



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES EN TRABAJADORES MINEROS
RELACIONADOS CON ARSÉNICO URINARIO, PARA ESTIMAR
POSIBLES RIESGOS DE SALUD, SECTOR PACHE, CANTÓN
PORTOVELO.

CAIZA CUZCO ESTEFANIA MARLENE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

TORRES REYES SUSANA BERENICE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES EN TRABAJADORES
MINEROS RELACIONADOS CON ARSÉNICO URINARIO, PARA
ESTIMAR POSIBLES RIESGOS DE SALUD, SECTOR PACHE,
CANTÓN PORTOVELO.

CAIZA CUZCO ESTEFANIA MARLENE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

TORRES REYES SUSANA BERENICE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES EN TRABAJADORES MINEROS
RELACIONADOS CON ARSÉNICO URINARIO, PARA ESTIMAR POSIBLES
RIESGOS DE SALUD, SECTOR PACHE, CANTÓN PORTOVELO.

CAIZA CUZCO ESTEFANIA MARLENE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

TORRES REYES SUSANA BERENICE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

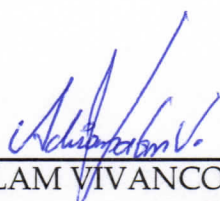
LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES

MACHALA, 18 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA
2019

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES EN TRABAJADORES MINEROS RELACIONADOS CON ARSÉNICO URINARIO, PARA ESTIMAR POSIBLES RIESGOS DE SALUD, SECTOR PACHE, CANTÓN PORTOVELO., hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES
0704798776
TUTOR - ESPECIALISTA 1



MORALES AUZ JAIME ROBERTO
0701132904
ESPECIALISTA 2



ALVARADO CACERES JESSICA VANESSA
0703240978
ESPECIALISTA 3

Machala, 18 de septiembre de 2019

orina as

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

0 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.pemex.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

2

zh.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

3

evaluacionimpactosambientales.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

4

revistas.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

5

hospitalsierramadre.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, CAIZA CUZCO ESTEFANIA MARLENE y TORRES REYES SUSANA BERENICE, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES EN TRABAJADORES MINEROS RELACIONADOS CON ARSÉNICO URINARIO, PARA ESTIMAR POSIBLES RIESGOS DE SALUD, SECTOR PACHE, CANTÓN PORTOVELO., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 18 de septiembre de 2019

CAIZA CUZCO ESTEFANIA MARLENE
1724530793

TORRES REYES SUSANA BERENICE
1104820558

RESUMEN

Las actividades antropogénicas pueden afectar la salud a personas que estén relacionadas con el ámbito minero y las comunidades que viven cerca, incluso los efectos sobre la salud pueden persistir cuando se abandona la mina. Durante los procesos de minería, se producen diversos desechos tóxicos y se liberan en el medio ambiente, lo que resulta la contaminación del aire, agua potable, ríos, plantas y suelos. La minería es causante 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. En el Sector el Pache se ha dado como resultado concentraciones altas de metales pesados, entre ellos, los más representativos son: el arsénico, cianuro y mercurio; la exposición de arsénico incrementa cuando se realiza éstas actividades mineras clandestinamente sin contar con la tecnología calificada y los permisos necesarios para el proceso de refinación. La principal causa de muchas enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, respiratorias, reproductivas se da por el consumo de agua de río y agua potable que no cuenta con procesos de purificación y tratamiento; ésta problemática se ha visto inmersa dentro del sector el Pache, cuya población la utiliza para satisfacer sus necesidades básicas. En la presente investigación se buscó determinar 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, inicialmente se seleccionaron una muestra de 30 trabajadores mineros en cinco plantas de beneficio cumpliendo con los criterios de inclusión e exclusión. Los resultados se obtuvieron directamente del equipo de cada una de las muestras de orina mediante análisis estadístico de software, SPSS. Los análisis de los datos son transformados logarítmicamente mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba post hoc Student-Newman-Keuls (SNK), determinando que los trabajadores presentaron elevadas concentraciones de arsénico urinario mayor al Índice Biológico de Exposición (0,035 mg/l), de acuerdo con los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), España, y el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE. Se encuentra en concentraciones elevadas 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. 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 encuentran en valores normales y no hay diferencia significativa con relación arsénico. Lo que evidencia, que consumir agua con 0,01 mg/l de arsénico, valor máximo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), no es suficiente para evitar la exposición crónica a arsénico a través del agua, siendo un riesgo potencial para la salud de los trabajadores mineros.

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

ABSTRACT

Anthropogenic activities can affect the health of people who are related to the mining environment and nearby communities, even health effects can persist when the mine is abandoned. During mining processes, various toxic wastes are produced and released into the environment, resulting in air pollution, drinking water, rivers, plants and soils. Mining is responsible for multiple pollution damage being the highest in the Puyango River Basin in particular Zaruma and Portovelo main metal mining sectors, as is the case in Sector the Pache where there are 37 mineral processing plants located next to the Calera and Amarillo rivers. In the Sector Pache has resulted in high concentrations of heavy metals, among them the most representative are: arsenic, cyanide and mercury; The exposure of arsenic increases when these mining activities are conducted clandestinely without having the qualified technology and permits necessary for the refining process. The main cause of many gastrointestinal, dermatological, respiratory and reproductive diseases is the consumption of river water and drinking water that does not have purification and treatment processes; This problem has been immersed within the Pache sector, whose population uses it to satisfy their basic needs. The aim of this research was to determine the presence of urinary arsenic in mining workers, using atomic emission spectrometry with inductive coupling plasma (ICP-AES), in order to estimate possible health risks, initially a sample of 30 miners was selected at five benefit plants meeting the inclusion and exclusion criteria. The results were obtained directly from the equipment of each urine sample by means of software statistical analysis, SPSS. Data analysis is logarithmically transformed by a track variance analysis (ANOVA) and the post hoc Student-Newman-Keuls (SNK) test, determining that workers presented high concentrations of urinary arsenic higher than the Biological Exposure Index (0,035 mg/l), in accordance with the parameters established by the National Safety Institute, Health and Welfare at Work (INSSBT), Spain, and the Ministry of Environment of Ecuador MAE. It is found in high concentrations in a total 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 a R of 0.34 and a p of 0.000041. In the evaluation of transaminases (TGO-TGP) urea and creatinine are in normal values and there is no significant difference in relation to arsenic. Evidence that consuming water with 0,01 mg/l of arsenic, the maximum value established by the World Health Organization (WHO), is not sufficient to avoid chronic exposure to arsenic through water, being a potential health risk for mining workers.

Keywords: arsenic, urine, inductively coupled plasma–atomic emission spectrometry (ICP-AES), transaminases (TGO-TGP).

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	9
PROBLEMA.....	11
JUSTIFICACIÓN	12
1.1. Formulación del problema	13
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. Hipótesis	13
DESARROLLO	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Arsénico	15
2.3. Farmacocinética.....	15
2.3.1. Absorción	15
2.3.2. Distribución	16
2.3.3. Metabolismo	17
2.3.4. Excreción	18
2.4. Perfil toxicológico del iAs	18
2.5. Efectos del arsénico en el organismo	20
2.5.1. Daño gastrointestinal.....	20
2.5.2. Daño respiratorio	21
2.5.3. Daño dérmico	21
2.5.4. Daño renal	21
2.6. Complicaciones del arsénico.....	22
2.6.1. Hidroarsenicismo.....	22
2.6.2. HACRE	22

2.7.	Biomarcadores de exposición	22
2.7.1.	Urea	22
2.7.2.	Creatinina	22
2.7.3.	Transaminasas	23
	METODOLOGÍA	24
3.1.1.	Tipo de investigación	24
3.1.2.	Ámbito y período de estudio	24
3.1.3.	Descripción del área del estudio	24
3.2.	Diagrama general de metodología	26
3.3.	Muestra	27
3.3.1.	Muestreo clínico.....	27
3.3.2.	Criterios de Inclusión	27
3.3.3.	Criterios de Exclusión	27
3.4.	Variables del Estudio	27
3.4.1.	Independiente	27
3.4.2.	Dependiente	28
3.5.	Procedimientos y metodología	28
3.5.1.	Análisis de las muestras de orina	28
3.5.2.	Método analítico	28
3.5.3.	Evaluación Bioquímica	30
3.6.	Técnicas de recolección de datos	31
3.7.	Análisis estadístico.	31
	RESULTADOS.....	32
	DISCUSIÓN.....	41
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES.....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	ANEXOS	58
	ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO	58

ANEXO 2. ENCUESTA.....	61
ANEXO 3. ÁMBITO DE ESTUDIO (FOTOS DEL LUGAR)	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mecanismo de transformación de arsénico ²⁶	17
Gráfico 2. Mapa de ubicación de plantas de beneficio de minerales en la zona industrial de El Pache.....	25
Gráfico 3. Esquema del Sistema de ICP-AES para el análisis de arsénico total ⁶³	29
Gráfico 4. Esquema de proceso usando la técnica de emisión atómica en plasma ⁶³ . 30	
Gráfico 5. <i>Lavado de oro proceso manual</i>	63
Gráfico 6. Proceso artesanal extracción del oro.	63
Gráfico 7. <i>Planta de Beneficio</i>	64
Gráfico 8. <i>Planta de beneficio. Molienda del material</i>	64
Gráfico 9. Reunión con los trabajadores mineros de las plantas de beneficio.	65
Gráfico 10. Socialización de la encuesta	65
Gráfico 11. Realización de la encuesta en las plantas de beneficio.	65
Gráfico 12. Charla del consentimiento informado.....	66
Gráfico 13. Firma del consentimiento informado.	66
Gráfico 14. Toma de muestra a los trabajadores.....	67
Gráfico 15. Recolección de la muestra	67
Gráfico 16. Recolección de muestra a los trabajadores	68
Gráfico 17. <i>Laboratorio Labcestta</i>	68
Gráfico 18. <i>Entrega de muestra al laboratorio</i>	69
Gráfico 19. Toma de muestras de sangre	69
Gráfico 20. Toma de muestras de sangre	70
Gráfico 21. Análisis Bioquímico.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

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).	32
Fig 2A Y Fig 3B. Porcentaje de trabajadores de cada planta de beneficio y por género con valores mayores A y valores menores B a IBE (0.035mg/l) de arsénico urinario.32	
Fig 3. Concentraciones de arsénico urinario mayores a 0.035mg/l.....	34

Fig 4. Plantas de beneficio con trabajadores expuestos a arsénico.....	34
Fig 5. Porcentaje del género masculino y femenino de las distintas plantas de beneficio.....	36
Fig 6. Años de labor en la ocupación de minería.	37
Fig 7. Ocupaciones en las plantas de beneficio.	38
Fig 8. Consumo de agua en las plantas de beneficio.	39
Fig 9. Enfermedades como antecedentes presentes en los trabajadores mineros.	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Toxicidad aguda y crónica del arsénico en el organismo.	19
Tabla 2. Concentraciones de arsénico en los trabajadores mineros.....	33
Tabla 3. Resultados de transaminasas, urea y creatinina.	35

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 ¹. 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 ².

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 ³.

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 ⁴.

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 ⁵, 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 procesos⁶: el mercurio es utilizado en el proceso de refinación y biomagnificación del oro⁷, y el arsénico en cambio es resultado de los fenómenos geológicos de sulfuros para el proceso de meteorización ⁸.

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.

PROBLEMA

En la Cuenca del río Calera se encuentra a pocos kilómetros de la población del sector el Pache cantón Portovelo con alto índice de contaminación debido a que varias empresas mineras que trabajan en el lavado de oro, desembocan en este río, en el cual sirve de consumo principal a la producción agrícola, ganadera y preparación alimentaria. El río Calera se encuentra cercano a las plantas de beneficio, ya que 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.

La contaminación incrementa cuando se realiza éstas actividades mineras clandestinamente sin contar con tecnología calificada y los permisos necesarios para el proceso de refinación, por lo tanto, el flujo ácido de las minas ha provocado un gran riesgo en el deterioro ambiental de la cuenca y en la salud de los trabajadores mineros que están expuestos a humos y polvos diariamente con estos metales.

