

Evaluación de biomarcadores en trabajadores mineros relacionados con arsénico urinario. Sector Pache, Cantón Portovelo

Torres Susana. *; Caiza Estefania. *; Ordoñez Katty. *; Lam Adriana. *

* Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de Salud, Machala

RESUMEN:

Las actividades antropogénicas producen diversos desechos tóxicos que se liberan en el medio ambiente, y la principal exposición ocurre en la metalurgia del arsénico, que pueden provocar en el trabajador arsenicismo ocupacional con múltiples daños en el organismo y riesgos de contaminación en ríos, plantas y suelos. En Portovelo en el sector el Pache son principales sectores de explotación minera, donde evidencia altas concentraciones de arsénico, cianuro y mercurio. En la presente investigación se determinó la presencia de arsénico urinario en los trabajadores mineros, mediante espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), para estimar posibles riesgos de salud, se seleccionó una muestra de 30 trabajadores mineros en cinco plantas de beneficio cumpliendo con los criterios de inclusión e exclusión. Los resultados se obtuvieron utilizando modelos estadísticos, determinando que los trabajadores presentaron elevadas concentraciones de arsénico urinario mayor al Índice Biológico de Exposición (0,035 mg/l), en un porcentaje 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. En relación al consumo de agua y los valores de arsénico elevados se encontró una correlación significativa con un R de 0.34 y una p de 0.000041. En la evaluación de transaminasas (TGO-TGP) urea y creatinina se encontraron valores normales y no hay diferencia significativa con relación arsénico. El estudio de biomarcadores es una herramienta que ayuda analizar efectos tempranos en poblaciones expuestas con el fin de prevenir enfermedades relacionadas con la ingesta de arsénico.

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

ABSTRACT:

Anthropogenic activities produce a variety of toxic wastes that are released into the environment, and the main exposure occurs in arsenic metallurgy, which can cause occupational arsenicism in the worker with multiple damage to the organism and risk of contamination in rivers, plants and soils. In Portovelo in the Pache sector are the main mining sectors, where there is high concentrations of arsenic, cyanide and mercury. In the present investigation, the presence of urinary arsenic in mining workers was determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) to estimate possible health risks, a sample of 30 mining workers was selected at five profit plants in compliance with the inclusion and exclusion criteria. The results were obtained using statistical models, determining that workers presented high concentrations of urinary arsenic higher than the Biological Exposure Index (0.035 mg/l), in a percentage of 27% with an average of 0.23 mg/l, and a maximum value of 0.4 mg/l and 73% were found below this index. In relation to water consumption and high arsenic values, a significant correlation was found with an R of 0.34 and a p of 0.000041. In the evaluation of transaminases (TGO-TGP) urea and creatinine normal values were found and there is no significant difference with arsenic relationship. The study of biomarkers is a tool that helps analyze early effects in exposed populations in order to prevent diseases related to arsenic intake.

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

1.- Introducción

El arsénico (As) es un metaloide tóxico que se encuentra en la naturaleza y su mecanismo varía de acuerdo a cambios tanto físicos, químicos y biológicos, que depende su toxicidad por la duración y dosis de exposición, provocando alteraciones en el ser humano, animales y plantas (Airam et al., 2015). Cabe rescatar que este elemento es un micronutriente importante para los seres vivos para que completen su ciclo de vida, pero sobrepasando su umbral se vuelve tóxico, por lo que el cuerpo lo rechaza, presentando varias patologías y enfermedades graves con el pasar de los años (Sun et al., 2007).

En el presente trabajo investigativo tiene la finalidad de evaluar la presencia de arsénico en trabajadores mineros del Cantón Portovelo, Sector el Pache, este estudio se lo realiza debido a que los principales problemas que tiene este metal es su fácil dispersión en el ecosistema y con la fuerte susceptibilidad del individuo puede desarrollar cáncer por su prolongada exposición, especialmente en ríos que son contaminados por empresas mineras provocando alteraciones principalmente genéticas, neuronal, gastrointestinal, dérmico, hepático entre otras (Fu et al., 2014).

En la Provincia de El Oro en el Sur del Ecuador, que son Zaruma y Portovelo, encontramos las principales fuentes mineras del país con 200 concesiones mineras y 80 plantas de beneficio, concesionados por diferentes grupos mineros nacionales y extranjeros, que algunas de ellas son utilizadas con tecnología de bajo rendimiento y sea motivo para que aumente los niveles de contaminación (Chela & Córdor, 2017).

