



Presencia de arsénico inorgánico en trabajadores mineros en sector El Pache-Portovelo- Ecuador

Presence of inorganic arsenic in mining workers in the El Pache-Portovelo-Ecuador sector

Presença de arsênio inorgânico em mineradores do setor El Pache-Portovelo-Ecuador

Adriana Mercedes Lam-Vivanco ^I
alam@utmachala.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0003-1779-7469>

Wilson Emmanuel Carrión-Espinosa ^{II}
wcarrion@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2069-5634>

Susana Elizabeth Blacio-Toro ^{III}
sblacio@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0619-9578>

Katty Alexandra Gadvay-Yambay ^{IV}
kgadvay@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8631-0004>

Liliana Cortez-Suarez ^V
lcortez@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7835-5819>

Correspondencia: alam@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

***Recibido:** 30 de Septiembre de 2021 ***Aceptado:** 31 de Octubre de 2021 * **Publicado:** 11 de Noviembre de 2021

- I. Magister en Bioquímica Clínica, Bioquímica Farmacéutica, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Magister en Control de Calidad y Seguridad Alimentaria, Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- III. Magister en Química Aplicada, Dra. Química Industrial, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- IV. Magister en Ingeniería Industrial y Productividad, Ingeniera Química, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- V. Doctora en Bioquímica y Farmacia, Doctora en Educación, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Resumen

El arsénico es uno de los metaloides más tóxicos presentes en el medio ambiente (Reyes et al., 2016), las altas concentraciones de arsénico en agua y orina, se han convertido en un problema global por causar daños crónicos a la salud debido a su mayor solubilidad en los tejidos lipídicos y a su capacidad para atravesar las membranas biológicas. En este trabajo se evaluó la presencia de arsénico inorgánico en muestras biológicas a los trabajadores mineros expuestos de la cuenca hidrográfica del río Calera del sector Pache, por el consumo de agua en el río Calera. Para establecer los niveles de exposición y proponer campañas de concientización en la población, las muestras fueron sometidas a procesos de digestión para su posterior análisis por el método de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros, dando como resultado las concentraciones de Asinor en muestras de orina de 156 trabajadores mineros ($X \pm DE$) fue de $24,38 \pm 39,76 \mu\text{g Asinor/L}$.

Abstract

Arsenic is one of the most toxic metalloids present in the environment (Reyes et al., 2016), high concentrations of arsenic in water and urine have become a global problem for causing chronic damage to health due to its greater solubility in lipid tissues and their ability to cross biological membranes. In this work, the presence of inorganic arsenic in biological samples was evaluated for exposed mining workers in the Calera river basin in the Pache sector, due to the consumption of water in the Calera river. To establish the exposure levels and propose awareness campaigns in the population, the samples were subjected to digestion processes for subsequent analysis by the hydride generation atomic absorption spectrophotometry method, resulting in Asinor concentrations in samples of urine of 156 mining workers ($X \pm SD$) was $24.38 \pm 39.76 \mu\text{g Asinor / L}$.

Resumo

O arsênio é um dos metalóides mais tóxicos presentes no meio ambiente (Reyes et al., 2016), altas concentrações de arsênio na água e na urina tornaram-se um problema global por causar danos crônicos à saúde devido a sua maior solubilidade nos tecidos lipídicos e seus capacidade de atravessar membranas biológicas. Neste trabalho, avaliou-se a presença de arsênio

inorgânico em amostras biológicas de mineradores expostos na bacia do rio Calera no setor Pache, devido ao consumo de água do rio Calera. Para estabelecer os níveis de exposição e propor campanhas de conscientização da população, as amostras foram submetidas a processos de digestão para posterior análise pelo método de espectrofotometria de absorção atômica por geração de hidreto, resultando em concentrações de Asinor em amostras de urina de 156 mineiros ($X \pm DP$). $24,38 \pm 39,76 \mu\text{g Asinor} / \text{L}$.

Introducción

La contaminación crónica por arsénico es un riesgo inminente para el ser humano, la ingesta de agua proveniente de afluentes contaminadas principalmente con residuos de la minería, donde el arsénico al no presentar olor ni sabor se puede consumir de una forma inadvertida (Padilla, 2021), así como el consumo de pescado y mariscos que existe evidencia científica que éstos pueden elevar la concentración de arsénico urinario (Antonio Huamaní-Azorza et al., 2020). Todos los alimentos contienen arsénico. Las concentraciones de arsénico en los alimentos varían dependiendo del tipo de alimento además de factores extrínsecos como: tipo de suelo, el agua, la actividad geoquímica, el uso de pesticidas (estos generalmente tienen en su formulación compuestos arsenicales) (Medina-Pizzali et al., 2018), las mayores concentraciones de arsénico se encuentran en pescados y mariscos, seguidos de carnes y granos (Magistrales, 2009); las frutas, verduras y lácteos tienden a tener concentraciones menores. Sin embargo, el arroz y las algas marinas presentan las más altas concentraciones promedio a nivel mundial (Medina-Pizzali et al., 2018), el arroz al ser un alimento que se consume a diario en los hogares de todas las clases sociales en nuestro país, estaríamos frente a una contaminación crónica, desencadenando en enfermedades de tipo cancerígenas (Erik et al., 2017), vemos también que la contaminación por arsénico puede afectar el tamaño del cultivo y el rendimiento del grano (Bayona-penagos, 2020), trayendo consigo efectos negativos desde el agro hasta la salud de los consumidores.

La seguridad alimentaria juega un papel muy relevante, donde los organismos gubernamentales (Paredes-Vilca et al., 2020) deben hacer controles exhaustivos en el agua de consumo humano y en los alimentos potencialmente contaminados con arsénico, según la OMS los niveles máximos permitidos en agua para consumo humano está en $10 \mu\text{g/L}$. La principal forma de exposición no ocupacional al arsénico es a través de alimentos y el agua (Medina-

Pizzali et al., 2018). Es erróneo creer que las únicas personas que pueden llegar a intoxicarse por arsénico son aquellos que trabajan usando este metal pesado como en el caso de la minería y más la ilegal, sino que todos estamos expuestos desde lo que comemos y en qué condiciones se encuentra (Monroy-torres & Espinoza-pérez, 2018).

La toxicidad del arsénico depende de su forma química (Monroy-torres & Espinoza-pérez, 2018); su forma trivalente (iAs^{3+}) es altamente reactiva e interacciona con grupos tioles de proteínas y sus metabolitos metilados son altamente citotóxicos. Los tipos de arsénico inorgánico son el verdadero riesgo para la salud de los seres humanos (De la Rosa Hernández, 2018), a pesar que el organismo puede transformar esta forma inorgánica a orgánica mediante reacciones bioquímicas de metilación (Antonio Huamaní-Azorza et al., 2020), es la constante exposición y consumo de alimentos contaminados lo que lleva a una intoxicación de consecuencias irreversibles en el organismo (Villa, Gilleromo; Huamani, Carlos; Chavez, Manuel; Huamani, 2018). Es importante mencionar que “factores como la concentración de arsénico en el agua, etnia, dieta, sexo o edad podrían afectar los niveles individuales de arsénico metilado en la orina” (Antonio Huamaní-Azorza et al., 2020), aspectos a tener en cuenta al momento de hacer una evaluación de la intoxicación en un grupo poblacional (Lam vivanco et al., 2020). Los principales factores por los que depende su toxicidad son: su forma, estado de oxidación, estado físico, solubilidad en medio biológica, además de los componentes nutricionales (I, 2021). Las principales vías de ingreso del arsénico al organismo son por medio de la piel, inhalación e ingestión.