El consumo o uso de agua de río y agua potable, es la principal causa de muchas enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, respiratorias, reproductivas; ésta problemática se ha visto inmersa dentro del sector El Pache, debido a que no existe un sistema de vigilancia y biomonitorización de metales tóxicos⁹. Este problema sumado a la desinformación de la población sobre el lavado de los alimentos y tratamiento del agua para que esta sea consumible, incrementa la incidencia de personas enfermas¹⁰.

Para comprender los efectos de la enfermedad arsenical en la salud se requiere evaluar la variación interindividual en el metabolismo del arsénico inorgánico con el fin si el proceso de metilación es para desintoxicar o potenciar la toxicidad del arsénico y esto va depender del resultado del estudio¹¹.

Mediante este trabajo de investigación se evaluará a los trabajadores mineros, en el cual se determinará los niveles de Arsénico en muestra de orina mediante el método espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), e identificar los parámetros bioquímicos de los trabajadores expuestos, para estimar posibles riesgos de salud.

JUSTIFICACIÓN

Hace siglos, la contaminación de arsénico es un problema de salud, afectando a más de 45 millones de individuos a largo y corto plazo, ya que es un metaloide que se encuentra ampliamente distribuido por la naturaleza en estado orgánico e inorgánico ¹². Este se transmite por diferentes vías, siendo las principales: inhalatoria, gastrointestinal y dérmica. Ocasionando una serie de enfermedades en el organismo ya sean cardiovasculares, hepáticas, renales, circulatorias y respiratorias ¹³.

Estableciendo las manifestaciones clínicas que se presentan en los trabajadores mineros, del sector el Pache, mediante una encuesta, cuya función laboral sea alrededor de 3 a 5 años, ya que no cuentan con las medidas preventivas necesarias y no usan el respectivo equipo de protección personal, por lo que se determina la exposición frecuente de este mineral toxico en el organismo.

Por lo que es de interés conocer la presencia de arsénico en muestras biológicas de los trabajadores mineros del Cantón Portovelo, Sector el Pache, mediante espectrofotometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), en muestras de orina, posible a ello se realiza la cuantificación en la concentración de Transaminasa Glutámico Oxalacética (TGO), Transaminasa Glutámico Pirúvica (TGP), urea y creatinina en muestras de sangre.

En virtud a lo anterior, es necesario encontrar posibles alternativas dadas por la contaminación de As en el Sector el Pache, cantón Portovelo, mediante la determinación de biomarcadores, con una población de 30 individuos, y así obtener medidas preventivas de enfermedades infecto contagiosas, procurando el bienestar de la población con una vida saludable para su normal desarrollo en todos los habitantes del Sector Pache, cantón Portovelo.

1.1. Formulación del problema

¿En qué concentración el arsénico se encuentra presentes en muestras de orina en trabajadores mineros del sector el Pache Cantón Portovelo, 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar 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, Sector Pache, Cantón Portovelo, 2019.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Establecer las manifestaciones clínicas que presentan los trabajadores mineros, mediante una encuesta ETMP-2019
- b) Determinar las concentraciones de Arsénico en muestras urinarias en los trabajadores mineros del Sector el Pache, mediante (ICP-AES).
- c) Comparar los valores obtenidos de arsénico en muestras de orina, de acuerdo con los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), España, y el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.
- d) Cuantificar la concentración de transaminasas (TGO-TGP), urea y creatinina en muestras de sangre en los trabajadores mineros, expuestos arsénico, mediante el equipo automatizado Cobas C311.

1.3. Hipótesis

Los trabajadores mineros del Sector El Pache presentan concentraciones de arsénico urinario en su organismo.

DESARROLLO

2.1. Antecedentes

El arsénico es un metaloide de alta toxicidad que en estado inorgánico se encuentra dentro de un área de 140,000 km² afectando entre 50 y 70 millones de habitantes con concentraciones de 60 hasta 1500 µg/L en todo el mundo ¹⁴.

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ASTDR) en conjunto con el Ministerio de Salud realizan un análisis, estableciendo un valor referencial de toxicidad de 20 µg/g creatinina ¹⁵.

Lo podemos encontrar en diferentes formas como lo es en forma orgánica e inorgánica, siendo el inorgánico el más dañino para nuestro organismo, aumentando complicaciones patológicas¹¹. El As se puede incorporar al organismo por ingestión, inhalación o absorción a través de la piel. Más del 95% del As ingerido se absorbe en el tracto gastrointestinal ¹⁶.

El rango de contaminación del arsénico se encuentra una secuencia descendente, del más inorgánico al menos inorgánico, que se produce en cuatro estados de oxidación: Arsenito (III), Arsenato (V), Arsénico elemental y Arsina (AsH₃) que se encuentra en estado gaseoso ¹⁴.

El arsénico al estar en contacto con el medio ambiente afecta la salud en la población ya que se mezcla en los alimentos que consumimos, en el agua que tomamos, afectando cierta parte de los tejidos del ser humano en un rango que oscila de los 10 a los 500 µg/kg-1, también localizado pequeñas cantidades en el hígado y corazón siendo uno de los compuestos tóxicos para el ser humano ¹⁷.

Se ha determinado que por medio del análisis de orina podemos encontrar pequeñas trazas del compuesto arsénico inorgánico, identificando afecciones renales del tracto urinario, enfermedades hemolíticas y trastorno del metabolismo de los hidratos de carbono¹⁸.

A una dosis entre 20 mg/kg de metionina, tiamina y vitamina C en ratas con exposición a arsénico, presentaron una disminución en el proceso de estrés oxidativo provocando cambios específicos en los niveles de peroxidasa lipídica, actividad de enzimas antioxidantes y reducción en la concentración de As en riñones, hígado y sangre respectivamente ¹².

2.2. Arsénico

El As es un compuesto químico que resulta del griego Arsenkon que significa “potente”. Encontrado por primera vez cerca del año 1250 por Magno Alberto, mediante el proceso de calentamiento del óxido de arsénico III. Localizado en el grupo 15 de la Tabla periódica, tiene un peso atómico de 74,92 u, con una valencia de +3,-3,5. Este elemento se clasifica en compuestos orgánicos como inorgánicos en diferentes estados de oxidación: como semimetálico (As⁰) o en forma de iones arseniato (As⁺⁵), arsenito (As⁺³) y arseniuro (As⁻³). Tiene la capacidad de formar un metal como el sulfuro de arsénico y los arseniuros ¹⁹. Comúnmente se une al hierro, oxígeno y azufre, formando arsénico inorgánicos y orgánicos al hacerlo con carbono e hidrógeno ²⁰.

El arsénico se encuentra en el grupo de metaloides o semimetales, en diferentes formas alotrópicas como: gris metálico, amarillo y negro. Su estado habitual en la naturaleza es sólido ²¹, forma parte de los 20 de los elementos químicos en la corteza terrestre, dependiendo de la región física y mecánica del suelo. Por lo que se estima que a elevadas concentraciones de As, puede conducir a una amplia gama de problemas en la salud, encontrados en el medio ambiente que desencadena patologías como mutaciones, carcinogénesis y efectos teratogénicos ¹⁷.

La toxicidad del arsénico depende de su estructura química, composición, estado de oxidación y la solubilidad de su medio biológico ²². Tiene un gran impacto a través de la actividad, en el uso de metales, la combustión de carbones arsenicales, uso de fertilizantes y uso de aditivos de alimentos y refinación en la metalurgia, que ingresan al organismo por la vía inhalatoria o el consumo de agua contaminada¹, por lo que es necesario realizar estudios experimentales para evaluar y comprender mejor el papel de la exposición al arsénico en el organismo humano y el desarrollo de la enfermedades que se presentan ²³.

2.3. Farmacocinética

2.3.1. Absorción

Las formas trivalentes del metal resulta la forma más tóxica, y se absorben rápidamente en los tejidos por su solubilidad siendo los más hidrosolubles que se absorben con facilidad a través de la piel, luego se transportan por la sangre y muchos de ellos se desechan por metilación, pero una parte se almacena en la piel, pelo y uñas cuando existe más ingestión, teniendo una vida media aproximadamente de 10 horas del arsénico inorgánico y 30 horas los metilados²⁴.

Las rutas más comunes son la vía inhalatoria y dérmica siendo la segunda de menor proporción de absorción, pero si se han presentado manifestaciones clínicas en especial en trabajadores por compuestos como el tricloruro de arsénico. Hay que tomar en cuenta que el iAs^{+3} son más solubles en lípidos en las membranas celulares de la piel y los pocos solubles no son absorbidos por vía oral²⁴.

La forma de absorción va depender del tamaño de partícula, solubilidad, la vía de ingreso, estado de oxidación y especie arsenical, en este caso la vía inhalatoria es el principal ingreso de este metaloide en especial la Arsina (H_3As) ya que se encuentra en estado gaseoso que se forma mediante el contacto con el hidrógeno siendo su absorción inmediata y muy tóxica¹⁸, este gas ingresa a los pulmones y durante su circulación se acopla a enzimas que actúa con la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa de los glóbulos rojos, oxidando la hemoglobina, formando así metahemoglobinuria provocando hemólisis en la sangre¹.

Las partículas con menor tamaño ingresadas en los pulmones en tamaño de $7\ \mu m$ se absorben en un 75-85%, y las de mayor tamaño serán retenidas en los cilios de los bronquios, una parte de esas partículas son llevadas por el moco hacia el exterior y se absorben ligeramente en el tracto gastrointestinal aproximadamente el 95%²⁵.

2.3.2. Distribución

Una vez ya absorbido tanto por los pulmones o en el tracto intestinal, este es distribuido en la sangre y se une con las proteínas en especial con las globulinas que juega un papel importante en el funcionamiento y la posdistribución, que en 24 horas lo lleva al hígado, pulmón, riñón y bazo, que al unirse el arsénico con proteínas y enzimas que contienen grupos sulfhidrilo con residuos de cisteína provocan la toxicidad en el organismo²⁵. También al llegar al torrente sanguíneo se acopla a los leucocitos, eritrocitos, células que actúan en la coagulación que ayudan al arsenato As^{+5} a convertirse en arsenito As^{+3} , reacción producida en el hígado permitiendo que ocurra la reducción de estos compuestos para que no ocurra la metilación de los mismos²⁴.

El arsénico puede ingresar en pequeñas cantidades a través de la barrera hematoencefálica y placentaria, durante la ingestión de grandes dosis de arsénico los síntomas se manifiestan en un período de 30 a 60 minutos y en el transcurso se depositan en cabello y uñas que son principales biomarcadores para evaluar el arsénico¹⁸. En sangre la vida media es 6 horas y la de sus metabolitos varía entre 5-20 horas por ello no es fiable hacer la evaluación de arsénico por su poco tiempo en circulación sanguínea²⁵.

2.3.3. Metabolismo

El mecanismo de transformación del arsénico en la célula actúa a través de diferentes canales en el cual participa el fosfato (arsenato) y el agua (gliceroporinas) estos transportadores condicionan que el arsénico ingrese a las reacciones bioquímicas por la presencia de agua y de esta manera el metal, atraviesa la membrana de la célula mediante un proceso llamado reducción citoplasmática en el cual el arsenato es reducido a arsenito con la ayuda de la enzima arseniato reductasa, que posteriormente es expulsado al exterior por una bomba específica que actúa la ArsB. Luego en el proceso de oxidación respiratoria el arsenito puede servir como donador de electrones oxidándose a arsenato, en el cual este compuesto actúa como último aceptor de electrones durante la respiración celular, en este caso el arsénico inorgánico al ser reducido ingresa al sistema piruvato-oxidasa ligándose a los grupos sulfidril de la proteína, de lo que resulta un complejo anular muy estable que puede acomplejarse en péptidos ricos en residuos de cisteína de e ser transformado en especies orgánicas mediante un proceso de metilación²⁶.