Las ciudades de Portovelo y Zaruma han generado grandes riquezas en la minería y la producción de estos recursos es la más importante en la exportación del país que va desde 4 y 5 toneladas anuales (José Luis, 2011), la actividad minera que se ha venido dando en Portovelo, ha provocado un gran impacto en la salud de los trabajadores de las distintas plantas de beneficio de este sector y por la descarga de desechos en el río Calera incrementa la incidencia de personas enfermas.

Las actividades antropogénicas elaboradas en estas zonas han provocado alta contaminación principalmente de Arsénico y Mercurio donde son utilizados para diferentes procesos(WHO, 2001): el mercurio es utilizado en el proceso de refinación y biomagnificación del oro(Sonne et al., 2019), y el arsénico en cambio es resultado de los fenómenos geológicos de sulfuros para el proceso de meteorización (Taheri et al., 2016).

Este estudio nace de un problema real que ha provocado gran preocupación por presencia de Arsénico en varias regiones de Portovelo y con la presente investigación se evaluará a los trabajadores mineros, en el cual se determinará los niveles de Arsénico en muestra de orina e identificar los parámetros bioquímicos en los trabajadores expuestos para para estimar posibles riesgos de salud.

Materiales y Métodos

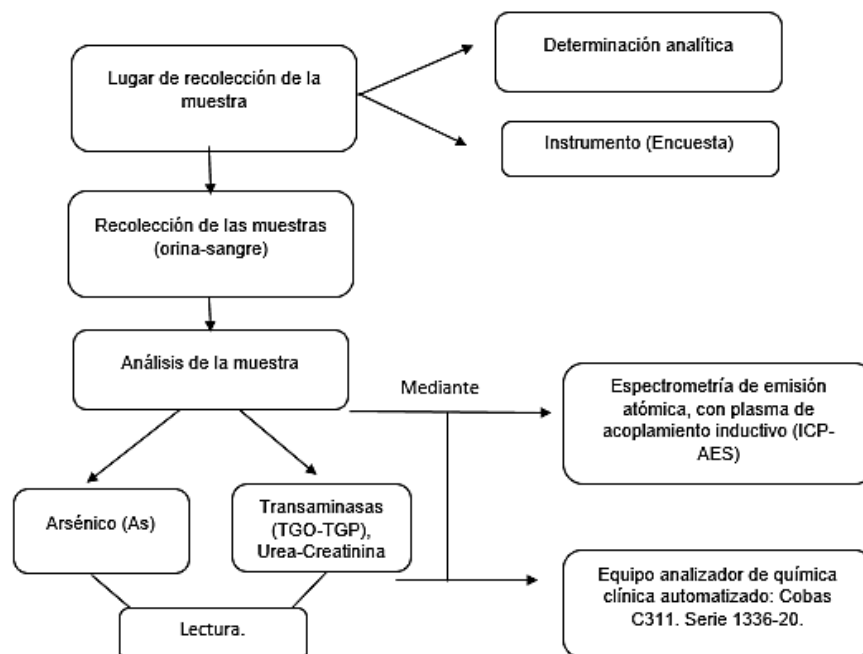


Diagrama 1. Esquema metodológico general

Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

La investigación del presente trabajo es de carácter, descriptiva y transversal realizado en la comunidad del sector el Pache en seis plantas de beneficio, ubicadas al costado del río Calera que, de acuerdo a varios estudios realizados en esta cuenca, presenta concentraciones elevadas de arsénico que exceden los límites permisibles de 0.01 mg/l según establecido por la OMS.

Muestreo clínico

La muestra está conformada por (n=30). Tomando de referencia 25 trabajadores expuestos a arsénico, 5 trabajadores no expuestos arsénico del mismo sector, a los que se les realizaran estudios de laboratorio clínico, descartando manifestaciones de otras patologías que tengan relación con el arsénico. Todos los participantes fueron incluidos bajo un sistema de consentimiento informado, siguiendo los principios de confidencialidad en base a la Declaración de Helsinki de 1964, modificada en el 2012.

Se incluyeron trabajadores mayores de 18 años que trabajen de manera continua cinco años en la minería, no debe estar en ningún tratamiento médico, o consumir medicamento, vitaminas 3 días antes de la toma de muestra y que geográficamente habiten en una zona con concentraciones del arsénico en agua superiores a 10 µg/l. Se excluyen mujeres embarazadas y personas alcohólicas e individuos con enfermedades crónicas o agudas del tracto urinario, pacientes con diagnóstico con intoxicación reciente con As y se encuentre en tratamiento médico y que hayan consumido mariscos las últimas 24 horas.

