



EXPOSICIÓN LABORAL A PLOMO: DAÑO HEPÁTICO Y BIOMARCADORES TEMPRANOS

OCCUPATIONAL LEAD EXPOSURE: LIVER DAMAGE AND EARLY BIOMARKERS

Leonel Gavilánez-Avilés^{1*}

¹ Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0346-1657>. Correo: lgavilanez3721@uta.edu.ec

Dr. Mg. Edison Arturo Galárraga-Pérez ²

² Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4853-1631>. Correo: ea.galarraga@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: lgavilanez3721@uta.edu.ec

Resumen

Intoxicación por plomo; Intoxicación ocupacional por plomo; Lesión hepática inducida por sustancias químicas y medicamentos; Insuficiencia hepática; Intoxicación por plomo; Biomarcadores. Métodos: Se llevó a cabo una revisión detallada de estudios publicados en los últimos cinco años, utilizando fuentes confiables como PubMed, BVS, Scopus y Web of Science. El propósito fue analizar la información más reciente sobre biomarcadores relacionados con el daño hepático, incluyendo las enzimas ALT, AST y GGT, junto con nuevos indicadores en evaluación. Además, se buscaron identificar las principales tendencias, hallazgos y aspectos que aún requieren mayor investigación. Resultados: El análisis mostró que los biomarcadores tradicionales no siempre logran detectar a tiempo el daño en el hígado, lo que evidencia la necesidad de incorporar métodos más sensibles. Se resaltó la utilidad de las pruebas moleculares y serológicas avanzadas, así como la combinación de diferentes enfoques para un mejor seguimiento. Además, se enfatizó la importancia de fortalecer las medidas preventivas, el uso adecuado de equipos de protección y la capacitación de los trabajadores, junto con el acceso a tratamientos complementarios que protejan su salud. Conclusiones: La evidencia confirma que la exposición laboral al plomo sigue siendo una amenaza para la salud de muchos trabajadores, especialmente quienes manipulan metales pesados como el plomo. Los estudios muestran niveles elevados de plomo en sangre y alteraciones en las enzimas hepáticas, señales claras de daño en el hígado. Estos hallazgos subrayan la importancia de usar biomarcadores tempranos para detectar el problema antes de que aparezcan síntomas. Además, fortalecer la vigilancia médica, la educación preventiva y el uso de equipos de protección es clave para reducir los riesgos y proteger la salud de los trabajadores.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Palabras clave: Envenenamiento por plomo; Envenenamiento ocupacional por plomo; Lesión hepática inducida por sustancias químicas y fármacos; Insuficiencia hepática; Envenenamiento por plomo; Biomarcadores.

Abstract

Lead poisoning; Occupational lead poisoning; Chemical and drug-induced liver injury; Liver failure; Lead poisoning; Biomarkers. Methods: A detailed review of studies published in the last five years was conducted using reliable sources such as PubMed, BVS, Scopus, and Web of Science. The purpose was to analyze the most recent information on biomarkers related to liver damage, including the enzymes ALT, AST, and GGT, along with new indicators under evaluation. In addition, the review sought to identify key trends, findings, and areas that still require further investigation. Results: The analysis showed that traditional biomarkers do not always detect liver damage early enough, highlighting the need for more sensitive methods. The usefulness of advanced molecular and serological tests was emphasized, as well as the combination of different approaches for better monitoring. Furthermore, the importance of strengthening preventive measures, the proper use of personal protective equipment, and worker training was stressed, along with access to complementary treatments that protect their health. Conclusions: Evidence confirms that occupational lead exposure remains a health threat to many workers, especially those who handle heavy metals like lead. Studies show elevated blood lead levels and altered liver enzymes, clear signs of liver damage. These findings underscore the importance of using early biomarkers to detect the problem before symptoms appear. Furthermore, strengthening medical surveillance, preventive education, and the use of personal protective equipment are key to reducing risks and protecting workers' health.

Keywords: Lead poisoning; Occupational lead poisoning; Chemical and drug-induced liver injury; Hepatic insufficiency; Lead Poisoning; Biomarkers.

Fecha de recibido: 04/08/2025

Fecha de aceptado: 2/12/2025

Fecha de publicado: 5/12/2025

Introducción

La exposición laboral a plomo es una preocupación global de salud pública, especialmente en industrias donde se manipulan materiales como baterías, soldaduras, pinturas y minería. Aunque se han logrado avances en las normas y regulaciones, la intoxicación por plomo aún persiste en países con sistemas de control ambiental y médico limitados. (1,2) Este metal pesado tiende a acumularse en el cuerpo, afectando principalmente el hígado, los riñones y los huesos, y puede causar efectos tóxicos incluso en concentraciones bajas. (3,4)



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Estudios recientes muestran niveles de plomo en sangre por encima de los límites recomendados, con promedios de 37,9 µg/dL en trabajadores de fábricas de baterías y 24,15 µg/dL en mineros. Estos valores se asocian con alteraciones en las enzimas hepáticas como la alanina aminotransferasa (ALT), el aspartato aminotransferasa (AST) y la gamma-glutamilttransferasa (GGT), lo que indica la presencia de daño hepático subclínico. (1, 2,5) El plomo actúa a través de mecanismos de estrés oxidativo, alterando la estructura de las membranas celulares y el metabolismo del glutatión, lo que provoca disfunción hepática y la liberación de enzimas al torrente sanguíneo. (3,6)

Entre los marcadores tempranos de daño hepático destacan la ALT, AST y GGT, ya que su aumento ocurre incluso antes de que se presenten síntomas visibles, convirtiéndose así en herramientas clave para un diagnóstico temprano. (3, 7,8) Además, la exposición prolongada al plomo está relacionada con problemas metabólicos y cardiovasculares, mostrando una respuesta que depende de la cantidad de exposición al metal. (4,5) En este contexto, el presente estudio busca analizar la relación entre la exposición laboral al plomo y el daño hepático, identificando los principales biomarcadores tempranos de toxicidad en trabajadores expuestos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó mediante una revisión documental con enfoque descriptivo, orientada a analizar la evidencia científica sobre la exposición ocupacional al plomo y su relación con el daño hepático, con especial énfasis en la evaluación de biomarcadores tradicionales como ALT, AST y GGT, así como emergentes como α -GST. Se seleccionaron artículos publicados los últimos 5 años, en español e inglés, procedentes de bases de datos confiables como PubMed, BVS, Redalyc y Web of Science, priorizando estudios de alto impacto, usando términos MeSH y operadores booleanos (AND y OR), con la siguiente estrategia de búsqueda: (lead poisoning) OR (occupational lead poisoning) AND (chemical and drug induced liver injury) OR (hepatic insufficiency) (((Lead Poisoning) AND (Biomarkers))).

La recolección y análisis de información se realizó mediante una revisión crítica de títulos, resúmenes y textos completos, organizando los hallazgos de forma estructurada para identificar tendencias y brechas de conocimiento. El proceso de búsqueda se elaboró de acuerdo con la metodología PRISMA en la selección y síntesis de la literatura.



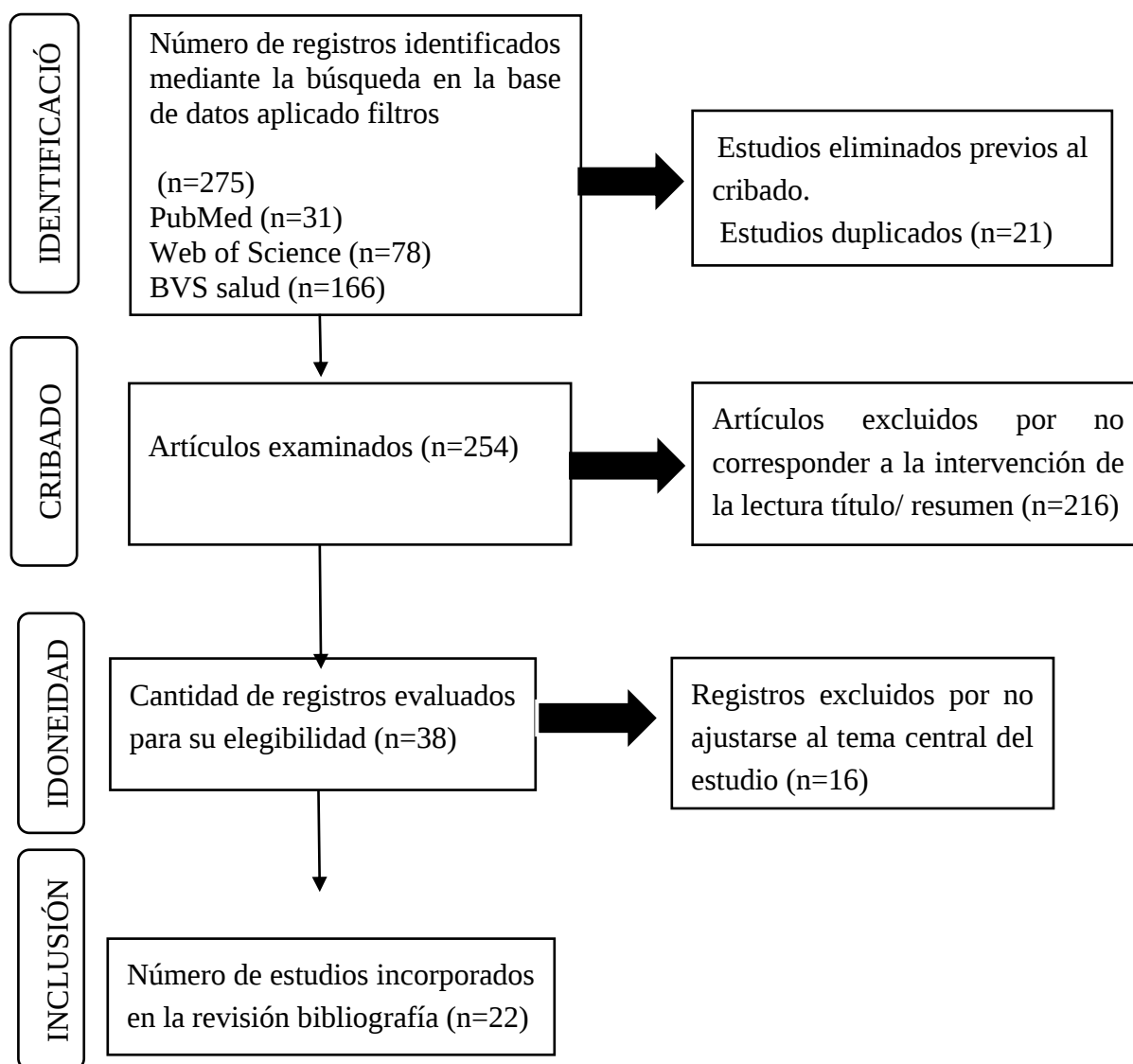


Figura 1. Diagrama de flujo que ilustra la selección y disposición de los artículos incluidos en la revisión bibliográfica, basada en la metodología PRISMA.