El arsénico inorgánico necesita de un proceso de metilación oxidativa para que la biotransformación del As inorgánico reduzca el arseniato pentavalente (AsV) al arsenito trivalente (AsIII), y luego se pueda metilar oxidativamente al ácido MMA y luego una segunda metilación a DMA²⁷. Estos compuestos cuando son metilados pueden producir daño celular y ciertas enzimas con enlaces sulfidril pueden interferir en el Ciclo de Krebs²⁸. Inhibe la ruta de oxidación del piruvato y el ciclo del ácido tricarbóxico, afectando la gluconeogénesis y se reduce la fosforilación oxidativa²¹.

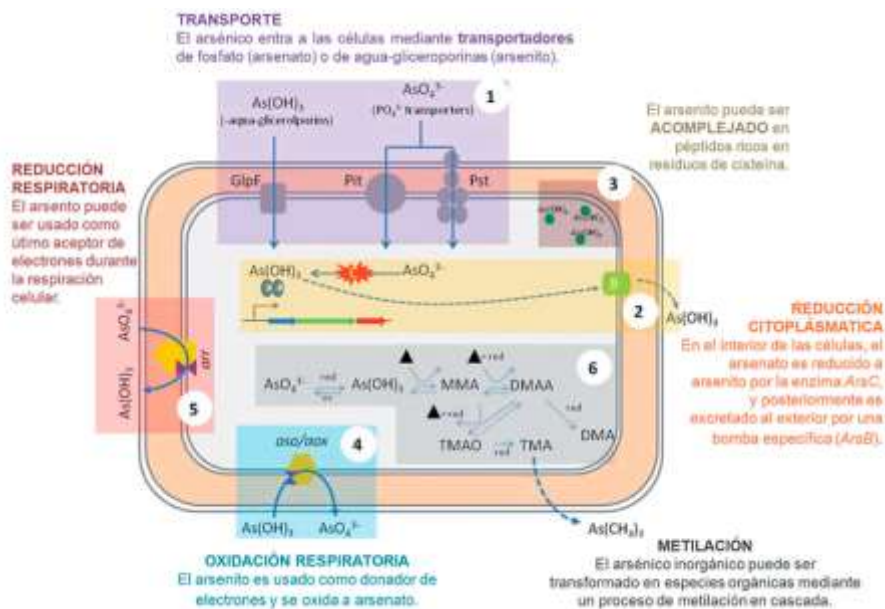


Gráfico 1. Mecanismo de transformación de arsénico²⁶.

Otro mecanismo el arsénico pentavalente actúa en la sustitución del fósforo en varias reacciones bioquímicas. El arsenito en este caso actúa con los grupos ditiol y no compete con el fosfato, el arsenito con menos estabilidad va reemplazar al anión del fósforo en los fosfatos produciendo una hidrólisis de los enlaces de ATP, este proceso pierde enlaces de fosfato de alta energía que afecta a la respiración mitocondrial²¹.

2.3.4. Excreción

Con ayuda de la actividad enzimática del grupo metilo de la S- adenosilmetionina que forma el arsenato de metilo (MMA V) y el arsenato de dimetilo (DMA V), y una vez terminadas todo el proceso de reducción los metabolitos resultantes pueden ser eliminados fácilmente encontrándose en la orina arsénico inorgánico en un 10-30%, su forma monometilarsónico (MMA) 10-30% y 60 a 80% en su forma dimetilarsínico(DMA), cumpliendo una vida media del arsénico inorgánico circulante de 6 horas²⁹.

En la orina proporcionan información sobre la exposición y la capacidad de metilación de la persona, es un biomarcador relevante, porque las acciones tóxicas y carcinogénicas de As están relacionadas fundamentalmente con su metabolismo y excreción. Los estudios epidemiológicos han reportado que uno de los patrones específicos en orina es la proporción de % MMA³⁰, y es marcador principal para posibles riesgos de enfermedades.

2.4. Perfil toxicológico del iAs

En su grado de toxicidad va entre el compuesto más tóxico como la arsina que en su forma letal es de 240 ppm en un tiempo de 35 min, cuya dosis letal es inferior a 6mg/kg de IMC, pero a concentraciones mayores en ciertas ocasiones no se ha determinado la muerte, mediante la expulsión de vómitos inducidos por la vía gastrointestinal ²⁰.

Es un compuesto altamente tóxico que se expande por el aire; que puede encontrarse en aguas subterráneas y superficiales³¹, que se encuentra en forma de iAsIII o iAsV³², y de esta manera restringen el uso para consumo humano y riego de cultivos, una de las causas es que el agua drena los sitios de minas abandonadas provocando alteraciones en sistemas acuáticos³³.

El agua es una de las fuentes de exposición a distintas contaminaciones especialmente el abuso de explotación de los mantos acuíferos y sitios con riqueza minera³⁴, que producen un cambio en el metabolismo de los seres vivos, y la metilación de varios metales pesados en especial el Arsénico pueden provocar daños físicos por las altas

concentraciones de absorción, siendo éstos los más vulnerables de sufrir cambios en su desarrollo metabólico.

Varios estudios han investigado las similitudes y diferencias de Sb y As en sistemas acuáticos., que al ser ingeridos ocasionan una serie de patologías. Según la World Health Organization en el año 1984 se confirma que la ingestión de arsénico afecta al sistema cardiovascular, nervioso, gastrointestinal y respiratorio. El As si se da solo en pequeñas concentraciones puede contrarrestar daños a largo plazo de tipo neoplásicos, cutáneos, astenias, atrofas o trastornos hematológicos o neurológicos ³⁵.

La dosis por vía oral tiende a ser toxicológica para efectos crónicos utilizada es la dosis de referencia oral (RfD). Para el arsénico la dosis de referencia oral es de $3.00E-04$ mg kg-1 día-1 ¹⁹.

Tabla 1. Toxicidad aguda y crónica del arsénico en el organismo.

Toxicidad aguda y crónica		
Sistema	Toxicidad aguda	Toxicidad crónica
Nervioso central	Confusión, delirio, encefalopatía, convulsiones, síndrome similar al Guillian-Barré	Dolor de cabeza, cambios de personalidad, psicosis, encefalopatía
Nervioso periférico	Neuropatía periférica de aparición temprana con axonopatía	Neuropatía sensitivo motora
Cardiovasculares	Hipotensión, prolongación del intervalo QT, arritmias	Prolongación del intervalo QT y arritmias
Gastrointestinales	Náuseas, vómitos, sed intensa, diarrea acuosa o con sangre, acidosis metabólica, hepatitis aguda	Puede estar ausente, estomatilis, cirrosis, hipertensión
Pulmonar	Tos, disnea, dolor torácico, edema pulmonar	Tos
Hematológicas	Pancitopenia de predominio plaquetario, anemia hemolítica por cariorrexis	Anemia, leucopenia, pancitopenia

Renales	Proteinuria, hematuria necrosis tubular aguda, insuficiencia renal aguda	
Otorrinolaringológicas	Irritación de la membrana mucosa otorrolaringologica, sabor metálico	Laringitis
Dermatológicas	Erupción maculosa difusa, descamación, úlceras bucales	Hiperqueratosis, cáncer de piel, edema de manos, alopecia en parches
Otros		Otros tipos de cáncer múltiple, enfermedad de pies negros

Fuente: Clinical Management of Poisoning And Drug Overdose ^{18 36}.

2.5. Efectos del arsénico en el organismo

2.5.1. Daño gastrointestinal

La intoxicación gastrointestinal por arsénico, se da principalmente por la vía oral, al ingerir una serie de alimentos o bebidas frente a la exposición de este metaloide. Este al ingresar al organismo de manera soluble, su cuadro clínico comienza a los 25 a 50 minutos, ya que depende mucho de su estado de solubilidad y oxidación. Que se absorbe casi por completo en el tubo digestivo, se distribuye rápidamente a los tejidos periféricos; tornando dolores urentes de esófago con disfagia, acompañados de taquicardias y fibrilación ventricular ²⁴.

Los efectos a nivel gastrointestinal se manifiestan presentado inflamación a la mucosa gástrica, produciendo un daño endotelial difuso, trasudación masiva, vasodilatación y congestión de todos los órganos ³⁷.

El arsenical inorgánico produce una ligera irrigación vascular que aumente la permeabilidad sanguínea. En el transcurso de su eliminación puede depositarse en los túbulos renales, que pueden ocurrir una necrosis, afectando los glomérulos, determinando una oliguria con proteinuria y hematuria produciendo una nefritis arsenical ³⁸. El parénquima hepático sufre esteatosis y hasta necrosis centrolubulillar con ictericia general ligera ³⁹; el cuadro puede desembocar en cirrosis; puede haber hipertensión portal no cirrótica, que se incorporan la influencia inhibitoria de los metabolitos ^{40 41}.

2.5.2. Daño respiratorio

En el ambiente, el arsénico se encuentra unido a micropartículas entre el 9-55% de micropartículas y suele estar presente como una mezcla de arsenito y arsenato, junto con una cantidad insignificante de arsénico orgánico ⁴². Se ha estimado que aproximadamente de 40 a 37 µg de arsénico suele ser inhalado por los seres humanos, que equivale a una producción diaria de 1.2L ^{43 44}.

Uno de los principales hidruros en la vía inhalatoria es la arsina (AsH₃), con la mayor toxicidad que se conoce, ya que se encuentra de manera gaseosa en el aire, y diariamente nos vemos expuestos a este mineral tóxico; la absorción del arsénico es inmediata, en los pulmones o en el tracto digestivo y se distribuye ampliamente por torrente sanguíneo ²⁴.

2.5.3. Daño dérmico

En la piel el arsénico se acumula en tejidos queratinizados, como primera manifestación crónica expuesta arsénico se puede presentar con dermatitis, despigmentación de la piel, disqueratosis en manos y pies conocida como enfermedad de Bowen ⁴⁵. Las hiperqueratosis es la patología principal frente a la exposición de arsénico y los cambios que se producen en la piel son producto de la toxicidad de este metal. La lesión cutánea tiene una prevalencia aumentada en manos y pies a una concentración de arsénico de 5–10 µg/L; apareciendo de manera difusa y acompañada con nódulos ^{31 46}.

Se han reportado efectos sistémicos tóxicos en accidentes laborales con el tricloruro de arsénico o el ácido arsénico. Los compuestos trivalentes que tienen una mayor solubilidad lipídica son absorbidos más rápidamente a través de la piel ⁴⁷.

2.5.4. Daño renal

El arsénico geogénico podría dañar células sanguíneas, lo que potencialmente resulta en muchos otros trastornos hematoinmunológicos incluyendo cáncer ⁴⁸. Por lo que el DMA es el principal metabolito que se excreta por medio de la orina frente a la exposición a ácidos inorgánicos ⁴⁹.

El arsénico en el organismo renal permite la activación de las caspasas ya que su toxicidad en procalcitonina (PCT), permite que los niveles de glutatión reducido (GSH) se agoten aumentando la actividad oxidativa de los radicales libres⁵⁰.

2.6. Complicaciones del arsénico.

2.6.1. Hidroarsenicismo

Hidroarsenicismo es el consumo crónico de aguas arsenicales que se da por determinados tiempos de exposición afectando principalmente a la piel, su absorción puede ser a través del consumo directo de agua contaminada que en su trascurso puede ser cancerígeno afectando a diferentes órganos ⁵¹.

2.6.2. HACRE

Esta enfermedad se presenta con graves lesiones y excesiva acumulación de queratina en la parte externa de la piel, denominada hiperqueratosis, esta afección se produce al consumir agua a concentraciones mayores de 10 µg L-1 de arsénico ^{52 53}, afectando también al sistema inmune, que con deficiente células inmunitarias hay poca defensa ante células tumorales obteniendo un cuadro clínico con cáncer en diferentes órganos ⁵⁴.