Los individuos que aceptaron participar se le aplicó una encuesta para dar conocimiento el motivo de nuestra investigación y conocer los datos demográficos de los pacientes en estudio, las manifestaciones que se encuentran con mayor prevalencia con relación a la contaminación de agua con arsénico.

La recolección de las muestras se realizó en las seis plantas de beneficio del Sector el Pache en envases estériles de 100 ml, teniendo en cuenta la segunda micción, y sin consumir productos de origen del mar y medicamentos por lo menos durante 24 horas. Se conservó a una temperatura de 10°C en un plazo máximo de 24 horas en cadena de frío, las muestras se analizaron en el laboratorio Labcestta de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, laboratorio que presenta certificación de acreditación por el Organismo de Acreditación N° SAE LEN 18-034, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

En el análisis bioquímico en sangre se analizaron a los participantes que presentan niveles elevados de Arsénico urinario, mediante el equipo Cobas C311 automatizado, desarrollado para el análisis in vitro cuantitativas y cualitativas de componentes bioquímicos en fluidos corporales como son: Transaminasa Glutámico Oxalacética (TGO); Transaminasa Glutámico Pirúvica (TGP); Urea y Creatinina.

Método analítico

Medición de arsénico en orina: Las determinaciones de arsénico en orina se realizaron usando el equipo Espectrometría de emisión atómica, con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES). Principio: Este sistema está basado en la capacidad de determinar metales y algunos no metales en solución, nos ayuda atomizar, ionizar y excitar todas las especiaciones del arsénico que son enviadas hacia el plasma para su detección (Martinez & Gasquez, 2005).

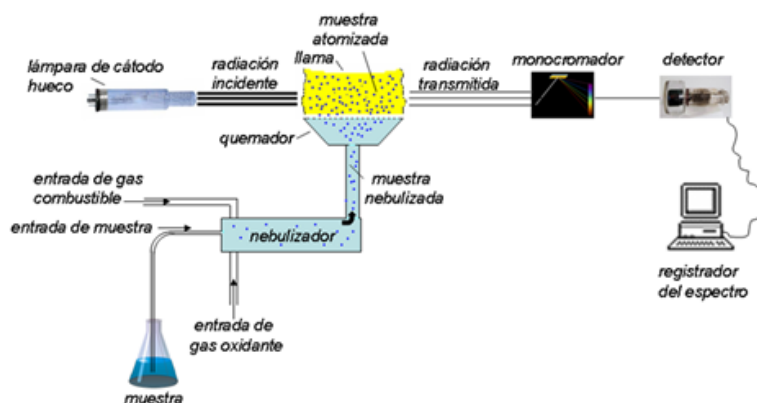


Gráfico2. Esquema de proceso usando la técnica de emisión atómica en plasma (Coelho et al., 2012)..

Procedimiento: Los instrumentos se optimizó de acuerdo a los parámetros instrumentales del equipo ICP-MS (posición de la antorcha, caudal de gases y posición del sistema de lentes)(García, Delgado, 2013).

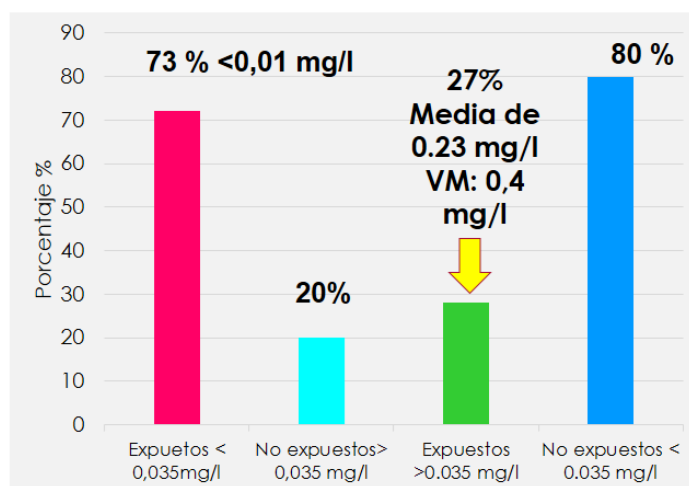
El equipo que se utilizó es Thermo Scientific iCAP 7000 SERIES / ICP SPECTROMETER; una vez ya recogida las muestras líquidas hasta el plasma, se nebulizan, este nebulizador ultrasónico es usado para una mejor sensibilidad y estabilidad de la señal (Špirić, Vučković, Stafilov, Kušan, & Frontasyeva, 2013), la muestra líquida en forma de aerosol resultante se transporta a la antorcha de plasma. Los espectros de emisión de elementos específicos son producidos por un plasma acoplado por inducción de radiofrecuencia. Los espectros se dispersan mediante un espectrómetro de rejilla, y las intensidades de los espectros de línea se controlan a longitudes de onda específicas mediante un dispositivo fotosensible. Las fotocorrientes del dispositivo fotosensible son procesadas y controladas por un sistema informático. Se requiere una técnica de corrección de fondo para compensar la contribución de fondo variable a la determinación de los analitos. El fondo debe medirse junto a la longitud de onda que es 193,759 nm del As en especial, durante el análisis, con un límite de detección de 0,01 mg/L (García, Delgado, 2013).

Por último, se evalúa la sensibilidad para la determinación específica de arsénico, mediante el empleo de una disolución patrón de As, así mismo las interferencias deben ser consideradas y tratadas adecuadamente (García, Delgado, 2013).

Análisis estadístico.

El análisis de los datos se realizara con el software SPSS (versión 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) (Fu et al., 2014), y los datos transformados logarítmicamente mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba post hoc Student-Newman-Keuls (SNK).

Resultados



Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

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

El presente estudio se realiza 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 (Fig 1).

Arsénico en orina

Tabla 1. Concentraciones de arsénico en los trabajadores mineros.

Plantas de beneficio	As mg/l	
Jesús del gran Poder	n(2)	0.15 ± 0.07 0.1 – 0.2
San Antonio	n(6)	0.3 ± 0.11 0.1- 0.4
Total de arsénico	N(8)	0.23 ± 0.12 0.1-0.4

*Datos expresados como media ± desviación estándar.

Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

Concentración urinaria de arsénico en las dos plantas de beneficio. Valor promedio, desviación estándar, valor máximo y mínimo de arsénico inorgánico.

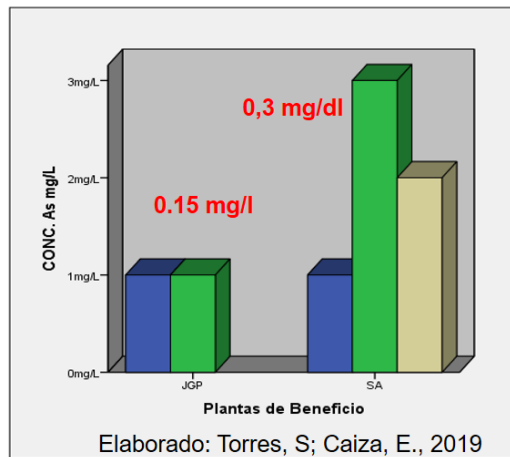


Fig 2. Plantas de beneficio con trabajadores expuestos a arsénico.

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. 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.

Transaminasas, Urea Y Creatinina

Tabla 2. Resultados de transaminasas, urea y creatinina.

Nº de muestra	UREA mg/dL	CREATININA mg/dL	TGO U/L	TGP U/L	Conc. As mg/L
2	21,3	0,91	25,6	27,3	0,2
5	22,6	0,88	22,7	25,1	0,1
23	26,2	0,99	24,3	23	0,2
25	29,4	1,04	20,5	13,6	0,2
26	30,2	0,89	25	26,6	0,2
27	30,5	0,88	19,8	20,3	0,4
28	31,4	0,98	24	20	0,4
30	30,4	0,85	25,4	27	0,1
Total	222	7,42	187,3	182,9	1,8
Media	27,75	0,93	23,41	22,86	0,23
mínimo	21,3	0,85	19,8	13,6	0,1
máximo	31,4	1,04	25,6	27,3	0,4
Desv.st	3,913	0,0671	2,218	4,726	0,116

Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

Resultados de la Encuesta

Tabla 3. Características de los participantes de estudio.