En el presente estudio de revisión bibliográfica, luego de descartar los temas duplicados y emplear los parámetros de exclusión según los títulos y resúmenes, la lista inicial se redujo a 254 artículos que fueron objeto de un análisis más profundo. En esta fase, se identificaron 38 trabajos con una temática más alineada con la investigación, descartándose 16 que no cumplían los criterios de inclusión definidos. Finalmente, se seleccionaron 22 artículos que se ajustaban de manera adecuada a los objetivos del estudio y que correspondían al periodo de publicación de los últimos cinco años.





Resultados y discusión

I D	Autor y año de publicación	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones	Referencias
1	Douine M et al. (2025) ⁽⁹⁾	El objetivo del estudio es estimar la prevalencia de intoxicación por plomo y determinar los factores de riesgo asociados a niveles elevados de plomo en sangre entre los trabajadores de minas de oro artesanal e informal en la Guayana Francesa durante el año 2022, diferenciando dichos factores respecto a los observados en la población general de la región. ⁽⁹⁾	Se realizó un estudio transversal descriptivo entre septiembre y diciembre de 2022, mediante muestreo por conveniencia y el método de bola de nieve, reclutando a mineros en bases logísticas fronterizas con Brasil y Surinam. Se aplicó un cuestionario para recoger datos sociodemográficos, hábitos y actividades laborales, y se obtuvieron muestras de sangre seca (DBS) analizadas por espectrometría de masas (ICP-MS) para determinar la concentración de plomo. Se estableció un umbral de 100 µg/L como indicador de posible envenenamiento y se emplearon análisis de regresión logística y lineal para explorar los factores asociados con niveles elevados de plomo. ⁽⁹⁾	De los 526 participantes incluidos, el 44,7 % se notaron niveles de plomo en sangre elevados al 100 µg/L (IC 95 %: 40,4-49,0). La mediana de plomo en sangre fue 93,6 µg/L, con un máximo de 828,7 µg/L. Los factores de riesgo asociados se identificaron: el tiempo de trabajo en la minería (aumenta la probabilidad por década), la actividad con contacto directo con el barro, laborar en la región suroeste y el consumo de carne de animales silvestres (caza). En el modelo lineal, cada década adicional en minería aumentaba el nivel de plomo en aproximadamente un 10 %. ⁽⁹⁾	Se concluye que el envenenamiento por plomo es un problema grave entre los trabajadores de minería artesanal en Guayana Francesa. Los factores de riesgo observados sugieren una posible contaminación ambiental más que causas previamente sospechadas en la población general (por ejemplo, alimentos locales), salvo por el consumo de carne de caza. Se recomienda realizar investigaciones interdisciplinarias más profundas (geología, toxicología, sociología) para identificar las fuentes de exposición y diseñar	Prevalence of lead poisoning among artisanal gold miners in French Guiana in 2022: a multicenter cross-sectional observational survey. Prevalencia de intoxicación por plomo entre mineros artesanales de oro en la Guayana Francesa en 2022: una encuesta observacional transversal multicéntrica. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12351931





estrategias preventivas. Además, se sugiere vigilar especialmente a mujeres embarazadas en zonas de riesgo y capacitar al personal sanitario local en la detección de niveles elevados de plomo. ⁽⁹⁾

2	Kinally C., Fuller R., Larsen B., Hu H., Lanphear B. (2020) ⁽¹⁰⁾	El artículo busca resumir la evidencia científica sobre cómo diferentes fuentes contribuyen a los niveles de plomo en sangre. Analiza estudios publicados desde el año 2000, con más de 100 participantes, para identificar y cuantificar la influencia de factores como la contaminación industrial, la pintura deteriorada, los productos tradicionales y los alimentos. ⁽¹⁰⁾	Se realizó una revisión sistemática en la base de datos Scopus, donde se seleccionaron 39 estudios que cumplieron criterios estrictos: publicados desde el año 2000 y con más de 100 participantes. De ellos, 23 reportaron niveles absolutos de plomo en sangre ($\mu\text{g/L}$), mientras que otros mostraron asociaciones mediante odds ratios para niveles elevados (>50 o $>100 \mu\text{g/L}$). Posteriormente, se calcularon promedios ponderados de los efectos según la fuente de exposición para compararlos entre los estudios. ⁽¹⁰⁾	Los resultados muestran que, en promedio entre los estudios revisados, la exposición cercana a focos industriales es la fuente con mayor contribución ($42,3 \mu\text{g/L}$), seguida por la exposición ocupacional y el “take-home” ($31,4 \mu\text{g/L}$), pintura deteriorada ($28,0 \mu\text{g/L}$), medicamentos o cosméticos tradicionales ($19,8 \mu\text{g/L}$), utensilios alimentarios esmaltados o de melamina ($19,3 \mu\text{g/L}$), tabaquismo ($17,3 \mu\text{g/L}$), alimentos ($15,4 \mu\text{g/L}$) y geofagia ($12,9 \mu\text{g/L}$). Se destaca que pocas investigaciones evaluaron el aporte de utensilios metálicos para cocinar y que muchas atribuciones	Los autores concluyen que, aunque el plomo en gasolina ha sido eliminado en la mayor parte del mundo, aún hay varias fuentes que siguen aumentando los niveles de plomo en sangre. Recomiendan fortalecer la investigación sobre rutas de ingestión desde la contaminación industrial, el plomo en alimentos y especias, los utensilios metálicos para cocinar y los productos tradicionales usados por niños. Además,	A review of lead exposure source attributional studies. Una revisión de los estudios atribucionales de las fuentes de exposición al plomo. URL: https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179838
---	---	--	---	--	--	---





			tienen limitaciones estadísticas. ⁽¹⁰⁾	advierten que muchos estudios tienen poder estadístico limitado, por lo que es necesario diseñar investigaciones más robustas y con metodologías más precisas para clarificar las fuentes dominantes en distintos contextos. ⁽¹⁰⁾		
3	Yu, Yu-Ling et al. (2025) ⁽¹¹⁾	Analizar los riesgos para la salud asociados con la exposición al plomo en el ambiente y en el trabajo. Se abordan aspectos como su comportamiento en el organismo, los métodos para medir los niveles de plomo en sangre, los estudios recientes sobre sus efectos negativos en el corazón, los riñones y el sistema nervioso, así como la	El estudio se realizó como una revisión bibliográfica que recopiló información reciente sobre la exposición al plomo en el ambiente y en el ámbito laboral. Se analizaron artículos y estudios epidemiológicos actuales, como SPHERL, FLEMENGHO y NHANES, centrados en los efectos del plomo sobre la salud humana, especialmente en el sistema cardiovascular, renal y neurológico. También se revisaron los métodos para medir plomo en sangre y se evaluó la eficacia de las regulaciones en	Se evidenció una disminución significativa de los niveles de plomo en sangre en la población general de países desarrollados, alcanzando valores cercanos a los niveles preindustriales. En trabajadores expuestos, los resultados del estudio SPHERL mostraron que las regulaciones actuales ofrecen protección adecuada frente a muchos efectos adversos. Sin embargo, estudios como FLEMENGHO confirmaron que incluso niveles bajos de plomo se asocian con alteraciones en la función renal y cardíaca. Los datos de NHANES indicaron	Se concluye que la exposición al plomo ha disminuido significativamente gracias a la implementación de regulaciones más estrictas, lo que ha reducido el impacto negativo en la salud pública. Sin embargo, persisten riesgos en países de ingresos bajos y medios, donde la vigilancia y las medidas de control son limitadas. Es necesario continuar fortaleciendo las regulaciones y mejorar los métodos de	Health risks related to environmental and occupational lead exposure. Riesgos para la salud relacionados con la exposición ambiental y ocupacional al plomo. URL: https://dx.doi.org/10.33963/v.phj.104575





	evaluación de las regulaciones vigentes que buscan proteger a los trabajadores expuestos. ⁽¹¹⁾	distintas regiones para proteger a los trabajadores expuestos. ⁽¹¹⁾	que la fracción de riesgo atribuible al plomo para la mortalidad cardiovascular ha disminuido con el tiempo, lo que refleja los avances en la reducción de la exposición ambiental y ocupacional. ⁽¹¹⁾	detección y monitoreo, especialmente para evaluar los efectos de la exposición a niveles bajos de plomo sobre órganos críticos como el riñón y el corazón. ⁽¹¹⁾	
4 Hua et al. (2025) ⁽⁴⁾	El objetivo principal de la investigación fue analizar la frecuencia y las características de las enfermedades asociadas con la exposición al plomo en un amplio grupo de trabajadores en China. El estudio busca aportar evidencia sobre cómo la exposición prolongada a este metal pesado no solo provoca efectos tóxicos directos, sino que también aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas, como trastornos metabólicos, cardiovascular	Se realizó un estudio transversal con 4.538 trabajadores expuestos al plomo en distintas industrias, como fábricas de baterías y fundiciones. Mediante cuestionarios, entrevistas, historiales médicos y análisis clínicos, se evaluaron los niveles de exposición y la presencia de enfermedades asociadas. El estudio permitió identificar la prevalencia de comorbilidades relacionadas con el plomo. Además, se emplearon métodos estadísticos para analizar su vínculo con factores como la edad, el sexo, el tiempo de exposición y el tipo de trabajo. ⁽⁴⁾	Los hallazgos mostraron que más del 25% de los trabajadores presentaba una o varias comorbilidades asociadas con la exposición al plomo. Entre las enfermedades más prevalentes se identificaron trastornos metabólicos (como diabetes y dislipidemias), enfermedades cardiovasculares, alteraciones hepáticas y respiratorias, además de otros problemas crónicos que impactan significativamente la calidad de vida. Se observó que el riesgo de desarrollar estas comorbilidades aumentaba proporcionalmente con la duración y el nivel de exposición al plomo, evidenciando una clara relación dosis-respuesta. Los datos también sugieren que los	El estudio menciona que la exposición ocupacional al plomo no solo provoca efectos tóxicos inmediatos, sino que también está fuertemente relacionada con una alta prevalencia de comorbilidades crónicas que afectan múltiples sistemas del organismo. Estos resultados destacan la necesidad urgente de fortalecer las políticas de salud ocupacional, establecer protocolos de monitoreo sistemático para trabajadores en riesgo y promover	Documentation of lead exposure-associated comorbidity among 4538 workers in China. Documentación de la comorbilidad asociada a la exposición al plomo entre 4538 trabajadores en China. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11748346





	es, respiratorios y hepáticos. ⁽⁴⁾	trabajadores de mayor edad y con mayor tiempo laboral estaban particularmente en riesgo, lo que resalta la importancia de la prevención temprana y la vigilancia médica periódica. ⁽⁴⁾	intervenciones preventivas. Así mismo, los autores enfatizan que la atención médica no debe centrarse únicamente en la toxicidad aguda por plomo, sino también en la detección temprana de enfermedades crónicas asociadas, con el fin de reducir la carga sanitaria y socioeconómica en la población trabajadora. El estudio proporciona evidencia científica sólida que puede servir como base para futuras investigaciones y la formulación de programas de salud pública enfocados en la protección integral de los trabajadores. ⁽⁴⁾			
5	Abasilim C., Shannon B., Madigan D., Friedman L. (2025) ⁽¹²⁾	El estudio tuvo como objetivo evaluar si los programas de vigilancia médica en entornos laborales con exposición al	Se realizó un estudio de cohorte retrospectivo que analizó datos de trabajadores de distintas industrias en Canadá con riesgo de exposición al plomo. Se recopilaron	Los hallazgos mostraron que, aunque existen regulaciones para la vigilancia médica y el control de exposición al plomo, muchos lugares de trabajo no aplicaban correctamente estas	El estudio concluye que las estrategias actuales de vigilancia médica no son completamente efectivas para proteger a los	Medical Surveillance of Occupational Lead Exposure Using the EPA's Toxics Release Inventory and Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance





	plomo son realmente eficaces para proteger la salud de los trabajadores. También buscó identificar las deficiencias en las medidas de protección, comparar las regulaciones locales con las internacionales y proponer mejoras para prevenir enfermedades asociadas con este metal. ⁽¹²⁾	niveles de plomo en sangre, antecedentes médicos, datos personales y registros laborales. El estudio evaluó el cumplimiento de las normas de seguridad nacional e internacional, comparándolas con las recomendaciones de la EPA y otras guías de salud ocupacional, además de revisar la capacitación, el uso de equipo de protección y las prácticas de higiene laboral. ⁽¹²⁾	medidas, dejando a los trabajadores expuestos a riesgos significativos. Se encontró correlación entre niveles altos de contaminación ambiental en el lugar de trabajo y control insuficiente de higiene ocupacional. Asimismo, se evidenció que los programas de monitoreo no siempre incluían seguimiento adecuado de los niveles de plomo en sangre ni educación continua sobre prácticas seguras, lo que aumentaba la probabilidad de efectos adversos a largo plazo. ⁽¹²⁾	trabajadores de los efectos del plomo. Se recomienda fortalecer la implementación de regulaciones existentes, mejorar el monitoreo sistemático de niveles de plomo en sangre y reforzar la educación y capacitación laboral en seguridad e higiene ocupacional. También se enfatiza la importancia de crear una cultura de seguridad laboral sólida, que incluya controles ambientales, seguimiento médico periódico y medidas preventivas integrales, para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con la exposición al plomo. ⁽¹²⁾	Program: Illinois, 2016-2023. Vigilancia médica de la exposición ocupacional al plomo mediante el Inventario de emisiones tóxicas de la EPA y el Programa de vigilancia y epidemiología del plomo en sangre en adultos: Illinois, 2016-2023. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12242100
6 Gonzalez A et al. (2025) ⁽⁵⁾	El estudio tuvo como objetivo analizar cómo el plomo afecta al organismo	El estudio consistió en una revisión detallada de la literatura científica sobre la toxicidad del	La revisión evidenció que la exposición al plomo genera efectos sistémicos significativos, incluso	El estudio concluye que la toxicidad sistémica del plomo	Lead systemic toxicity: A persistent problem for health.





	humano, evaluando su toxicidad en distintos sistemas biológicos y su permanencia con el tiempo. Además, los autores buscaron entender las consecuencias de la exposición crónica y proponer estrategias para reducir sus efectos en la salud pública. ⁽⁵⁾	plomo y su permanencia en el cuerpo humano. Los autores reunieron información de estudios epidemiológicos, clínicos y experimentales que describen sus efectos en distintos sistemas del organismo, como el nervioso, cardiovascular, renal y óseo. También se analizaron investigaciones sobre biomarcadores de exposición, daño tisular y estudios en animales que ayudan a comprender los mecanismos moleculares de su toxicidad. Además, se revisaron políticas y regulaciones internacionales para detectar vacíos en la protección de la salud pública y comparar la evidencia disponible sobre los efectos agudos y crónicos del plomo. ⁽⁵⁾	a niveles bajos, afectando múltiples órganos y sistemas. Se documentaron alteraciones cognitivas y neurotoxicidad, hipertensión y enfermedades cardiovasculares, disfunción renal progresiva, así como acumulación del plomo en los huesos que prolonga su toxicidad. Los estudios revisados también evidenciaron que el plomo induce estrés oxidativo y daño a proteínas enzimáticas, explicando los efectos persistentes en el organismo. Asimismo, se observó que factores como la edad, la nutrición y enfermedades preexistentes pueden potenciar los efectos adversos del plomo, confirmando la importancia de reducir la exposición y monitorear sistemáticamente los niveles de este metal en poblaciones de riesgo. ⁽⁵⁾	representa un problema de salud pública persistente, que requiere una atención continua y estrategias efectivas de prevención y control. Se enfatiza la necesidad de reducir la exposición al plomo en la población general y en grupos de alto riesgo, como trabajadores industriales y niños. Asimismo, se recomienda fortalecer las políticas públicas orientadas a la eliminación del plomo en productos de consumo y en el medio ambiente, así como promover la educación y concienciación sobre los riesgos asociados con la exposición al plomo. ⁽⁵⁾	Toxicidad sistémica por plomo: un problema persistente para la salud. URL: https://dx.doi.org/10.1016/j.tox.2025.154163
7 Charkiewicz A.,	El artículo busca mostrar de manera	Es una revisión narrativa, en la que los autores	Los hallazgos en el artículo señalan que en trabajadores de la	Para proteger la salud de las personas, el	Lead Toxicity and Pollution in Poland.





Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

Backstrand J. (2020) ⁽¹³⁾	accesible cómo el plomo, un metal que puede encontrarse en la tierra, el aire o hasta en alimentos, afecta a las personas desde el embarazo hasta la adultez. Se enfoca en la realidad que vive Polonia, mostrando cómo este problema invisible sigue presente en la vida cotidiana. ⁽¹³⁾	recopilaron analizaron información proveniente de estudios científicos, reportes oficiales, y datos epidemiológicos nacionales e internacionales sobre la exposición y toxicidad del plomo en Polonia. Examinaron investigaciones sobre niveles de plomo en sangre y en diferentes ambientes (como industria, hogares y alimentos), así como los síntomas y enfermedades asociadas en niños y adultos. ⁽¹³⁾	y industria metalúrgica del voivodato de Podlasie, la concentración promedio de plomo en sangre fue de $29.39 \pm 17.05 \mu\text{g/L}$, debajo del límite biológico nacional establecido entre 270 y 300 $\mu\text{g/L}$. En fábricas del sur de Polonia, las concentraciones fueron aún mayores, hasta diez veces más en comparación a Podlasie. En alimentos, los niveles detectados en harina de trigo fueron de 0.057-0.067 mg/kg y en miel hasta 2.36 mg/kg según la región. Para niños, la OMS recomienda mantener la concentración de plomo en sangre por debajo de 5 $\mu\text{g/dL}$, pero el daño puede aparecer incluso en valores inferiores, y el riesgo se incrementa en zonas con actividad industrial intensa. ⁽¹³⁾	artículo insiste en la necesidad de estar atentos y tomar medidas a nivel de gobierno y familias. Recomienda campañas educativas, controles médicos frecuentes y mejoras en las leyes para reducir el contacto con el plomo. Aunque la mayoría de los alimentos en Polonia son seguros, la vigilancia constante es esencial para cuidar el bienestar de todos, especialmente de quienes son más vulnerables. ⁽¹³⁾	Toxicidad y contaminación por plomo en Polonia. URL: https://dx.doi.org/10.3390/ijerph17124385
8 Firoozichahak A et al. (2022) ⁽²⁾	El estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la exposición crónica al plomo ocupacional sobre los niveles séricos de lípidos,	Se realizó un estudio de cohorte prospectivo con 200 trabajadores divididos en dos grupos: 100 expuestos ocupacionalmente al plomo en la mina y 100 no expuestos. Se tomaron muestras de	Los niveles de plomo en sangre fueron significativamente mayores en el grupo expuesto (24.15 $\mu\text{g/dL}$) comparado con el grupo no expuesto (6.34 $\mu\text{g/dL}$). El grupo expuesto mostró niveles seriamente alterados en el perfil	La exposición ocupacional crónica al plomo en trabajadores mineros está asociada con niveles elevados de plomo en sangre y alteraciones significativas en	Effect of occupational exposure to lead on serum levels of lipid profile and liver enzymes: An occupational cohort study. Efecto de la exposición





		lipoproteínas y enzimas hepáticas en trabajadores de una mina de plomo en Irán durante un período de 3 años (2018-2020). Se buscó establecer la relación entre los niveles de plomo en sangre y alteraciones en parámetros bioquímicos relacionados con la función hepática y perfil lipídico. (2)	sangre en ayuno para medir niveles de plomo en sangre (BLL) y parámetros bioquímicos como triglicéridos, LDL, HDL, colesterol, enzimas hepáticas (LDH, AST, ALT, ALK), proteínas totales, albúmina, globulinas y bilirrubina. Las mediciones se realizaron anualmente durante 3 años, empleando técnicas como espectrofotometría de absorción atómica y análisis semiautomatizados. (2)	lipídico: triglicéridos significativamente más bajos, LDL más altos y HDL más bajos que el grupo no expuesto ($p<0.05$). Las enzimas hepáticas LDH, AST, ALK, ALT y bilirrubina estuvieron elevadas en el grupo expuesto, aunque dentro del rango normal, mostrando correlación positiva con los niveles de plomo ($p<0.01$). Por otra parte, proteínas totales, albúmina y globulinas fueron significativamente más bajas en el grupo expuesto. No se evidenció daño hepático mayor, pero sí alteraciones bioquímicas significativas asociadas al plomo. (2)	enzimas hepáticas, perfil lipídico y proteínas séricas, aun cuando los valores están dentro de rangos normales. Esto evidencia que el plomo puede inducir cambios bioquímicos potencialmente riesgosos para la salud hepática y cardiovascular. Se recomienda un monitoreo continuo y medidas preventivas para minimizar riesgos en estos trabajadores. (2)	ocupacional al plomo sobre los niveles séricos del perfil lipídico y las enzimas hepáticas: un estudio de cohorte ocupacional. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8897690
9	Wang D., Wake G., Olana A. (2022) (1)	El estudio busca realizar una revisión sistemática y un metaanálisis con el propósito de determinar los niveles promedio de plomo en sangre (BLL) en trabajadores de fábricas de baterías de países de ingresos bajos	Se identificaron 135 artículos, de los cuales 43 fueron revisados en su totalidad. Finalmente, 18 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incorporados al análisis. Para estimar el nivel promedio combinado de plomo en sangre entre los trabajadores expuestos, se aplicó	El nivel promedio combinado de plomo en sangre entre los trabajadores fue de $37.996 \mu\text{g/dL}$ (IC 95%: $30.680-45.312$), lo que excede el valor límite umbral de $20 \mu\text{g/dL}$ establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). (1)	Los resultados indican que los trabajadores de fábricas de baterías en países de ingresos bajos y medianos están expuestos a niveles de plomo en sangre considerablemente superiores a los límites recomendados, lo que representa un riesgo para su	"Blood lead level among battery factory workers in low and middle-income countries: Systematic review and meta-analysis". "Nivel de plomo en sangre entre trabajadores de fábricas de baterías en países de ingresos bajos y medios: revisión sistemática y metanálisis".





		y medianos (PIM), así como evaluar si dichos niveles exceden los límites establecidos por las autoridades de salud ocupacional. ⁽¹⁾	un modelo de efectos aleatorios. ⁽¹⁾		salud. Se recomienda a los empleadores, gobiernos e investigadores mejorar la salud de las poblaciones trabajadoras expuestas al plomo mediante la provisión de servicios de salud y seguridad ocupacional, como chequeos médicos periódicos, tratamientos, capacitación y provisión de equipos de protección personal adecuados. ⁽¹⁾	URL: https://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2022.970660
10	Armatas C., Loper B., Tandoc A., Materna B. (2022) ⁽¹⁴⁾	Evaluar la vigilancia dirigida de los resultados de plomo en sangre venosa iguales o superiores a 20 µg/dL, reportados a los departamentos de salud pública estatales de los Estados Unidos entre 2012 y 2018. ⁽¹⁴⁾	El estudio empleó datos del Registro de Plomo en Sangre Ocupacional de California, el cual recopila los resultados de análisis de plomo en sangre de trabajadores expuestos por motivos laborales. Se incluyeron los resultados de plomo en sangre venosa iguales o superiores a 20 µg/dL, registrados entre el 1 de enero de 2020 y el 31 de diciembre de 2021.	Durante el período de estudio, se recibieron 239 resultados de plomo en sangre ≥20 µg/dL correspondientes a 151 adultos con exposición ocupacional al plomo en 28 industrias. Los niveles de plomo en sangre de los trabajadores variaron entre 20 µg/dL y 55 µg/dL. Las industrias con el mayor número de trabajadores afectados fueron: Fabricación de baterías de almacenamiento,	El estudio evidenció que, a pesar de los esfuerzos de vigilancia, existen aún sectores industriales con una exposición notable al plomo, especialmente en la fabricación de baterías, contratistas de pintura y campos de tiro. Los niveles elevados de	Industries With the Highest Occupational Blood Lead Test Results, California Occupational Blood Lead Registry, 2020-2021. Industrias con los resultados más altos en pruebas de plomo en sangre ocupacional, Registro de plomo en sangre ocupacional de California, 2020-2021.





		Los datos se analizaron para identificar las industrias con el mayor número de trabajadores que presentaban niveles elevados de plomo en sangre. ⁽¹⁴⁾	Contratistas de pintura, Campos de tiro. ⁽¹⁴⁾	plomo en sangre detectados en estos trabajadores indican riesgo persistente para la salud ocupacional, incluyendo efectos hematológicos, neurológicos y cardiovasculares . Los autores destacan la importancia de reforzar la vigilancia activa, garantizar que los empleadores cumplan con las normativas de exposición y que los trabajadores reciban protección personal, capacitación y exámenes médicos periódicos. ⁽¹⁴⁾	URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9528651
1 O'Callaghan-1 Gordo C et al. (2021) ⁽¹⁵⁾	El estudio tuvo como propósito evaluar los niveles de plomo en sangre en poblaciones indígenas que habitan cerca de zonas de extracción petrolera en la Amazonía	La investigación se llevó a cabo en 39 comunidades distribuidas en cuatro cuencas de la Amazonía peruana, utilizando un muestreo estratificado en dos etapas. Entre mayo y junio de 2016 se recopilaron datos de 1.047 personas, de las	Los resultados evidenciaron que la media geométrica de plomo en sangre fue de 4,9 µg/dL en los menores de 12 años y de 5,7 µg/dL en los adultos. Se observó una clara variación entre cuencas, siendo la del río Corrientes la más afectada, con valores promedio de 8,1 µg/dL	El estudio concluyó que los pueblos indígenas amazónicos que habitan en zonas cercanas a la extracción de petróleo presentan niveles de plomo en sangre superiores a los	Blood lead levels in indigenous peoples living close to oil extraction areas in the Peruvian Amazon. Niveles de plomo en sangre en pueblos indígenas que viven cerca de zonas de extracción de petróleo en la Amazonía peruana.





peruana. Asimismo, buscó identificar los factores sociodemográficos, conductuales y geográficos asociados con niveles elevados de plomo, con el fin de comprender los riesgos de exposición en comunidades que, pese a su distancia de los centros urbanos, se ven directamente afectadas por las actividades extractivas. ⁽¹⁵⁾

cuales 309 eran menores de 12 años y 738 tenían esa edad o más. Se aplicaron cuestionarios estructurados para identificar posibles fuentes de exposición, como la dieta, el consumo de agua, la ubicación geográfica y los hábitos de vida. Además, se tomaron muestras de sangre y se determinaron los niveles de plomo mediante espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito. Por último, se emplearon modelos estadísticos multivariados para analizar las asociaciones entre los niveles de plomo y los factores de riesgo. ⁽¹⁵⁾

en niños y 8,8 µg/dL en adultos. Los factores de riesgo más importantes identificados fueron la edad, el sexo masculino, residir en las cuencas de Pastaza, Tigre o Corrientes, así como el consumo de vísceras de pescado. Además, se identificó que la proximidad geográfica a las áreas de explotación petrolera se relacionaba con mayores concentraciones de plomo, reforzando la hipótesis de la influencia directa de estas actividades en la exposición comunitaria. ⁽¹⁵⁾

esperados para poblaciones rurales no industrializadas. Esto demuestra que la actividad petrolera constituye una fuente importante de exposición a plomo en estas comunidades. Los hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas de vigilancia ambiental y de salud pública, con un enfoque especial en poblaciones vulnerables como los niños. Asimismo, se recomienda diseñar políticas de prevención, control y mitigación que protejan a las comunidades indígenas frente a la exposición a metales pesados derivados de actividades extractivas. ⁽¹⁵⁾

URL:
<https://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2021.106639>

1 Kassy C., 2 Uchegbu C., Ango T. (2021) ⁽¹⁶⁾	El estudio tuvo como objetivo identificar y describir los síntomas	Se llevó a cabo un estudio observacional en el que se reclutó a trabajadores de chaperas	Los resultados mostraron que, incluso en niveles bajos de plomo en sangre, los trabajadores	Los autores concluyen que los síntomas clínicos de exposición al	Symptoms Associated with Low Threshold Lead Poisoning Among Roadside and
---	--	--	---	--	--



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

	tempranos asociados con niveles bajos de intoxicación por plomo en trabajadores de chaperas que laboran en talleres informales (en la vía pública) y en talleres organizados de la ciudad de Enugu, Nigeria. Se enfocó en manifestaciones clínicas sutiles que podrían pasar inadvertidas en niveles de exposición considerados bajos, con el propósito de destacar la importancia de la vigilancia médica incluso cuando no se superan los umbrales tradicionales de toxicidad. ⁽¹⁶⁾	provenientes tanto de entornos informales como de talleres organizados. Los participantes completaron cuestionarios estructurados para reportar síntomas asociados, incluyendo signos físicos y manifestaciones generales como fatiga, dolor abdominal, cefalea y trastornos gastrointestinales. También se recopilaron datos demográficos, antecedentes laborales, uso de equipos de protección y hábitos relevantes. Además, se determinaron los niveles de plomo en sangre con el objetivo de correlacionar las manifestaciones clínicas con las concentraciones detectadas. ⁽¹⁶⁾	reportaban síntomas relacionados con exposición crónica: fatiga, cefaleas recurrentes, molestias gastrointestinales y dolor abdominal fueron comunes. También hubo diferencias en la presentación de síntomas entre trabajadores de talleres informales y organizados, posiblemente vinculadas al nivel de control ambiental y uso de equipos de protección. La frecuencia de los síntomas estaba correlacionada con la duración del empleo y la concentración de plomo en sangre, aunque no siempre de forma lineal, lo que sugiere que efectos adversos pueden manifestarse aún por exposiciones consideradas menores. ⁽¹⁶⁾	plomo pueden aparecer incluso con niveles de exposición “bajos” que normalmente no generan alarma. En este contexto, la vigilancia de trabajadores expuestos, aunque la concentración plasmática de plomo no sea alta, debe incluir la evaluación de síntomas inespecíficos y la promoción de medidas preventivas en talleres formales e informales. El estudio sugiere que los protocolos de salud ocupacional deberían ampliar su enfoque para captar estos efectos tempranos y no esperar a que se presenten alteraciones bioquímicas severas para intervenir. ⁽¹⁶⁾	Organized Panel Beaters in Enugu Metropolis, Nigeria. Síntomas asociados con intoxicación por plomo de bajo umbral entre chapistas y mecánicos organizados en la metrópolis de Enugu, Nigeria. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8009647
1 Pérez T., 3 Jaime A., Díaz H., Cabrera C.,	El estudio tuvo como propósito evaluar los niveles de plomo en	Se llevó a cabo un estudio descriptivo de tipo transversal que incluyó 776 casos procedentes de	La mayoría de los evaluados (el 92 %) eran hombres. La concentración de plomo en sangre osciló	El estudio demuestra que algunos trabajadores presentaron	Evaluación biológica de la exposición laboral al plomo.





Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

Villalba L. (2021) ⁽¹⁷⁾	sangre (Pb-S) y de protoporfirina libre eritrocitaria (PLE) en un grupo de trabajadores expuestos a plomo inorgánico en distintos sectores industriales. ⁽¹⁷⁾	empresas del sector industrial cuyos trabajadores realizaron sus exámenes médicos obligatorios en 2018 en el Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores de Cuba. De este total, a 288 personas se les determinó el nivel de plomo en sangre y a 488 la protoporfirina libre eritrocitaria, utilizando métodos analíticos estándar de laboratorio. Los datos fueron procesados con Microsoft Excel® y el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI. Para el análisis del plomo en sangre, se empleó extracción con metilisobutilcetona (MIBK) y APDC como agente quelante, seguida de medición mediante espectrofotometría de absorción atómica. ⁽¹⁷⁾	entre 5 y 89 µg/dL, con un promedio en hombres de 24 ± 21 µg/dL y en mujeres de 11 ± 9 µg/dL. En cuanto a la protoporfirina libre eritrocitaria, sus valores variaron entre 21 y 274 µg/dL, con promedios de 47 ± 22 µg/dL en hombres y 66 ± 32 µg/dL en mujeres. Un 8 % de los casos presentó niveles de plomo en sangre superiores a 60 µg/dL, y un 5 % mostró valores de protoporfirina superiores a 85 µg/dL. ⁽¹⁷⁾	niveles de plomo en sangre que superan los límites permisibles, lo cual evidencia la necesidad de reforzar las medidas de protección en el ámbito laboral. Además, se destaca la importancia de detectar tempranamente la exposición y los efectos biológicos asociados antes de que aparezcan manifestaciones clínicas claras por intoxicación con plomo. ⁽¹⁷⁾	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662021000100005
1 Berduc AD., 4 Crapanzano V., Voitzuk AP., Schmidt, GL. (2021) ⁽¹⁸⁾	El estudio tuvo como propósito describir las características clínicas y epidemiológicas de pacientes con intoxicación crónica por	Se realizó un estudio retrospectivo basado en la revisión de historias clínicas de pacientes con diagnóstico de intoxicación crónica por plomo (plumbemia > 30 µg/dL) que asistieron	Un total de 252 pacientes cumplieron los criterios de inclusión. La actividad laboral predominante fue el reciclado o fabricación de baterías, especialmente en tareas de fundición. De esos casos, 91 trabajadores	Los autores concluyen que la intoxicación por plomo continúa siendo un importante problema de salud laboral, dado que en una cohorte de diez	Intoxicación crónica con plomo en exposición ocupacional. Características clínicas y epidemiológicas período 2005-2014





plomo de origen laboral, mediante un análisis retrospectivo de historias clínicas provenientes de dos centros hospitalarios de Argentina, en el periodo comprendido entre 2005 y 2014. Se buscó caracterizar variables como los niveles de plomo en sangre, el tipo de empleo, la actividad laboral, la sintomatología y los datos demográficos, con el fin de aportar evidencia sobre la evolución del problema durante ese intervalo de tiempo. ⁽¹⁸⁾

a dos centros —uno público y otro privado— entre el 1 de enero de 2005 y el 31 de diciembre de 2014. Se recopilaban datos sobre edad, sexo, años de trabajo, tipo de empleo (formal o informal), actividad laboral, uso de equipos de protección personal, resultados de exámenes complementarios (laboratorio general, electromiograma) y manifestaciones clínicas. Los niveles de plomo en sangre se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica en muestras de sangre venosa. Las variables cuantitativas se describieron mediante mediana y rango, mientras que las comparaciones se realizaron con pruebas no paramétricas (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis). Las variables categóricas se analizaron mediante la prueba de Chi cuadrado, considerando un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. ⁽¹⁸⁾

superaban los 60 $\mu\text{g/dL}$ de plumbemia y recibieron tratamiento quelante. En el centro privado, el promedio de plumbemia para la labor de fundición fue de 79,7 $\mu\text{g/dL}$, mientras que en el centro público fue de 54,13 $\mu\text{g/dL}$. La sintomatología más frecuente fue neurológica (48,93 %), seguida de inespecífica (22,65 %) y digestiva (6,75 %); el 18,65 % eran asintomáticos. Entre los hallazgos clínicos más comunes se encontraron el ribete de Burton y la hipertensión arterial. En cuanto a los exámenes complementarios, en el centro privado, 18,23 % presentaron anemia microcítica, 1,76 % alteración de función renal y 8,24 % polineuropatía por electromiograma. En el centro público, 31,25 % de los 48 pacientes con datos disponibles tenían alteraciones como anemia microcítica, hiperuricemia o neuropatías. Respecto al uso de protección, solo alrededor del 34,7 % en el centro privado y 31,58 % en el centro

años se identificó una variabilidad amplia en los niveles de plomo, manifestaciones clínicas heterogéneas y un uso insuficiente de medidas de protección. Además, muchos casos fueron oligosintomáticos a pesar de presentar plumbemia elevada. El estudio destaca la necesidad de mejorar la vigilancia, diagnóstico temprano y prevención en los ambientes laborales, así como la difusión de la información para que los riesgos ocupacionales no permanezcan invisibles. ⁽¹⁸⁾

URL: <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2021/12/vol-38.2-34-37.pdf>





público reportaron uso de máscara y guantes. Los análisis estadísticos mostraron que la plumbemia variaba significativamente entre tipo de empleo, centro, edad, años trabajados y categorías sintomáticas.⁽¹⁸⁾

1 Mbonane T., 5 Mathee A., Swart A., Naicker N. (2021) ⁽¹⁹⁾	El estudio tuvo como objetivo describir los casos de intoxicación por plomo en hombres jóvenes involucrados en la minería ilegal de oro en Sudáfrica, con el propósito de evidenciar los riesgos ambientales, sociales y sanitarios asociados a esta actividad y fomentar la implementación de medidas preventivas y de salud pública. ⁽¹⁹⁾	El estudio correspondió a una serie de casos derivada de una investigación transversal realizada en Sudáfrica entre octubre de 2020 y febrero de 2021, en la que se examinaron tres hombres jóvenes involucrados en la minería ilegal de oro y recluidos en centros correccionales. Se tomaron muestras de sangre venosa (50–100 µL) para determinar los niveles de plomo y hemoglobina. Además, se aplicó un cuestionario semiestructurado que abordó aspectos sociodemográficos, condiciones de salud y exposición ambiental, junto con la escala Youth Self-Report, destinada a evaluar tendencias de agresividad y comportamientos	Los tres jóvenes estudiados presentaron niveles elevados de plomo en sangre, con valores que superaron significativamente el límite de referencia de 5 µg/dL del CDC. Los casos mostraron también síntomas asociados con la intoxicación por plomo, como anemia severa (Hb entre 7.1 y 8.6 g/dL), dolores musculares, debilidad articular, tos persistente, y trastornos gastrointestinales como dolor abdominal y estreñimiento. En cuanto al comportamiento, todos los participantes demostraron conductas agresivas y violentas, como amenazas, robos y agresiones físicas con objetos punzantes, y reportaron la falta de equipo de protección personal durante sus labores mineras. Estas	El estudio subraya los riesgos de salud graves asociados con la minería ilegal, particularmente para los jóvenes involucrados, quienes enfrentan niveles peligrosos de exposición al plomo, lo que lleva a problemas de salud como anemia, dolor muscular y respiratorio, así como alteraciones del comportamiento, incluyendo agresividad y violencia. Se concluye que estos jóvenes están altamente vulnerables tanto a la intoxicación por plomo como a	Lead Poisoning among Male Juveniles Due to Illegal Mining: A Case Series from South Africa. Envenenamiento por plomo entre jóvenes varones debido a la minería ilegal: una serie de casos de Sudáfrica. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8296937
--	--	--	--	--	---





			violentos. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Johannesburgo y con el consentimiento informado de los participantes y sus tutores legales. ⁽¹⁹⁾	condiciones reflejan tanto la peligrosidad del entorno de trabajo como la exposición significativa a metales pesados en su actividad diaria. ⁽¹⁹⁾	condiciones de trabajo precarias. Por ello, es urgente implementar medidas preventivas y programas de monitoreo de plomo en las comunidades mineras, así como educar a los jóvenes sobre los riesgos de esta actividad ilegal, a fin de mitigar los efectos negativos sobre su salud y comportamiento, y promover intervenciones adecuadas en los sistemas de salud pública. ⁽¹⁹⁾	
1	Allaouat S.,	El objetivo principal del artículo fue evaluar el efecto de intervenciones educativas destinadas a prevenir la absorción de plomo en trabajadores expuestos a este metal. Lo que se buscaba era determinar si los programas de	El estudio corresponde a una revisión sistemática de la literatura que incluyó búsquedas en múltiples bases de datos hasta el año 2020. Se seleccionaron estudios con distintos diseños, aunque solo cumplieron criterios cuatro investigaciones tipo antes-después no controladas, que involucraron trabajadores de	Se observó que, en trabajadores con altos niveles de plomo en sangre, recibir educación redujo estos valores en el corto plazo en 9.17 µg/dL (intervalo de confianza del 95%: 4.14 a 14.20), en el mediano plazo en 3.80 µg/dL (IC 95%: 1.48 a 6.12) y en el largo plazo en 8.08 µg/dL (IC 95%: 3.67 a 12.49). En los casos donde los trabajadores empezaban con niveles bajos de plomo, los	Las intervenciones educativas pueden ser útiles para prevenir la intoxicación por plomo, principalmente en trabajadores que ya mostraban niveles elevados de exposición. Sin embargo, la calidad de la evidencia disponible es baja y se	Educational interventions for preventing lead poisoning in workers. Intervenciones educativas para la prevención del envenenamiento por plomo en los trabajadores. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8095058





Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

	capacitación y sensibilización podían disminuir la intoxicación por plomo dentro del entorno laboral, enfocado en la reducción de la exposición y en la mejora de conocimientos y conductas preventivas en estos trabajadores. ⁽⁸⁾	diversas industrias en países como Estados Unidos, Italia y Tailandia. Las intervenciones consistieron principalmente en sesiones educativas presenciales sobre riesgos, uso adecuado del equipo de protección personal e higiene laboral, con duraciones variables entre una y ocho horas. ⁽⁸⁾	cambios no fueron concluyentes. Además, las concentraciones de plomo en orina también disminuyeron en 42.43 µg/L (IC 95%: 29.73 a 55.13) en el largo plazo, según los datos reportados por los estudios incluidos. ⁽⁸⁾	requiere más investigación de calidad para confirmar este beneficio. De igual manera, recalcan que la educación no provocó daños y se considera una estrategia segura para aplicar en entornos laborales expuestos al plomo. ⁽⁸⁾	
1 Lakka N., Pai 7 B., Mani M., Dsouza H. (2023) ⁽³⁾	El propósito del artículo es revisar los efectos de la exposición al plomo (Pb ²⁺), con énfasis en su impacto hepatotóxico, identificar posibles biomarcadores diagnósticos para detectar el daño hepático inducido por este metal y analizar el papel de los agentes quelantes sintéticos y de los compuestos bioactivos, como el ajo y la alicina, en el tratamiento.	Se trata de un artículo de revisión que recopila y sintetiza los resultados de estudios previos, tanto in vitro como in vivo, relacionados con la toxicidad del plomo, el daño hepático, los biomarcadores, la quelación y los efectos de compuestos bioactivos. En él se analizan los mecanismos de daño, las biomoléculas alteradas, las variaciones en los niveles enzimáticos y el papel del estrés oxidativo, además de comparar los tratamientos con quelantes sintéticos y los efectos	La revisión mostró que la exposición al plomo provoca estrés oxidativo, alteraciones en las enzimas hepáticas y daño celular que derivan en hepatotoxicidad. Si bien los niveles de plomo en sangre reflejan una exposición reciente, no permiten estimar el daño acumulado en el hígado. Se identificaron enzimas hepáticas como la ALT y la AST, junto con marcadores de estrés oxidativo, como posibles biomarcadores para una detección más precisa del daño hepático. Asimismo, se observó que los quelantes sintéticos	El estudio concluye que resulta esencial desarrollar métodos de diagnóstico temprano basados en la combinación de biomarcadores que permitan evaluar con mayor precisión el daño hepático causado por el plomo. Si bien los quelantes sintéticos son un componente clave del tratamiento, su empleo debería complementarse con compuestos naturales y antioxidantes para reducir los	Potential diagnostic biomarkers for lead-induced hepatotoxicity and the role of synthetic chelators and bioactive compounds. Posibles biomarcadores diagnósticos de la hepatotoxicidad inducida por plomo y el papel de los quelantes sintéticos y los compuestos bioactivos. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37125327/





Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

	Estos últimos se destacan por su efecto protector y antioxidante frente al daño hepático causado por la exposición al plomo. ⁽³⁾	protectores antioxidantes, nutrientes y compuestos bioactivos. ⁽³⁾	de	resultan eficaces para eliminar el plomo, aunque pueden causar efectos secundarios, mientras que los compuestos naturales, como antioxidantes y extractos bioactivos, presentan efectos protectores sobre el hígado. ⁽³⁾	efectos adversos y proteger la función hepática. Asimismo, se enfatiza la necesidad de implementar estrategias integrales que abarquen la prevención, el diagnóstico temprano y el uso de terapias complementarias para mitigar la hepatotoxicidad inducida por la exposición al plomo. ⁽³⁾
1 Barberino J et al. (2005) ⁽⁷⁾	El objetivo central fue determinar la prevalencia de alteraciones en las enzimas hepáticas (principalmente gamma-glutamyltransferasa -GGT- y alanina aminotransferasa -ALT-) en los trabajadores de una refinería de petróleo en Bahía, Brasil, comparando con empleados administrativos no expuestos y describiendo los factores	Se realizó un estudio de prevalencia donde participaron 692 trabajadores de la refinería y 377 de la oficina administrativa. Se tomaron muestras de sangre para medir GGT y ALT, junto con cuestionarios sobre edad, género, consumo de alcohol, tabaquismo, ejercicio físico, exposición ocupacional, antecedentes médicos y uso de equipos de protección. El caso se definió por niveles simultáneamente elevados de GGT y ALT, con análisis ajustados por	Los resultados mostraron diferencias importantes en los valores de enzimas hepáticas entre los trabajadores de la refinería y el grupo de referencia. Por ejemplo, el 30,6% de los empleados de la refinería presentaron GGT elevada y el 20,9% ALT alta, valores superiores a los registrados en la población de referencia (20,8% y 6,1%, respectivamente). Además, la prevalencia general de alteraciones hepáticas en la refinería fue del 15,3% (IC95%: 12,5-18,1), comparada con solo	El estudio concluye que la exposición ocupacional es un factor clave para el desarrollo de alteraciones hepáticas en los trabajadores de la refinería, por encima de otros factores individuales como estilo de vida o salud previa; y destaca la necesidad de mejores controles y estudios longitudinales para proteger la salud de estos	Alterações hepáticas em trabalhadores de uma refinaria de petróleo e em uma população de referência no Estado da Bahia, Brasil. Alteraciones hepáticas en trabajadores de una refinería de petróleo y en una población de referencia en el estado de Bahía, Brasil. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15720879/





Exposición laboral a plomo: Daño hepático y biomarcadores tempranos

	asociados a esa prevalencia. ⁽⁷⁾	diferentes factores para comparar ambos grupos. ⁽⁷⁾	3,8% (IC95%: 1,8-5,8) en la referencia. Incluso tras ajustar por obesidad, ejercicio, tabaquismo y consumo de alcohol, se observó que el riesgo era 3,56 veces mayor en la refinería, lo que refuerza el impacto de la exposición ocupacional sobre la salud hepática. ⁽⁷⁾	trabajadores frente a los riesgos del ambiente laboral. ⁽⁷⁾
1 Dioka C., 9 Orisakwe O., Adeniyi F., Meludu S. (2004) ⁽⁶⁾	El estudio busca evaluar el impacto de la exposición ocupacional al plomo en artesanos de talleres mecánicos en Nnewi, Nigeria, analizando cómo afecta la función hepática y renal mediante pruebas bioquímicas específicas. ⁽⁶⁾	Se estudiaron 25 artesanos expuestos al plomo (mecánicos, cargadores de baterías y soldadores) y 25 estudiantes universitarios como grupo control, todos hombres entre 25 y 50 años. Se midieron niveles de plomo en sangre, zinc sérico, enzimas hepáticas (ALT, AST, fosfatasa alcalina), electrolitos, urea, creatinina, ácido úrico y fósforo inorgánico. Las pruebas se realizaron con métodos estandarizados y espectrofotometría. ⁽⁶⁾	Los resultados mostraron que los trabajadores expuestos al plomo tenían concentraciones significativamente más altas de ácido úrico (357 ± 123 vs 228 ± 105 $\mu\text{mol/L}$) y fósforo inorgánico (1.5 ± 0.5 vs 1.2 ± 0.41 mmol/L) en sangre frente al grupo control, además de mayores niveles en las enzimas hepáticas ALT (11.4 ± 4.0 vs 6.8 ± 2.7 IU/L) y AST (15.8 ± 4.4 vs 9.6 ± 3.5 IU/L), mientras que la fosfatasa alcalina resultó más baja en los expuestos (66 ± 18.9 vs 78.7 ± 22.4 IU/L). El plomo en sangre fue mucho mayor en los artesanos (59.6 ± 15.9 $\mu\text{g/dL}$) que en los controles (35 ± 7.9 $\mu\text{g/dL}$), y los niveles de zinc fueron inferiores en los expuestos (71.3 ± 14.4 vs	La exposición ocupacional al plomo en estos artesanos está asociada con daño hepático y alteraciones renales, evidenciado por niveles elevados de plomo en sangre, disminución de zinc, aumento de ácido úrico y fósforo, y alteraciones en enzimas hepáticas. Estos hallazgos indican que el plomo puede afectar la salud de los trabajadores, incluso en ausencia de síntomas evidentes, y resaltan la necesidad de medidas
				Liver and Renal Function Tests in Artisans Occupationally Exposed to Lead in Mechanic Village in Nnewi, Nigeria. Pruebas de función hepática y renal en artesanos expuestos laboralmente al plomo en Mechanic Village, Nnewi, Nigeria. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1669617/





				108.4±16.9 µg/dL). Estos valores reflejan un impacto nocivo del plomo sobre la función hepática y renal en los trabajadores expuestos. (6)	preventivas y regulaciones más estrictas en ambientes industriales. (6)	
20	Chang W et al. (2013) (20)	El objetivo del estudio fue comparar los resultados de pruebas de función hepática — específicamente las enzimas AST, ALT y GGT— en hombres expuestos a plomo, solventes orgánicos, o a ambos simultáneamente en el trabajo, bajo límites permisibles de exposición. (20)	Participaron 593 trabajadores (de un total de 2.218 posibles) que aceptaron compartir datos médicos personales. Los trabajadores se dividieron en cinco grupos: expuestos sólo a plomo, expuestos sólo a solvente orgánico co-expuesto (principalmente tricloroetileno, TCE), expuestos sólo a solvente orgánico, expuestos a ambos, y un grupo control no expuesto. Se utilizaron análisis de varianza y regresión logística para comparar resultados de las enzimas hepáticas, ajustando por factores como edad, IMC (Índice de masa corporal), tabaquismo, consumo de alcohol y tipo de trabajo. (20)	El estudio mostró que los trabajadores expuestos tanto a plomo como a solventes orgánicos (exposición mixta) tenían niveles más altos de las enzimas hepáticas ALT y AST en comparación con otros grupos. En el caso de la enzima GGT, solo fue mayor en el grupo mixto respecto al grupo solvente coexpuesto con TCE, pero entre los otros grupos no hubo diferencias. Estos resultados se mantuvieron, aunque se ajustaron por factores como edad, tiempo de trabajo, IMC (Índice de masa corporal), tabaquismo y consumo de alcohol. Al emplear los valores de corte convencionales de AST (40 IU/L), ALT (42 IU/L) y GGT (63 IU/L), no se detectaron diferencias claras en el riesgo de alteración hepática entre los grupos. Sin embargo, si se toman límites más	El estudio concluye que, aunque la exposición individual a plomo o solventes parece segura bajo el límite permisible, la exposición combinada de ambos puede aumentar el riesgo de alteración de la función hepática. Recomiendan continuar evaluando y mejorando la seguridad industrial y la vigilancia de la salud para quienes se exponen a mezclas químicas en el ambiente laboral. (20)	The Relationship of Liver Function Tests to Mixed Exposure to Lead and Organic Solvents. Relación de las pruebas de función hepática con la exposición mixta al plomo y a disolventes orgánicos. URL: https://aoemj.biomedcentral.com/articles/10.1186/2052-4374-25-5





bajos (30 IU/L para AST y ALT, y 40 IU/L para GGT), el grupo mixto mostró una posibilidad más elevada de presentar AST aumentada: el riesgo fue 4.39 veces mayor respecto al grupo control (IC 95%: 1.86-10.40). En resumen, la exposición combinada a plomo y solventes puede afectar más al hígado cuando se utilizan criterios más exigentes para definir alteración, mostrando que no siempre los límites tradicionales detectan cambios relevantes en la salud ocupacional. ⁽²⁰⁾

2 Kim D., Ock J., Moon K., Park C. (2021) ⁽²¹⁾	El objetivo del estudio fue investigar si la exposición a metales pesados como plomo, cadmio y mercurio afecta la función del hígado en adultos coreanos, observando si los niveles de estos metales en sangre y orina se relacionan con biomarcadores hepáticos (AST, ALT y	Para este estudio, se examinó a 2,953 adultos coreanos mayores de 19 años utilizando información recogida en una gran encuesta nacional de salud. Los investigadores tomaron muestras de sangre y orina para medir los niveles de metales pesados, y también analizaron las enzimas que muestran el estado del hígado. Para asegurarse de que los resultados fueran confiables, tuvieron en cuenta factores como la edad, el sexo,	Los resultados mostraron que los adultos con niveles más altos de plomo en sangre (2.31–14.82 µg/dL) tenían aumentos en las enzimas hepáticas AST, ALT y GGT de 4.2%, 4.7% y 9.8%, respectivamente, en comparación con quienes tenían menos plomo. Algo similar se observó con el cadmio: quienes tenían más cadmio en orina (0.88–16.81 µg/L) presentaron aumentos del 9.2% en ALT y 8.5% en GGT, reflejando un daño	El estudio encontró que, incluso con una exposición moderada a plomo, cadmio y mercurio, las personas pueden presentar cambios en las enzimas del hígado, lo que podría indicar que este órgano está sufriendo daño o estrés. Los investigadores resaltan lo importante que es entender mejor cómo	Association between Pb, Cd, and Hg Exposure and Liver Injury among Korean Adults. Asociación entre la exposición a plomo, cadmio y mercurio y el daño hepático en adultos coreanos. URL: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/13/6783
---	--	--	---	--	--





		GGT) que indican daño hepático. ⁽²¹⁾	el peso, el hábito de fumar y el consumo de alcohol y pescado. Usaron métodos estadísticos avanzados para ver si había relaciones claras, considerando un resultado importante cuando el valor de $p < 0.05$. ⁽²¹⁾	sobre las células del hígado. En el caso del mercurio en sangre ($4.43\text{--}125.49 \mu\text{g/L}$), hubo incrementos en ALT (11.9%) y GGT (18.4%), lo que sugiere un efecto tóxico relacionado con el estrés oxidativo en el hígado. Sin embargo, el mercurio medido en orina no tuvo un impacto claro en estos marcadores. En conjunto, estos resultados confirman que la exposición a estos metales, incluso en niveles que se encuentran en muchas personas, está relacionada con signos de alteración en la función hepática. ⁽²¹⁾	estos metales afectan nuestro cuerpo y sugieren que hacen falta más estudios y acciones preventivas para proteger la salud de todos frente a la contaminación por metales pesados. ⁽²¹⁾	
2 Rivera K., 2 Pernía B. (2021) ⁽²²⁾	El objetivo de este estudio fue comprender cómo el plomo afecta la salud de los trabajadores en fábricas de baterías de Guayaquil. Para lograrlo, se midieron los niveles de plomo en la sangre de los empleados y se compararon con personas que no están expuestas al	Se realizó un estudio exploratorio en el que participaron 198 trabajadores de tres fábricas de baterías y un grupo control de 21 personas que no estaban expuestas al plomo. Se obtuvieron muestras de sangre venosa de todos los participantes y se analizaron usando una técnica llamada espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, cumpliendo los estándares de calidad establecidos por la	Todos los trabajadores presentaron presencia de plomo en sangre, con una media de $16.22 \pm 6.82 \mu\text{g/dL}$, cifra muy superior a la del grupo control ($0.68 \pm 0.15 \mu\text{g/dL}$). Los hombres registraron niveles más altos ($15.99 \pm 7.16 \mu\text{g/dL}$) que los de las mujeres ($2.10 \pm 2.34 \mu\text{g/dL}$). Los puestos más contaminados fueron montaje ($21.00 \pm 0.97 \mu\text{g/dL}$), fundición ($20.33 \pm 1.33 \mu\text{g/dL}$) y empastada mezcladora ($18.09 \pm 1.71 \mu\text{g/dL}$),	El estudio reveló que los trabajadores de fábricas de baterías en Guayaquil presentan niveles de plomo en la sangre mucho más altos que los de las personas que no están expuestas, lo que indica un riesgo claro en su trabajo. Se observó que los hombres y quienes tienen contacto directo	Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías ubicadas en Guayaquil, Ecuador. URL: https://www.redalyc.org/journal/5722/572266265001/html/	





metal. Además, la investigación tomó en cuenta factores como el sexo, la edad, el tipo de trabajo y el tiempo que cada persona lleva expuesta al plomo. La idea principal fue descubrir quiénes corren más riesgo en su trabajo y cómo este metal podría afectar su salud. ⁽²²⁾

norma ISO 17025. Los resultados de estas pruebas se procesaron con métodos estadísticos, como T-Student y ANOVA, para poder comparar los niveles de plomo entre los distintos grupos de personas, así como según el sexo y el tipo de trabajo desempeñado dentro de la fábrica. ⁽²²⁾

mientras que áreas administrativas mantuvieron valores bajos. Un 78.79 % de los trabajadores presentó riesgo medio de intoxicación por plomo, 13.64 % riesgo bajo y 3.03 % riesgo alto, superando los límites recomendados por la OMS (10 µg/dL), aunque sin sobrepasar los de la OSHA (40 µg/dL). ⁽²²⁾

con el plomo son los más perjudicados. Por eso, los investigadores sugieren reforzar las medidas de seguridad, capacitar al personal y aplicar controles médicos y ambientales más rigurosos, para evitar intoxicaciones y cuidar la salud de los empleados. ⁽²²⁾

Discusión

Los resultados de esta revisión muestran que la exposición al plomo en el trabajo sigue siendo un problema de salud pública, con efectos importantes en el hígado. La mayoría de los estudios encontrados indican que las concentraciones de plomo en la sangre son mayores a los niveles de referencia que establecen organismos internacionales. En varios trabajos, el promedio de plomo en sangre superó los 20 µg/dL, que es el límite establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). (1,2) Además, se encontró que los trabajadores expuestos tienen cambios significativos en las enzimas alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), lactato deshidrogenasa (LDH), fosfatasa alcalina (ALK) y la gamma-glutamilttransferasa (GGT), lo que apunta a un daño hepático leve relacionado con la exposición prolongada a este metal. (2)

Diversos estudios confirman que el plomo causa daño en el hígado principalmente a través del estrés oxidativo, afectando el metabolismo celular y la membrana hepática. Las enzimas ALT, AST son importantes porque indican de forma temprana el daño hepático por plomo, ya que sus niveles aumentan antes de que aparezcan síntomas o daños visibles en el hígado. En este sentido, la investigación reciente sugiere que la medición de biomarcadores adicionales, como la gamma glutamilttransferasa (GGT) y la γ-glutamilttransferasa-S (γ-GST), podría ser esencial para un diagnóstico combinado y más preciso. (3) En estudios con trabajadores expuestos, se observaron aumentos significativos en ALT y AST, mostrando una relación directa entre la cantidad de plomo en sangre y los cambios bioquímicos. (6)





También se observó que la GGT es un marcador muy sensible para detectar estrés hepático temprano, incluso cuando está dentro de valores normales. (2,7) Su aumento está vinculado a alteraciones en el metabolismo del glutatión, que es clave para la defensa contra el daño celular por metales pesados. Por eso, combinar ALT, AST y GGT es útil para identificar a tiempo el daño hepático por exposición laboral. (3,6,7)

Los resultados indican además que mientras más plomo hay en la sangre, mayor es la presencia de problemas metabólicos, cardiovasculares y hepáticos, mostrando que el plomo afecta varios sistemas del cuerpo. (4) Esto se debe a que el plomo se acumula y permanece en órganos como el hígado y los huesos, causando daño oxidativo prolongado y afectando todo el organismo. (5) Por lo tanto, el daño hepático por plomo depende no solo de la cantidad, sino del tiempo de exposición y las condiciones nutricionales y laborales de los trabajadores.

En cuanto a medidas de control, se nota que la vigilancia médica y las políticas de prevención son aún insuficientes en muchos lugares de trabajo. Sin embargo, los programas de monitoreo y educación han logrado reducir niveles de plomo en sangre hasta en 9,17 µg/dL, lo que demuestra que la educación y la prevención son efectivas para disminuir la exposición y mejorar la seguridad laboral. (8,12)

En resumen, la evidencia muestra que la exposición laboral al plomo causa cambios bioquímicos en el hígado detectables con ALT, AST, GGT y γ-GST que son señales tempranas de daño. Por eso es fundamental implementar programas de vigilancia periódica, junto con educación y medidas de prevención, para reducir las enfermedades hepáticas en los trabajadores expuestos y proteger su salud ocupacional.

Conclusiones

La evidencia científica demuestra que la exposición al plomo en el trabajo sigue siendo un riesgo importante para la salud de los trabajadores, especialmente en aquellos que manipulan baterías, metales o productos derivados de este elemento. Los estudios revisados muestran concentraciones de plomo en sangre por encima de los límites permitidos, junto con alteraciones en las enzimas ALT, AST, GGT y γ-GST, lo que confirma la presencia de daño hepático subclínico asociado a una exposición prolongada. Este metal pesado ejerce su toxicidad a través de mecanismos de estrés oxidativo y daño celular, afectando la función de los hepatocitos incluso en niveles bajos de exposición.

Los resultados resaltan la importancia de utilizar biomarcadores tempranos como ALT, AST, GGT y γ-GST para detectar de forma precoz el daño hepático, así como la necesidad de fortalecer los programas de vigilancia biomédica y la educación preventiva en el entorno laboral. La aplicación de medidas adecuadas de control, monitoreo y protección personal puede reducir de manera significativa los casos de daño hepático y mejorar la seguridad de los trabajadores expuestos al plomo.

Referencias



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



1. Wang D, Wake GE, Olana AT. "Blood lead level among battery factory workers in low and middle-income countries: Systematic review and meta-analysis" [Internet]. 2022 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.970660>
2. Firoozichahak A, Rahimnejad S, Rahmani A, Parvizeh A, Aghaei A, Rahimpour R. Effect of occupational exposure to lead on serum levels of lipid profile and liver enzymes: An occupational cohort study. *Toxicol Rep* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2025 Nov 12]; 9:269–75. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.02.009>
3. Lakka N, Pai B, Mani MS, Dsouza HS. Potential diagnostic biomarkers for lead-induced hepatotoxicity and the role of synthetic chelators and bioactive compounds [Internet]. Vol. 12, *Toxicology Research*. Oxford University Press; 2023 [cited 2025 Nov 12]. p. 178–88. Available from: <https://doi.org/10.1093/toxres/tfad014>
4. Hua Q, Zhang P, Yang Y, Ren J, Cui S, Yang Y, et al. Documentation of lead exposure-associated comorbidity among 4538 workers in China. *BMC Public Health* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Nov 12];25(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21436-w>
5. Gonzalez-Villalva A, Marcela RL, Nelly LV, Patricia BN, Guadalupe MR, Brenda CT, et al. Lead systemic toxicity: A persistent problem for health [Internet]. Vol. 515, *Toxicology*. Elsevier Ireland Ltd; 2025 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2025.154163>
6. Dioka CE, Orisakwe OE, Adeniyi FAA, Meludu SC. Liver and Renal Function Tests in Artisans Occupationally Exposed to Lead in Mechanic Village in Nnewi, Nigeria. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2004 [cited 2025 Nov 12]; 1:21–5. Available from: www.ijerph.org
7. Luiz Barberino J, Carvalho FM, Muniz Silvany-Neto A, Cotrim HP, Góes RC, Rosa H, et al. Alterações hepáticas em trabalhadores de uma refinaria de petróleo e em uma população de referência no Estado da Bahia, Brasil [Internet]. Vol. 17, *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*. 2005 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15720879/>
8. Allaouat S, Reddy VK, Räsänen K, Khan S, Lumens MEGL. Educational interventions for preventing lead poisoning in workers [Internet]. Vol. 2020, *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley and Sons Ltd; 2020 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013097.pub2>
9. Douine M, Korsec V, Sanna A, Plessis L, Bardon T, Adenis A, et al. Prevalence of lead poisoning among artisanal gold miners in French Guiana in 2022: a multicenter cross-sectional observational survey. *BMC Public Health* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Nov 12];25(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s12889-025-24109-w>
10. Kinally C, Fuller R, Larsen B, Hu H, Lanphear B. A review of lead exposure source attributional studies [Internet]. Vol. 990, *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V.; 2025 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179838>
11. Yu YL, An DW, Yang WY, Zhang DY, Martens DS, Nawrot TS, et al. Health risks related to environmental and occupational lead exposure [Internet]. Vol. 83, *Kardiologia Polska. Via Medica*; 2025 [cited 2025 Nov 12]. p. 138–48. Available from: <https://dx.doi.org/10.33963/v.phj.104575>
12. Abasilim C, Shannon B, Madigan D, Friedman LS. Medical Surveillance of Occupational Lead Exposure Using the EPA's Toxics Release Inventory and Adult Blood Lead Epidemiology and





- Surveillance Program: Illinois, 2016–2023. *Am J Ind Med* [Internet]. 2025 Aug 1 [cited 2025 Nov 12];68(8):688–97. Available from: <https://doi.org/10.1002/ajim.23738>
13. Charkiewicz AE, Backstrand JR. Lead toxicity and pollution in Poland [Internet]. Vol. 17, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2020 [cited 2025 Nov 12]. p. 1–16. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph17124385>
14. Armatas C, Loper B, Tandoc A, Materna BL. Industries with the Highest Occupational Blood Lead Test Results, California Occupational Blood Lead Registry, 2020-2021. *Am J Public Health* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2025 Nov 12];112: S690–4. Available from: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2022.307002>
15. O'Callaghan-Gordo C, Rosales J, Lizárraga P, Barclay F, Okamoto T, Papoulias DM, et al. Blood lead levels in indigenous peoples living close to oil extraction areas in the Peruvian Amazon. *Environ Int* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2025 Nov 12];154. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106639>
16. Chukwukasi Wilson Kassy CKUTJA. Symptoms Associated with Low Threshold Lead Poisoning Among Roadside and Organized Panel Beaters in Enugu Metropolis, Nigeria. *J Health Pollut* [Internet]. 2021 Mar [cited 2025 Nov 12]; Vol. 11. Available from: <https://dx.doi.org/10.5696/2156-9614-11.29.210303>
17. Pérez Bueno T, Jaime Novas A, Díaz Padrón H, Cabrera Guerra C, Villalba Rodríguez L. Evaluación biológica de la exposición laboral al plomo [Internet]. 2021 [cited 2025 Nov 12]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662021000100005
18. Berduc AD CVVASG. Intoxicación crónica con plomo en exposición ocupacional. Características clínicas y epidemiológicas período 2005-2014. *Rev Toxicología* [Internet]. 2021 [cited 2025 Nov 12]; 38:94–7. Available from: <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2021/12/vol-38.2-34-37.pdf>
19. Mbonane TP, Mathee A, Swart A, Naicker N. Lead poisoning among male juveniles due to illegal mining: A case series from South Africa. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2025 Nov 12];18(13). Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18136838>
20. Chang WJ, Joe KT, Park HY, Jeong JD, Lee DH. The Relationship of Liver Function Tests to Mixed Exposure to Lead and Organic Solvents. *Ann Occup Environ Med* [Internet]. 2013 [cited 2025 Nov 12];25(1):5. Available from: <http://www.aoemj.com/content/25/1/5>
21. Kim DW, Ock J, Moon KW, Park CH. Association between pb, cd, and hg exposure and liver injury among Korean adults. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2025 Nov 12];18(13). Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18136783>
22. Rivera K, Pernía B. Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías ubicadas en Guayaquil-Ecuador. *Enfoque UTE* [Internet]. 2021 Apr 5 [cited 2025 Nov 12];12(2):1–18. Available from: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.727>