2.7. Biomarcadores de exposición

2.7.1. Urea

Valores normales 12-54 mg/dl ⁵⁵. A niveles elevados presentes en el organismo, puede contrarrestar a enfermedades de urea en sangre conocida como uremia y sus efectos a largo tiempo pueden presentar una deshidratación por la pérdida excesiva de sangre en orina, problemas al riñón como toxicidad y en personas diabéticas tienden a padecer una serie de nefropatías ⁵⁶. A niveles bajos de urea, pueden afectar al feto ocasionando acromegalia, que son indicativos del funcionamiento del aparato urinario, por lo que se debe tomar en cuenta una alimentación balanceada en el organismo ⁵⁰.

El arsénico interfiere en la cadena respiratoria a nivel celular, provocando una apoptosis y estrés oxidativo en las paredes tubulares del riñón y de los podocitos de la capsula de Bowman ⁵⁷.

2.7.2. Creatinina

La prueba sérica de la creatinina es igual que el BUN, se usa para diagnosticar la insuficiencia renal, pero a diferencia del BUN, el nivel de creatinina no se ve afectado prácticamente por la función hepática y tiende a aumentar más tarde, por lo que aumentos de creatinina indican cronicidad de la alteración. El nivel de creatinina se

interpreta con el BUN. El cociente BUN/creatinina es una determinación eficaz de la función renal y hepática (intervalo normal: 6-25 y el valor óptimo es 15,5) ^{55 12}.

2.7.3. Transaminasas

Las transaminasas (TGO-TGP) son indicadores de problemas hepáticos, cardiovasculares y nefróticos, encontrándose en diferentes tejidos intracelulares. El rango normal entre la edad de 20 a 40 años oscila entre 5 a 40 UI/l, pero si aumentan estos valores se consideran un cuadro clínico a nivel hepático de alto riesgo. Manifestando enfermedades como hepatitis C, cirrosis y fibrosis ventricular entre otras

⁵⁸.

METODOLOGÍA

La investigación del presente trabajo es de carácter, descriptiva y transversal en donde se trabajan con las variables identificadas sin necesidad de manipular variables. Es de carácter descriptivo, porque se puntualiza las características de la población en estudio (valores medios de las concentraciones de arsénico), e identificación entre dos o más variables. Transversal que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo.

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptiva y transversal

3.1.2. Ámbito y período de estudio

La población del Sector Pache, Cantón Portovelo durante el período, 2019.

3.1.3. Descripción del área del estudio

3.1.3.1. Población

El cantón Portovelo cuenta con un límite territorial de 285,30 Km², tomando 4.78% de la superficie de la provincia de El Oro. Este cantón se encuentra en el Sur con la provincia de el Oro, limitando con Loja y separadas por los ríos Pindo y Ambocas así mismo este limita al Norte con el cantón Zaruma, sureste con Loja y al oeste con el cantón Piñas⁵⁹.

Cuenta con parroquias rurales y urbanas presentando nuestra área de estudio el Sector el Pache al Este de la ciudad, en donde se efectuará los estudios a los trabajadores que laboran en las plantas de beneficio existentes en ese Barrio, que cuenta en la actualidad en el Sector el Pache con 85 plantas de beneficio vía al Sector Pindo⁵⁹.

Su población total hasta el 2018 según el Censo del 2010 del INEC, es de 12,200 habitantes, con un cantidad de 6.325 hombres y 5,875 mujeres⁵⁹.

En la población de este sector de Portovelo, en el Sector el Pache para la presente investigación se tomarán en cuenta trabajadores expuestos y no expuestos que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión durante el período del 2019.

3.1.3.4. Área de estudio

Se desarrollan cerca de 79 concesiones mineras que corresponde a la extracción de metales como cobre, oro y plata y 6 concesiones de materiales de construcción, en la región de Portovelo, en la cual 37 plantas de beneficio funcionan en el Sector El Pache

que la mayoría de residuos desembocan en el río Calera principal río que circula en este sector, el flujo ácido de esos metales pesados son perjudiciales para la salud⁶⁰.

Ésta provincia cuenta con recursos mineros siendo muy alta a nivel económico en el país por la excavación y explotación de vetas poli-metálicas como oro, plata, cobre, zinc entre otros⁶⁰. Durante su proceso de refinación y lavado se ha producido elevada contaminación en poblaciones cercanas a estas zonas, en la actualidad varias instituciones mineras nacionales y extranjeras tecnifican estos procesos generando deterioro ambiental irreversible donde se ha desarrollado múltiples daños en la flora, fauna y el ser humano.

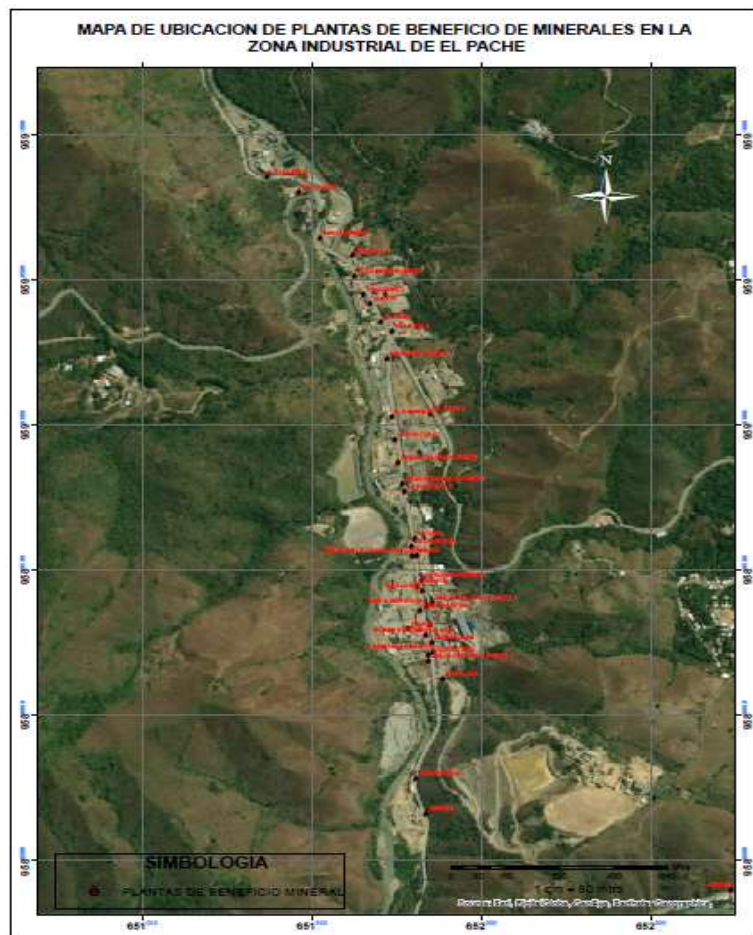


Gráfico 2. Mapa de ubicación de plantas de beneficio de minerales en la zona industrial de El Pache.

3.1.3.5. Geología Regional

El origen y su formación de su geología está conformado por tres unidades litológicas como es Valle interandino (Chauca), El Oro (Amotape) y la Cordillera de los Andes, cada una de ellas tienen sus formaciones rocosas diferentes, en el cual la Cordillera de los

Andes es una cadena de montañas de rocas rodeado de sitios arqueológicos y separado por terrenos con fallas irregulares⁶⁰. El valle interandino tiene cimientos de granodiorita, diorita y el Oro Amotape constituido por una serie de rocas y sedimentos epimetamórficos ⁶¹.

3.1.3.6. Clima.

En el territorio del cantón la zona climática es cálida húmeda teniendo un ambiente que oscila desde los 15°-28° C, con una humedad de 40-50%. Posee una topografía irregular, posee tres pisos climáticos estructurado por tropical seco, andino y pre-montano⁶⁰.

3.2. Diagrama general de metodología

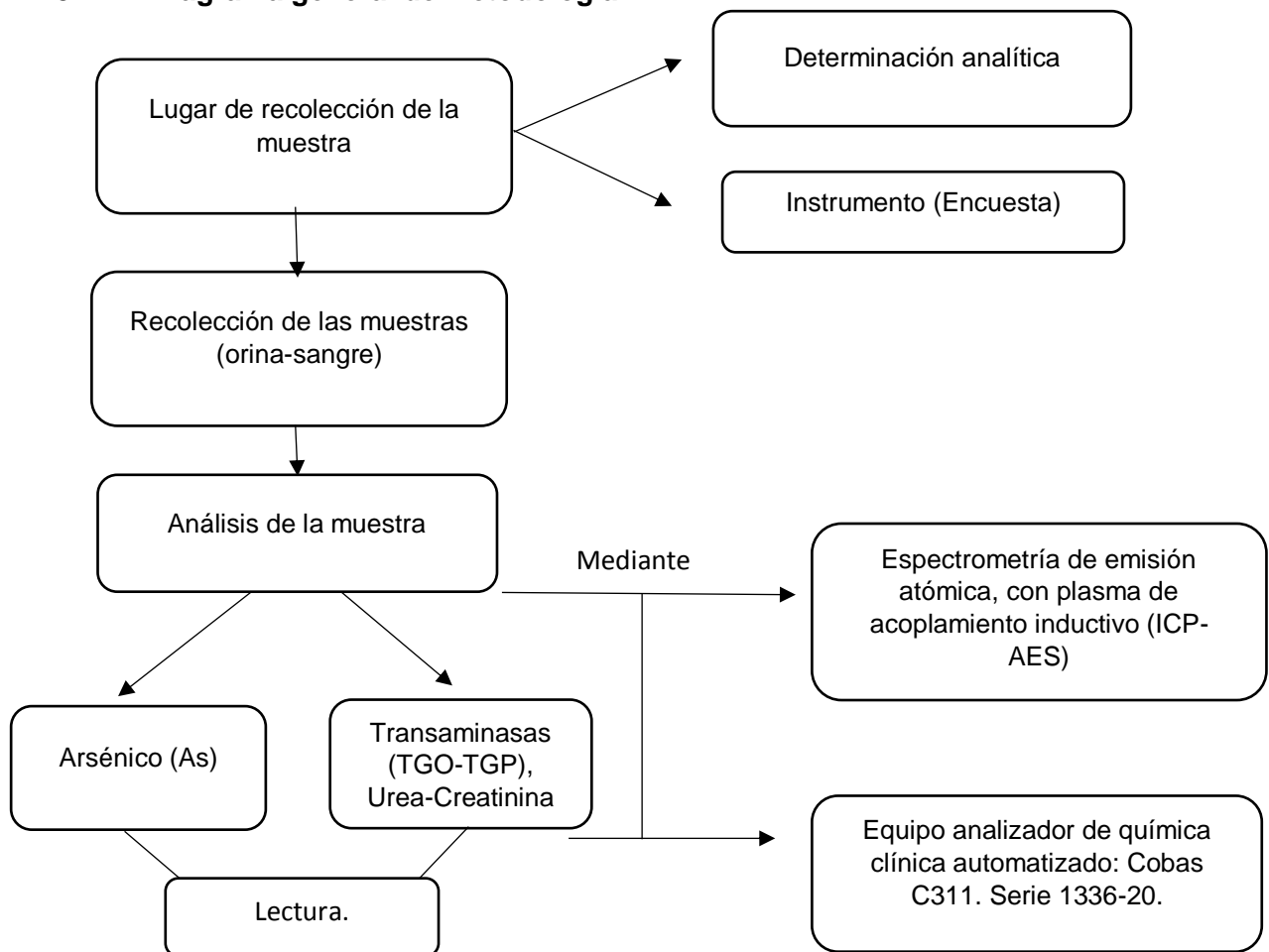


Diagrama 1. Esquema metodológico general

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

3.3. Muestra

3.3.1. 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.

3.3.2. Criterios de Inclusión

- a) Trabajadores que trabajen de manera continua cinco años en la minería en la Región del sector del Pache cantón Portovelo.
- b) El paciente no debe estar en ningún tratamiento médico, o consumir medicamento, vitaminas 3 días antes de toma de muestra.
- c) Grupo expuestos: Trabajadores que aceptan participar de manera voluntaria en el estudio, mayores de 18 años que trabajen de manera continua cinco años en la minería en el sector el Pache y que geográficamente habiten en una zona con concentraciones del arsénico en agua superiores a 10 µg/l.