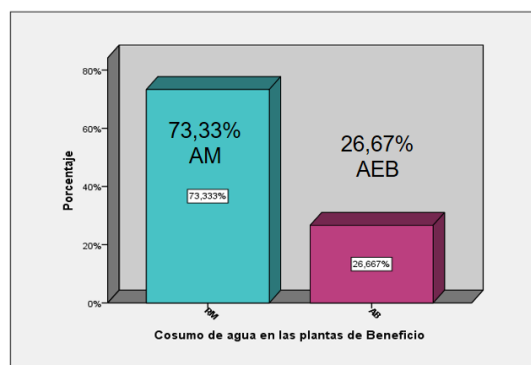
Características	N=30	Intervalo de confianza para la media al 95%
Edad	40±9,42 24-55	
Sexo (%) Mujer Hombre	10 90	
Años de minería JDGP Santa Marianita Planta Vivanco Coronel Herrera San Antonio	8 años (4 -14) 9 años (7-9) 9 años (7-13) 12 años (7-17) 8 años (6-14)	
Ocupación (%) Mineros Obreros Choferes Procesadores	50 25 13(12.5) 12	R de 0,021 p= 0.0004.

*Datos expresados como media ± desviación estándar.

*p<0,05

Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

Consumo de agua



Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

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

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, en la Provincia del 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.

En la presente investigación se realizó en 30 trabajadores y para clasificar a cada uno de los trabajadores en las cinco plantas de beneficio se tomó criterio de inclusión que se encuentren en zonas expuestas a arsénico dato que servirá de gran relevancia para considerar si hay personas expuestas y de acuerdo al trabajo de investigación de Montero S. José Luis, 2011 denominado “Estudio y evaluación de los flujos ácidos derivados de la minería en las márgenes del río Calera, Distrito Minero Portovelo – Zaruma” La concentración de arsénico está en el intervalo de (0.04 y 0.33) mg/l con una media de 0.17 mg/l. determinándose que si hay presencia de arsénico con un valor que supera los parámetros permitidos de 0.1 mg/l (José Luis, 2011).

La evolución de las concentraciones de As en los años 2011, 2013 y 2017 en diferentes puntos de muestreo en el Distrito minero de Portovelo en el Sector el Pache se sigue encontrando concentraciones altas de Hg_[1] y As de acuerdo a la literatura de Chela T. Dany & Córdor S. Cristina, 2017 (Chela & Córdor, 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 (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 necesitábamos que los trabajadores se encuentren expuestos a este metaloide(Oviedo-Anchundia, Moína-Quimí, Naranjo-Morán, & Barcos-Arias, 2017).

El presente estudio se pudo evaluar arsénico en 30 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 (Fig 1). Según la literatura realizada en México expone que la exposición de los trabajadores con éste metaloide no se contamina por manipular directamente el metal, sino se deduce que la contaminación es más 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).

Del grupo de no expuestos hay que considerar que uno de los trabajadores presento arsénico en orina y al haber encontrado afectados en este grupo requiere de un mayor análisis. Considerando el consumo de agua como principal fuente de exposición al arsénico en ese sector ya que ellos utilizan el agua municipal como primera necesidad. Aunque es necesario considerar que otras de las medidas de exposición pueden ser por la ingesta diaria como los alimentos provenientes del mar, mariscos, conchas, pescados, ingesta de medicamentos, tabaquismo entre otras(Cubadda et al., 2012).

En base a lo expuesto, el poblado con mayor afectados es en la planta San Antonio y de los 30 encuestados utilizan el agua municipal en un 73,33%, (Fig 3) por lo que es relevante mencionar que beber agua mayor a 0,03 mg/l de 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 As 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 como Cidu, Dore, Biddau & Kirk, 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, Dore, Biddau, & Nordstrom, 2017).

La edad promedio de los participantes fue entre 24 y 55 años, y de acuerdo con el análisis estadístico de la edad y el arsénico urinario no hubo correlación significativa en los valores. El género 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 (Tabla 3). De esta manera no se pudo realizar un análisis de comparación con el género femenino ya que hay mayor cantidad de participantes hombres. Aunque en algunos estudios que han realizado y han tomado muestras mayores en mujeres, sugieren que las mujeres se encuentran en mayor indefensión con el arsénico ya que debido a factores hormonales tienen mayor capacidad de metilación y excreción del arsénico más eficiente que los hombres (García-Alvarado, Neri-Meléndez, Pérez Armendáriz, & Rivera Guillen, 2018).

En relación con los años que trabajan en la minería en las distintas plantas de beneficio y los valores de arsénico, se observa que no existe una correlación significativa sin embargo en la plata 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 (Tabla 3). De acuerdo a la literatura expuesta por Espinoza R, Sofía Teresa, 2017 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 (Espinoza Rosales, 2017).

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 (Tabla 3). 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, Robles, Mendoza, & Torres, 2018).

En la encuesta se pudo obtener los antecedentes de las manifestaciones clínicas que se encuentran con mayor prevalencia, por el cual se consideró antecedentes positivos en trabajadores ya diagnosticadas por un médico como es el caso de Diabetes Mellitus con un porcentaje de 8,69% y los que sufren de Hipertensión arterial con 3,04%, que de acuerdo con el análisis estadístico las dos enfermedades no tienen una correlación significativa con relación al arsénico urinario, sin embargo

en las poblaciones de JDGP y San Antonio presentaron mayor cantidad de arsénico en orina valores mayores al IBE.

El As ha sido identificado como carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer(Sun et al., 2007), que en relación con la diabetes Mellitus y la hipertensión arterial sistémica hay que tomar en cuenta la dosis ya que en algunos estudios con evidencia científica en México, Taiwán y Estados Unidos(Kuo, Moon, Wang, Silbergeld, & Navas-Acien, 2017), demuestran que consumir agua en dosis elevadas $>50 \mu\text{g/l}$ puede aumentar la presión arterial sistólica y diabetes(Quansah et al., 2015). De acuerdo a estos resultados se debe tener en cuenta que el arsénico es un factor de riesgo más para desencadenar estas enfermedades en el sector.

Además, los trabajadores manifestaron que presentan dolores estomacales frecuentes con un porcentaje de 17,39 % y el poblado que mayor presenta estas manifestaciones es en la planta San Antonio, seguido con un 13,04% con Gastritis y Ardor estomacal. Éstos síntomas se desencadenan cuando el arsénico ya está manifestando toxicidad en el organismo provocando náuseas, diarreas, dolores estomacales, queratosis, entre otros(Blanco-López, ..., & 2017, 2017).

No hay evidencia de un aumento de síntesis de transaminasas en enfermedades hepáticas y musculares, en las muestras de sangre realizadas en los trabajadores mineros de las plantas de beneficio de SA y JGP, que se estimaron valores normales entre los 40 U/L. También realizamos análisis de urea y creatinina, ya que el riñón es un blanco de la toxicidad de arsénico e importante en la biotransformación y eliminación del arsénico, que se estimaron valores normales entre Urea 16.6-48.5 mg/dl y Creatinina entre 0.80-1.20 mg/dl;–indicando que no existe daño tubular renal en humanos (Tabla 3). Sin embargo, hay casos donde se ha identificado estudios epidemiológicos un mayor riesgo en los seres humanos que puede desarrollar cáncer de piel, hígado, pulmón, vejiga y próstata, pero su toxicidad varía en el género(López-Carrillo et al., 2016).

La hipótesis planteada se descarta ya que no todos los trabajadores mineros presentan arsénico en orina, ya que el grupo de expuestos presentó el 27 % de niveles mayores de arsénico urinario e indicando la presencia de concentraciones elevadas mayores al IBE $>0,035 \text{ mg/l}$ y el 73% por debajo de este índice por lo tanto la hipótesis planteada es nula ya que la mayoría de los trabajadores no presentan arsénico en su organismo, pero se toma mucho en cuenta que en los ocho trabajadores que presentan arsénico están en concentraciones elevadas y es de gran importancia considerar que los participantes al encontrarse en una constante exposición laboral tienden con el tiempo presentarse síntomas debido a la toxicidad aguda de este metal y uno de ellos de acuerdo a los antecedentes que presentan es dolor abdominal, ardor estomacal y dolores de cabeza que con el tiempo puede presentarse patologías más graves como lesiones en la piel, enfermedad vascular, cáncer al pulmón, vejiga e hígado(Wei et al., 2017). En la Agencia de Protección

Ambiental de los Estados Unidos el arsénico es conocido como un carcinógeno humano y está asignado a una clasificación del Grupo A.(Pham et al., 2017).4.-

