



Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 11 N° 2

Julio - Diciembre 2021



ISSN: 2244-7334
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia
Vicerrectorado Académico

ARSÉNICO INORGÁNICO EN TRABAJADORES MINEROS EXPUESTOS

Inorganic arsenic in exposed mining workers

Adriana Lam-Vivanco¹, Flor María Espinoza-Carrión², Juan José- Espinoza³, Tatiana Aviles- Vera⁴, Máxima Centeno-Sandoval⁵

les- Vera⁴, Máxima Centeno-Sandoval⁵

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-74691>, <http://orcid.org/0000-0003-1779-74692>, <https://orcid.org/0000-0001-9352-56983>, <https://orcid.org/0000-0001-8080-28444>, <https://orcid.org/0000-0002-1927-71795>
alam@utmachala.edu.ec

RESUMEN

En la parte alta de la provincia de El Oro (Portovelo- Sector Pache) se realizan actividades mineras que en sus residuos dejan en estado libre metales pesados tal es el caso del arsénico, el cual, contaminan las cuencas hidrográficas. El arsénico tiene un valor establecido carcinogénico de 1.5 mg/kg/día, los riesgos son cáncer de pulmón, piel y hígado. El objetivo fue, evaluar los parámetros bioquímicos y manifestaciones clínicas en trabajadores mineros, expuestos a arsénico inorgánico, para establecer los niveles de exposición y proponer campañas de concientización en la población. Metodológicamente, se determinaron las concentraciones de arsénico inorgánico, en muestras de orina de los trabajadores mineros expuestos, que laboran alrededor de la cuenca hidrológica del río Calera. Las muestras fueron sometidas a procesos de digestión, para su posterior análisis por el método de espectrofotometría de absorción atómica. El valor promedio de los arsenicales en los trabajadores mineros expuestos y no expuestos de Jesús del Gran Poder y San Antonio, sobrepasaron el I Índice Biológico de Exposición (IBE, 0,035 mg/l); con un valor de 0.3 mg/l en San Antonio, seguido de Jesús del Gran Poder con 0.15 mg/l, en el grupo de los expuestos.

Palabras clave: arsénico, toxicidad, biomarcadores, trabajadores mineros, muestras de orina.

ABSTRACT

In the upper part of the province of El Oro (Portovelo- Sector Pache), mining activities are carried out that leave heavy metals in their waste in a free state, such is the case of arsenic, which contamina-

tes the hydrographic basins. Arsenic has an established carcinogenic value of 1.5 mg / kg / day, the risks are lung, skin and liver cancer. The objective was to evaluate the biochemical parameters and clinical manifestations in mining workers, exposed to inorganic arsenic, to establish the exposure levels and propose awareness campaigns in the population. Methodologically, inorganic arsenic concentrations were determined in urine samples of exposed mining workers, who work around the Calera river watershed. The samples were subjected to digestion processes, for their subsequent analysis by the atomic absorption spectrophotometry method. The average value of arsenicals in exposed and unexposed mining workers in Jesús del Gran Poder and San Antonio, exceeded the I Biological Exposure Index (IBE, 0.035 mg / l); with a value of 0.3 mg / l in San Antonio, followed by Jesús del Gran Poder with 0.15 mg / l, in the group of those exposed.

Keywords: arsenic, toxicity, biomarkers, mining workers, urine samples.

Recibido: 03-05-2021 Aceptado: 30-07-2021

INTRODUCCIÓN

La provincia de El Oro, en cantón Portovelo, se caracteriza por su principal actividad laboral que es la minería, existen 85 concesiones mineras y alrededor de 500 trabajadores laborando. Los residuos generados por las concesiones mineras, son eliminados directamente sin recibir ningún tratamiento antes de ser arrojados, contaminando, así el agua del río el Pindo. En este río convergen los ríos Calera y Amarillo, y sirve de consumo principal a la producción agrícola, ganadera y preparación alimenta-

ria de los habitantes, que viven en los alrededores del río Pindo. El río Calera, se encuentra cercano a las plantas de beneficio y los residuos los recibe de forma directa o indirectamente por los depósitos acumulados en las orillas del río y las fuertes lluvias hacen que la contaminación se extienda a otras fuentes de agua; usando los pobladores que habitan cerca del cauce, ocasionándole afecciones a corto y largo plazo, dependiendo del grado de contaminación.