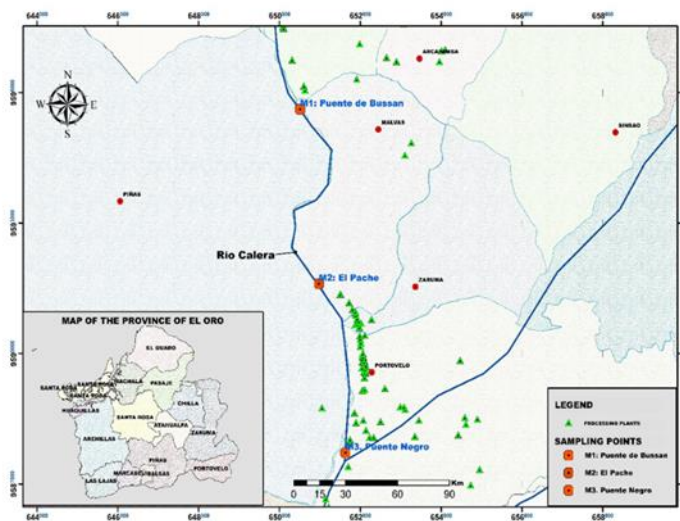
El arsénico puede ingresar a nuestro organismo o ser adsorbido mediante vía digestiva, respiratoria e incluso por la piel. La vía oral es la principal ruta de ingreso del arsénico (Marchetti et al., 2021), El 90 % del ingreso del arsénico inorgánico se da por vía oral especialmente por ingesta de agua o alimentos. Los compuestos absorbidos se almacena principalmente en órganos como el hígado, bazo, pulmón, piel y tejido nervioso. (Colegio Médico de Valparaíso, 2019)

Materiales y Métodos

El tipo de investigación es descriptivo, explicativo y transversal en donde no se manipulan las variables seleccionadas. Es descriptivo, porque se medirán las características de las variables en

estudio (valores medios de las concentraciones de arsénico).

Figura 1: Zona geográfica de estudio



La población estará constituida por los trabajadores mineros que trabajen en los alrededores del rio Calera sector El Pache-Portovelo y habitantes de los alrededores del rio Calera que cumplan con los criterios de inclusiones y exclusiones durante el lapso de estudio (periodo 2021).

Sujetos de estudio: El marco muestral se constituyó con los trabajadores que laboran en los alrededores del rio Calera del sector El Pache-Portovelo, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión del trabajo de investigación.

Calculo del tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la fórmula de población conocida con variable cuantitativa y se obtuvo un total de 156 trabajadores mineros que es el número representativo de las muestras para esta investigación. Para estos cálculos se consideró el censo realizado anualmente por la asociación minera de El Pache-Portovelo que da a conocer que cuenta con una población de 500 trabajadores que laboran en las empresas mineras de la región, con un 95% de confianza, un 3% de error y una desviación estándar de 0,23 basado en trabajos realizados en la zona de la cuenca hidrológica del rio Calera, sector Pache-Portovelo (Torres, Caiza 2019).

Tabla No. 1 Ecuación para el Cálculo del tamaño de la Muestra (Variable cuantitativa)

Marco muestral	N=	500
Alfa(máximo error tipo I)	$\alpha =$	0.050
Nivel de confianza	$1-\alpha/2=$	0.975
Z de (1- $\alpha/2$)	$Z(1-\alpha/2)=$	1.960
Desviación estándar	s=	0.230
Varianza	$s^2=$	0.053
Precisión	d=	0.030
Tamaño de la muestra	n=	155.76

Fuente: Lam, 2021

Criterios de Inclusión y Exclusión de los trabajadores mineros

Criterios de Inclusión

Para el desarrollo del proyecto de investigación contamos con criterios inclusiones que permitieron seleccionar adecuadamente a los trabajadores mineros que laboran alrededor de la cuenca hidrológica del río Calera, y tener una actividad minera mínima de 1 año consecutivo en sus labores, a continuación los criterios de inclusión:

- Trabajadores mineros que decidan firmar el consentimiento informado para la participación de la investigación.
- Trabajadores que aceptan participar de manera voluntaria en el estudio, mayores de 18 años que trabajen de manera continua durante el último año en la minería en el sector El Pache-Portovelo y que geográficamente habiten en las zona cercanas al Río Calera (concentraciones del arsénico en agua superiores a 0.01mg/L) (Ordoñez-Mendoza, 2019)

Criterios de Exclusión

En el proyecto de investigación se realizó una exclusión en los trabajadores mineros, para evitar errores en el análisis del metaloide en estudio en cuanto puede existir interferencia en el proceso analítico utilizado por su alta especificidad.