Conclusiones

La exposición de arsénico en el Sector el Pache, Cantón Portovelo, Provincia de El Oro; de las cinco plantas de procesamiento escogidas, 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 los trabajadores mineros analizados, el 27% presentaron concentraciones mayores de arsénico urinario con un valor promedio de 0.23 mg/l, y un valor máximo de 0,4 mg/l, mientras que en el 73% restante no se encontró presente este metaloide. Según en varios estudios realizados en diferentes países, muestran que las concentraciones de arsénico inorgánico se encuentran en las mismas proporciones al igual que en este Sector debido a la ingesta de agua contaminada. En los análisis se comprobó que la planta San Antonio es la más afectada (presencia de arsénico en un 0,3 mg/dl), ya que el 73,33% consume agua municipal; provocando grandes riesgos en la salud de los trabajadores mineros al beber agua contaminada con arsénico y de esta manera no brinda seguridad a la población del sector como lo indica 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, seguido de la ocupación (Mineros). Tomando en cuenta que el 26,67% consume agua embotellada, disminuyendo las probabilidades de entrar en contacto con As, 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 medio de la encuesta se pudo determinar que los trabajadores mineros presentan un diagnóstico positivo de Diabetes Mellitus en un porcentaje de 8,69% y un 3,04% sufren de Hipertensión Arterial; así mismo presentan el 17,39% de dolores estomacales frecuentes, seguido con un 13,04% con Gastritis y Ardor estomacal. El poblado que mayor presenta estas manifestaciones es en la planta San Antonio, todo esto debido a la mayor prevalencia con relación al agua contaminada que contiene Arsénico. En el análisis de muestras de sangre, tomadas en los trabajadores mineros con elevadas concentraciones de arsénico urinario, se obtiene valores normales, que nos indica que no existen alteraciones en la función hepática y renal, ya que son órganos altamente expuestos y sensibles a los efectos tóxicos del arsénico, que producen una intoxicación, produciendo infiltración celular inflamatoria y formación de trombos plaquetarios.

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

- Airam, E., Montañez Hernández, L. E., Luévanos Escareño, M. P., Balagurusamy, N., Rangel Montoya, E. A., Montañez Hernández, L. E., ... Balagurusamy, N. (2015). Impact of Arsenic on the Environment and its Microbial Transformation. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 103–118. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103&lang=pt
- Blanco-López, Y., ... L. L.-C.-I. y, & 2017, U. (2017). Determinación De Arsénico En Aguas De Posible Consumo Humano De Dos Zonas De Cuba. *Investigacionysaberes.Com.Ec*, 6(2), 67–83. Retrieved from <http://www.investigacionysaberes.com.ec/index.php/es/article/view/27>
- Chela, D., & Córdor, G. (2017). *Evaluación Del Riesgo Sanitario Ambiental Por Exposición De Arsénico Y Mercurio Presente En Los Sedimentos Del Distrito Minero Portovelo – Zaruma*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3776/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017-0001.pdf>
- 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 and the Environment*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.1007/s10230-017-0479-8>
- Coelho, P., Costa, S., Silva, S., Walter, A., Ranville, J., Sousa, A. C. A., ... Teixeira, J. P. (2012). Metal(Loid) levels in biological matrices from human populations exposed to mining contamination-panasqueira mine (Portugal). *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 75(13–15), 893–908. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.690705>
- Colín-Torres, C. G., Murillo- Jiménez, J. M., Del Razo, L. M., Sánchez-Peña, L. C., Becerra-Rueda, O. F., & Marmolejo-Rodríguez, A. J. (2014). Urinary arsenic levels influenced by abandoned mine tailings in the Southernmost Baja California Peninsula, Mexico. *Environmental Geochemistry and Health*, 36(5), 845–854. <https://doi.org/10.1007/s10653-014-9603-x>
- Cubadda, F., Aureli, F., D'Amato, M., Raggi, A., Turco, A. C., & Mantovani, A. (2012). Speciated urinary arsenic as a biomarker of dietary exposure to inorganic arsenic in residents living in high-arsenic areas in Latium, Italy. *Pure and Applied Chemistry*, 84(2), 203–214. <https://doi.org/10.1351/PAC-CON-11-09-29>
- Espinosa Rosales, S. T. (2017). *Determinación de trazas en arsénico y plomo en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero en Zamora Chinchipe*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Fu, S., Wu, J., Li, Y., Liu, Y., Gao, Y., Yao, F., ... Sun, D. (2014). Urinary arsenic metabolism in a Western Chinese population exposed to high-dose inorganic arsenic in drinking water: Influence of ethnicity and genetic polymorphisms. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 274(1), 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.11.004>
- García-Alvarado, F. J., Neri-Meléndez, H., Pérez Armendáriz, L., & Rivera Guillen,

- M. (2018). Polymorphisms of the arsenite methyltransferase (As3MT) gene and urinary efficiency of arsenic metabolism in a population in Northern Mexico. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(1), 72–76. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3565>
- García, Delgado, S. (2013). *Arsenic speciation and metal accumulation studies in environmental samples*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Instituto Nacional de Seguridad Salud y bienestar en el Trabajo, (INSSBT). (2018). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. *Ministerio de Empleo y Seguridad Social*, 1–184. Retrieved from https://www.insst.es/InsstWeb/Contenidos/Documentacion/LEP_VALORES LIMITE/Valores limite/Limites2018/Limites2018.pdf
- José Luis, S. M. (2011). *ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LOS FLUJOS ÁCIDOS DERIVADOS DE LA MINERÍA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CALERA, DISTRITO MINERO PORTOVELO-ZARUMA*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Kuo, C. C., Moon, K. A., Wang, S. L., Silbergeld, E., & Navas-Acien, A. (2017). The association of arsenic metabolism with cancer, cardiovascular disease, and diabetes: A systematic review of the epidemiological evidence. *Environmental Health Perspectives*, 125(8). <https://doi.org/10.1289/EHP577>
- López-Carrillo, L., Gamboa-Loira, B., Becerra, W., Hernández-Alcaraz, C., Hernández-Ramírez, R. U., Gandolfi, A. J., ... Cebrián, M. E. (2016). Dietary micronutrient intake and its relationship with arsenic metabolism in Mexican women. *Environmental Research*, 151, 445–450. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.08.015>
- Martínez, L. D., & Gasquez, J. A. (2005). Determinación de Arsénico en aguas: diferentes técnicas y metodologías. *Sitio Argentino de Producción Animal*, (lii), 1–6.
- 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>
- Oviedo-Anchundia, R., Moína-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Barcos-Arias, M. (2017). Researchs / Investigación. *Revista Bionatura Supports the Sustainable Development Goals*, 2(4), 437–441. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>
- Pham, L. H., Nguyen, H. T., Van Tran, C., Nguyen, H. M., Nguyen, T. H., & Tu, M. B. (2017). Arsenic and other trace elements in groundwater and human urine in Ha Nam province, the Northern Vietnam: contamination characteristics and risk assessment. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(3), 517–529. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9831-3>
- Quansah, R., Armah, F. A., Essumang, D. K., Luginaah, I., Clarke, E., Marfoh, K., ... Dzodzomenyo, M. (2015). Association of Arsenic with Adverse Pregnancy Outcomes / Infant Mortality: *Environmental Health Perspectives*, 123(5), 412–422. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307894>
- Sonne, C., Vorkamp, K., Galatius, A., Kyhn, L., Teilmann, J., Bossi, R., ... Dietz, R. (2019). Human exposure to PFOS and mercury through meat from Baltic

- harbour seals (*Phoca vitulina*). *Environmental Research*, 175(April), 376–383. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.026>
- Špirić, Z., Vučković, I., Stafilov, T., Kušan, V., & Frontasyeva, M. (2013). Air pollution study in Croatia using moss biomonitoring and ICP-AES and AAS analytical techniques. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 65(1), 33–46. <https://doi.org/10.1007/s00244-013-9884-6>
- Sun, G., Xu, Y., Li, X., Jin, Y., Li, B., & Sun, X. (2007). Urinary arsenic metabolites in children and adults exposed to arsenic in drinking water in inner Mongolia, China. *Environmental Health Perspectives*, 115(4), 648–652. <https://doi.org/10.1289/ehp.9271>
- Taheri, M., Mehrzad, J., Mahmudy Gharaie, M. H., Afshari, R., Dadsetan, A., & Hami, S. (2016). High soil and groundwater arsenic levels induce high body arsenic loads, health risk and potential anemia for inhabitants of northeastern Iran. *Environmental Geochemistry and Health*, 38(2), 469–482. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9733-9>
- Wei, B., Yu, J., Yang, L., Li, H., Chai, Y., Xia, Y., ... Cui, N. (2017). Arsenic methylation and skin lesions in migrant and native adult women with chronic exposure to arsenic from drinking groundwater. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(1), 89–98. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9809-1>
- WHO. (2001). *Arsenic and arsenic compounds* (Second). Geneva: World Health Organization: Environmental Health Criteria 224. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42366/WHO_EHC_224.pdf;jsessionid=C06B2C07E1DA4EC8067BD57327133C4F?sequence=1