3.3.3. Criterios de Exclusión

- a) Trabajadores expuestos a la contaminación menores de un año.
- b) Menores de 18 años, mujeres embarazadas y personas alcohólicas e individuos con enfermedades crónicas o agudas del tracto urinario.
- c) Pobladores que decidan no participar en el trabajo de investigación.
- d) Pacientes con diagnóstico con intoxicación reciente con As y se encuentre en tratamiento médico.
- e) Pacientes que consumieron mariscos las últimas 24 horas.

3.4. Variables del Estudio

3.4.1. Independiente

Alta concentración de As urinario superior a 0,035 mg/dl en el sector el Pache, cantón Portovelo.

3.4.2. Dependiente

Trabajadores mineros que participan en el estudio bajo los criterios de exclusión e inclusión.

3.5. Procedimientos y metodología

Para determinar los niveles de Arsénico en muestra de orina en los trabajadores del sector el Pache se utilizó el equipo de (ICP-AES), en donde se tomaron las características analíticas típicas en la validación de acuerdo al método EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994, cada una de las muestras se analizará con el Software SPSS. Los análisis serán tomadas en cuenta las medidas descriptivas de dispersión como: media, varianza, desviación estándar. Se sigue de acuerdo al manual de validación de método, mediante la ejecución de curvas de calibración.

3.5.1. Análisis de las muestras de orina

Se tomaron muestras de orina representativas en el 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. Luego de ser recolectadas se conservó a una temperatura de 10°C para que sean directamente entregadas en un plazo máximo de 24 horas en cadena de frío, a las instalaciones del 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.

Una vez recogidas las muestras es importante considerar que las muestras sean representativas de modo que en la lectura en el equipo no exista modificación en el analito a determinar, ya que dependerá de su concentración, exactitud y precisión en los resultados. Hay que tomar en cuenta que puede verse afectada a procesos biológicos como la degradación o reacciones enzimáticas, por lo que deben estar los recipientes limpios y nuevos que no presenten cortaduras para evitar pérdida de la muestra o absorción de la misma.

3.5.2. 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 detección⁶².

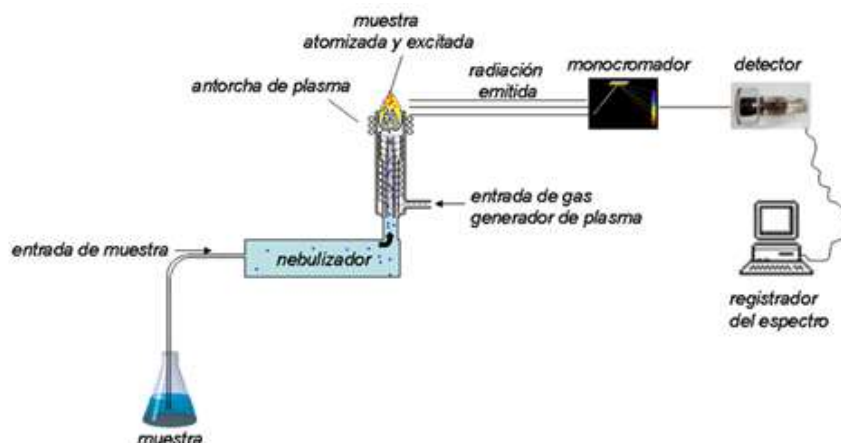


Gráfico 3. Esquema del Sistema de ICP-AES para el análisis de arsénico total⁶³.

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)⁶⁴.

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 señal⁶⁵, 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/L⁶⁴.

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 ⁶⁴.

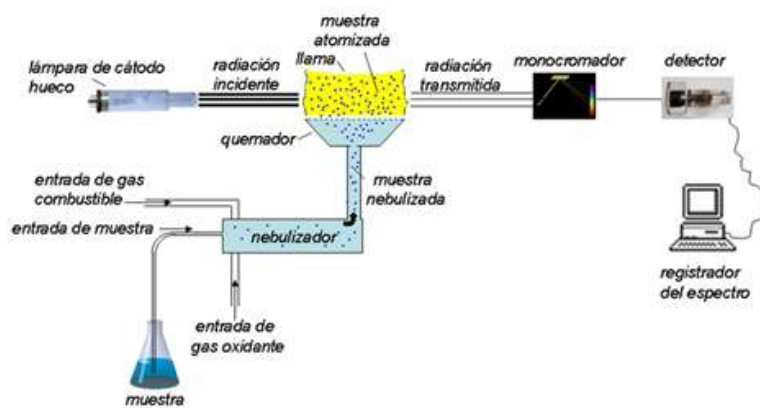


Gráfico 4. Esquema de proceso usando la técnica de emisión atómica en plasma ⁶³.

3.5.3. Evaluación Bioquímica

De las 8 muestras con concentraciones de arsénico fueron valorados sus indicadores bioquímicos.

A los participantes que presentan niveles de concentración de Arsénico en orina se realizará el estudio bioquímico clínico y hematológico en muestras de sangre mediante el equipo Cobas C311 automatizado, desarrollado para el análisis in vitro cuantitativas y cualitativas de componentes bioquímicos en fluidos corporales como son:

- a) Transaminasa Glutámico Oxalacética (TGO)
- b) Transaminasa Glutámico Pirúvica (TGP)
- c) Urea
- d) Creatinina

Cada una de las muestras tomadas se llenaron una ficha de recolección de datos del paciente como la edad y el sexo, además se consultaron posibles enfermedades que padecen recientemente, si está en tratamiento con medicamentos, si consume alcohol o fuma habitualmente, datos que fueron aportados por cada participante.

Se tomaron muestras de sangre en el Sector el Pache en Tubos EDTA PVC, en pacientes que no han consumido durante las 24 horas medicamento y alimentos del mar para que no exista ninguna alteración en los resultados⁶⁶.

El volumen necesario para determinación de los biomarcadores será de un contenido de 5 ml de sangre entera en el lugar de trabajo de los participantes, La conservación de la muestra será en un recipiente refrigerante de 4°C no congeladas, que serán rotuladas y analizadas en el laboratorio de Bioquímica de la Universidad Técnica de Machala, con su respectiva rotulación para su previo análisis⁶⁶.

3.6. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se hace por medio de una encuesta a los participantes para explicarles el motivo de nuestra investigación, permitiendo 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.

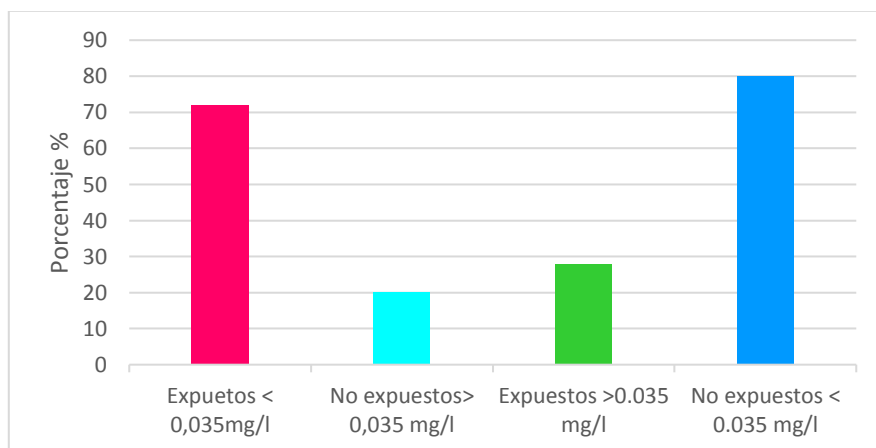
Para realizar el análisis analítico para la determinación de arsénico en orina y los parámetros bioquímicos en sangre, se entregó el consentimiento informado a los trabajadores para la toma y análisis de la muestra. Una vez que haya comprendido y revisado la información en este consentimiento y aclarado todas las dudas, fue firmado y aceptado por cada uno de ellos, así como también firmado por parte de los investigadores con el compromiso de la entrega de resultados.

3.7. Análisis estadístico.

- a) El análisis de los datos se realizara con el software SPSS (versión 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.)³.
- b) El análisis de los datos transformados logarítmicamente mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba post hoc Student-Newman-Keuls (SNK).

RESULTADOS

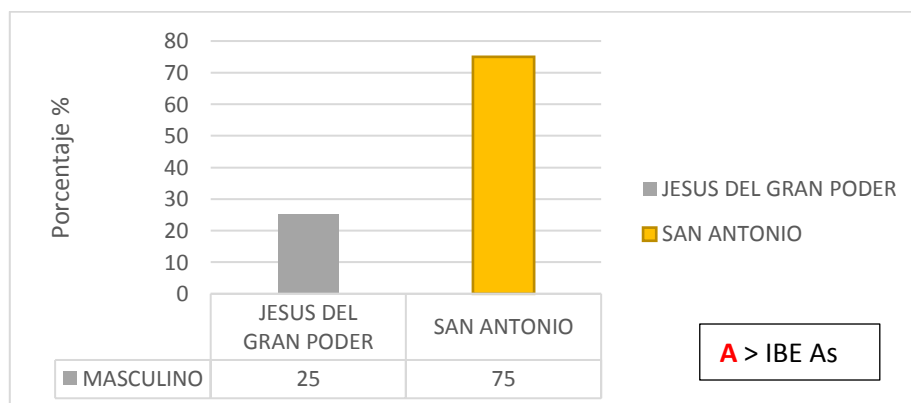
Fig. 1. Porcentajes de trabajadores mineros expuestos y no expuestos en el Sector El Pache que presentan valores mayores al IBE (0.035 mg/l).



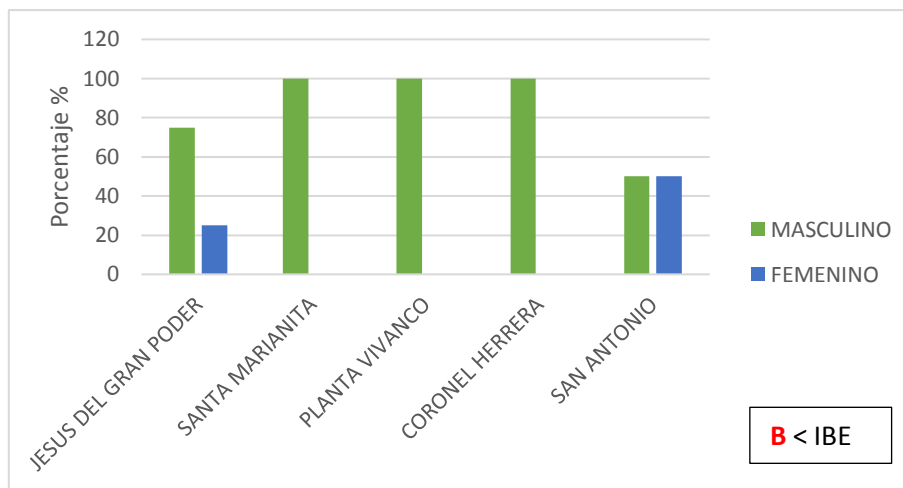
Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

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), 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).

Fig 2A Y Fig 3B. Porcentaje de trabajadores de cada planta de beneficio y por género con valores mayores A y valores menores B a IBE (0.035mg/l) de arsénico urinario.



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



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

Del total de participantes de los trabajadores expuestos y no expuestos son del género 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% (Fig 2A). Los valores mayores de IBE se encuentran en el género masculino, sin embargo, esto puede estar relacionado a que se obtuvieron un mayor número de muestras en este género.

Arsénico en orina

Tabla 2. Concentraciones de arsénico en los trabajadores mineros.

