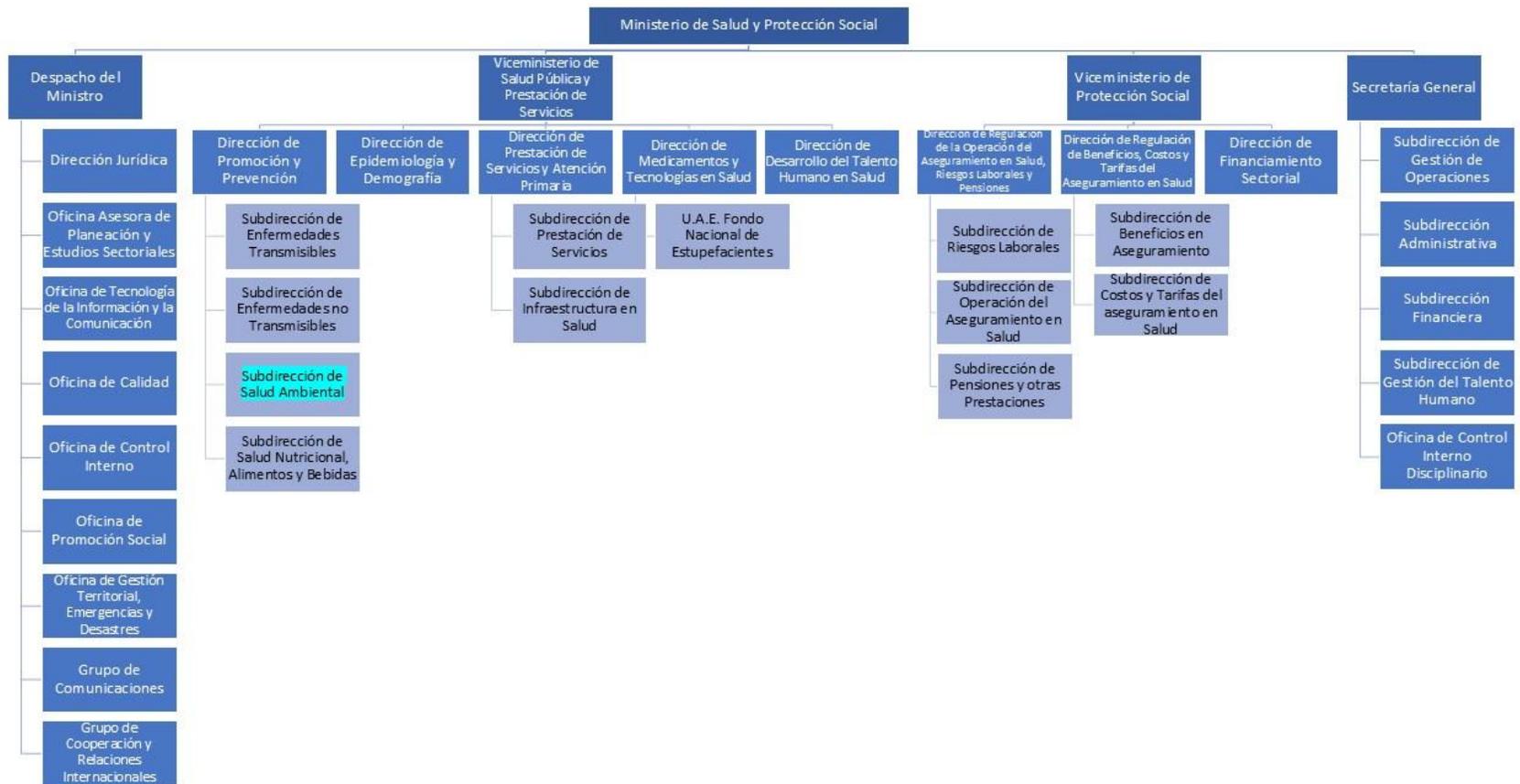


Figura 2: Ministerio de Salud y Protección Social. Adaptado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/SG/GT/organigrama-minsalud.pdf>, visitado en diciembre de 2023.

El Instituto Nacional de Salud (INS) es una entidad nacional que vincula el sector de la ciencia, la tecnología y la innovación con el sector de la salud y la protección social. Coordina el sistema de vigilancia de la salud pública del país y genera evidencia y conocimiento para apoyar la formulación, ajuste y evaluación de las políticas de salud. También capacita al personal para la vigilancia y notificación de eventos de interés en la vigilancia de la salud pública. El INS ha desempeñado un papel vital en la implementación de programas de vigilancia e investigación en salud pública en coordinación con el Ministerio de Salud y bajo su supervisión. Por lo tanto, puede ser un socio importante en la implementación de la vigilancia del plomo en la sangre.(25)

Hay varias direcciones dentro del INS que pueden ser relevantes para participar en el diseño de programas de vigilancia del plomo en la sangre. El Grupo de Investigación en Salud Ambiental y Ocupacional, bajo la Dirección de Investigación en Salud Pública, evaluó los niveles de plomo en la sangre entre los trabajadores con exposición ocupacional al plomo en 2015.(26) También forma parte de la Red para la Gestión del Conocimiento, el Desarrollo y la Innovación en Seguridad y Salud en el Trabajo, un consorcio de 22 instituciones, entre ellas universidades, entidades de toma de decisiones, institutos de educación técnica y una organización de la sociedad civil, que se centran en mejorar la salud y las condiciones de trabajo mediante el intercambio de conocimientos y la innovación.

El Grupo de Química y Toxicología de la Dirección de Redes de Salud Pública gestiona un laboratorio de referencia capaz de monitorizar el plomo en muestras ambientales y de sangre. Este grupo realiza actividades de diagnóstico de muestras de agua y biológicas, lidera evaluaciones externas de desempeño y ofrece asistencia técnica a los laboratorios departamentales de salud pública. Será importante colaborar con este grupo para apoyar las pruebas de vigilancia y ampliar la capacidad de los laboratorios públicos y privados en materia de pruebas de plomo.

La Dirección de Vigilancia y Análisis de Riesgos en Salud Pública genera protocolos para la vigilancia de la salud pública, elabora directrices nacionales para la vigilancia y el análisis de riesgos en salud pública, y desarrolla documentos científicos que evalúan riesgos relacionados con la inocuidad de los alimentos y la toxicología de plaguicidas. Además, utiliza datos epidemiológicos, transfiere conocimientos a las entidades locales a través de la investigación en salud pública y la asistencia técnica, y lleva a cabo actividades de capacitación y fomento de capacidades en epidemiología de campo.

Por último, pero no menos importante, el Observatorio Nacional de Salud produce evidencia basada en datos para la toma de decisiones políticas, integra datos epidemiológicos clave, identifica lagunas de conocimiento para la investigación y promueve redes de conocimiento entre los actores del sector salud en el país.

## **Sector Medio Ambiente**

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desempeña un papel crucial en la regulación de la contaminación por plomo y sus impactos ambientales.(27) El ministerio, en colaboración con la Presidencia de la República, formula la política nacional en materia de medio ambiente y recursos naturales renovables, garantizando el derecho a un entorno sano. Además, dirige el Sistema Nacional del Ambiente (SINA), supervisa la política ambiental internacional y coordina la prevención de riesgos ecológicos. Este ministerio también realiza estudios económicos, análisis fiscales y define tarifas ambientales, además de supervisar a las corporaciones autónomas regionales en temas ambientales.

Dentro del ministerio, la Dirección Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbano dirige los esfuerzos para supervisar y aplicar el Convenio de Basilea. Colombia ratificó este convenio en 1996 a través de la Ley 253, confirmada por la Sentencia de la Corte Constitucional C-977/96. Como anfitrión de la 10ª Conferencia de las Partes (COP) en 2010, Colombia adoptó la Declaración de Cartagena, mostrando el compromiso del país con la gestión segura de los desechos químicos y peligrosos bajo un nuevo marco estratégico. Durante la novena reunión del Grupo de Trabajo Intergubernamental de Composición Abierta en 2014, Colombia lideró los esfuerzos para evaluar el progreso en la implementación de esta declaración, destacando la necesidad de reducir los desechos en su origen y minimizar los movimientos transfronterizos.