Las vías de contaminación del Arsénico (As) al organismo, son a través de la piel, inhalación e ingestión. Los trabajadores mineros que están expuestos, pueden intoxicarse por varias vías: a) A través de la piel ocurre la penetración por vía cutánea por no emplear equipos de bioseguridad, tales como: lentes de seguridad, guantes, mascarilla reusable para acoplar filtros de protección contra polvos, gases de uso industrial, ropa adecuada (e.g., bragas u overall, botas de seguridad, etc.) y por la laceración en la piel ocasionada por la combinación de reactivos, que se usan para la extracción del oro; b) A través de la inhalación de vapores metálicos, por el uso de métodos de extracción inadecuados que generan gran cantidad de vapores metálicos, que se disipan en el entorno laboral c) por ingestión y uso de agua contaminada para lavar o preparar alimentos e ingestión de alimentos contaminados que provienen de los cultivos de la zona y del riego de estos cultivos con agua contaminada del río Calera. (Solá et. al., 2004; Špirić et. al., 2013; Carpio, 2015).

La presencia de arsénico en el agua del río Calera, puede ser el resultado de la disolución del mineral presente en el suelo por donde fluye el agua antes de su captación para uso humano, por contaminación industrial o por pesticidas, lo que ocasiona problemas de contaminación ambiental para el sector Pache-Portovelo. El arsénico es un metal tóxico, que tiene la capacidad de bioacumularse en algunos órganos de los seres vivos, debido a la capacidad de enlazarse con los grupos thiol de las proteínas presentes en órganos como hígado, riñón, piel, entre otros, y generar daño renal, hepático y cutáneo. (Solar et. al., 2012). Al mismo tiempo, el 90 % del As inorgánico se incorpora por vía oral; clínicamente, la toxicidad del As, se identifica por lesiones en la piel (e.g., melanosis, hiperqueratosis, leucomelanosis, despigmentación), la exposición crónica al arsénico daña una amplia gama de sistemas y de órganos dependiendo del tiempo, de las concentraciones del metal y la gravedad de sus

efectos en diferentes etapas del desarrollo humano. (Morales-Barba et al., 2021)

Algunos estudios realizados evidencian que causa estrés oxidativo, lo que lleva a apoptosis y al aumento en el riesgo de desarrollo de cáncer (Monroy-Torres y Espinoza-Pérez, 2018). Bioquímicamente, el mecanismo de acción tóxica del As, proviene de la fuerte afinidad de los cationes de estos metales por el azufre. (Vahter & Lind, 1986). Por esta razón, los metales ingeridos se enlazan fácilmente a los grupos thiol (-SH) presentes en las enzimas, provocando una inhibición de la actividad enzimática y afectando la salud humana. El As, absorbido en su forma inorgánica es sometido a biometilación hepática, mediante metiltransferasas, y luego a la forma de ácido monometilarsónico (MMAs) y ácido dimetilarsínico (DMAs). (Trujillo Zeballos, 2019; Guber et. al., 2021)

La toxicidad de los metales pesados se debe a las altas concentraciones en las que, el metal puede presentarse en los organismos humanos, en el caso del As, este metal, impide la respiración celular y provoca el estrés oxidativo, ocasionando envenenamiento, actividad mutagénica, reducción de la actividad de algunos órganos vitales (e.g., hígado, estómago y riñones), lesiones cancerígenas y hasta la muerte. (Contreras Acuña, 2014; Rodrigo Oviedo, et. al., 2017; Velásquez, Tenelema, & Simbaña, 2017)

METODOLOGÍA

El tipo de investigación fue descriptivo, explicativo y transversal, puesto que no se manipularon las variables seleccionadas. Fue descriptivo, porque se midieron las características de las variables en estudio (valores medios de las concentraciones de arsénico). Su meta, no se limitó a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Fue explicativo, porque se refirió a la interpretación de cada uno de los reportes a través de los diferentes procesos que se realizaron, tanto para las variables cualitativas como cuantitativas, a través de los datos captados con el apoyo de un instrumento de medición apropiado. Fue transversal, dado que los datos fueron recolectados en un lapso de tiempo determinado. El diseño de la investigación fue no experimental ya que observaron los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo.

Sujetos de estudio: El marco muestral, se constituyó con los trabajadores que laboran en los alrededores del río Calera del sector Pache-Portovelo, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión del trabajo de investigación. Posteriormente, los trabajadores que tuvieron niveles elevados de arsénico inorgánico en muestras de orina, se procedió a cuantificarles en muestras de sangre los parámetros bioquímicos (e.g., TGO, TGP, Úrea, Creatinina, ácido úrico).

Cálculo del tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó la fórmula de población conocida para variables cuantitativas y se obtuvo un total de 156 trabajadores mineros, como número representativo de las muestras para esta investigación. Para estos cálculos se consideró el censo realizado anualmente por la asociación minera de 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 río Calera, sector Pache-Portovelo (Torres, Caiza 2019).

$$n = \frac{N * Z_{1-\alpha/2}^2 * S^2}{d^2 * (N - 1) + Z_{1-\alpha/2}^2 * S^2}$$

Figura N°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-Vivanco et al. (2021)

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN DE LOS TRABAJADORES MINEROS

Criterios de Inclusión

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se contó, con criterios inclusión 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 firmaron el consentimiento de información 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 de extracción de oro, en el sector el Pache-Portovelo y que geográficamente habiten en las zonas cercanas al Río Calera (concentraciones del arsénico en agua superiores a 0.01mg/L).

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.
- Trabajadores mineros 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).

RESULTADOS

El presente estudio se realizó en trabajadores mineros expuestos a arsénico del Sector el Pache Cantón Portovelo, el total de los participantes fue de 30, de los cuales el 27 % obtuvieron valores de concentración de arsénico urinario mayores al Índice Biológico de Exposición (IBE, 0,035 mg/l), con

una media de 0.23 mg/l con un valor máximo de 0.4 mg/l, y el 73 % por debajo de este índice. Del grupo de expuestos, el 28 % presentó niveles de arsénico por arriba del IBE y el 72 % por debajo de este índice. Del grupo de no expuestos, el 20 % presentó niveles de arsénico elevados y el 80 % por debajo de este índice (Gráfico 1).

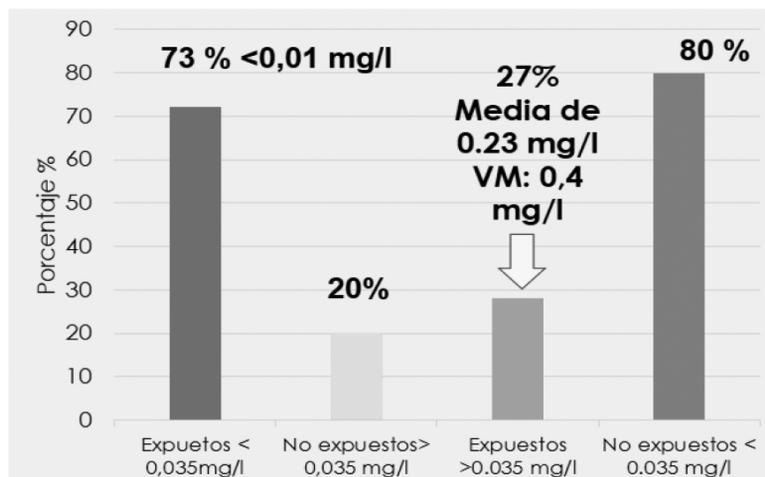


Gráfico 1. Porcentajes de trabajadores mineros expuestos y no expuestos en el Sector El Pache que presentan valores mayores al IBE (0.035 mg/l).

Fuente: Lam-Vivanco et al. (2021)

Del total de participantes de los trabajadores expuestos y no expuestos, son del sexo masculino. Se puede observar que, en solo dos comunidades hay presencia de arsénico en trabajadores mineros, en dosis agudas, siendo menor en la planta Jesús del

Gran Poder con un 25% y mayor, en la planta San Antonio en un 75%. Los valores mayores de IBE, se observaron en el sexo masculino, sin embargo, esto puede estar relacionado a que se obtuvieron un mayor número de muestras en este sexo.

Tabla 2. Características de los pacientes obtenidos mediante encuesta.

| Características | n=30 | Intervalo de confianza para la media al 95% |
|-----------------|------------------|---|
| Edad | 40±9,42 24-55 | |
| Sexo (%) | | |
| Mujer | 10 | |
| Hombre | 90 | |
| Años de minería | | |
| JDGP | 8 años (4 -14) | |
| Santa Marianita | 9 años (7-9) | |
| Planta Vivanco | 9 años (7-13) | |
| Coronel Herrera | 12 años (7-17) | |
| San Antonio | 8 años (6-14) | |
| Ocupación (%) | | |
| Mineros | 50 | R de 0,021 |
| Obreros | 25 | p= 0.0004. |
| Choferes | 13(12,5) | |
| Procesadores | 12 | |

*Datos expresados como media ± desviación estándar.

*p<0,05

Fuente: Lam-Vivanco et al. (2021)

De acuerdo al valor promedio de arsenicales en los trabajadores mineros, los valores que sobrepasaron el IBE (0.035 mg/l), se encuentran en los trabajadores de Jesús del Gran Poder y San Antonio, perteneciente al grupo de los expuestos y no expuestos, con un valor de 0.3 mg/l en San Antonio, seguido de Jesús del Gran Poder con 0.15 mg/l, perteneciente al grupo de los expuestos.

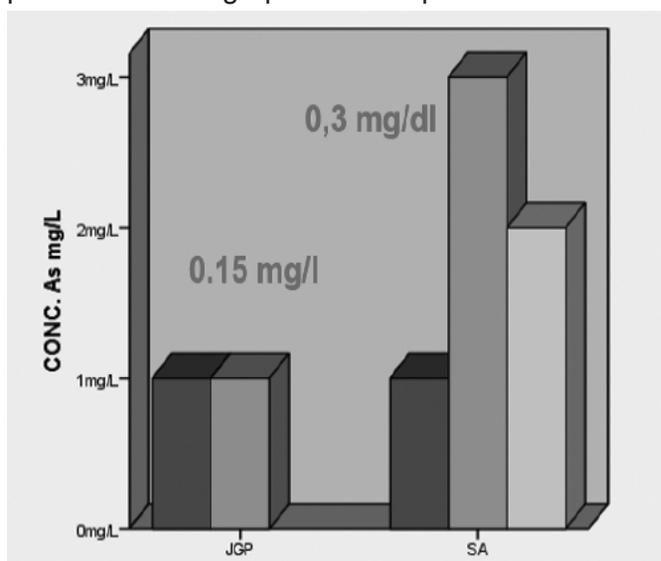


Gráfico 2. Plantas de beneficio con trabajadores expuestos a arsénico

Fuente: Lam-Vivanco et al. (2021)

La planta Santa Marianita, planta Vivanco, Coronel Herrera y conjuntamente con ciertos participantes no expuestos de San Antonio y Jesús del Gran Poder, obtuvieron un valor menor del IBE de < 0,035 mg/l. La mayor concentración de arsénico urinario y de afectados, es en la planta de beneficio de San Antonio de acuerdo con la estimación de los resultados.

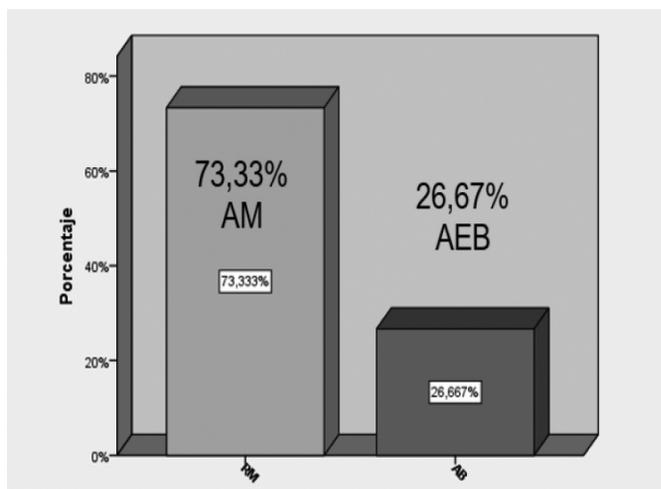


Gráfico 3. Consumo de agua en las plantas de beneficio.

Fuente: Lam-Vivanco et al. (2021)

De acuerdo al agua de consumo de las diferentes plantas de beneficio en el Sector el Pache, se muestra que el mayor número de participantes consumen agua de red municipal con un 73,33 % seguido de agua embotellada con un 26,67%.

DISCUSIÓN

En Ecuador, las actividades antropogénicas en especial la minería, ha provocado problemas de alto impacto en el ambiente, siendo en la Provincia de El Oro, la causante de múltiples daños de contaminación teniendo a la Cuenca del río Puyango en especial Zaruma y Portovelo, principales sectores de explotación de metales. En 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 arsénico (As) entre otros, los flujos ácidos desembocan en los ríos provocando toxicidad no tolerada por el ambiente.

La evolución de las concentraciones de arsénico, en los años 2011, 2013 y 2017 en diferentes puntos de muestreo en el Distrito minero de Portovelo, en el Sector el Pache, sigue encontrado concentraciones altas de mercurio (Hg) y arsénico (As), de acuerdo a la literatura (Chela & Córdor, 2017) las principales actividades mineras se encuentran en la región sur de Ecuador. La zona de Zaruma - Portovelo es el principal Distrito Minero del país, cuenta con aproximadamente 200 concesiones mineras y 80 plantas de beneficio. Las actividades de pequeña minería y minería artesanal realizadas en la zona han dado como resultado concentraciones altas de metales pesados, entre ellos, los más representativos son: el arsénico y el mercurio. El mercurio es usado en los procesos de amalgamación para la recuperación de oro. El arsénico se forma a partir de sulfuros minerales expuestos a procesos de meteorización durante las tareas de excavación. El objetivo de este estudio es evaluar los efectos sobre la salud en términos de riesgo cancerígeno y riesgo tóxico para adultos, niños y trabajadores mineros del Distrito Minero Zaruma Portovelo, mediante un análisis probabilístico y determinístico. Los puntos muestreados se encuentran en las cercanías de las riveras de los ríos Caleras, Pindo y Amarillo. Este trabajo realiza un análisis temporal y espacial de los datos de concentración de mercurio y arsénico en sedimentos en los años 2007, 2011, 2012, 2013 y 2017. Las

vías de exposición activas son: inhalación, contacto dérmico e ingestión. El receptor se ubica en el lugar mismo de la contaminación. Los resultados muestran que el riesgo total, calculado como la suma de los riesgos individuales por vía de exposición de cada contaminante, tanto para el riesgo tóxico como cancerígeno, supera los límites establecidos $RC = 1 \times 10^{-6}$ y $HQ = 1$, respectivamente.”, "author": [{"dropping-particle": "", "family": "Chela", "given": "Danny", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Cóndor", "given": "Gabriela", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "id": "ITEM-1", "issued": {"date-parts": [{"2017"}]}, "number-of-pages": "86", "publisher": "UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO", "title": "Evaluación Del Riesgo Sanitario Ambiental Por Exposición De Arsénico Y Mercurio Presente En Los Sedimentos Del Distrito Minero Portovelo – Zaruma", "type": "thesis", "uris": [{"http://www.mendeley.com/documents/?uuid=9ba2ac1f-0c18-4bd9-87e7-d51aa4879931"}]}, "mendeley": {"formattedCitation": "(Chela & Cóndor, 2017, así mismo, los estudios realizados por la Fundación Salud, Ambiente y Desarrollo (FUNSAD), institución destinada a la investigación en la minería en El Oro, especialmente en Zaruma y Portovelo, determinaron que muestran concentraciones elevadas de arsénico (As) (396.0-8800.0 mg/Kg), que rebasan el máximo permisible de acuerdo a la norma de calidad ambiental del recurso en estudio, información que ayuda como aporte para seguir corroborando en realizar la siguiente investigación, ya que, necesita que los trabajadores se encuentren expuestos a este metaloide (Oviedo-Anchundia, et. al., 2017).

El presente estudio evaluó el arsénico en 156 trabajadores mineros del Sector el Pache, en cinco plantas de beneficio, determinando que ocho trabajadores presentaron elevadas concentraciones, mayor al Índice Biológico de Exposición (0,035 mg/l) (Instituto Nacional de Seguridad Salud y bienestar en el Trabajo, 2018), en un porcentaje total de 27%, con una media de 0.23 mg/l, y un valor máximo de 0,4 mg/l y el 73 % se encontraron debajo de este índice, lo que refleja, que una tercera parte aproximadamente de todos los trabajadores se encuentran expuestos en el lugar de trabajo que habitan, por otro lado, del grupo de no expuestos, el 20% presentó niveles de arsénico elevados. Según investigaciones realizadas en México, demuestra que la exposición de los trabajadores con éste metaloide no se produce por manipular directamente

el metal, sino se deduce de forma indirecta al momento de la fundición y el uso de molinos, ya que, emanan vapores o polvos y al no contar con la debida protección personal provoca con el tiempo efectos adversos a nuestro organismo (Colín-Torres et. al., 2014; Velásquez et. al., 2017).

En base a lo expuesto, el poblado con mayor afectados es en la planta San Antonio y de los 156 encuestados utilizan el agua municipal en un 73,33%, por lo que es relevante mencionar que beber agua mayor a 0,03 mg/l de arsénico (As) no brinda seguridad a los trabajadores mineros de ese sector, como lo indica el Ministerio de Ambiente del Ecuador, pero es necesario que se llegue a un ajuste al valor establecido por la directriz provisional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es de 0.01mg/l.

Por otra parte, el contar con un porcentaje de beber agua embotellada en un 26,67%, refleja que la exposición disminuye las probabilidades de entrar en contacto con arsénico, ya que, no lo hacen directamente del río, pero eso no excluye en disminuir el riesgo de contaminación debido a que, si existen personas expuestas, por ello, se debe evaluar la calidad de agua y que la purificación sea continua para su consumo.

En relación al consumo de agua y los valores de arsénico elevados se encontró que, con un 95% de nivel de confianza hay una correlación significativa con un R de 0.34 y una p de 0.000041. Hay que tomar en cuenta, que según varios autores (Cidu et. Al., 2017), las concentraciones de As no contaminadas son $<10 \mu\text{g/L}^{-1}$ e incluso menor a este valor, pero las concentraciones, pueden alcanzar 100 veces estos niveles si están cerca a fuentes antropogénicas (Cidu, 2017).

La edad promedio de los participantes fue entre 24 y 55 años, de acuerdo con el análisis estadístico de la edad y el arsénico urinario, no hubo correlación significativa en los valores. El sexo que predominó fue el masculino en tener valores mayores al IBE, esto puede estar relacionado a que se tomaron más cantidad de muestras de este género y que la totalidad de hombres laboran en la minería. De esta manera, no se pudo realizar un análisis de comparación con el sexo femenino, ya que hay mayor cantidad de participantes hombres. Aunque en algunos estudios que han realizado, han tomado muestras mayores en mujeres, sugieren que las mujeres se encuentran en mayor indefensión con el arsénico, ya que, debido a factores hormonales tie-

nen mayor capacidad de metilación y excreción del arsénico más eficiente que los hombres (García-Alvarado, 2013).

En relación con los años que trabajan en la minería en las distintas plantas de beneficio y los valores de arsénico, se observó, que no existe una correlación significativa, sin embargo, en la planta de beneficio de JDGP y San Antonio trabajan con un valor promedio de 8 años y un máximo de 14 años, lugares que se encuentra con valores mayores al IBE de arsénico. De acuerdo a la literatura expuesta por Espinoza R (2018), es de suma importancia que el incremento de exposición del As se pueda dar con el pasar de los años, ya que, entre más años se encuentren trabajando en la minería, hay mayor riesgo de presentarse en el organismo y esto puede deberse a las fases de procesos de los minerales que no son tratados de la mejor manera, así como también, el que no cuenten con equipos de protección personal.

En lo que se refiere a la ocupación del grupo de estudio con el arsénico urinario, se encontró una correlación estadísticamente significativa con una R de 0,21 con una p de 0,0004 con la ocupación de mineros con un porcentaje de 50%, seguido con un 25% de obreros, 12.5% choferes y 12% procesadores. Esto se debe a que las ocupaciones de mineros se encuentran vulnerables, ya que, están en más contacto en el proceso de metalurgia, fundición y refinación de metales (Medina-Pizzali, 2018).

CONCLUSIONES

De las cinco plantas de procesamiento seleccionadas para el estudio, dos de ellas (Jesús del Gran Poder y planta San Antonio) se encuentran en concentraciones elevadas de arsénico urinario, por arriba del índice biológico de exposición (0,035mg/l) de acuerdo, a las normas establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), España, y el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.

De acuerdo al análisis estadístico, se identificó que el consumo de agua es un factor de exposición al arsénico, tomando en cuenta que el 26,67% consume agua embotellada, pero no están exentas del riesgo de contaminación debido a que si existen personas expuestas; razón por la cual, se debe evaluar la calidad de agua y que la purificación sea continua para su consumo. Por otro lado, en el análisis de muestras de sangre, tomadas en los trabajadores mineros con elevadas concentraciones de

arsénico urinario, se obtiene valores normales, que indica que no existen alteraciones en la función hepática y renal.

La presente investigación, permitió deducir que los trabajadores mineros del Sector El Pache, se encuentra expuestos a la presencia de Arsénico en su organismo, por encima de los valores de referencia del Índice Biológico de Exposición, es por ello que, resulta la necesidad imperiosa de realizar una intervención ambiental involucrando a Instituciones Estatales pertinentes, para tratar de controlar el arsénico en el ambiente y así evitar la presencia de enfermedades crónicas en el ser humano y con la revisión de evidencias existentes se sugiere la necesidad de realizar más estudios para comprender los mecanismos del arsénico en el organismo y la presencia de sus enfermedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carpio. (2015). Contaminación del agua por metales pesados en el Distrito Mariscal Cáceres – San José en la Provincia de Camaná - Arequipa. *Unsa.edu.pe.*, <https://doi.org/http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6846>.
- Cidu, R.; Dore, E.; Biddau, R.; Nordstrom, D. K. (2017). Fate of Antimony and Arsenic in Contaminated Waters at the Abandoned Su Suergiu Mine (Sardinia , Italy). *Mine Water Environ.*, 0 (0), 0. <http://dx.doi.org/10.1007/s10230-017-0479-8>
- Chela Tenelema D. A., Códor Simbaña C.G. (2017). Evaluación del riesgo sanitario ambiental por exposición de arsénico y mercurio presente en los sedimentos del distrito minero Portovelo-Saruma. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Chimborazo.
- Contreras Acuña, M. (2014). Especiación de arsénico en alimentos de origen marino : efectos del cocinado y su consumo en el metabolismo humano. . *Universidad de Huelva: Departamento de Química y Ciencia de los Materiales.*
- Espinoza Rosales S.T. (2018). Determinación de trazas en arsénico y plomo en muestras de orinas de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero en Zamora Chimchi (tesis de licenciatura).
- García, Delgado, S. Arsenic Speciaion and Metal Accumulation Studies in Environmenal Samples., UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 2013.

- Guber R., González M., Nicolás M., Constanza M., Mentz P., Wierna A., Ansonnaud C., García V., Ansonnaud A., Soria A. (2021). Evaluation of Salivary protein patterns among a rural population exposed and non-exposed to arsenic-contaminated drinking water in areas of Tucumán (Argentina): a pilot study. *Journal Applied oral Science*, 29.
- Medina-Pizzali, M.; Robles, P.; Mendoza, M.; Torres, C. (2018). Ingesta de Arsénico: El Impacto En La Alimentación y La Salud Humana. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública*, 35 (1), 93. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>.
- Monroy Torres R., Espinoza Pérez A., Ramírez Gómez X., Carrizales Ñañez N., Linares Segovia B., Mejías Saavedra J. (2018). Efectos de una suplementación de vitaminas y minerales de cuatro semanas sobre el estado nutricional y excreción urinaria de arsénico en adolescente. *Nutr. Hosp*, p.894-902.
- Oviedo-Anchundia, R.; Moína-Quimí, E.; Naranjo-Morán, J.; Barcos-Arias, M. (2017) Researchs / Investigación. *Rev. Bionatura Support. Sustain. Dev. Goals*, 2 (4), 437–441. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>
- Torres- Reyes, S. B., & Caiza-Cuzco, E. M. (2019). Evaluación de biomarcadores en trabajadores mineros relacionados con arsénico urinario, para estimar posibles riesgos de salud, sector pache, Cantón Portovelo. (*Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica*).
- Rodrigo Oviedo, A., Moína-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Marcos-Arias, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*, 2(4), 437–441 <https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.04.5>.
- Solá, M. S., González-Delgado, F., & Weller, D. G. (2004). Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. *Cuadernos de Medicina Forense* N° 35.
- Solar, C., Pizarro, I., & Román, D. (2012). Presencia de altos niveles de arsénico en tejidos cardiovasculares de pacientes de áreas contaminadas en Chile. *Revista Chilena de Cardiología. Revista Chilena de cardiología*, 31(1), 41–47. <https://doi.org/10.4067/s0718-85602012000100006>.
- Špirić, Z., Vučković, I., Stafilov, T., Kušan, V., & Frontasyeva, M. A. (2013). Pollution Study in Croatia Using Moss Biomonitoring and ICP-AES and AAS Analytical. *Techniques. Arch. Environ. Contam. Toxicol.* , 65 (1), 33–46. <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-013>.
- Trujillo Zeballos, O. E. (2019) . Comparación de los niveles en orina de Arsénico y Cadmio y sus manifestaciones clínicas de intoxicación entre niños de 6 a 12 años del distrito de Torata y el distrito de Carumas en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua.
- Vahter, M., & Lind, B. (1986, 54). Concentrations of Arsenic in Urine of the General Population in Sweden. *Sci. Total Environ*, (C), 1–12.
- Velásquez, R., Tenelema, M. F., & Simbaña, C. (2017). “Evaluación del riesgo Sanitario Ambiental por exposición de arsénico y mercurio presente en los sedimentos del distrito minero Portovelo – Zaruma.”. *Unach.edu.ec.*, <https://doi.org/86p>.