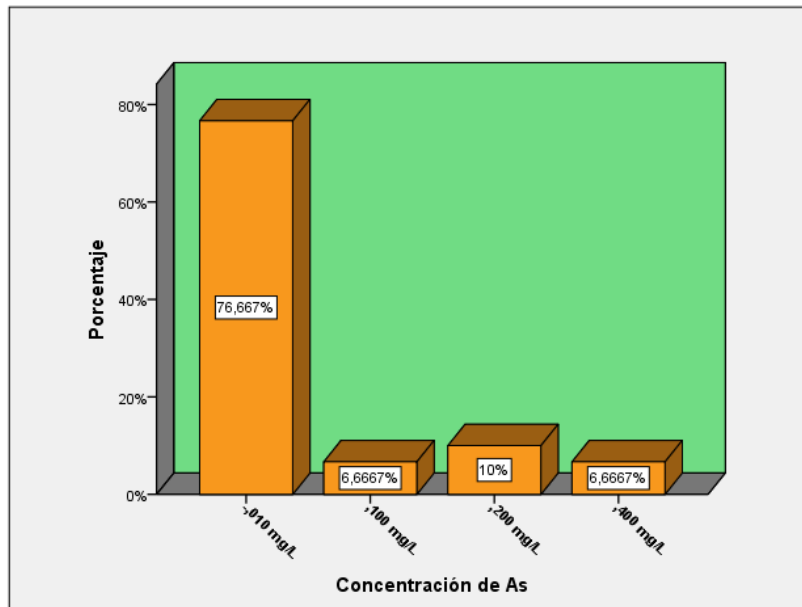
Plantas de beneficio		As mg/l
Jesús del gran Poder	n(2)	0.15 ± 0.07 0.1 – 0.2
San Antonio	n(6)	0.3 ± 0.11 0.1- 0.4
Total de arsénico	N(8)	0.23 ± 0.12 0.1-0.4

*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.

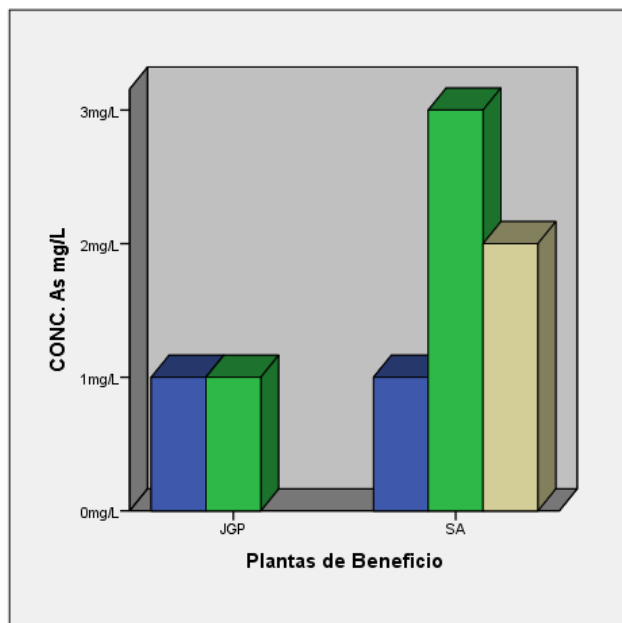
Fig 3. Concentraciones de arsénico urinario mayores a 0.035mg/l.



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

La concentración de arsénico la mayoría obtuvieron valores $<0,035 \text{ mg/l}$ con un 76,67% y las concentraciones de arsénico elevados $>0,035$ se encuentran de un 10% con un valor de $0,2\text{mg/l}$, seguido de $0,4 \text{ mg/l}$ con un 6,67 %, y los valores de $0,1 \text{ mg/l}$ de 6.67 %.

Fig 4. Plantas de beneficio con trabajadores expuestos a arsénico.



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

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.

Como se apreció en la figura anterior las dos plantas de beneficio del Sector el Pache presentaron muestras de orina con niveles de arsénico urinarios por arriba de los 0,035 mg/l (IBE). Del grupo de no expuestos, presentó 1 de 5 muestras con niveles mayores al IBE, y de los participantes expuestos, los participantes de JDGP obtuvieron 1 de 6 muestras y San Antonio 6 de 10 muestras. Lo que significa que ambas plantas expuestas y no expuestas se encuentran afectadas siendo la mayoría la de los expuestos (Fig 5).

Transaminasas, Urea Y Creatinina

Tabla 3. Resultados de transaminasas, urea y creatinina.

N° 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

En los análisis que se realizaron de transaminasas (TGO-TGP), Urea y Creatinina se identificó que cada uno de los parámetros bioquímicos analizados se encuentran dentro de los valores biológicos normales, teniendo en cuenta que Urea en sangre los valores normales son entre 16.6-48.5 mg/dl; Creatinina entre 0.80-1.20 mg/dl; TGO (AST) que fueron todos hombres que puede ser hasta 40 U/l y TGP (ALT) Hombres hasta 41 U/l (Tabla 3).

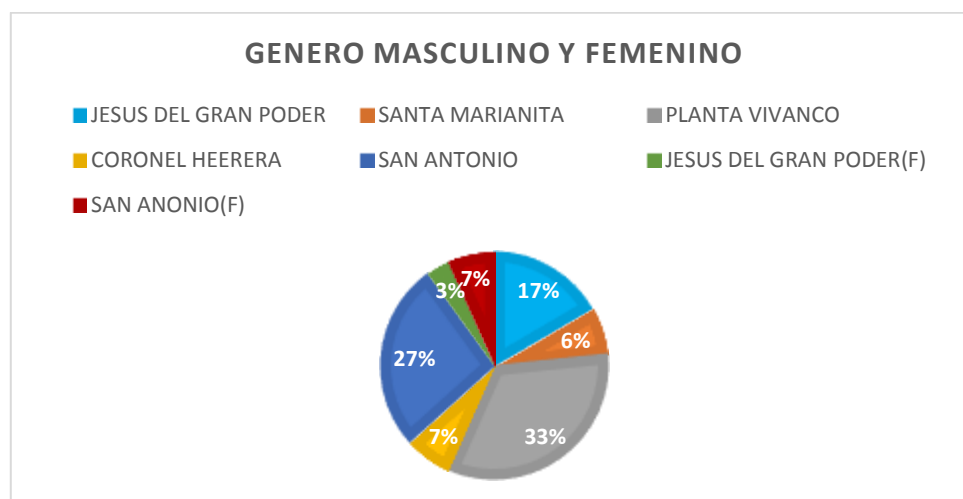
Resultados de la Encuesta

Edad

La edad promedio de trabajadores es de 24 y 55 años, tomando en cuenta que el género masculino osciló en la misma edad de los 24 y 55 años, y del género femenino entre 25 a 26 años. En la planta Jesús del Gran Poder presentó una edad promedio de 35 años, Santa Marianita 37 años, Planta Vivanco 39 años, Coronel Herrera 31 años y San Antonio 34 años. La edad mínima fue 24 años en las cinco plantas de beneficio y la edad máxima en la planta JDGP fue 55 años, planta Vivanco y San Antonio fue de 54 años, seguido de Santa Marianita de 38 años y Coronel Herrera de 35 años.

Género

Fig 5. Porcentaje del género masculino y femenino de las distintas plantas de beneficio.

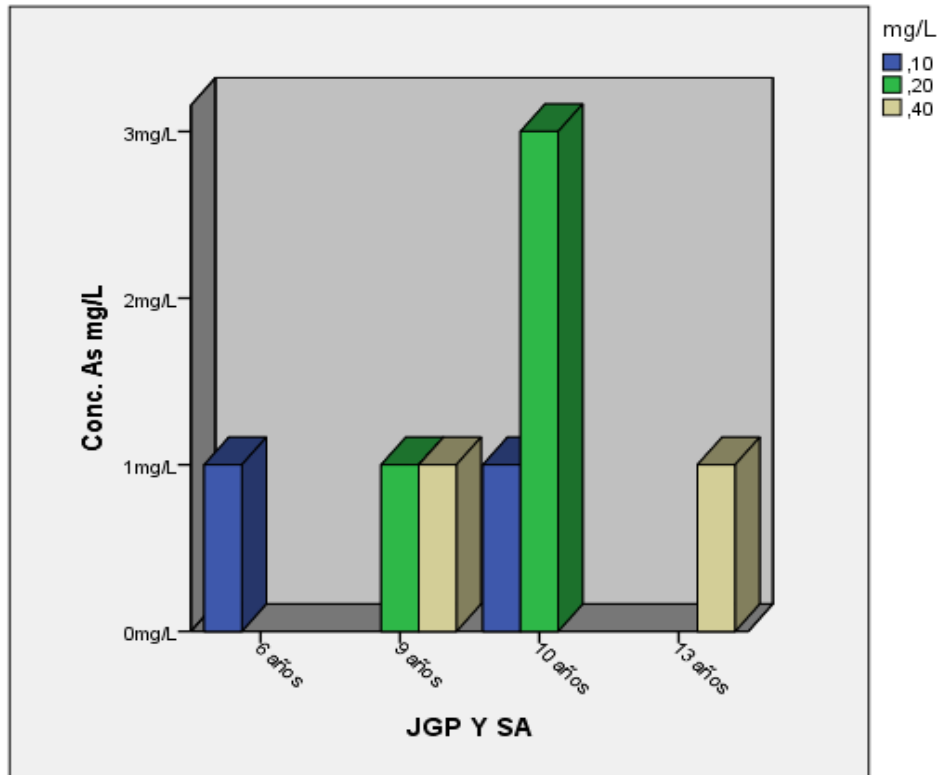


Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

El género predominante en las seis plantas de beneficio fue el masculino con un 90 % y el femenino con un 10%. Los trabajadores de Jesús del gran Poder 17% del género masculino y 3% del género femenino, Santa Marianita 6% masculino, planta Vivanco 33% masculino, Coronel Herrera 7% masculino y San Antonio de 27% masculino y 7% del género femenino (Fig 6).

Años de trabajo en la minería

Fig 6. Años de labor en la ocupación de minería.

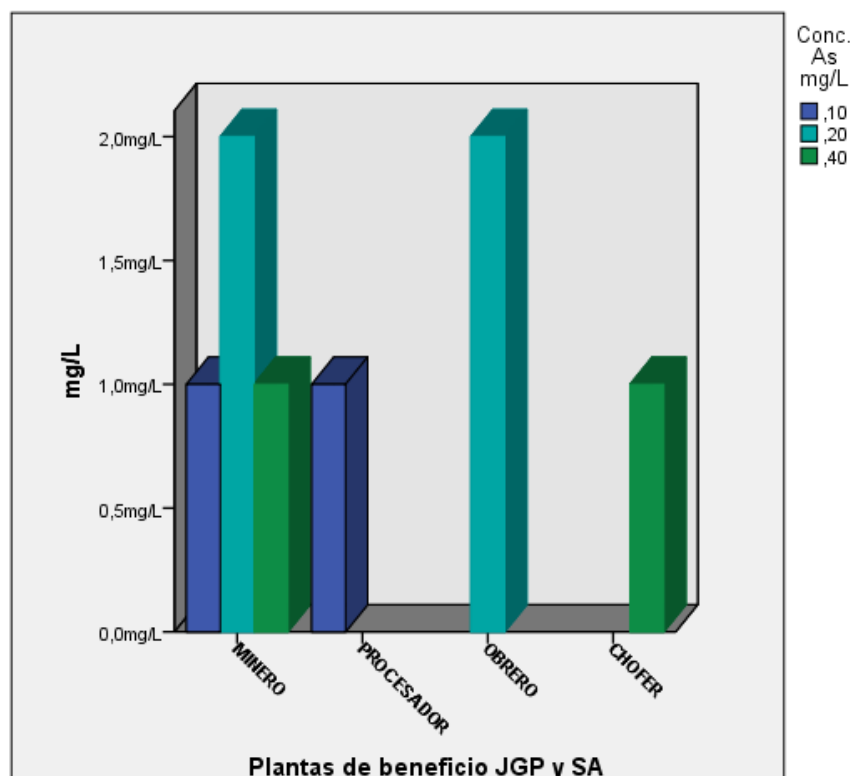


Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

El promedio de años trabajando en el campo de la minería en la planta de beneficio de JDGP es de 8 años (mínimo 4, máximo 14), Santa Marianita 9 años (mínimo 7, máximo 9), Planta Vivanco 9 años (mínimo 7, máximo 13), Coronel Herrera 12 años (mínimo 7, máximo 17) y San Antonio 8 años (mínimo 6, máximo 14), Considerando a los trabajadores que presentaron concentraciones de arsénico por arriba del IBE se elaboró un diagrama de dispersión con las concentraciones de las sumas de arsenicales contra los años de trabajo en las plantas de beneficio (Fig. 7).