El ministerio también ha desempeñado un papel clave en la regulación del plomo en la pintura. Como parte de los requisitos de la OCDE para potenciales miembros, Colombia elaboró un documento de Posición Revisada para el Comité de Productos Químicos, que detalló el marco de gestión de productos químicos del país, su progreso y las necesidades de armonización. Durante este proceso, el ministerio desarrolló el Informe de Políticas sobre el Plomo en la Pintura en 2018, con el apoyo de Vital Strategies, que se convirtió en el preámbulo para la promulgación de la Ley 2041 de 2020.

El ministerio forma parte del CONASA y, en virtud de la Ley 2041 de 2020, refuerza las actividades de control y vigilancia ambiental de todos los establecimientos industriales que

procesen, recuperen o reciclen plomo, velando por el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Siguiendo sus lineamientos, las autoridades ambientales promueven estudios y proyectos de investigación conjuntos con el sector privado, orientados a implementar tecnologías más limpias en la industria del reciclaje de productos con concentraciones de plomo superiores a los límites establecidos en la normatividad. Teniendo en cuenta este contexto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible debe ser informado sobre las actividades de vigilancia de los niveles de plomo en sangre, para que pueda evaluar la aplicación de las regulaciones vigentes y apoyar el desarrollo de políticas enfocadas en la mitigación de otras fuentes importantes de exposición al plomo.

## Gobierno local

A nivel local, la Secretaría de Salud de Bogotá desempeña un papel clave en el desarrollo e implementación del programa de vigilancia para monitorear la exposición al plomo y mercurio en niños residentes en Bogotá desde 2017. Actualmente, el programa se ha implementado en dos áreas de la ciudad y planea expandirse a otra área en 2024.

- Sitios de vigilancia:
  - Hospitales donde los niños fueron diagnosticados con anemia y/o retraso neurológico y sospecha de envenenamiento por plomo.
  - Escuelas ubicadas en áreas con alto riesgo de exposición.
  - Cuadrantes urbanos con alto riesgo de exposición, definidos por tener una alta densidad de talleres automovilísticos o industrias metalmeccánicas.
- Criterios de inclusión: niños con diagnóstico de bajo rendimiento escolar o con retraso en el desarrollo neurológico, del crecimiento o del lenguaje.
- Análisis de sangre venosa en laboratorio acompañado de cuestionarios para identificar las fuentes de exposición, antecedentes y evaluaciones del desarrollo neurológico.

## Entidades no gubernamentales

La revisión de literatura ha permitido identificar una serie de investigadores que han realizado estudios que evalúan la exposición al plomo y sus efectos en la salud infantil en Colombia. Estos investigadores deben ser consultados e informados sobre los esfuerzos actuales para desarrollar la vigilancia del plomo en la sangre con el gobierno, además de participar en el diseño, interpretación y formación de políticas basadas en su experiencia.

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con investigadores en los departamentos de Salud Pública y Toxicología que estudian la exposición al plomo y sus efectos en la salud y su influencia en las políticas públicas. Trabajaron con el Instituto Nacional de Salud, el Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para crear un programa nacional de monitoreo de la exposición al mercurio. Están equipados con un laboratorio de toxicología que tiene capacidad para realizar pruebas de plomo en sangre.

La Universidad de Los Andes tiene experiencia en el análisis de los efectos genotóxicos de la exposición al plomo en poblaciones ocupacionalmente expuestas. Investigadores de la Universidad del Valle han evaluado la exposición al plomo y sus efectos en niños y mujeres embarazadas que viven cerca de las zonas industriales en Cali; mientras que investigadores de las universidades de Cartagena, Córdoba y Atlántico han evaluado la exposición al plomo en niños que viven en la región costera nororiental de Colombia.

Las siguientes ONG también han trabajado en la reducción de la exposición al plomo en Colombia:

- Asociación Colnodo, asociada colombiana de la Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN). Realizó dos estudios sobre el contenido de plomo en pinturas (2016 y 2022), promoviendo la regulación del plomo en la pintura y las prácticas de producción de pintura sin plomo.
- Proyecto de Eliminación de la Exposición al Plomo (LEEP): aunque no hay documentación pública sobre su trabajo o acciones en el país, el equipo informó que están reclutando un coordinador del proyecto en Colombia para apoyar la aplicación de las regulaciones de pintura con plomo.

La Tabla 1 presenta los posibles socios estratégicos para la creación de un programa de vigilancia del plomo en sangre en Colombia.

## Mesa 1: Posibles socios estratégicos

| Tipo                           | Agencia   | Función/División                                      |
|--------------------------------|---|---|
| Gobierno Nacional              | Ministerio de Salud y Protección Social   | Viceministerio de Salud Pública                       |
|                                |   | Coordinación de Laboratorio                           |
|                                |   | Subdirección de Salud Ambiental                       |
|                                |   | Subdirección de Epidemiología                         |
|                                | Instituto Nacional de Salud (INS)   | General Director                                      |
|                                |   | Dirección de Investigación en Salud Pública           |
|                                |   | Grupo de Salud Ambiental y Laboral                    |
|                                |   | Dirección de Toxicología                              |
|                                | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible                                  | Consultor Ambiental                                   |
|                                |   | Técnico en Metales Pesados                            |
| Coordinador de Metales Pesados |   |   |
| Ministerio de Trabajo          | División de Medio Ambiente  |   |
|                                | División de Seguridad y Salud en el Trabajo                                     |   |
| Instituciones Académicas       | Universidad de Los Andes  | Director de la Clínica Legal y de Salud Pública       |
|                                | Universidad de Cartagena  | Departamento de Toxicología                           |
|                                | Universidad de Córdoba  | Experto en Metales Pesados                            |
|                                | Universidad Nacional  | Departamento de Toxicología                           |
|                                | Universidad Nacional  | Coordinador de Laboratorio                            |
|                                | Universidad de Antioquia  | Director de Laboratorio                               |
|                                | Universidad de Córdoba  | Experto en Metales Pesados                            |
| Gobierno local                 | Secretaría de Salud de Bogotá   | Vigilancia Distrital de Tóxicos                       |
|                                |   | Químico Técnico                                       |
|                                |   | Técnico en Salud Ambiental                            |
|                                |   | Director del Programa                                 |
|                                | Gobernación de Cundinamarca   | IVC Farmacéutico Sanitario/Subdirección de Vigilancia |
| ONG                            | Organización Panamericana de la Salud (OPS)                                     | Asesor en Prevención y Control de Enfermedades        |
|                                |   | Asesor de Seguridad Química                           |
|                                | Asociación Colnodo  | Investigador de la Exposición Ambiental al Plomo      |
|                                | ICONTEC —Comisión Nacional de Validación y Verificación de Productos y Procesos | Dirección de Metales Pesados                          |

# Capacidad de Vigilancia de la Salud Pública

## Estudios previos sobre niveles de plomo en sangre en niños colombianos

Los estudios que evaluaron los niveles de plomo en sangre (BLL, por sus siglas en inglés) en niños colombianos han sido limitados, particularmente entre niños menores de cinco años. Muy pocos estudios utilizaron una muestra representativa y ninguno fue representativo a nivel nacional.

Algunos estudios, realizados mediante selección aleatoria de niños en barrios o escuelas, han proporcionado algunas ideas sobre la exposición inicial al plomo a nivel local. Un estudio realizado en Bogotá estimó que la mediana del BLL de niños menores de 5 años era de 2,57  $\mu\text{g}/\text{dL}$ (28); Olivero-Verbel et al. evaluaron a niños en edad escolar de ocho barrios de Cartagena, encontrando un promedio de BLL de 4.74  $\mu\text{g}/\text{dL}$ (29); Álvarez-Ortega evaluó el BLL en niños en edad escolar en cinco municipios y encontró un promedio de BLL de 3.5  $\mu\text{g}/\text{dL}$ (8); un estudio realizado en Cali, encontró que el promedio del BLL de los niños en edad escolar que vivían en el área de control no expuestas era de  $3.0 \pm 1.2 \mu\text{g}/\text{dL}$ (10). Otros estudios enfocados en niños residentes de áreas con fuentes conocidas de contaminación por plomo (por ejemplo, fundiciones y reciclaje de baterías) encontraron que el BLL oscilaba entre 1,7 y 54  $\mu\text{g}/\text{dL}$ (9–11,30–32). En la Tabla 2 se presenta un resumen de los estudios previos que evaluaron el BLL en niños en Colombia.

La información de las fuentes de exposición al plomo en el hogar para niños colombianos es bastante limitada. Los estudios previos se centraron en fuentes industriales, como fundiciones, reciclaje de baterías y la pesca con pesas a base de plomo. Según un nuevo informe de Pure Earth, se han encontrado altos niveles de plomo que superan los estándares regulatorios en pinturas, utensilios y vajillas de cocina de cerámica o metálicas muestreadas en los mercados de Colombia.(13) Un estudio reciente analizó 48 muestras de pintura a base de solventes en Colombia y encontró que casi la mitad de las muestras contenían niveles de plomo que excedían los límites reglamentarios.(12)

A pesar de estos hallazgos, ningún estudio ha evaluado hasta el momento la relación entre estas fuentes emergentes de exposición al plomo en el hogar y los niveles de plomo en sangre de los niños, lo que impide comprender su contribución al problema.

Tabla 2: Resumen de estudios previos que evaluaron el BLL en niños en Colombia.

| Autores                              | Año de publicación | Año de estudio | Ubicación: Ciudad, Departamento | Población de estudio/<br>Tamaño de la muestra/<br>Unidad de muestreo | Media BLL± DE, µg/dL;<br>Prevalencia de BLL<br>elevado, %  | Fuente sospechosa   | Método analítico |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------------|--|--|---|------------------|
| J Olivero-Verbel, et al.             | 2006               | 2006           | Cartagena, Bolívar              | Niños de 5 a 9 años/189/Escuelas                                     | 5,49 ± 0,23;<br>4,74 (1,0–21,0); BLL ≥ 5 µg/dL: 42%; BLL ≥ 10 µg/dL: 7,4%  | Plomada de red de pesca, fundición de metales               | GFAAS            |
| CA Hurtado, M Gutiérrez, J Echeverry | 2008               | 2004-2005      | Soacha, Cundinamarca y Bogotá   | Niños de 5 meses a 12 años/32 / Hogares                              | 54 ± 21;<br>60,0 (32,5–70,0); BLL ≥ 5 µg/dL: 100%  | Reciclaje de baterías                                       | GFAAS            |
| PA Filigrana, F Méndez               | 2012               |                | Cali, Valle del Cauca           | Niños de 6 a 14 años/350 /Escuelas                                   | <b>Expuestos:</b><br>4,7 ± 1,6;<br>BLL ≥ 5 µg/dL: 44,2%<br><b>No expuestos:</b><br>3,0 ± 1,2 µg/dL;<br>BLL ≥ 5 µg/dL: 8,2%   | Zona industrial de fabricación de acero, baterías y metales | GFAAS            |
| SD Osorio-García, et al              | 2014               | 2012-2013      | Bogotá                          | Todas las edades/401/Hogares   | <b>Todos:</b><br>8,62 ± 10,04; BLL ≥ 10 µg/dL: 2,5%<br><b>0-5 años:</b><br>2,57 (1,31-18,65);<br><b>De 6 a 16 años:</b><br>7,92 (2,85-17,31);<br><b>De 0 a 16 años:</b><br>BLL ≥ 10 µg/dL: 40% | Vivir en el lado sureste de la ciudad                       | GFAAS            |
| AP Vergara García                    | 2014               | 2013           | Malambo, Atlántico              | Todas las edades/59/Escuelas   | <b>≤15 años:</b><br>25.58 ± 7.62<br><b>&gt;15 años:</b><br>17.15 ± 8.45  | Agua contaminada por la industria de fundición de plomo     | GFAAS            |

| Autores                  | Año de publicación | Año de estudio | Ubicación: Ciudad, Departamento   | Población de estudio/<br>Tamaño de la muestra/<br>Unidad de muestreo | Media BLL± DE, µg/dL;<br>Prevalencia de BLL<br>elevado, %   | Fuente sospechosa  | Método analítico |
|--------------------------|--------------------|----------------|---|--|---|--|------------------|
| Pure Earth               | 2018               | 2017           | Malambo, Atlántico  | Todas las edades/181/Comunidad                                       | <b>Niños (&lt;18 años):</b><br>19,53±15,10;<br>15,7 (3,4-65,0);<br><b>Adultos:</b><br>15,17±18,04;<br>7,6 (3,4-65,0); | Suelo contaminado por la industria de fundición de plomo   | LeadCare II      |
| Pure Earth               | 2018               | 2017           | Palmira, Valle del Cauca  | Todas las edades/168/Comunidad                                       | <b>Niños (&lt;18 años):</b><br>16,26±10,58;<br>15,0 (3,3-65,0)<br><b>Adultos:</b><br>14,56±11,67;<br>10,8 (3,6-65,0)  | Aire y suelo contaminados por la industria de fundición de plomo   | LeadCare II      |
| N Álvarez-Ortega, et al. | 2017               | 2014           | Cartagena, Bolívar  | Niños de 5 a 16 años/118 /Hogares                                    | 1,7±0,3;<br>1.3 (0.05-34.05);   | Rellenos sanitarios de basura y tráfico pesado; Fundición de metales   | GFAAS            |
| N Álvarez-Ortega, et al. | 2019               | 2015           | Cartagena, Bolívar; Tasajera y Santa Marta, Magdalena; y Valledupar y La Paz, César | Niños de 5 a 19 años/554/Escuelas                                    | 3,5 ± 0,2;<br>1,9 (0,1-50,1); BLL ≥ 5 µg/dL: 15,3%  | Plomada de red de pesca, fundición de metales  | GFAAS            |
| L Carranza-López, et al. | 2020               | 2015           | Cartagena, Bolívar  | Niños de 5 a 16 años/198 /Escuelas                                   | 3,6 ± 0,3;<br>1.9 (1.2–3.1)   | Plomada de red de pesca, fundición de metales, suelo contaminado, juguetes a base de plomo fabricados en el patio de la casa | GFAAS            |

## Sistema de Vigilancia de la Salud Pública (SIVIGILA)

En la actualidad, SIVIGILA realiza un seguimiento de diversas enfermedades, incluidas las infecciosas (por ejemplo, viruela, infecciones respiratorias agudas, ETS) y las enfermedades no transmisibles. La intoxicación aguda por plomo está [clasificada](#) como un evento de interés para la salud pública, monitoreado y reportado por los profesionales de la salud al sistema SIVIGILA. Existe una guía general de notificación de todas las intoxicaciones causadas por sustancias químicas, pero no una específica para el plomo. La guía aconseja que, cuando un evento de intoxicación es identificado por *unidades generadoras de datos primarios* (por ejemplo, proveedores de atención médica), se debe informar diligenciando y enviando [el Formulario 365](#). Este formulario captura el tipo de sustancia química que causa la intoxicación, el lugar, el tiempo y los medios de exposición, y si el caso se confirma clínicamente con una fuente confirmada de exposición. Cuando hay sospecha de intoxicación, pero no evidencia de exposición, se deben utilizar pruebas de laboratorio para confirmar la presencia de la sustancia química en el cuerpo. Las directrices de SIVIGILA indican que se realicen pruebas de laboratorio de sangre total utilizando el método GFAAS para los casos sospechosos. Si el Laboratorio de Salud Pública local (distrital o departamental) o la Institución de Atención Primaria de Salud no tienen esta capacidad de realizar pruebas, deben buscar el apoyo de la Red Nacional de Laboratorios.

Cuando el evento es confirmado por síntomas clínicos, reporte de exposición por un familiar del paciente, una respuesta positiva a la administración de un quelante, evidencia de uso del producto químico en el lugar de intoxicación o análisis de laboratorio, el caso se clasifica como *confirmado* por nexo epidemiológico. Para los casos de intoxicación en niños menores de 5 años, el caso debe ser señalado en el sistema de vigilancia y reportado inmediatamente en SIVIGILA, activando el protocolo de vigilancia. Este protocolo para la vigilancia de la intoxicación por plomo en niños implica la atención integral al niño, la realización de análisis de sangre para determinar el BLL, el tratamiento de la intoxicación y el envío del informe a las autoridades sanitarias municipales para iniciar la investigación de campo en las 24 horas siguientes. Si el municipio no cuenta con los medios para llevar a cabo la investigación de campo, se convoca a las autoridades sanitarias a nivel distrital y departamental para que apoyen.

Si bien SIVIGILA requiere que se informen los casos agudos de envenenamiento por plomo, es probable que haya un subregistro significativo de los casos de envenenamiento por plomo en la infancia. En 2017, el perfil epidemiológico de las intoxicaciones en Colombia 2008-2015 mostró

que, entre los 209.823 casos notificados, solo el 1% (2.054) se atribuyeron a la exposición a metales, con 111 reportados en niños menores de 5 años.(33) No se pudo determinar cuántos casos se debieron a la exposición al plomo, ya que no hubo un mayor desglose de las causas dentro de la categoría de metales.

Según los microdatos de 2022 disponibles en el [Panel de control de SIVIGILA](#), 51 intoxicaciones se debieron a la exposición a metales, de las cuales 21 se reportaron en niños menores de 5 años. En una reunión con una compañía de seguros de riesgos ocupacionales, se reportó que se han registrado menos de 15 casos de exposición ocupacional al plomo desde 2015. Dada la confidencialidad de los datos, no se ha podido verificar este número utilizando los datos de SIVIGILA de acceso público.

Además, el sistema solo captura los casos de envenenamiento por plomo con niveles extremadamente altos en sangre y con síntomas clínicos evidentes y graves. En una conversación anterior con la Dirección de Epidemiología del Ministerio de Salud, los funcionarios afirmaron que esta plataforma está diseñada para capturar eventos agudos y no capturará a niños con una exposición moderadamente elevada al plomo a largo plazo, la cual afecta significativamente su salud y desarrollo cerebral.

## **Programa de Vigilancia de Salud Pública de Bogotá para la Exposición al Plomo y al Mercurio**

En Bogotá, la Secretaría Distrital de Salud estableció en 2017 un sistema centinela de vigilancia de la exposición al plomo en dos sectores del sur de la ciudad. Los funcionarios de salud pública identifican a los niños con posible exposición ambiental al plomo y al mercurio mediante la vigilancia de las instituciones educativas, la búsqueda de casos casa por casa en áreas de exposición de alto riesgo (Estrategia de Cuadrante de Exposición) y el despliegue de dos Unidades Centinelas en los vecindarios. Los BLL de los niños identificados se determinan utilizando muestras de sangre venosa y el método GFAAS en el Laboratorio de Salud Pública de la Secretaría Distrital de Salud. Como parte del programa de vigilancia, las autoridades de salud pública también crean conciencia y realizan capacitaciones para los trabajadores de la salud y las personas potencialmente expuestas al mercurio y al plomo.

En 2022, un total de 621 niños se sometieron a pruebas de exposición al plomo y al mercurio. De estos, 337 (54,3%) fueron identificados a través de instituciones educativas, 266 (42,8%) a través de la Estrategia del Cuadrante de Exposición y 18 (2,9%) a través de las Unidades

Centinela. En la vigilancia realizada en las Unidades Centinela solo se encontró un caso con BLL elevada ( $\geq 5 \mu\text{g/dL}$ ). La posible exposición ambiental de este niño incluía vivir con un fumador, llevarse juguetes, pintura y lápices a la boca, vivir en un área de alto tráfico vehicular y tener un padre y un tío trabajando en talleres automotrices. Los resultados de otras áreas de vigilancia no estaban disponibles cuando se redactó este informe.

## Encuesta Nacional de Salud Infantil

Existen algunas encuestas o cohortes nacionales que evalúan el estado de salud y nutrición de los niños utilizando una muestra representativa a nivel nacional de niños colombianos. La incorporación de pruebas de plomo en la sangre y cuestionarios de evaluación de la exposición al plomo en estas encuestas nacionales de rutina también podría ser una gran oportunidad para iniciar una vigilancia sostenible dirigida por el gobierno para la exposición al plomo entre los niños. En la tabla 3 se resumen las características de las encuestas nacionales existentes.

Los ciclos recientes de encuestas nacionales en Colombia se retrasaron debido a conflictos con otras prioridades de salud pública en el país, como la pandemia de COVID-19, a pesar de que las metodologías de las encuestas ya habían sido planificadas y aprobadas. Tanto la Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) como la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) probablemente se implementen en 2024. La ENDS ofrece la oportunidad más temprana para la integración de la vigilancia de BLL, ya que toma muestras de niños del grupo de edad de interés. Una versión anterior de la metodología de la ENDS indicaba que podría incluir biomarcadores de exposición al plomo y al mercurio en niños menores de 5 años para el próximo ciclo. Una vez confirmado, será una gran oportunidad para asociarse con el Ministerio de Salud para incorporar la evaluación de la exposición al plomo en el próximo ciclo.

Tabla 3: Encuestas Nacionales sobre la Salud de los Niños

| Encuesta  | Agencia principal   | Organismo de ejecución   | Muestra   | Población Infantil Objetivo         | Frecuencia de la encuesta (año del último ciclo) | Información recopilada relevante para la salud de los niños  | Pruebas de sangre/físicas                               |
|---|---|--|---|-------------------------------------|--|--|---|
| Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS en español)                     | Ministerio de Salud y Protección Social                                 | Profamilia, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), Ministerio de Salud, INS y USAID  | Representativo a nivel nacional   | 13-18 años                          | Cada 5 años (2015)                               | Estado general de salud; SES; Salud sexual   | Ninguno   |
| Encuesta Nacional de la Situación Sanitaria y Nutricional en Colombia (ENSIN) | Ministerio de Salud y Protección Social                                 | Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), Ministerio de Salud, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, INS y la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) | Representativo a nivel nacional (295 municipios)  | Menores de 5 años; 5-12; 12-17 años | Cada 5 años (2015)                               | Medidas antropométricas; nutrición, ingesta dietética; estado de salud; SES; Comportamiento saludables | Sí, medidas antropométricas (p. ej., altura, peso, IMC) |
| Encuesta Longitudinal Colombiana de Niñez (ELCA)                              | Universidad de Los Andes, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico | Universidad de Los Andes, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico  | Representativo a nivel nacional, excluyendo la región amazónica, y SES 5 y 6 (más rico) | Menores de 5 años; 5-12; 12-17 años | Cada 3 años (2016)                               | Medidas antropométricas, el Test de Vocabulario de Imágenes de Peabody en español                      | Sí, medidas antropométricas (p. ej., altura, peso, IMC) |
| Encuesta Nacional de Salud Pública  | Ministerio de Salud y   | Universidad Nacional de Colombia, Universidad  | Representativo a nivel nacional   | Menores de 6 años; 6-12; 12-17 años | Cada 10 años (2007)                              | Morbilidad sentida, demanda y utilización  | Solo entre los adultos                                  |

|                      |                      |                                   |  |  |  |  |  |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| de Colombia<br>(ENS) | Protección<br>Social | Javeriana, Ministerio de<br>Salud |  |  |  | de servicios médicos y<br>dentales, y vacunación |  |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|--|

# Capacidades de laboratorio

## Laboratorios Públicos

Colombia tiene 32 departamentos y un distrito, y cada uno de ellos cuenta con un Laboratorio de Salud Pública Departamental o Distrital. Además, el país dispone de un Laboratorio Nacional de Referencia en el Instituto Nacional de Salud. Tras investigaciones de escritorio y actividades de divulgación directas a estos laboratorios para obtener información sobre su capacidad para analizar el plomo en la sangre, en el momento de redactar este informe, se obtuvo información de cinco de los 34 laboratorios. De estos, dos laboratorios pueden realizar actualmente pruebas de plomo en la sangre, y los tres restantes informaron diferentes niveles de capacidad para la realización de pruebas de plomo.

- ✓ El **Laboratorio Nacional de Referencia del Instituto Nacional de Salud** analiza el BLL mediante espectrometría de absorción atómica y en sangre venosa. Recibió la acreditación nacional y ha analizado muestras de sangre recolectadas para proyectos de investigación, vigilancia de salud pública y proyectos de biomonitorio realizados por el Instituto Nacional de Salud.
- ✓ El **Laboratorio Distrital de Salud Pública de Bogotá** apoyó el esfuerzo de vigilancia del plomo en sangre y tiene capacidad técnica y de equipamiento, según información obtenida de los funcionarios de la Secretaría Distrital de Salud. Sin embargo, no se cuenta con información detallada sobre su método y capacidad máxima de prueba.
- ✓ Actualmente, el **Laboratorio de Salud Pública de Cundinamarca** solo analiza metales pesados en matrices ambientales y puede procesar hasta 200 muestras por día. Informaron que tienen la capacidad técnica para procesar el plomo en muestras de sangre si se les proporcionan los reactivos adecuados para la preparación de las muestras.
- ✓ Actualmente, el **Laboratorio de Salud Pública del Valle del Cauca** solo mide metales pesados en matrices ambientales. Manifestaron interés en procesar metales pesados en otras matrices, como la sangre, en recibir apoyo para aumentar sus recursos humanos capacitados y obtener la acreditación internacional.

- ✓ El **Laboratorio Departamental de Vichada** cuenta con un DMA-80 Evo para el procesamiento de muestras de mercurio. Informaron que cuentan con la capacitación técnica para procesar plomo en la sangre si se les proporciona el equipo.

En general, hay falta de información pública sobre la capacidad de la Red Nacional de Laboratorios. Al preparar este informe, se deduce que los Laboratorios de Salud Pública a nivel departamental solo pueden procesar muestras tomadas en su área de cobertura (por ejemplo, en sus departamentos), y se necesita aprobación y coordinación adicionales con el Laboratorio Nacional de Referencia del INS para procesar muestras de otras áreas geográficas.

## Laboratorios Privados

Además, se identificaron ocho laboratorios no gubernamentales, incluidos tres laboratorios universitarios y cinco laboratorios privados, que miden el plomo en la sangre. El costo de las pruebas osciló entre US\$9 y US\$44, aunque puede variar según el número total de muestras a procesar. Entre los laboratorios no gubernamentales, Colcan Laboratorio Clínico podría ser un candidato adecuado para apoyar grandes proyectos de biomonitorio, ya que reportó un límite de detección bastante bajo, puede procesar una gran cantidad de muestras por semana a un precio asequible y puede entregar los resultados en una semana. Las características clave de todos los laboratorios identificados se resumen en la Tabla 4.

En general, se observa una capacidad de laboratorio extremadamente limitada para las pruebas de plomo en sangre en Colombia, especialmente dentro de los laboratorios afiliados al gobierno. Solo dos laboratorios gubernamentales informaron haber tenido experiencia previa en pruebas de plomo en la sangre, y solo apoyaron las pruebas de BLL a pequeña escala en respuesta a emergencias/brotos o esfuerzos locales de detección.

Tabla 4: Resumen de la evaluación de la capacidad del laboratorio

| Laboratorio                                  | Tipo           | Municipio, Departamento    | Metales probados                          | Matriz        | Método analítico | Límite de detección | Volumen mínimo de muestra | Muestras semanales (capacidad máxima) | Tiempo de respuesta            | Costo unitario in 2024, COP (USD*) |
|--|----------------|----------------------------|---|---------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Instituto Nacional de Salud (INS)            | Laboratorio PH | Bogotá D.C., Bogotá D.C    | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS            | 1,00 µg/dL          | 5 mL                      | No se indica                          | Depende del número de muestras | No se indica                       |
| LSP, Secretaría Seccional de Salud, Vichada  | Laboratorio PH | Puerto Carreño, Vichada    | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Agua          | NA               | NA                  | NA                        | NA                                    | NA                             | NA                                 |
| LSP del Valle del Cauca                      | Laboratorio PH | Cali, Valle Del Cauca      | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Agua          | NA               | NA                  | NA                        | NA                                    | NA                             | NA                                 |
| LSP de Cundinamarca                          | Laboratorio PH | Bogotá D.C., Cundinamarca  | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Agua          | NA               | NA                  | NA                        | NA                                    | NA                             | NA                                 |
| LSP, Secretaría Distrital de Salud de Bogotá | Laboratorio PH | Bogotá D.C., Bogotá D.C    | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS            | No se indica        | No se indica              | No se indica                          | No se indica                   | No se indica                       |
| Universidad Nacional de Colombia             | Universidad    | Bogotá, D.C., Bogotá, D.C. | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS            | 1,5 µg/dL,          | 2-5 ml                    | 70                                    | 8-15 días                      | 180.000 (43,37)                    |
| Universidad de Córdoba                       | Universidad    | Montería, Córdoba          | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS            | No se indica        | No se indica              | 250                                   | 8-15 días                      | 85.000 (20,48)                     |

| Laboratorio                        | Tipo        | Municipio, Departamento      | Metales probados                          | Matriz        | Método analítico    | Límite de detección | Volumen mínimo de muestra | Muestras semanales (capacidad máxima) | Tiempo de respuesta | Costo unitario in 2024, COP (USD*) |
|------------------------------------|-------------|------------------------------|---|---------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Universidad de Antioquia (LIME)    | Universidad | Medellín, Antioquia          | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | FAAS                | 2,5 µg/dL           | 6 mL                      | 250                                   | 10 días             | 175,800 (42.36)                    |
| Laboratorio Químico Clínico S.A.S. | Privado     | Barranquilla, Atlántico      | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS               | 0,2 µg/dL           | 4 mL                      | 250                                   | 48-72 horas         | 83.300 dólares (20,07)             |
| Colcan Laboratorio Clínico         | Privado     | Cobertura Nacional, Múltiple | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | GFAAS               | 0,2 µg/dL           | 4 mL                      | 1500                                  | 4 días              | 35,000 (8.43)                      |
| Aoxlab S.A.S                       | Privado     | Medellín, Antioquia          | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | ICP-OES             | 0,015 µg/dL         | <b>No se indica</b>       | 600                                   | 3 días              | 109,750 (26.45)                    |
| IDIME                              | Privado     | Cobertura Nacional, Múltiple | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | <b>No se indica</b> | <b>No se indica</b> | <b>No se indica</b>       | <b>No se indica</b>                   | 12 días             | 57.000 (13,73)                     |
| Sura                               | Privado     | Cobertura Nacional, Múltiple | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Sangre entera | ICP-MS              | <b>No se indica</b> | 4 mL                      | 200                                   | 9 días              | 45,956 (11.07)                     |
| Laboratorio Médico de Referencia   | Privado     | Medellín, Antioquia          | Níquel, plomo, arsénico, cadmio, mercurio | Orina         | GFAAS               | <b>NA</b>           | <b>NA</b>                 | <b>NA</b>                             | <b>NA</b>           | <b>NA</b>                          |

(\*) US\$1 = COP \$4.150

## Uso de analizadores portátiles

En el mercado existe un analizador portátil para medir el BLL, conocido como LeadCare II, aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU. (FDA). Su precisión es comparable a los métodos de laboratorio para BLL entre 3,4 y 65  $\mu\text{g/dL}$ .<sup>(34)</sup> Es comparativamente rentable, fácil de operar y puede generar resultados instantáneos in situ utilizando una pequeña cantidad de muestra (50  $\mu\text{L}$ ) que no requiere conservación ni manipulación especial.

Se encontraron cuatro proyectos anteriores que utilizaron LeadCare en Colombia. Uno de estos proyectos dio lugar a dos publicaciones. Las características de estas publicaciones se resumen en la Tabla 5. Tres de estos estudios se realizaron con el apoyo analítico y la aprobación ética del Instituto Nacional de Salud.

Tabla 5 Resumen de Características de los Estudios con Analizador Portátil en Colombia

| Autores                  | Título  | Año de publicación | Año de estudio | Ubicación          | Población de estudio                                     | Tipo de muestreo  | Método analítico                          |
|--------------------------|---|--------------------|----------------|--------------------|--|---|---|
| S Díaz-Criollo, et al.   | Evaluación de la exposición a plomo en trabajadores informales colombianos que reciclan baterías                    | 2021               | 2015           | Soacha             | Recicladores de baterías a base de plomo                 | Muestreo por conveniencia: 120 adultos entre 20 y 75 años, 60 expuestos y 60 no expuestos | LeadCare II con validación mediante GFAAS |
| S Díaz-Criollo, et al.   | Does sulfuric acid have a 'protective' effect on battery recyclers exposed to lead?                                 | 2019               |                |                    |  |   |   |
| AD Hernandez-Gil, et al. | Determinación de los efectos genotóxicos y epigenéticos del plomo en personas expuestas en el reciclaje de baterías | 2014               | 2013           | Bogotá y Soacha    | Trabajadores artesanales de una fábrica de baterías      | Muestreo por conveniencia: 30 expuestos y 30 no expuestos al plomo ocupacional            | LeadCare II                               |
| Pure Earth               | Informe Anual de Actividades en Colombia 2017   | 2018               | 2017           | Malambo, Atlántico | Residentes de la zona contaminada por fundición de plomo | Muestreo por conveniencia: 101 niños y 80 adultos   | LeadCare II                               |

| Autores    | Título  | Año de publicación | Año de estudio | Ubicación                | Población de estudio                                     | Tipo de muestreo                                  | Método analítico |
|------------|---|--------------------|----------------|--------------------------|--|---|------------------|
| Pure Earth | Informe Anual de Actividades en Colombia 2017 | 2018               | 2017           | Palmira, Valle del Cauca | Residentes de la zona contaminada por fundición de plomo | Muestreo por conveniencia: 66 niños y 102 adultos | LeadCare II      |

El estudio, realizado en 2015 por el Instituto Nacional de Salud en coordinación con la Secretaría de Salud de Cundinamarca, tuvo como objetivo identificar la exposición al plomo y su asociación con desenlaces de salud epigenéticos en una comunidad de trabajadores de reciclaje de baterías de plomo en Soacha, Cundinamarca.(26) Los investigadores utilizaron LeadCare II para medir el BLL en muestras de sangre capilar. Los resultados obtenidos con LeadCare fueron validados mediante un subconjunto de muestras de sangre venosa utilizando GFAAS en el Laboratorio Nacional de Referencia. Los investigadores de este estudio señalaron una alta correlación entre LeadCare II y las mediciones de laboratorio. También se afirmó que LeadCare II es una herramienta aceptable para el tamizaje de la exposición al plomo en la población. Sin embargo, el alto costo y la corta vida útil de los kits de prueba impidieron el uso futuro de este equipo. El equipo LeadCare II fue calificado como fuera de servicio después de la finalización del estudio de 2015.

Los mismos datos de origen se utilizaron para otro estudio publicado en 2019, que evaluó la exposición al plomo y la interacción con el ácido sulfúrico.(17)

Otro estudio publicado, resultado de una tesis de maestría realizada por un estudiante de la Universidad de Los Andes, también utilizó LeadCare II.(35) En ese estudio, se evaluó el plomo en sangre capilar de 60 adultos, con edades comprendidas entre los 20 y 69 años, 30 de ellos expuestos ocupacionalmente al plomo en fábricas de baterías y 30 no expuestos ocupacionalmente.

La medición del plomo en sangre se realizó mediante el dispositivo LeadCare II en el Instituto Nacional de Salud, aunque no se detalló la validación del método analítico.

Pure Earth realizó dos estudios en 2017 en dos áreas altamente contaminadas con plomo de Colombia, Malambo y Palmira, utilizando LeadCare II para evaluar el plomo en muestras de sangre capilar.(32) El estudio de Malambo incluyó a 101 niños y 80 adultos, mientras que el

estudio de Palmira incluyó a 66 niños y 102 adultos. El informe publicado no menciona la validación de los resultados de BLL utilizando métodos de laboratorio.

## **Recomendaciones para el desarrollo de capacidades de laboratorio**

Con base en la evaluación de la capacidad actual de los laboratorios en Colombia, recomendamos los siguientes enfoques para ampliar y mejorar la capacidad de apoyo a la vigilancia de plomo en sangre a gran escala bajo el liderazgo del gobierno.

- Mejorar la capacidad de laboratorio en el INS mediante la obtención de la acreditación nacional para el análisis de plomo en la sangre, así como proveer con recurso humano de apoyo (por ejemplo, técnicos designados). Además, se sugiere automatizar la recolección de muestras, actualizar los instrumentos analíticos o mejorar los métodos establecidos, y aumentar la precisión mediante la participación en el programa de competencia del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos.
- Mejorar las capacidades de laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia y explorar la posibilidad de colaborar con el gobierno en el análisis de plomo en sangre como parte de un programa nacional de detección y vigilancia de la exposición al plomo.
- Explorar acuerdos entre el gobierno y los laboratorios para obtener precios con descuento en las pruebas de plomo en la sangre realizadas en estos laboratorios, apoyando así los esfuerzos de vigilancia o monitoreo a gran escala (como se ha considerado en el ciclo reciente de encuestas nacionales de salud).
- Donar analizadores portátiles a los laboratorios regionales de salud pública en las regiones seleccionadas para la vigilancia o en aquellas identificadas con un alto nivel de BLL durante el estudio de vigilancia. Esto permitirá generar la capacidad de realizar pruebas locales para la detección de niños expuestos al plomo. Además, se requieren fondos adicionales para la compra de kits de prueba y la coordinación de su adquisición con un distribuidor local, a fin de evitar su inutilización debido a la rápida caducidad.

## Capacidad de Gestión Clínica

Los Centros de Información Toxicológica generalmente brindan asesoramiento clínico y público especializado relacionado con la intoxicación. Con base en la [base de datos de la OMS sobre centros de toxicología](#) de 2023, identificamos cinco centros en Colombia y un centro adicional en [el directorio de la Red Nacional de Toxicología de América Latina \(RETOXLAC\)](#) (ver Tabla 6).

En el marco de la Estrategia de Respuesta a Emergencias Toxicológicas a Nivel Nacional y otras acciones para la prevención y atención de emergencias químicas y toxicológicas, existe una línea telefónica nacional de asesoramiento ((+57-601) 2886012/018000-916012/#116) que brinda información sobre el manejo de intoxicaciones agudas y crónicas. Esta línea proporciona asesoramiento técnico para la prevención de eventos toxicológicos e información sobre los recursos técnicos, de diagnóstico y tratamiento disponibles, entre otros.

Para la primera línea clínica, el Ministerio de Salud y Protección Social diseñó en [2008 la Guía para la Gestión de Emergencias Toxicológicas](#), la cual fue actualizada [en 2016](#). Esta guía incluye un capítulo sobre la detección, el diagnóstico y el tratamiento de la intoxicación por plomo en adultos y niños. Además, el INS publica y actualiza periódicamente el protocolo de vigilancia de [la salud pública para las intoxicaciones por sustancias químicas](#). Ambos documentos rectores se elaboran sobre la base de las [Directrices de la OMS para el tratamiento clínico de la exposición al plomo](#).

Tabla 6 Centros de Información Toxicológica en Colombia identificados a partir de la base de datos de la OMS y RETOXLAC 2023

| Nombre   | Ciudad            | Teléfono de emergencia                                 | Correo electrónico   | Sitio web  | Horario de atención | De acceso público | Fuente            |
|--|-------------------|--|--|--|---------------------|-------------------|-------------------|
| Línea de Información y Asesoría Toxicológica Ministerio de Salud y Protección Social / Centro de Información de Seguridad de Productos Químicos CISPROQUIM Consejo Colombiano de Seguridad | Bogotá, D.C.      | (+57-601) 2886012/ 018000-916012                       | <a href="mailto:cisproquim@ccs.org.co">cisproquim@ccs.org.co</a> ;<br><a href="mailto:lineatoxicologica@minsalud.gov.co">lineatoxicologica@minsalud.gov.co</a> | <a href="https://ccs.org.co/cisproquim/">https://ccs.org.co/cisproquim/</a><br><a href="https://www.minsalud.gov.co/salud/PServicios/Paginas/linea-nacional-de-toxicologia.aspx">https://www.minsalud.gov.co/salud/PServicios/Paginas/linea-nacional-de-toxicologia.aspx</a> | 24 horas            | Sí                | La OMS y RETOXLAC |
| Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente de ARL SURA - CISTEMA SURA  | Bogotá, D.C.      | (+57-601) 4055911 opción 1-1, 018000-511414 opción 1-1 | <a href="mailto:cistema@arlsura.com.co">cistema@arlsura.com.co</a><br><a href="mailto:acastro@sura.com.co">acastro@sura.com.co</a>                             | <a href="https://www.arlsura.com/index.php/biblioteca-cistema">https://www.arlsura.com/index.php/biblioteca-cistema</a>  | 24 horas            | Sí                | La OMS y RETOXLAC |
| Centro de Información y Atención en Toxicología de Cartagena y Región Caribe   | Bolívar-Cartagena | (+57-317) 5010966                                      | <a href="mailto:specrued@cartagena.gov.co">specrued@cartagena.gov.co</a><br><a href="mailto:alvaro_cruzquintero@yahoo.es">alvaro_cruzquintero@yahoo.es</a>     | <a href="https://www.dadiscartagena.gov.co/index.php/crue/">https://www.dadiscartagena.gov.co/index.php/crue/</a>  | 24 horas            | Sí                | La OMS y RETOXLAC |
| Centro de Investigación, Información, Asesoría en Farmacología y Toxicología Clínica de Boyacá — CITOXBOY  | Boyacá-Tunja      | (+57-317) 5961452                                      | <a href="mailto:citoxboy@gmail.com">citoxboy@gmail.com</a>   | <a href="https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/crub-centro-regulador-de-urgencias/">https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/crub-centro-regulador-de-urgencias/</a>  | 24 horas            | Sí                | La OMS y RETOXLAC |
| CIGITOX — Centro de Investigación, Gestión e Información Toxicológica de la Universidad Nacional de Colombia   | Bogotá, D.C.      | (+57-601) 316 5000 ext. 15156                          | <a href="mailto:cigitox012_fmbog@unal.edu.co">cigitox012_fmbog@unal.edu.co</a>   | <a href="http://www.cigitox.unal.edu">http://www.cigitox.unal.edu</a>  | 24 horas            | Sí                | RETOXLAC          |

## Capacidad de comunicación de riesgos

El Grupo de Vigilancia y Control de Eventos de Salud Mental y Lesiones de Causa Externa de la Dirección de Vigilancia y Análisis de Riesgo en Salud Pública difunde, a través de la página web institucional, los resultados de la vigilancia de intoxicaciones por sustancias químicas mediante:

- El boletín epidemiológico semanal (BES), donde se da a conocer la información y análisis preliminar de los datos obtenidos a través de SIVIGILA en la semana epidemiológica respectiva, así como las situaciones de brote o alerta reportadas por las entidades territoriales.
- El Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, que presenta un análisis más detallado de la información preliminar obtenida a través de SIVIGILA para el período respectivo. Este informe considera, entre otras variables, el tipo y vía de exposición, el grupo de sustancias y los grupos de edad relacionados con el evento en general. Asimismo, se realiza un análisis particular para cada uno de los ocho grupos de sustancias.

En 2016, el Ministerio de Salud elaboró [directrices preventivas para las actividades económicas informales que exponen en gran medida a los metales pesados](#), incluido el plomo. En 2022, el Ministerio de Salud publicó [material informativo sobre los riesgos de la exposición al plomo](#). También se llevó a cabo una campaña de comunicación para [prevenir la exposición al plomo por el contacto entre el plomo y la pintura](#).

El Ministerio de Ambiente cuenta con un micrositio dedicado [al manejo adecuado de las baterías de plomo-ácido usadas, para prevenir la intoxicación por plomo](#). Asimismo, como parte del Sistema de Información Ambiental de Colombia, existe un [micrositio sobre el plomo](#), donde se puede encontrar información relacionada con el cumplimiento de los acuerdos internacionales y la legislación nacional, así como estudios sobre el plomo en las pinturas.

En 2019, la Oficina de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud de Bogotá publicó y difundió una [infografía sobre el plomo](#), educando al público sobre las fuentes de exposición y las acciones que pueden tomar para reducirla. Esta oficina también publicó los boletines de seguridad química de [2019](#) y [2020](#), en los que se destacaron las acciones que se pueden tomar para evitar la intoxicación por productos químicos, incluido el plomo. La información sobre los casos de intoxicación en estos boletines proviene del sistema SIVIGILA y se analiza exclusivamente para Bogotá.

## Conclusión y recomendaciones

- Los niños en Colombia pueden estar expuestos al plomo en su vida diaria a través de diversas fuentes, como el suelo contaminado por actividades industriales que involucran plomo y los productos de consumo que contienen plomo (por ejemplo, pintura a base de plomo y utensilios de cocina o vajilla).
- Estudios previos y modelos globales estimaron que la exposición al plomo en los niños de Colombia impone una carga económica y de salud significativa.
- Colombia ha implementado varias políticas para proteger a los niños de la exposición al plomo. La Ley 2041 de 2020 avanzó en este esfuerzo y exigió tomar medidas para controlar los niveles de plomo en la sangre entre los niños y comprender la exposición al plomo a nivel poblacional.
- Existen varios socios gubernamentales clave que pueden participar en el iniciar la vigilancia del plomo en la sangre en el país, incluidos, entre otros, la Comisión Técnica Intersectorial Nacional de Salud Ambiental (CONASA), la Subdirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Salud.
- Estudios previos en Colombia han arrojado luz sobre la exposición al plomo entre los niños a nivel local y demostraron la plausibilidad de monitorear los niveles de plomo en la sangre de los niños colombianos. Sin embargo, ninguno de estos estudios puede proporcionar una estimación a nivel nacional ni informar sobre la priorización de las respuestas.
- Existe una necesidad urgente de medir la exposición al plomo entre los niños en Colombia utilizando una muestra representativa a nivel nacional. Este será un paso fundamental para demostrar el alcance de este problema, crear conciencia e involucrar a las agencias gubernamentales en la implementación de un sistema de vigilancia y en la adopción de políticas a largo plazo.
- Se recomienda que el país establezca un sistema para vigilar la exposición elevada al plomo y la intoxicación aguda por plomo entre los niños. Colombia ya cuenta con un sistema de vigilancia pasiva para monitorear eventos de intoxicación aguda por plomo. Sin embargo, este no captura a los niños que sufren exposición crónica al plomo, lo cual puede afectar significativamente su salud y desarrollo.

- Existe un modelo exitoso de vigilancia local liderado por el Distrito de Bogotá que puede ampliarse a otras regiones. Este modelo utiliza un sistema de vigilancia mixto (activo y pasivo) para detectar la exposición al plomo entre los niños en algunas áreas de la ciudad.
- Se han identificado laboratorios con capacidad para realizar pruebas de plomo en la sangre. Sin embargo, la capacidad de los laboratorios de salud pública es extremadamente limitada y podría ser mejorada.
- Se han utilizado algunos analizadores portátiles de plomo en sangre, incluso por el Instituto Nacional de Salud, los cuales han mostrado una buena correlación con las pruebas de laboratorio.
- La incorporación de la evaluación de la exposición al plomo en futuros ciclos de encuestas nacionales de salud, como el ENDS, puede ser una opción prometedora para la vigilancia sostenible del plomo en sangre bajo el liderazgo del gobierno.
- El Instituto Nacional de Salud tiene un papel designado y una gran experiencia en el diseño y la implementación de la vigilancia de la salud pública. Una colaboración entre este instituto, Pure Earth y Vital Strategies en los esfuerzos para fortalecer los sistemas de salud y reducir la exposición al plomo representaría una excelente oportunidad para abordar las brechas existentes.
- Se prevé que las partes involucradas trabajen en el establecimiento de un sistema de vigilancia que monitoree y caracterice la exposición al plomo en los niños, identifique las principales fuentes de plomo y aumente el conocimiento y la conciencia sobre los efectos de la exposición al plomo entre los profesionales de la salud y las comunidades. Esto fomentaría la detección temprana y el tratamiento de los niños expuestos.

## Referencias

1. World Health Organization. Childhood lead poisoning. 2010;
2. Budtz-Jørgensen E, Bellinger D, Lanphear B, Grandjean P, Investigators IPLS. An international pooled analysis for obtaining a benchmark dose for environmental lead exposure in children. *Risk Analysis*. 2013;33(3):450–61.
3. Mielke HW, Zahran S. The urban rise and fall of air lead (Pb) and the latent surge and retreat of societal violence. *Environment international*. 2012;43:48–55.
4. Nevin R. Understanding international crime trends: the legacy of preschool lead exposure. *Environmental research*. 2007;104(3):315–36.
5. Larsen B, Sánchez-Triana E. Global health burden and cost of lead exposure in children and adults: a health impact and economic modelling analysis. *The Lancet Planetary Health*. 2023 Oct;7(10):e831–40.
6. Attina TM, Trasande L. Economic Costs of Childhood Lead Exposure in Low- and Middle-Income Countries. *Environmental Health Perspectives*. 2013 Sep;121(9):1097–102.
7. Rees N, Fuller R. The toxic truth: children’s exposure to lead pollution undermines a generation of future potential. UNICEF; 2020.
8. Alvarez-Ortega N, Caballero-Gallardo K, Olivero-Verbel J. Toxicological effects in children exposed to lead: A cross-sectional study at the Colombian Caribbean coast. *Environment International*. 2019 Sep;130:104809.
9. Alvarez-Ortega N, Caballero-Gallardo K, Olivero-Verbel J. Low blood lead levels impair intellectual and hematological function in children from Cartagena, Caribbean coast of Colombia. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2017 Dec;44:233–40.
10. Filigrana PA, Méndez F. Blood Lead Levels in Schoolchildren Living Near an Industrial Zone in Cali, Colombia: The Role of Socioeconomic Condition. *Biol Trace Elem Res*. 2012 Dec;149(3):299–306.
11. Hurtado CM, Gutiérrez M, Echeverry J. Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, DC. *Biomédica*. 2008;28(1):116–25.
12. Silva P, Betin Y, Casasbuenas J. Lead in solvent-based paints in Colombia [Internet]. Bogota, Colombia: Colnodo; 2023 Oct [cited 2023 Mar 24] p. 28. Available from: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/colnodo\\_lead\\_paint\\_1informe-nacional\\_octubre-16\\_2023.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/colnodo_lead_paint_1informe-nacional_octubre-16_2023.pdf)
13. Rapid Market Screening to assess lead concentrations in consumer products across 25 low- and middle-income countries | *Scientific Reports* [Internet]. [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-59519-0>

14. Ruiz Pérez LA, Brito Barreto IF, Patiño Reyes N. Vigilancia de niveles de plomo en panela [Internet]. Laboratorio de Toxicología- Laboratorio de Salud Pública, Secretaria de Salud de Bogota; 2018 [cited 2024 Mar 23] p. 11. Available from: [https://www.saludcapital.gov.co/DSP/Lab\\_sp\\_Proj\\_invest/Informe\\_Panelas\\_2018.pdf](https://www.saludcapital.gov.co/DSP/Lab_sp_Proj_invest/Informe_Panelas_2018.pdf)
15. Martínez Torres CC. Factores de exposición relacionados con los niveles de plomo y cadmio en leche materna en muestras provenientes de un hospital de Bogotá 2019. Exhibition factors related to lead and cadmium levels in breast milk samples from a hospital in Bogota 2019 [Internet]. 2019 Nov 14 [cited 2024 Jun 20]; Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75771>
16. Idrovo AJ. Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental [Internet]. 2012 Dec [cited 2024 Mar 23] p. 368. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
17. Díaz-Criollo S, Varona-Urbe ME, Téllez-Avila EM, Palma-Parra M, Palencia-Flórez D, Idrovo AJ. Does sulfuric acid have a 'protective' effect on battery recyclers exposed to lead? International Journal of Environmental Health Research. 2021 Oct 3;31(7):755–61.
18. Ley 2041 de 2020 [Internet]. 2041 of 2020 Jul 27, 2020. Available from: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_2041\\_2020.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2041_2020.html)
19. Law 253 of 1996 [Internet]. Law 253 of 1996 Jan 17, 1996. Available from: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0253\\_1996.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0253_1996.html)
20. Law 1159 of 2007 [Internet]. Law 1159 of 2007 Sep 20, 2007. Available from: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1159\\_2007.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1159_2007.html)
21. Senado de la República [Internet]. 2020 [cited 2024 Jan 20]. Congreso aprueba regulación del uso de plomo en Colombia. Available from: <https://www.senado.gov.co/index.php/component/content/article/13-senadores/1416->
22. Proyecto decreto política PISA para publicación julio 18, 2022 [Internet]. Jul 18, 2022. Available from: <https://www.cerlatam.com/wp-content/uploads/2022/07/POLI%CC%81TICA-PISA.pdf>
23. Instituto Nacional de Salud, Observatorio. Décimo Informe Técnico Especial: La carga de enfermedad ambiental en Colombia [Internet]. Bogota, Colombia; 2018. Available from: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10%20Carga%20de%20enfermedad%20ambiental%20en%20Colombia.pdf>
24. Ministerio de Salud y Protección Social - Objetivos y funciones [Internet]. [cited 2024 Jun 20]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Paginas/institucional-objetivos-funciones.aspx>
25. Instituto Nacional de Salud | Colombia Objeto y funciones [Internet]. [cited 2024 Jun 20]. Available from: <https://www.ins.gov.co/Paginas/objeto-funciones.aspx>

26. Díaz SM, Téllez Avila E, Palma RM, Narvárez DM, Varona Uribe M. Evaluación de la exposición a plomo en trabajadores informales colombianos que reciclan baterías. *RSA*. 2022 Jun 15;22(1):35–43.
27. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Objetivos y funciones [Internet]. [cited 2024 Jun 20]. Available from: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/objetivos-y-funciones>
28. Geney Celis CA, Barbosa Devia MZ, Díaz Gómez ADP, Pérez Castiblanco DM, Osorio García SD, González Álvarez YC. Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá. *Univ Med*. 2016 Jul 15;57(2):182–92.
29. Olivero Verbel J, Duarte D, Echenique M, Guette J, Johnson Restrepo B, Parsons P. Blood lead levels in children aged 5–9 years living in Cartagena, Colombia. *Science of The Total Environment*. 2007 Jan 1;372(2–3):707–16.
30. Vergara-Murillo F, González-Ospino S, Cepeda-Ortega N, Pomares-Herrera F, Johnson-Restrepo B. Adverse Health Effects and Mercury Exposure in a Colombian Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community. *Toxics* [Internet]. 2022;10(12). Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85144728887&doi=10.3390%2ftoxics10120723&partnerID=40&md5=02feb0055a4f84a0230bf16e3b88d5a7>
31. Carranza-Lopez L, Alvarez-Ortega N, Caballero-Gallardo K, Gonzalez-Montes A, Olivero-Verbel J. Biomonitoring of Lead Exposure in Children from Two Fishing Communities at Northern Colombia. *Biol Trace Elem Res*. 2021 Mar;199(3):850–60.
32. Pure Earth. Informe anual de actividades: Colombia 2017 [Internet]. Colombia: Pure Earth; 2018 p. 58. Available from: <https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2021/04/Colombia-TSIP-Report-UNIDO.pdf>
33. Muñoz Guerrero MN, Díaz Criollo SM, Martínez Duran ME. Perfil epidemiológico de las intoxicaciones por sustancias químicas en Colombia, 2008-2015. *Inf epidemiol nac*. 2017 Jan 15;1–24.
34. Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention (ACCLPP). Guidelines for Measuring Lead in Blood Using Point of Care Instruments. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention. 2018.
35. Hernández Gil AD. Determinación de los efectos genotóxicos y epigenéticos del plomo en personas expuestas en el reciclaje de baterías [Internet]. Uniandes; 2014. Available from: <http://hdl.handle.net/1992/12686>

Para obtener más información, visite [vitalstrategies.org](http://vitalstrategies.org) y [pureearth.org](http://pureearth.org)

