



Exposición laboral al arsénico inorgánico

Occupational exposure to inorganic arsenic

Exposição ocupacional ao arsênico inorgânico

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

Gabriela Estefanía Morales-Barba ^{II}
gmorale009@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1409-5111>

Cristhian Arturo Zambrano- Cabrera ^{III}
czambrano@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0326-2773>

Xavier Andrés Tacuri-Ullauri ^{IV}
xtacuri1@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7924-331X>

Xiomara Cecibel Márquez-Jaramillo ^V
marquez1@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7162-9215>

Correspondencia: alam@utmachala.edu.ec

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 14 de abril de 2022 * **Publicado:** 16 de mayo de 2022

- I. Magister en Bioquímica Clínica, Bioquímica – Farmacéutica, Docente de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Bioquímica Farmacéutica, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- III. Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, Docente de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- IV. Bioquímico- Farmacéutico, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- V. Bioquímica- Farmacéutico, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Resumen

En la parte alta de la provincia de El Oro (Portovelo- Sector Pache) se realiza actividades mineras que en sus residuos dejan en estado libre metales pesados tales como el arsénico, los cuales contaminan las cuencas hidrográficas. El arsénico tiene un valor establecido carcinogénico de 1.5 (mg/kg) /día; los riesgos son cáncer de pulmón, de la piel, hígado. d) Objetivo: Evaluar los parámetros bioquímicos y manifestaciones clínicas a los trabajadores mineros expuestos a arsénico inorgánico, para establecer los niveles de exposición y proponer campañas de concientización en la población. e) Material y métodos: En este trabajo se determinarán las concentraciones de arsénico inorgánico en muestras de orina a los trabajadores mineros expuestos, que laboran alrededor de la cuenca hidrológica del río Calera; las muestras serán sometidas a procesos de digestión para su posterior análisis por el método de espectrofotometría de absorción atómica. f) Resultados esperados: Las concentraciones de As inorg (expresadas como $X \pm DE$ ($\mu\text{g/L}$) de los 24 mineros que fueron de encontraron por encima de los valores reportados por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), el valor mínimo se encontró en 35,25 $\mu\text{g/L}$ y el valor máximo en 50,32 $\mu\text{g/L}$ de Asinor y el rango como medida de dispersión total fue de 15,09.

Palabras claves: Arsénico inorgánico; orina; espectrofotometría de absorción atómica.

Abstract

In the upper part of the province of El Oro (Portovelo- Pache Sector) mining activities are carried out that leave heavy metals such as arsenic in a free state in their residues, which contaminate the hydrographic basins. Arsenic has an established carcinogenic value of 1.5 (mg/kg)/day; the risks are lung cancer, skin cancer, liver. d) Objective: To evaluate the biochemical parameters and clinical manifestations of mining workers exposed to inorganic arsenic, to establish exposure levels and propose awareness campaigns in the population. e) Material and methods: In this work, the concentrations of inorganic arsenic in urine samples from exposed mining workers, who work around the hydrological basin of the Calera River, will be determined; The samples will be subjected to digestion processes for their subsequent analysis by the atomic absorption spectrophotometry method. f) Expected results: The concentrations of As inorg (expressed as $X \pm SD$ ($\mu\text{g/L}$) of the 24 miners that were found to be above the values reported by the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), the minimum value was found at 35.25 $\mu\text{g/L}$

and the maximum value at 50.32 $\mu\text{g/L}$ of Asinor and the range as a measure of total dispersion was 15.09.

Keywords: Inorganic arsenic; urine; atomic absorption spectrophotometry.

Resumo

Na parte alta da província de El Oro (Setor Portovelo-Pache) são realizadas atividades de mineração que deixam metais pesados como o arsênico em estado livre em seus resíduos, que contaminam as bacias hidrográficas. O arsênico tem um valor carcinogênico estabelecido de 1,5 (mg/kg)/dia; os riscos são câncer de pulmão, câncer de pele, fígado. d) Objetivo: Avaliar os parâmetros bioquímicos e manifestações clínicas de trabalhadores de mineração expostos ao arsênio inorgânico, estabelecer níveis de exposição e propor campanhas de conscientização da população. e) Material e métodos: Neste trabalho serão determinadas as concentrações de arsênio inorgânico em amostras de urina de trabalhadores de mineração expostos, que trabalham no entorno da bacia hidrográfica do rio Calera; As amostras serão submetidas a processos de digestão para posterior análise pelo método de espectrofotometria de absorção atômica. f) Resultados esperados: As concentrações de As inorg (expressas em $X \pm SD$ ($\mu\text{g/L}$) dos 24 mineiros que se encontraram acima dos valores reportados pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), o o valor mínimo foi encontrado em 35,25 $\mu\text{g/L}$ e o valor máximo em 50,32 $\mu\text{g/L}$ de Asinor e o intervalo como medida de dispersão total foi de 15,09.

Palavras-chave: Arsênio inorgânico; urina; espectrofotometria de absorção atômica.

Introducción

La presencia de arsénico en el agua potable es resultado de las actividades antropogénicas. En la industria minera existen grandes cantidades de residuos que contienen altas concentraciones de metales pesados entre ellos el arsénico, estos residuos contiene flujos ácidos que son vertidos a los ríos y otros cuerpos de agua ocasionando problemas de contaminación ambiental. Estas aguas son usadas frecuentemente por los habitantes de la zona para el riego agrícola, la ganadería, y para su aseo personal. Es por esto que puede llegar a afectar la salud de los individuos que habitan en zonas circunvecinas al río. En la provincia de El Oro, en Portovelo, Sector El Pache (Ecuador), existe un incremento en los procesos de minería artesanal (procesos de refinación) (Jiménez-Córdova, y

otros, 2019) que son realizados de manera clandestina, sin los permisos ambientales y empleando tecnología no calificada, generando así el deterioro ambiental de la cuenca hidrológica, y en consecuencia afectando la salud de los trabajadores mineros que están expuestos diariamente.

La literatura menciona la presencia de arsénico inorgánico en muestras de agua del río Calera, en concentraciones que van desde 0,04 a 0,33 mg/L ($X = 0,17$ mg/L). En Ecuador, los límites permisibles son de 0,05 mg/L, (según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98) (Torres, Caiza 2019), lo cual evidencia que se encuentran por encima de los límites permisibles. Por otro lado, es importante mencionar que se han encontrado investigaciones que muestran una amplia variedad de manifestaciones clínicas en los individuos expuestos como manifestaciones en piel, enfermedades vasculares y hasta cáncer vesicular, (Rodrigo Oviedo, Moína-Quimí, Naranjo-Morán, & Marcos-Arias, 2017) (Velásquez, Tenelema, & Simbaña, 2017), producto de la contaminación de los ríos afluentes, donde el consumo y uso de agua es directo para la población. La arsenicosis es una enfermedad crónica que se caracteriza por presentar manifestaciones clínicas en piel, en los órganos reproductivos, y por la formación de células malignas en diferentes partes del cuerpo, en especial en los pulmones y el hígado. Esta enfermedad se produce por la ingestión de agua contaminada con este metaloide durante un largo periodo de tiempo, (Monroy-Torres, 2018) Estas manifestaciones se producen principalmente por la capacidad que posee el arsénico para provocar efectos epigenéticos al modular la metilación del ADN y las modificaciones de las histonas postraduccionales (Cheng, 2019), y también al interferir con reacciones enzimáticas de amplia distribución por vía respiratoria, digestiva y percutánea. (Solar, Pizarro, & Román, 2012) (Guber, y otros, 2021).

Por lo expuesto anteriormente, nace la preocupación de investigar la presencia de arsénico inorgánico en varios sectores de Portovelo, Zaruma, Piñas, Puyango, y sectores de Perú que utilizan el agua de río para diariamente para su consumo, su aseo personal y para el lavado de ropa y enseres. Por lo tanto en este trabajo se determinarán los niveles de Arsénico inorgánico en las muestra de orina de los trabajadores mineros expuestos del sector El Pache, Portovelo, que habitan en los alrededores del río Calera, empleando la Espectrometría de absorción atómica.

La provincia de El Oro, en cantón Portovelo, se caracteriza porque su principal actividad laboral es la minería, allí 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 alimentaria 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.

Las vías de contaminación del 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.) (Contreras Acuña, 2014) 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 por uso de agua contaminada para lavar o preparar alimentos y por la ingestión de alimentos contaminados que provienen de los cultivos de la zona y del riego de estos cultivos con agua contaminada del río Calera.

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 (As) es un metal tóxico que tiene la capacidad de bioacumularse en algunos órganos de los seres vivos, debido a la gran 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. 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 de la gravedad de sus efectos en diferentes etapas del desarrollo humano. (González-Cortes et al. 2017).

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 and Espinoza-Pérez 2018). Bioquímicamente, el mecanismo de su acción tóxica proviene de la fuerte afinidad de los cationes

de estos metales por el azufre. Por esta razón, los metales ingeridos se enlazan fácilmente a los grupos tiol (-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 dimetilarsónico (DMAs). (Soria de González, Silvina Guber, Martínez, & Arias, 2009) (Solar, Pizarro, & Román, 2012).

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.

El propósito de este trabajo consiste en determinar las concentraciones de arsénico inorgánico en la orina de los trabajadores mineros expuestos por espectrometría de absorción atómica con llama. Inicialmente, se realizará un conversatorio el cual permitirá conocer los factores de exposición y de riesgo que están involucrado el arsénico inorgánico en la salud de los trabajadores mineros, además de proponer campañas de concientización para el sector minero y para la población que vive en la cuenca del río Calera, así como también divulgar información de la contaminación por iAs, y las causas que originan enfermedades, mejorando la calidad de vida, y disminuyendo así la morbilidad.

El arsénico es un metaloide que se encuentra ampliamente en la naturaleza, su toxicidad depende del estado de oxidación, siendo el estado trivalente el más tóxico, es por ello el interés en el ámbito de la salud pública. Los efectos crónicos suelen aparecer entre 5-20 años dependiendo de la dosis de exposición del individuo, esto se debe principalmente por el consumo de aguas contaminadas denominado hidroarsenismo, el arsénico es considerado un agente carcinogénico, es por ello que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un límite permisible de As en agua de bebida de 10 mg/L. La exposición crónica del arsénico, puede afectar la actividad de los linfocitos, monocitos y macrófagos, lo que genera la inmunosupresión, alterando la regulación de la función inmunológica por glucocorticoides y la apoptosis mediada por arsénico puede conducir a una respuesta inmunitaria, siendo el mecanismo de acción de mayor análisis los grupos sulfhidrilos y sustitución de grupos fosfatos por su alta genotoxicidad que reduce los niveles de glutatión produciendo apoptosis. La presente investigación de carácter bibliográfico se inclina en un análisis

descriptivo e inductivo, basado en búsqueda de información científica que aporten en el cumplimiento de estudio. (Gonzalez-Cortes, Recio-Vega, Clark, & Chau, 2017)

Metodología

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). Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Población y muestra

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

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 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).

Resultados

Figura 1. Origen y Calidad del agua de consumo en los trabajadores mineros.

El 48% de la población bajo estudio (81) consumían agua proveniente de la red municipal y el 52% que corresponde a 75 trabajadores mineros consumía agua embotellada. Asimismo, podemos mencionar que el 63% de la población muestreada (51 individuos) manifestaron hervir el agua antes de su consumo y el 37% (30) no la hierven. (Figura 2a, 2b)

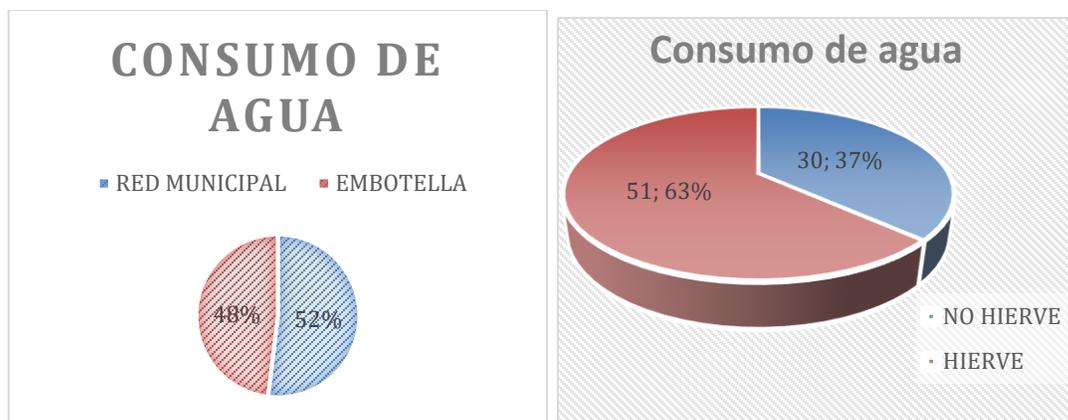


Figura 1a y 1b. Porcentaje de trabajadores mineros que consumen agua embotellada y de la red municipal. Porcentaje de trabajadores que hierven o no el agua que consumen. Fuente: Lam, 2021

3.1. Determinación de las concentraciones de As inorgánico en muestras de orina de los trabajadores mineros por espectrometría de absorción atómica.

Para garantizar la calidad analítica de la metodología empleada para la determinación de las concentraciones de As_{inorg} , en las muestras de orina, se evaluaron los parámetros de mérito analítico tales como curva de calibración, exactitud y precisión.

En la Tabla 1 se presentan la ecuación de la curva de calibración empleada para el cálculo de las concentraciones de As_{inorg} , en las muestras de orina de la población bajo estudio.

Tabla 1. Curva de Calibración para la determinación de As_{inorg} en muestras de orina de la población bajo estudio.

Metal	Ecuación de la curva de calibración
As_{inorg}	$Y = 0,00429X - 0,00097$
	$r = 0,9993$

En la Tabla 2 se observan los resultados obtenidos en la evaluación de la exactitud del método empleado para la determinación de As_{inorg} en el material estándar de referencia 2670a. Es importante señalar que el porcentaje de error fue de 1,3 % lo cual demuestra la adecuada exactitud del método analítico empleado.

Tabla 2. Evaluación de exactitud del método empleado para la determinación de As_{inor} en muestras de orina de la población bajo estudio a través del material estándar de referencia (NIST 2670a)

Orina NIST 2670 ^a	Orina NIST 2670 ^a	%	%
Valor certificado ($\mu\text{g/L}$)	Valor encontrado ($\mu\text{g/L}$)	Error	Exactitud
220,0 \pm 10	217,2 \pm 0,4	1,3	98,7

La Tabla 3 muestra los valores para los estudios analíticos de precisión, expresados como desviación estándar (DE) y desviación estándar relativa (%DER) o coeficiente de variación (CV). Los resultados obtenidos demuestran precisión por presentar valores de DER menores a los criterios de aceptación establecidos ($< 5\%$), lo cual evidencia que el método analítico fue reproducible y adecuado para el análisis.

Tabla 3. Evaluación de la precisión del método empleado para la determinación de As_{inor} en muestras de orina de la población bajo estudio.

Muestra	Promedio ($\mu\text{g/L}$)	DE ($\mu\text{g/L}$)	DER (%)
1	48,15	1,79	3,72
2	64,30	2,38	3,71
3	13,36	0,67	5,01

En la Tabla 4 se evidencian las concentraciones de As inorgánico obtenido en orina (expresado en $X \pm DE$) de los trabajadores mineros empleando la espectrometría de absorción atómica con generador de hidruros. Asimismo se presentan el valor mínimo y máximo de As_{inor} obtenido en las muestras de orina y el rango como medida de dispersión total.

Las concentraciones de As_{inor} en muestras de orina de 156 trabajadores mineros ($X \pm DE$) fue de $24,38 \pm 39,76 \mu\text{g } As_{inor}/\text{L}$. Los valores demuestran una desviación estándar alta debido a que proviene de muestras poblacionales.

Tabla 4. 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

$X \pm DE$ ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Rango (min – máx)
$24,38 \pm 39,76$	45,21 (5,01 - 50,22)

Muestras de orina con As_{inor} (n= 156)

Las concentraciones de As inorg (expresadas como $X \pm DE$ ($\mu\text{g}/\text{L}$) de los 24 mineros que fueron de encontraron por encima de los valores reportados por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) elevadas se muestran en la tabla 8. El valor mínimo se encontró en $35,25 \mu\text{g}/\text{L}$ y el valor máximo en $50,32 \mu\text{g}/\text{L}$ de As_{inor} y el rango como medida de dispersión total fue de 15,09. En estudios realizados en el departamento de la provincia de Perú se encontraron concentraciones de arsénico inorgánico en muestras de orina que van desde 5-50 $\mu\text{g } As/\text{L}$ con valores de $9,51 \mu\text{g}/\text{g}$ de creatinina con una media de $238 \mu\text{g } As/\text{L}$ en adultos mayores ≥ 49 años (Pérez Vásquez, 2013).

Por otro lado en estudios realizados en el distrito Candarave la concentración de arsénico por gramo de creatinina fue de $87,13 \mu\text{g } As/\text{g}$ con una desviación estándar de $13,21 \mu\text{g } As/\text{g}$; además, se halló una concentración mínima de arsénico en orina de $15,86 \mu\text{g } As/\text{g}$ y una máxima de $117,19 \mu\text{g}/\text{g}$ respectivamente (Ticona Mamani, 2018). En esta investigación la presencia de arsénico inorgánico esta entre los rangos mínimo= $5,013$ y máximo = $50,22 \mu\text{g } As/\text{L}$, con una desviación estándar de $10,35$.

Tabla 5. Concentraciones elevadas (según criterios ASTR) de As inorgánico en muestras de orina (As_{inor}) de 24 trabajadores mineros de las Plantas de beneficio en los alrededores de la cuenca hidrológica del río Calera. Fuente: Lam, 2021

Rango (min – máx)	X ± DE ($\mu\text{g/L}$)
15,09 (35,23 – 50,32)	39,85±4,37

Muestras de orina con Asi (n- 24) *según criterios ASTDR

En la Tabla 5 se detallan las 24 muestras que presentaron las concentraciones de As inorgánico que se encontraron elevadas. Asimismo, los resultados muestran que posiblemente la ocupación que desempeñan estos mineros y el tiempo de servicio de cada uno esté relacionada con el aumento en las concentraciones de As inorgánico en la orina de los trabajadores.

En la investigación se evidenció que la presencia de arsénico inorgánico en el sector minero, correspondió a trabajadores mineros que presentaron entre 21 – 25 años de servicio, (Tabla 5) lo cual demuestra que el tiempo de exposición al tóxico es un factor importante que contribuye a aumentar las concentraciones del As inorg en el organismo.

Tabla 6. Años de servicio en los 24 trabajadores mineros con concentraciones elevadas.

Años de servicio	Porcentajes
16-20 años	29,19%
21-25 años	37,5%
11-15 años	33,33%

Conclusión

Se determinaron las concentraciones de arsénico inorgánico en muestras de orina de los trabajadores mineros, mediante la espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros y los resultados obtenidos fueron exactos y precisos y adecuados.

De los 156 trabajadores muestreados, 24 presentaron en la orina, valores de arsénico inorgánico elevados ($\geq 35 \mu\text{g As inorg/L}$) con respecto a los valores permitidos por la ASTR (Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades de los Estados Unidos), los cuales correspondió a trabajadores mineros que presentaron entre 21 – 25 años de servicio.

Referencias

1. Cheng, Y. J. (2019). Response to Comment on Cheng et al. Trends and Disparities in Cardiovascular Mortality Among U.S. Adults With and Without Self-Reported Diabetes, 1988–2015. . *Diabetes Care* , 41:2306–2.
2. 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*.
3. Gonzalez-Cortes, T., Recio-Vega, R., Clark, R., & Chau, B. T. (2017). “DNA Methylation of Extracellular Matrix Remodeling Genes in Children Exposed to Arsenic.” *Toxicology and Applied Pharmacology* . Elsevier, 329. Inc.:140–47. doi:10.1016/j.t.
4. Guber, R. S., N., T. L., Sandoval, N., Toledo, R, F. M., Bellomio, C., & Martinez, M. (2021). Contenido de arsenico en el agua de consumo en Leales y Graneros(Provincia de Tucuman- Argentina). *Acta Bioquímica Clínica Latinamericana*, 43(2), 201-207.
5. Jiménez-Córdova, M. I., Sánchez-Peña, L. C., Barrera-Hernández, Á., González-Horta, C., Barbier, O. C., & Del Razo, L. M. (2019). Fluoride Exposure Is Associated with Altered Metabolism of Arsenic in an Adult Mexican Population. *Sci. Total Environ.*, 684, 621–62.
6. Monroy-Torres, R. &.-P. (2018). Factores que intensifican el riesgo toxicológico en comunidades expuestas al arsénico en agua. . *CienciaUAT*, 148–157. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1001733>.
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. 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>.

9. 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>.
10. Ticona Mamani, W. R. (2018). Niveles de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Candarave en diciembre del 2016.
11. 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>.