Ocupación

Fig 7. Ocupaciones en las plantas de beneficio.

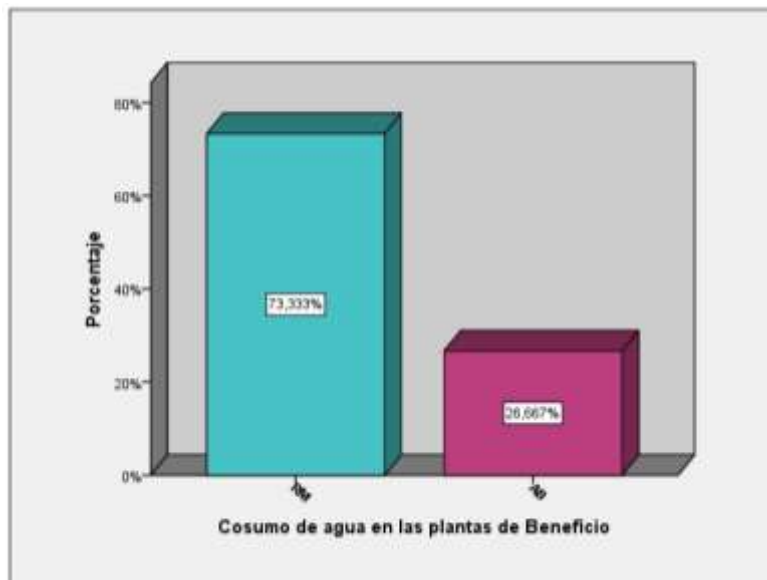


Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

La ocupación relevante de los trabajadores que presentaron valores elevados de Arsénico existen en la planta JDGP y la de San Antonio con un 50% mineros y 12 % procesadores, en San Antonio es 12.5 % choferes y obreros 25%. La información de la ocupación y la concentración de arsénico se incluyeron en un diagrama de dispersión en el cual se encuentran agrupados las diferentes ocupaciones como son mineros, procesador, chofer y obreros reflejados en los porcentajes descritos anteriormente (Fig 8).

Consumo de agua

Fig 8. Consumo de agua en las plantas de beneficio.

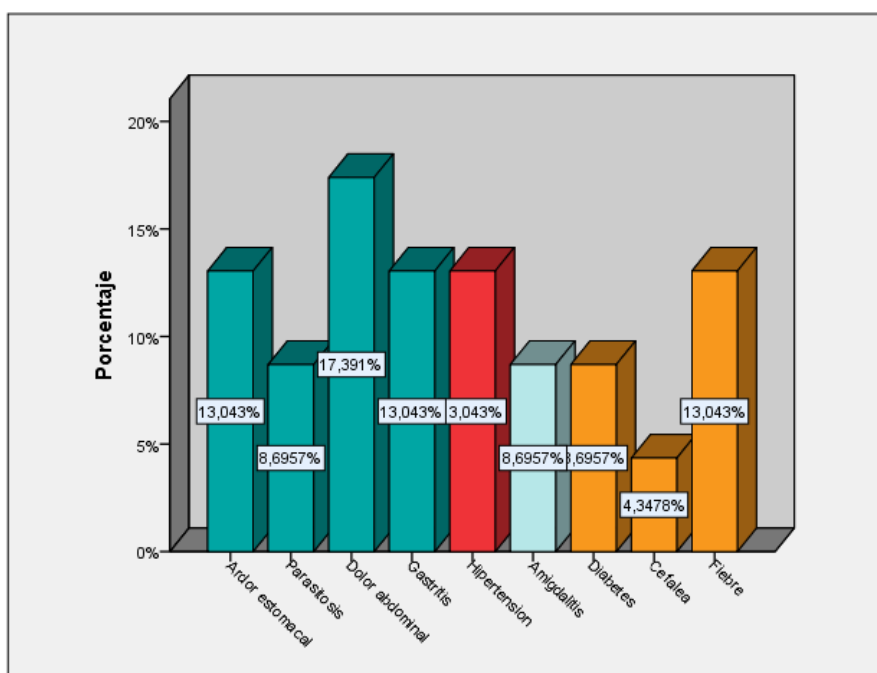


Elaborado: Torres, S; Caiza, E., 2019

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%.

Antecedentes de enfermedades

Fig 9. Enfermedades como antecedentes presentes en los trabajadores mineros.



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

Se consideró como antecedentes positivos únicamente en familiares ya diagnosticadas por un médico y en tratamiento, como es el caso de Diabetes mellitus con un porcentaje de 8,69% y en los participantes que sufren hipertensión con un 3,04%, estas dos enfermedades se consideran mayor en el poblado de la planta JDGP. A lo que se refiere a enfermedades gastrointestinales la mayoría tienen síntomas de dolores estomacales en un 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, y 8,69 % presenta Parasitosis.

Como síntomas de presentar un sistema inmunológico deficiente, se evidenció que la mayoría de los casos de Amigdalitis se presenta en la planta San Vivanco en un 8,69%; en la planta San Antonio presenta el 4,34% con dolores de cabeza y en un 13,04% presentan síntomas de fiebre debido a los fuertes dolores estomacales que tienen.

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/l⁵.

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 encontrado concentraciones altas de Hg y As de acuerdo a la literatura de Chela T. Dany & Córdor S. Cristina,2017⁴, 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 metaloide⁶⁷.

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)⁶⁸, 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 organismo³⁰.

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 otras⁶⁹.

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 9) 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 <10ug/L⁻¹ e incluso menor a este valor, pero las concentraciones pueden alcanzar 100 veces estos niveles si están cerca a fuentes antropogénicas³³.

En la (Fig 2A y Fig 3B), muestran los resultados de las trazas de arsénico analizadas en orina obtenidos en la recolección correspondiente en cada planta de beneficio,

llevada a cabo el 23 de junio de 2019, en la que se observa una gran diferencia del metal encontrado especialmente en las plantas de beneficio de Jesús del Gran Poder con un porcentaje de 25% y un valor promedio de 0.15 mg/l y la planta San Antonio con un 75% y un valor promedio 0,3 mg/dl perteneciente al grupo de expuestos y no expuestos, determinando que la mayor concentración de arsénico urinario y de afectados es en la planta San Antonio, valores que no se encuentra dentro de los parámetros permitidos establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), España⁶⁸, y el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE⁷⁰.

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 (Fig 6). 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 hombres⁷¹.

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 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 (Fig 7). 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 personal⁷².

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 (Fig 8). 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 metales¹⁸.

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% (Fig 10), 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 Cáncer², 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 Unidos¹¹, demuestran que consumir agua en dosis elevadas >50 µg/l puede aumentar la presión arterial sistólica y diabetes⁷³. 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 otros⁷⁴.

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. 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 género⁷⁵.

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 $>0,035$ 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 hígado⁷⁶. 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.⁷⁷.

CONCLUSIONES

- e) En la investigación realizada 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.
- a) 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.
- b) Estudios realizados en varios 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.
- f) Mediante los análisis elaborados 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 de ese sector como lo indica el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.
- c) Con base 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.
- d) Gracias a la encuesta se pudo corroborar 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.

- e) Mediante el análisis de muestras de sangre, tomadas en los trabajadores mineros que tiene elevadas concentraciones de arsénico, 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.

- f) 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.

RECOMENDACIONES

- a) Evitar el consumo de agua del grifo que no se encuentre previamente tratada, y consumir agua embotellada hasta que se encuentre un sistema de operación de filtración que permita la eliminación de este metaloide que es el arsénico.
- b) Cada una de las plantas mineras presentes en el Sector El Pache debe contar con un equipo de salud y bioseguridad ocupacional con el fin de monitorear el estado de los trabajadores, brindando charlas formativas del uso correcto de equipos de protección personal y las posibles causas y efectos que producen los metales en la salud, realizando anualmente chequeos médicos, debido a la exposición que se encuentran diariamente en su trabajo; y de esta forma cumplir con 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.
- c) El empleador debe disponer de un registro, sujeto al ministerio de salud por un médico tratante, para informar el estado clínico de los trabajadores con el fin de llevar un control de posibles riesgos de enfermedades relacionadas con la metalurgia.
- d) Es pertinente continuar con la investigación para minimizar o reemplazar el impacto de los metales pesados y su alto índice de toxicidad que se da en el organismo y por parte del equipo de Salud contribuir con sesiones educativas que ayuden a reducir los riesgos en la salud relacionados con el arsénico en humanos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Airam, E.; Montañez Hernández, L. E.; Luévanos Escareño, M. P.; Balagurusamy, N.; Rangel Montoya, E. A.; Montañez Hernández, L. E.; Luévanos Escareño, M. P.; Balagurusamy, N. Impact of Arsenic on the Environment and Its Microbial Transformation. *Terra Latinoam.* **2015**, *33* (2), 103–118.
2. Sun, G.; Xu, Y.; Li, X.; Jin, Y.; Li, B.; Sun, X. Urinary Arsenic Metabolites in Children and Adults Exposed to Arsenic in Drinking Water in Inner Mongolia, China. *Environ. Health Perspect.* **2007**, *115* (4), 648–652. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.9271>.
3. Fu, S.; Wu, J.; Li, Y.; Liu, Y.; Gao, Y.; Yao, F.; Qiu, C.; Song, L.; Wu, Y.; Liao, Y.; et al. Urinary Arsenic Metabolism in a Western Chinese Population Exposed to High-Dose Inorganic Arsenic in Drinking Water: Influence of Ethnicity and Genetic Polymorphisms. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **2014**, *274* (1), 117–123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2013.11.004>.
4. Chela, D.; Cóndor, G. Evaluación Del Riesgo Sanitario Ambiental Por Exposición De Arsénico Y Mercurio Presente En Los Sedimentos Del Distrito Minero Portovelo – Zaruma, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, 2017.
5. José Luis, S. M. 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, 2011.
6. WHO. *Arsenic and Arsenic Compounds*, Second.; Environmental Health Criteria 224: Geneva:World Health Organization, 2001.
7. Sonne, C.; Vorkamp, K.; Galatius, A.; Kyhn, L.; Teilmann, J.; Bossi, R.; Søndergaard, J.; Eulaers, I.; Desforges, J.; Siebert, U.; et al. Human Exposure to PFOS and Mercury through Meat from Baltic Harbour Seals (*Phoca Vitulina*). *Environ. Res.* **2019**, *175* (April), 376–383. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.026>.
8. Taheri, M.; Mehrzad, J.; Mahmudy Gharai, M. H.; Afshari, R.; Dadsetan, A.; Hami, S. High Soil and Groundwater Arsenic Levels Induce High Body Arsenic Loads, Health Risk and Potential Anemia for Inhabitants of Northeastern Iran.

- Environ. Geochem. Health* **2016**, 38 (2), 469–482.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.026>.
9. Ibarluzea, J.; Aurrekoetxea, J. J.; Porta, M.; Sunyer, J.; Ballester, F. La Biomonitorización de Sustancias Tóxicas En Muestras Biológicas de Población General. *Gac. Sanit.* **2016**, 30 (xx), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.02.012>.
 10. Phan, K.; Kim, K.-W.; Huoy, L.; Phan, S.; Se, S.; Capon, A. G.; Hashim, J. H. Current Status of Arsenic Exposure and Social Implication in the Mekong River Basin of Cambodia. *Environ. Geochem. Health* **2016**, 38 (3), 763–772. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9759-z>.
 11. Kuo, C. C.; Moon, K. A.; Wang, S. L.; Silbergeld, E.; Navas-Acien, A. The Association of Arsenic Metabolism with Cancer, Cardiovascular Disease, and Diabetes: A Systematic Review of the Epidemiological Evidence. *Environ. Health Perspect.* **2017**, 125 (8). <https://doi.org/10.1289/EHP577>.
 12. Torres, M.; Pérez, E.; Antonio, J.; González, P.; María, R. Assessment Practices of Food and Nutrition in a Population Exposed to Arsenic: Evaluación de Las Prácticas de Alimentación y Nutrición En Una Población Expuesta a Arsénico: Una Propuesta Para Integrar Indicadores de Exposición Nutricional Assessment Pra. *Nutr. Clin. y Diet. Hosp.* **2016**, 36(2) (January), 140–149. <https://doi.org/10.12873/362monroytorres>.
 13. Hossain, M. F. Arsenic Contamination in Bangladesh - An Overview. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2006**, 113 (1–4), 1–16.
 14. Herrera, D. M. T. A.; Leal, D. L.; Miranda, Q. S.; Benavides, I. A.; Domínguez, I. M. *Arsénico En Agua, Presencia, Cuantificación Analítica y Mitigación*; 2013; Vol. 2.
 15. Exp, M.; Publica, S.; Ale-mauricio, D. A.; Villa, G. Artículo Original POBLADORES DE DOS DISTRITOS DE LA REGIÓN TACNA ,. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* **2018**, 35 (2), 183–189. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3693.183>.
 16. Monroy-Torres, R.; Espinoza-Pérez, J. A. Factores Que Intensifican El Riesgo Toxicológico En Comunidades Expuestas Al Arsénico En Agua. *CienciaUAT* **2018**, 12 (2), 148. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.803>.

17. M. D. Sánchez , B. de la Cruz , J. Algaba, M. Á. L. d y J. N. Medicina Del Deporte. *Rev. Andal. Med Deport.* **2012**, 5 (2), 53–56. [https://doi.org/ 10.1016/S1888-7546\(14\)70058-9](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70058-9)
18. Medina-Pizzali, M.; Robles, P.; Mendoza, M.; Torres, C. Ingesta de Arsénico: El Impacto En La Alimentación y La Salud Humana. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica* **2018**, 35 (1), 93. [https://doi.org/ 10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93)
19. Mertens, F. Arsénico En El Agua de Consumo: Riesgo y Percepción Del Riesgo En Las Flores, Provincia de Buenos Aires. **2018**, 104.
20. Hughes, M. F. Biomarkers of Exposure: A Case Study with Inorganic Arsenic. *Environ. Health Perspect.* **2006**, 114 (11), 1790–1796. <https://doi.org/10.1289/ehp.9058>
21. Gehle, K.; Coles, C.; Doyle, J.; Fowler, B.; Gehle, K.; Hall, S. L.; Hatcher, M.; Jenkins, K.; Jolly, R. T.; Riley, B. M.; et al. *La Toxicidad Del Arsénico*; 2009.
22. Jiménez-Córdova, M. I.; Sánchez-Peña, L. C.; Barrera-Hernández, Á.; González-Horta, C.; Barbier, O. C.; Del Razo, L. M. Fluoride Exposure Is Associated with Altered Metabolism of Arsenic in an Adult Mexican Population. *Sci. Total Environ.* **2019**, 684, 621–628. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.356>
23. Vahter, M.; Lind, B. Concentrations of Arsenic in Urine of the General Population in Sweden. *Sci. Total Environ.* **1986**, 54 (C), 1–12.
24. Oyanedel Giaverini, N. Exposición Laboral a Arsénico. *Laboratorio de toxicología ocupacional. Instituto de Salud Pública de Chile.* 2015, p 10.
25. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina., A. V. Exposición Ocupacional y Ambiental Al Arsénico. Actualización Bibliográfica Para Investigación Científica. *An. la Fac. Med.* **2013**, 74 (3), 237–248.
26. Morgarte, V.; Gonzalez, J. Resistencia a Arsénico. *Seguridad y Medio Ambiente.* 2013, p 10.
27. Torres-Sánchez, L.; López-Carrillo, L.; Rosado, J. L.; Rodriguez, V. M.; Vera-Aguilar, E.; Kordas, K.; García-Vargas, G. G.; Cebrian, M. E. Sex Differences in the Reduction of Arsenic Methylation Capacity as a Function of Urinary Total and

- Inorganic Arsenic in Mexican Children. *Environ. Res.* **2016**, *151*, 38–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.020>
28. Muñoz, D.; Llerena, F.; Grijota, F. J.; Robles, M. C.; Alves, F. J.; Maynar, M. Influencia de La Actividad Física Sobre La Eliminación Urinaria de Minerales y Elementos Traza En Sujetos Que Viven En La Misma Área Geográfica. *Rev. Andaluza Med. del Deport.* **2018**, *11* (1), 7–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.07.003>
29. Colín Torres, C. G. Concentraciones Urinarias de Arsénico En Habitantes de La Cuenca Hidrográfica de San Juan de Los Planes BCS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD, 2013.
30. Colín-Torres, C. G.; Murillo- Jiménez, J. M.; Del Razo, L. M.; Sánchez-Peña, L. C.; Becerra-Rueda, O. F.; Marmolejo-Rodríguez, A. J. Urinary Arsenic Levels Influenced by Abandoned Mine Tailings in the Southernmost Baja California Peninsula, Mexico. *Environ. Geochem. Health* **2014**, *36* (5), 845–854. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-014-9603-x>
31. Das, A.; Biswas, A.; Guha Mazumder, D. N. Association between Skin Lesion and Arsenic Concentration in Hair by Mixed Bivariate Model in Chronic Arsenic Exposure. *Environ. Geochem. Health* **2018**, *40* (6), 2359–2369. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0102-3>.
32. Yu, H.; Liu, S.; Li, M.; Wu, B. Influence of Diet, Vitamin, Tea, Trace Elements and Exogenous Antioxidants on Arsenic Metabolism and Toxicity. *Environ. Geochem. Health* **2016**, *38* (2), 339–351. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-015-9742-8>
33. Cidu, R.; Dore, E.; Biddau, R.; Nordstrom, D. K. Fate of Antimony and Arsenic in Contaminated Waters at the Abandoned Su Suergiu Mine (Sardinia , Italy). *Mine Water Environ.* **2017**, *0* (0), 0. <http://dx.doi.org/10.1007/s10230-017-0479-8>
34. Monroy-Torres, R.; Espinoza Perez, A.; Ramírez Gómez, Xochitl; Carrizales Yañez, Leticia; Linares Segovia, B.; Mejía Saavedra, J. Efecto de Una Suplementación de Vitaminas y Minerales de Cuatro Semanas Sobre El Estado Nutricio y Excreción Urinaria de Arsénico En Adolescentes. **2018**, *35* (4), 894–902. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.2186>
35. Narro, A.; Laguna, U. BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO CON SEMILLA DE MORINGA. **2009**.

36. Shannon, M. W.; Shannon, M. W.; Borron, S. W.; Snook, C. P.; Handel, D. A.; Haller, C. A.; Shannon, M. W.; Shannon, M. W. Haddad And Winchester ' s Clinical Management of Poisoning And Drug Overdose. In *Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose.*; W.B Saunders Company. Saunders, 4th edition, Ed.; 2007; Vol. 53, pp 784–789. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-7216-0693-4.50031-1>
37. Martínez-barbeito, M. B.; Aceves, A. B. N.; Teres, N. L.; Martín, R. G.; Verdúñez, T. Q.; Méndez, C. P.; Rgencias, S. E. D. E. U.; Irgen, H. O. V; Alud, D. E. L. A. S. Intoxicación Aguda Por Arsénico Con Inusual Evolución Favorable. **2007**, 225–228.
38. El-Masri, H. A.; Kenyon, E. M. Development of a Human Physiologically Based Pharmacokinetic (PBPK) Model for Inorganic Arsenic and Its Mono- and Di-Methylated Metabolites. *J. Pharmacokinet. Pharmacodyn.* **2008**, 35 (1), 31–68. <http://dx.doi.org/10.1007/s10928-007-9075-z>
39. Caussy, D. Case Studies of the Impact of Understanding Bioavailability: Arsenic. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2003**, 56 (1), 164–173. [http://dx.doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00059-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00059-9)
40. Stamatelos, S. K.; Brinkerhoff, C. J.; Isukapalli, S. S.; Georgopoulos, P. G. Mathematical Model of Uptake and Metabolism of Arsenic (III) in Human Hepatocytes - Incorporation of Cellular Antioxidant Response and Threshold-Dependent Behavior. **2011**. <http://dx.doi.org/10.1186/1752-0509-5-16>
41. Gentry, P. R.; Covington, T. R.; Mann, S.; Shipp, A. M.; Yager, J. W.; Iii, H. J. C.; Gentry, P. R.; Covington, T. R.; Mann, S.; Shipp, A. M.; et al. Physiologically Based Pharmacokinetic Modeling of Arsenic in the Mouse MODELING OF ARSENIC IN THE MOUSE. **2010**, 7394. <https://doi.org/10.1080/15287390490253660>
42. Joseph, T.; Dubey, B.; McBean, E. A. A Critical Review of Arsenic Exposures for Bangladeshi Adults. *Sci. Total Environ.* **2015**, 527–528, 540–551. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.035>
43. Hata, A.; Kurosawa, H.; Endo, Y.; Yamanaka, K.; Fujitani, N.; Endo, G. A Biological Indicator of Inorganic Arsenic Exposure Using the Sum of Urinary

- Inorganic Arsenic and Monomethylarsonic Acid Concentrations. *J. Occup. Health* **2016**, *58* (2), 196–200. <http://dx.doi.org/10.1539/joh.15-0241-OA>
44. Chung, J.; Yu, S.; Hong, Y. Environmental Source of Arsenic Exposure. *Prev. Med. Public Heal.* **2014**, *47*, 253–257. <http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.14.036>
45. Vargas Paniagua, J. Estudio Evaluativo de Los Metales Contaminantes y Sus Alternativas de Prevención Evaluative Study of Metal Contaminants and Preventive Alternatives. **2012**, *14*, 11.
46. ATSDR. Resumen de Salud Pública Cianuro. *Agencia Sust. Tóxicas y el Regist. Enfermedades* **2006**, 23.
47. Ramírez, A. V. Exposición Ocupacional y Ambiental Al Arsénico - Actualización Bibliográfica Para Investigación Científica. *An. la Fac. Med.* **2013**, *74* (3), 237–247.
48. Taheri, M.; Mehrzad, J. High Soil and Groundwater Arsenic Levels Induce High Body Arsenic Loads , Health Risk and Potential Anemia for Inhabitants of Northeastern Iran. *Environ. Geochem. Health* **2016**, *38* (2), 469–482. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-015-9733-9>
49. Dede, E.; Tindall, M. J.; Cherrie, J. W.; Hankin, S.; Collins, C. Physiologically-Based Pharmacokinetic and Toxicokinetic Models for Estimating Human Exposure to Five Toxic Elements through Oral Ingestion. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **2018**, *57* (December 2017), 104–114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.12.003>
50. Díaz García, J. D.; Arceo, E. Daño Renal Asociado a Metales Pesados: Trabajo de Revisión. *Rev. Colomb. Nefrol.* **2017**, *5* (1), 43. <http://dx.doi.org/10.22265/acnef.5.2.254>
51. Shakoor, M. B.; Nawaz, R.; Hussain, F.; Raza, M.; Ali, S.; Rizwan, M.; Oh, S. E.; Ahmad, S. Human Health Implications, Risk Assessment and Remediation of As-Contaminated Water: A Critical Review. *Sci. Total Environ.* **2017**, *601–602*, 756–769. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.223>
52. Litter, M. I. Actualización La Problemática Del Arsénico En La Argentina : El HACRE. *Rev. Soc. Argent. Endocrinol. Ginecol. Reprod.(SAEGRE)* **2010**, *XVII* (2), 5–10.

53. Zhang, Z.; Guo, H.; Zhao, W.; Liu, S.; