



**FACULTAD DE CIENCIAS DE TRABAJO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE TRABAJO Y  
COMPORTAMIENTO HUMANO**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

**NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y ESTADO DE SALUD DE LOS TRABAJADORES DE LA  
INDUSTRIA MINERA AL SUR DE ECUADOR**

**Realizado por:**

**MARÍA MAGDALENA GRANDA ZÚÑIGA**

**Director del proyecto:**

**MICHAEL SILVA PEÑAHERRERA**

**Como requisito para la obtención del título de:**

**ESPECIALISTA EN TOXICOLOGÍA LABORAL**

**QUITO, 01 OCTUBRE del 2021**

## **Niveles de plomo en sangre y estado de salud de los trabajadores de la industria minera al sur de Ecuador**

**Resumen:** El uso generalizado del plomo ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación.

**Objetivo:** Medir la asociación entre los niveles de plomo en sangre y los efectos negativos en la salud de los trabajadores (alteraciones hematológicas) de la industria minera al sur de Ecuador. **Método:** Analítico, retrospectivo basado en el estudio de los resultados de laboratorio existentes en archivo de Centro de Medicina Ocupacional de la ciudad de Loja, de una población constituida por 1000 trabajadores de las empresas mineras ubicadas al Sur de Ecuador a quienes se les ha realizado exámenes ocupacionales en los que incluye biometría hemática y plomo en sangre; además se considera factores sociodemográfico durante el periodo 2018-2020. **Análisis:** Se aplicará la estadística descriptiva para el procesamiento, análisis e interpretación de resultados, utilizando la media como medida de tendencia central, referente a las características sociodemográficas. Y estadística analítica para las variables dependiente e independiente, niveles de plomo en sangre y alteraciones hematológicas, para lo cual se utilizará promedio, y desviación estándar y coeficiente de Pearson para determinar si existe correlación entre variables.

**Resultados.** Dentro de estos resultados se espera encontrar que de los 1000 trabajadores que constituyen la población total de estudio de empresas mineras ubicadas al Sur de Ecuador, las edades varíen entre 18 y 59 años, la mayoría correspondan al sexo masculino, obreros de mina, su grado de instrucción varíe entre primaria y secundaria, una mínima cantidad de trabajadores presenten instrucción superior, el promedio de antigüedad laboral de 30 meses aproximadamente. Se esperan clasificar con valores superiores a 15 ug/dL a la mayoría de trabajadores. No existirá correlación significativa entre niveles de plomo y alteraciones hematológicas.

**Palabras clave:** Plomo, minería, valor permitido, alteraciones hematológicas.

**Abstract:** The widespread use of lead has resulted in significant contamination in many parts of the world. Objective: To measure the association between blood lead levels and the negative effects on the health of workers (hematological alterations) in the mining industry in southern Ecuador. Method: Analytical, retrospective based on the study of existing laboratory results in the archive of the Occupational Medicine Center of the city of Loja, of a population made up of 1000 workers from mining companies located in southern Ecuador who have undergone occupational exams including hematic biometry and blood lead; Furthermore, sociodemographic factors are considered during the 2018-2020 period. And analytical statistics for the dependent and independent variables, blood lead levels and hematological alterations, for which average will be used, and standard deviation and Pearson's coefficient to determine if there is a correlation between variables. Results. Within these results, it is expected to find that of the 1000 workers that make up the total study population of mining companies located in southern Ecuador, the ages vary between 18 and 59 years, the majority corresponding to the male sex, mine workers, their degree of instruction varies between primary and secondary, a minimum number of workers present higher education, the average of 30 months approximately. The majority of workers are expected to be classified with values higher than 15 ug / dL. There is no significant correlation between lead levels and hematological alterations.

**Keywords:** Lead, mining, allowed value, hematological alterations.

## Introducción

El uso generalizado de plomo ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud ha sido motivo de complicaciones, sobre todo la causa de 143 000 muertes cada año, por exposición crónica <sup>(8)</sup>.

Uno de estos problemas de exposición se encuentra ligado al sector de la minería dado que este metal está presente en el procesamiento de los minerales. “La minería comprende el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales que se encuentran en la superficie terrestre con fines comerciales”<sup>(2)</sup>.

Ecuador posee una ubicación estratégica y clima privilegiado, lo cual favorece el desarrollo de actividades económicas en general, entre ellas la minería. El 80% de los recursos metálicos (cobre, oro, plata, molibdeno y tierras raras) se ubican en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago <sup>(1)</sup>.

El plomo es un metal pesado con el símbolo Pb, que los seres humanos han utilizado desde hace muchos años, es de color gris plateado, no tiene capacidad elástica, tiene excelente maleabilidad y muy resistente a la corrosión <sup>(3)</sup>. Las personas adultas están expuestas principalmente a este metal en sus lugares de trabajo, ya sea a través de la inhalación de partículas cargadas de plomo, la falta de higiene personal o el consumo de agua y alimentos contaminados <sup>(4)</sup>.

El plomo ingresa al cuerpo a través de la absorción intestinal por ingestión, a los pulmones por inhalación y por la piel. Una vez en el organismo es transportado por el torrente sanguíneo, se localiza en diferentes tejidos y órganos, incluidos hígado y riñón, donde presenta daños oxidativos en las células y los tejidos <sup>(5)</sup>.

El estrés oxidativo es una de esas respuestas celulares principales, resultado del desequilibrio en el sistema redox. Está asociado con daños macromoleculares y activación de varias vías de supervivencia y muerte celular <sup>(6)</sup>.

Este metal al ser distribuido por todo el organismo va lesionando órganos blandos como el sistema nervioso central y periférico, pero el mayor daño lo causa en la sangre al interferir en la síntesis de hemoglobina en el hematíe y bloquear la fijación de hierro; ocasionando como resultado final la anemia <sup>(7)</sup>.

El plomo es la primera causa de intoxicación a nivel mundial, es extremadamente peligroso para la salud, una vez en la atmósfera las partículas de plomo pueden viajar a grandes distancias contaminándose suelos, ríos, lagos y lagunas. Este incremento de plomo se facilita por la actividad minera extractiva, en donde se expone a los trabajadores a dosis altas del mismo al realizar excavaciones ocasionando serios problemas en su salud <sup>(3)</sup>.

Este inconveniente es importante analizarlo al Sur del Ecuador en donde se encuentran grandes empresas mineras ubicadas en la provincia de Zamora Chinchipe. El presente estudio se plantea como hipótesis saber si los niveles de plomo en sangre de los trabajadores de las mineras expuestos a este metal, al Sur de Ecuador, superan en valor de plomo en sangre permitido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) de 15 ug/dl. Y la relación existente entre plumbemia y alteraciones hematológicas.

El objetivo central de esta investigación es medir la asociación entre los niveles de plomo en sangre y los efectos negativos en la salud de los trabajadores (alteraciones hematológicas) de la industria minera al Sur de Ecuador.

---

## **Método**

El presente trabajo de investigación es analítico, retrospectivo y se basa en una población de estudio de 1000 trabajadores de las empresas mineras ubicadas al sur de Ecuador a quienes se realizó exámenes ocupacionales en los que incluye biometría hemática y plomo en sangre, en el Centro de Medicina Ocupacional ubicado en la ciudad de Loja, durante los años 2018- 2020.

**Fuentes de información:** Los datos provienen de fuentes secundarias (exámenes médicos periódicos) recogidos por el Centro de Medicina Ocupacional de la ciudad de Loja, que reposan en el archivo del mismo.

**Variables de estudio:** Niveles de plomo en sangre, se lo valorará en base a los resultados de este metal en sangre en los controles periódicos de los resultados que reposan en archivos del Centro de Medicina Ocupacional (CEMOC).

Alteraciones hematológicas, serán valoradas en base a la revisión de la biometría hemática considerando los siguientes parámetros: hemoglobina, hematocrito, recuento de plaquetas, leucocitos; volumen corpuscular y hemoglobina corpuscular media.

**Operacionalización de variables:** El nivel de plomo en sangre será considerado en (ug/dL) de los exámenes periódicos que reposan en archivo del CEMOC, tomando como referencia los valores límites proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (15 ug/dl). Posterior a la revisión de los resultados incluidos en toda la población de estudio, serán clasificados en dos grupos, de acuerdo con el grado de riesgo para la salud, determinado por la concentración de plomo, quedando determinados de la siguiente manera: Grupo I: Nivel sin riesgo: Los sujetos expuestos presentan un nivel inferior a 15 ug/dl. Grupo II: Nivel con riesgo: Los sujetos expuestos presentan un valor superior a 15 ug/dl. Alteraciones hemolíticas, esta variable será analizada mediante la revisión de la biometría hemática en la que se considerará los siguientes parámetros: hemoglobina, hematocrito, recuento de plaquetas, leucocitos; volumen corpuscular y hemoglobina corpuscular media, mismos que serán tomados de los exámenes periódicos de los trabajadores de las mineras que reposan en archivos del Centro de Medicina Ocupacional, para lo cual se tomará como referencia la escala de valores normales utilizadas en el servicio de laboratorio del mismo centro:

Hemoglobina g/dL, (14.0 -17.0) Categorías: < 14,14-17 y >17

Hematocrito g/dL, (42.0-52.0) Categorías: < 42,42.0-52.0 y > 52.0

Recuento de plaquetas  $10^3/uL$ , (150.0 -450.0) Categorías < 150.0,150,0-450.0 y < 450.0

Leucocitos  $10^3/uL$ , (4.50-10.00) Categorías: < 4.50-10.00 y >10.00

VCM fL, (9.0-13.0) < 9.0, 9.0-13.0 y >13.0

Hemoglobina corpuscular media pg, (28-33) Categoría <28, 28-33 y > 33.

En la variable de ajuste se considera los siguientes indicadores socio-demográficos: Edad, sexo, ocupación, instrucción y antigüedad laboral, información que será tomada de las historias clínicas ocupacionales de los mineros que reposan en archivo del CEMOC.

**Criterios de Inclusión:** Todos los trabajadores expuestos a plomo de las mineras ubicadas Sur de Ecuador, que acuden al Centro de Medicina Ocupacional ubicado en la ciudad de Loja, a los cuales se les realizó los exámenes de biometría hemática y plomo en sangre, en los controles periódicos durante los años 2018 -2020.

**Análisis estadístico:** Se aplicará la estadística descriptiva para el procesamiento, análisis e interpretación de resultados, utilizando la media como medida de tendencia central, referente a las características sociodemográficas. Y estadística analítica para las variables dependiente e independiente, niveles de plomo en sangre y alteraciones hematológicas, para lo cual se utilizará promedio, desviación estándar y prueba de Pearson para determinar si existe relación lineal entre variables.

**Principios Éticos:** Para el desarrollo de la presente investigación, se informará a los trabajadores de las diferentes empresas mineras por medio del Área de Seguridad y Salud Ocupacional, sobre el desarrollo del mismo dándoles a conocer sobre el objetivo general y específicos del trabajo investigativo. Se considera un estudio de riesgo mínimo, puesto que no se realizará ninguna intervención o modificación intencionada en el individuo, ya que se trabajará únicamente con los resultados de laboratorio existentes que fueron tomados en controles periódicos con la finalidad de realizar vigilancia de la salud de esta población trabajadora. Además, la información será manejada bajo el Código Internacional de Ética Médica, respetando el derecho del paciente a la confidencialidad <sup>(16)</sup>. Se aclara que no se usa el nombre de las empresas ni de sus trabajadores; sino se trabaja de forma general agrupándoles como industria minera al sur de Ecuador.

## Resultados

Dentro de estos resultados se espera encontrar que de los 1000 trabajadores que constituyen la población total de estudio de empresas mineras ubicadas al Sur de Ecuador, las edades varíen entre 18 y 59 años, la mayoría correspondan al sexo masculino, obreros de mina, su grado de instrucción varíe entre primaria y secundaria, una mínima cantidad de trabajadores presenten instrucción superior, el promedio de antigüedad laboral de 30 meses aproximadamente. Se esperan clasificar con valores superiores a 15 ug/dL a la mayoría de trabajadores. No existirá correlación significativa entre niveles de plomo y alteraciones hematológicas.

**Tabla N° 1.**  
**Características generales de la población de estudio (N= 1000)**

	n	%
<b>Variable independiente</b>		
Plomo inferior a 15 ug/dL		
Plomo superior a 15 ug/dL		
<b>Variable dependiente</b>		
Hemoglobina g/dL (14-17)		
Hematocrito g/dL (42.0- 52.0)		
Plaquetas $10^3/uL$ (150.0 - 450.0)		
Leucocitos $10^3/uL$ (4.50 -10.00)		
VCM fL (9.0-13.0)		
<b>Variable de ajuste</b>		
Edad		
Sexo		
Ocupación		
Instrucción		
Antigüedad Laboral		

Nota: Elaboración propia

**Implicaciones:** Este estudio pretende coadyuvar en el desarrollo de conocimientos y avance de la sociedad, en especial en el campo de la Seguridad y Salud Ocupacional aportando una herramienta imprescindible para la investigación y base de lecturas para la interpretación de resultados de artículos científicos. Generar evidencias útiles para la toma de decisiones de las empresas mineras y sus directivos, en pro del bienestar de sus trabajadores, mantener un ambiente libre de plomo, evitar enfermedades ocupacionales por este metal y por ende mejorar la condición de vida de sus comunidades.

**Limitaciones y fortalezas:** La principal limitación de la investigación ha sido que gran parte de las empresas mineras aún se encuentran en la fase de exploración de minerales, por lo tanto, no existe exámenes de control de plomo de una gran parte de su población.

Otra limitante es la poca evidencia científica en relación a los efectos del plomo en trabajadores mineros, lo cual dificulta la comparación con otros estudios.

Las fortalezas del presente trabajo investigativo es que el CEMOC es uno de los pioneros en salud ocupacional al Sur del Ecuador por lo tanto brinda atención a la mayoría de empresas mineras ubicadas en este sector, disponiendo por ende de una amplia información para la elaboración de la misma.

La mayoría de empresas cumplen con la vigilancia de la salud de sus trabajadores, pudiendo llevar a cabo estudios que promuevan futuras investigaciones

Además, el trabajar con toda la población, 1000 trabajadores por nos dan mayor certeza de los resultados, disminuyendo de esta manera la posibilidad de sesgo.

### Referencias bibliográficas:

1. Samad A. Ecuador: En el contexto minero [Internet]. International Institute for Sustainable Development (IISD). 2013. Available from: [https://www.jstor.org/stable/resrep21924.6?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/resrep21924.6?seq=1#metadata_info_tab_contents)
2. Pereyra Fausto, G (2015). Sector minería. Boletín Científico De La Escuela Superior Atotonilco De Tula, 2(4). <https://doi.org/10.29057/esat.v2i4.1469>
3. Rodríguez A, Cuéllar L, Maldonado G, Suardiaz ME. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas [Internet]. 2016;35(3):251–71. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinvbio/cib-2016/cib163f.pdf>
4. Herman D, Geraldine M, Scott C, Venkatesh T. Health hazards by lead exposure: Evaluation using ASV and XRF. Toxicology and Industrial Health [Internet]. 2006;22(6):249–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16924956/>
5. Rana M, Tangpong J, Rahman M. Toxicodynamics of Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic- induced kidney toxicity and treatment strategy: A mini review. Toxicology Reports [Internet]. 2018; 5:704–13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.05.012>
6. Paithankar JG, Saini S, Dwivedi S, Sharma A, Chowdhuri DK. Heavy metal associated health hazards: An interplay of oxidative stress and signal transduction. Chemosphere [Internet]. 2021; 262:53. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128350>
7. Corzo I. El plomo y sus efectos en la salud. Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milán Castro” [Internet]. 2014;8(3):141–8. Available from: <http://www.revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/article/view/164/222>
8. Arzona, M Ramírez, R Vicente G. Efectos tóxicos del plomo. The Lancet [Internet]. 2015; 20:72–7. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq1511.pdf>

9. Guerrero L, Ramos C, Silva J, Romero J, Napsuciale M. La nutrición como pilar en las diferentes etapas de la vida. *Journal of Chemical Information and Modeling* [Internet]. 2019;8(5):1–70. Available from: <https://www.ugto.mx/medicinaysa/images/publicaciones/2019/REDICINAYSA-VOL-8-NO-5--SEPTIEMBRE-OCTUBRE-2019V2.pdf#page=7>
10. Paucar R. Determinación de Niveles de Plomo en Sangre en Población Económicamente Activa en la Ciudad de Lima. [Internet]. Repositorio Internacional PIRHUA- Universidad de Piura. 2015. Available from: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2783/MAS\\_GAA\\_032.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2783/MAS_GAA_032.pdf?sequence=1)
11. Flores K, Jara K, González P, Izquierdo E. Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura* [Internet]. 2017; 2:437–41. Available from: [file:///C:/Users/Usuario iTC /Desktop/Bionatura.-Vol-2-No-4-2017-ONLINE \(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Desktop/Bionatura.-Vol-2-No-4-2017-ONLINE%20(1).pdf)
12. Paz V, Cuero P. Evaluación de la contaminación por plomo de la refinería Esmeraldas, en la sangre de la población de Vuelta Larga. *Horizontes de Enfermería* [Internet]. 2020;(10):66–75. Available from: [file:///C:/Users/Usuario iTC/Desktop/994-Texto del artículo-10503-1-10-20210108.pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Desktop/994-Texto%20del%20art%C3%ADculo-10503-1-10-20210108.pdf)
13. Salas C, Garduño M, Mendiola P, Vences G J, Zetina V, Martínez O, et al. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [Internet]. 2019;20. Available from: [file:///C:/Users/Usuario iTC/Desktop/81359562002.pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Desktop/81359562002.pdf)
14. Vásquez E. Intoxicación plúmbica crónica y su relación con problemas de anemia en trabajadores de Siderperu [Internet]. 2015. Available from: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4562/V%20E1squez\\_ce.pdf;jsessionid=5255459FF0B62D033FCBA7F10677FE10?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4562/V%20E1squez_ce.pdf;jsessionid=5255459FF0B62D033FCBA7F10677FE10?sequence=1)
15. Flores J. Cusco - Perú [Internet]. 2016. Available from: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2685>
16. Gidlow D. Lead toxicity. *Occupational Medicine* [Internet]. 2004;54(2):6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7941534/>

17. Martínez O, López de Goenaga M. Prevalencia de alteraciones hematológicas en intoxicación ocupacional por plomo. Acta méd colomb [Internet]. 2014;22(5):133–9. Available from: <http://www.actamedicacolombiana.com/anexo/articulos/05-1997-04-.pdf>
18. Arbitral C. Contaminación por Plomo [Internet]. 2014. Available from: <https://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo-0501.html>
19. Reyes M, Montes G, Mero M, Romero M. Diagnóstico y síntomas de una anemia hemolítica. Recimundo [Internet]. 2021;5(1):322–9. Available from: [file:///C:/Users/Usuario iTC/Downloads/document.pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Downloads/document.pdf)
20. Asociación Médica Mundial. Código Internacional de Ética Médica [Internet]. 2020. p. 2. Available from: <https://www.wma.net/es/policies-post/codigo-internacional-de-etica-medica/>.