- Trabajadores que decidan no firmar el consentimiento informado para la participación de la investigación.
- Trabajadores expuestos a la contaminación menores de un año.
- Trabajadores mineros menores de 18 años, mujeres embarazadas

- Trabajadores mineros que consuman bebidas alcohólicas
- Trabajadores mineros con enfermedades crónicas o agudas del tracto urinario.
- Trabajadores mineros que estén con prescripción médica antes de 8 días de la toma de muestra de orina.
- Los trabajadores que consumieron alimentos provenientes del mar las últimas 24 horas previas a la toma de la muestra, los mismos que volverán a ser incluidos, pasadas las últimas 48 horas de su consumo de mariscos (Contreras Acuña, M. 2014).

Recolección de muestra de orina

Para la recolección de las muestras de orina los participantes (n=156) recibieron un frasco estéril de polipropileno con capacidad aproximada de 10ml, asimismo, los trabajadores mineros fueron instruidos sobre el correcto procedimiento para colectar la muestra de orina. Las tres condiciones para la recolección son: i) realizar la higiene de los genitales ante de recoger la orina, ii) La orina deberá ser obtenida en la primera micción de la mañana y iii) no consumir productos de origen marino ni medicamentos por lo menos durante 24 horas antes de la recolección. El cumplimiento de estas indicaciones garantiza la obtención adecuada de la orina (García-Alvarado et al., 2018), la calidad de la muestra (libre de interferencias por arseno-azúcares proveniente de algas marinas) (Medina-Pizzali, Robles, Mendoza, & Torres, 2018). Posteriormente las muestra de orina fueron almacenadas en una cava a una temperatura aproximada de 10°C para asegurar la viabilidad de la muestra hasta el momento de ser analizadas (en un plazo máximo de 24 horas).

Resultados

Edades de los trabajadores mineros en las plantas de beneficio.

La edad promedio de los individuos bajo estudios fue entre 51 y 60 años, con predominio del género masculino, y sólo 2 mujeres estuvieron presentes en el estudio. (Figuras 1).

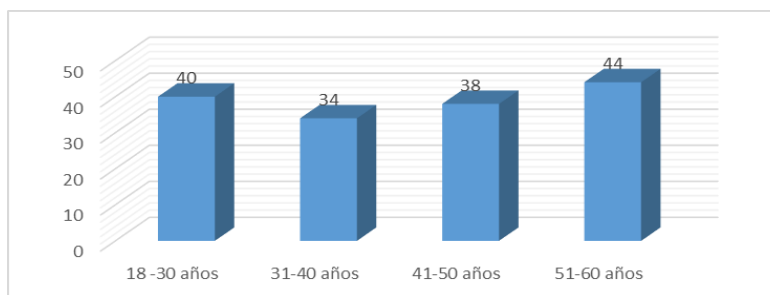


Figura 1. Edad de los trabajadores mineros en las Plantas de beneficio en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera. Fuente Lam, 2021

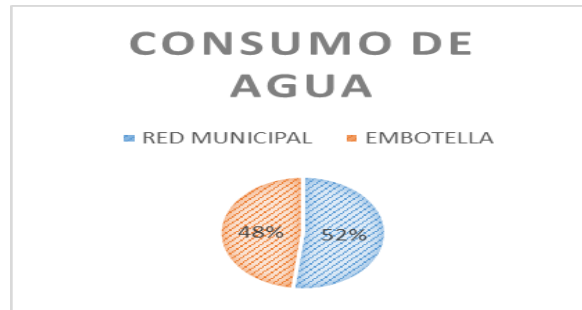


Figura 2. Origen y Calidad del agua de consumo en los trabajadores mineros

El consumo de agua de trabajadores mineros que laboran alrededor de cuenca hidrológica del río Calera el 48%(81) de la red municipal y de agua embotella es 52%(75), podemos mencionar que 63%(51) hierve el agua para el consumo y el 37%(30) no hierve el agua su consumo, como podemos mencionar en los grafico 7, 8

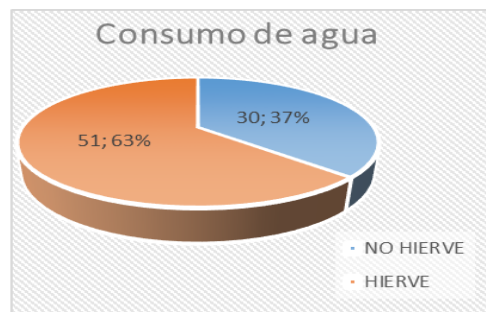
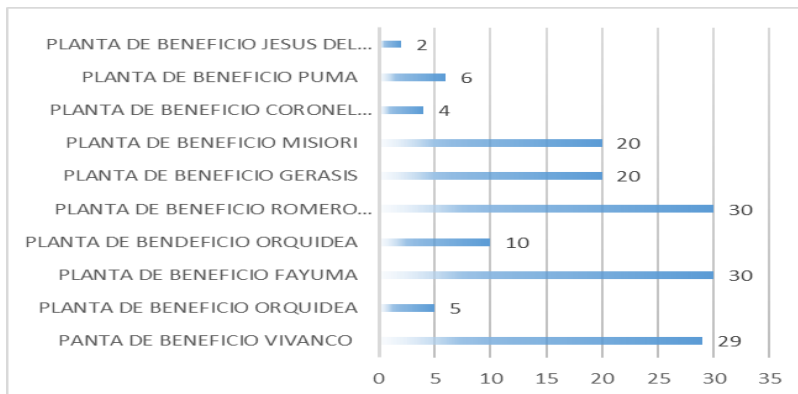


Figura 3. Plantas de beneficio en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera

Para obtener un mayor número de muestras, inicialmente se visitaron varias Plantas de beneficio (sector minero) que se encuentran en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera. La Figura 5 muestra el número de trabajadores mineros seleccionados en 10 Plantas de beneficio. En la misma se observan que las Plantas de beneficio Romero Guzmán y Fayuma poseen el mayor número de trabajadores mineros con 30 individuos cada una y en la Planta Vivanco 29 trabajadores mineros.



Ocupación de los trabajadores mineros en las plantas de beneficio.

El número de los trabajadores mineros según la ocupación que formaron parte del proyecto de investigación se mencionan en la figura 6. Allí se observa que el mayor número de trabajadores mineros seleccionados tenían la ocupación de abastecimiento 31% (48), seguido tenemos el que se ocupa de la flotación 26% (40) (etapa de concentración de minerales en piscinas), y en tercer lugar tenemos los trabajadores una ocupación que cumple los trabajos que es la cianuración 19% (30) debemos mencionar que es una fase que tiene mucho contacto con sustancias químicas en el cual se realiza la amalgamas de los diferentes metales en extracción, podemos observar en **grafico 4**.

Podemos mencionar que dentro del desarrollo de la encuesta se pudo evidenciar que la edad promedio de tiempo de labor minera es 16- 20 años y como mínimo es 11- 15 años.

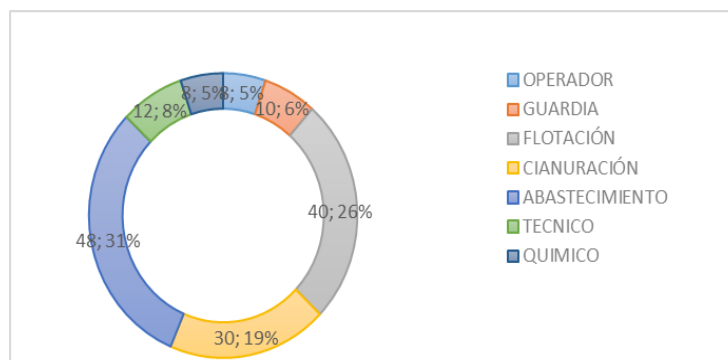


Grafico 4. Número de trabajadores mineros según la ocupación que desempeñan en las Plantas de beneficio en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera.

Concentraciones de As_{inor} en muestras de orina de 156 individuos por espectrometría de absorción atómica de los trabajadores mineros de las Plantas de beneficio en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera.

Fuente: Lam, 2021

$X \pm DE$ ($\mu\text{g/L}$)	Rango (min – máx)
$24,38 \pm 39,76$	45,21 (5,01 - 50,22)
Muestras de orina con As_{inor} (n= 156)	

Discusión

En Ecuador las actividades antropogénicas en especial la minería ha provocado problemas de alto impacto en el ambiente, en la provincia de El Oro, la minería es causante grave de múltiples daños de contaminación siendo la más alta en la Cuenca del río Puyango en especial Zaruma y Portovelo principales sectores de explotación de metales, como es el caso en el Sector El Pache donde existen 37 plantas de procesamiento de minerales ubicadas al costado de los ríos Calera y Amarillo, plantas que procesan el material con molinos hasta la fase de lixiviación, para esto utilizan como mediador el cianuro CN para extraer diferentes metales no esenciales como es el As entre otros, los flujos ácidos desembocan en los ríos provocando toxicidad no tolerada por el ambiente. (Rangel Montoya, 2015).

La ocupación relevante de los trabajadores que presentaron elevadas concentraciones de arsénico inorgánico con un 50% mineros, 12 % procesadores, 12.5 % choferes y obreros 25%, el tiempo de servicio es de 8-14 años. (Torres, Caiza, Ordoñez, & Lam, 2020, August), existiendo una similitud con nuestra investigación en la ocupación con mayor frecuencia siendo la de abastecimiento 31% (48) en cual su función es de colocar el material en los molinos para su trituración, y con la diferencia que en la presenta investigación tenemos seguido a la ocupación de flotación 26% (40), el tiempo de servicio con mayor incidencia es 16-20 años de tiempo de labor en la minería, estos datos son correlacionados con las concentración de arsénico inorgánico en muestras de orina por encontrarse dentro del grupo de trabajadores mineros con presencia del metaloide.

Con relación al grupo etario podemos mencionar que en nuestra investigación la población de los trabajadores mineros en el cual podemos mencionar que dentro del grupo etario con mayor incidencia es 51-56 años de edad, infiriendo con el grupo etario de trabajadores mineros es de 24 y 55 años, tomando en cuenta que el género masculino osciló en la misma edad de los 24 y 55 años. (Torres, Caiza, Ordoñez, & Lam, 2020, August)

La presencia de arsénico inorgánico en las muestras de orina siendo las más frecuentes el 5-50µg/L 9.51 µg/g creatinina con una media de 238 µg/L en la población de adultos mayores \geq 49 años, en el departamento provincia Perú, el promedio del nivel de arsénico por gramo de creatinina corresponde a 87,13 µg/g con una desviación estándar de 13,21 µg/g; se halló una concentración mínima de arsénico en orina de 15,86 µg/g y una máxima de 117,19 µg/g respectivamente (Pérez Vásquez, 2013), (Ticona Mamani, 2018). En esta investigación las muestras de orina de 156 trabajadores mineros ($X \pm DE$) fue de $24,38 \pm 39,76$ µg Asinor/L.

Conclusiones

1. La obtención de la muestras se llevó acabo en 10 Plantas de beneficio, observando que en las Plantas de beneficio Romero Guzmán y Fayuma poseen el mayor número de trabajadores mineros con 30 individuos cada una, luego está la Planta Vivanco con 29 trabajadores mineros. La edad promedio de los individuos bajo estudios fue entre 51 y 60 años, con predominio del género masculino, y sólo 2 mujeres estuvieron presentes en esta investigación
2. Se observa que el mayor número de trabajadores mineros seleccionados tenían la ocupación de abastecimiento 31% (48) (la función es la de suministrar material rocoso en los molinos para su trituración), seguido tenemos el que se ocupa de la flotación 26% (40) (etapa de concentración de minerales en piscinas), y en tercer lugar tenemos los trabajadores una ocupación que cumple los trabajados que es la cianuración 19% (30)debemos mencionar que es una fase que tiene mucho contacto con sustancias química en el cual se realiza la amalgamas de los diferentes metales en extracción. Podemos mencionar que dentro del desarrollo de la encuesta se pudo evidenciar que la edad promedio de tiempo de labor minera es 16- 20 años y como mínimo es 11- 15 años.

3. El consumo de agua de trabajadores mineros que laboran alrededor de cuenca hidrológica del río Calera el 48%(81) de la red municipal y de agua embotellada es 52%(75), podemos mencionar que 63%(51) hierve el agua para el consumo y el 37%(30) no hierve el agua su consumo.
4. En esta investigación la presencia de arsénico inorgánico en muestras de orina de 156 trabajadores mineros ($X \pm DE$) fue de $24,38 \pm 39,76 \mu\text{g Asinor/L}$.

Referencias

1. Antonio Huamaní-Azorza, J., Olegaria Huamolles-Barreto, A., Huamaní-Pacsi, C., & Fernando Villa-Gonzales, G. (2020). Consideraciones En La Estimación De La Exposición Humana Al Arsénico. *Bol Inst Nac Salud*, 26(8), 100–104. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pi-
2. Bayona-penagos, L. V. (2020). de revisión por arsénico y cadmio en cultivo de arroz Introducción. 49–70.
3. I, G. M. (2021). Immune response to exposure to inorganic arsenic Resposta imune à exposição ao arsênico inorgânico. 7, 345–359.
4. Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*, 35(1), 93. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>.
5. Ordoñez-Mendoza, K. (2019). Evaluación de arsénico en agua y sedimento del río calera, sector el pache, cantón portovelo, provincia de el oro. (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
6. Padilla, C. R. (2021). Intoxicación por arsénico Arsenic poisoning Resumen Palabras claves Keywords. 38(2), 4–16.
7. Pérez Vásquez, P. A. (2013). Evaluación de arsénico de orina de pobladores adultos del distrito de Ite. Tacna. Repositorio Digital de la Universidad Nacional Jose Basadra Grohnan, <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2399>.
8. Rangel Montoya, E. A. (2015). Impact of Arsenic on the Environment and its Microbial Transformation. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 103-118.

9. Ticona Mamani, W. R. (2018). Niveles de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Candarave en diciembre del 2016.
10. Torres, S., Caiza, E., Ordoñez, K., & Lam, A. (2020, August). Evaluación de biomarcadores en trabajadores mineros relacionados con arsénico urinario. Sector Pache, Cantón Portovelo. In Conference Proceedings, (Vol. 4, No. 1, pp. 77-93).
11. Colegio Médico de Valparaíso. (2019). Salud & ambiente: geografías en sacrificio. Editorial Abriendo todas las Ventanas: aires, aguas, lugares. Cuadernos Médico Sociales, 59(1), 100.
12. De la Rosa Hernández, P. M. (2018). Efectos Toxicológicos : Arsenico. Beyond the word in the criminal evaluation. *Visión Criminológica-Criminalística*, 6(24), 36–43.
13. Erik, E., Juan, F., María, E., & Víctor, M. (2017). BIOADSORCIÓN DE ARSÉNICO (III) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR LA BIOMASA MODIFICADA DE *Aspergillus niger*. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 8(2), 1–10.
14. García-Alvarado, F. J., Neri-Meléndez, H., Pérez Armendáriz, L., & Rivera Guillen, M. (2018). Polimorfismos del gen Arsénico 3 Metiltransferasa (As3MT) y la eficiencia urinaria del metabolismo del arsénico en una población del norte de México. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(1), 72. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3565>
15. Lam vivanco, A., Torres Espinoza, J. J., & Centeno Sandoval, Máxima Santos Luna, J. (2020). Citotoxicidad del arsénico en trabajadores mineros expuestos , análisis constitucional- marco medio ambiente Arsenic cytotoxicity in exposed mining workers , constitutional analysis - environment framework Citotoxicidade de arsênio em trabalhadores de min. *Polo Del Conocimiento*, 5(12), 279–294. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2047>
16. Magistrales, C. (2009). Conferencias Magistrales *Revista Colombiana de*. 305–310.
17. Marchetti, M. D., Tomac, A., & Pérez, S. (2021). Perfil de riesgo para la inocuidad de alimentos presencia de arsénico en Argentina. *Revista Argentina de Salud Pública*, 13(Suplemento COVID-19), 1–11.
18. Monroy-torres, R., & Espinoza-pérez, A. (2018). 2007-7858-Cuat-12-02-148. 12(2), 148–157.

19. Paredes-Vilca, O. J., Apaza Mamani, E., Calatayud Mendoza, A., Vilca-Castro, A., Suarez-Peña, E. A., & Jiménez Diaz, L. (2020). Does drinking water with a high concentration of arsenic cause anemia in children? *Manglar*, 17(3), 255–259. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.037>
20. Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente Y Seguridad Alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66–77. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>
21. Villa, Gilleromo; Huamani, Carlos; Chavez, Manuel; Huamani, J. (2018). Original Breve EVALUATION OF THE ARSENIC REMOVAL IN SUPERFICIAL WATERS USING. 35(4), 652–656. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3715.652>

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).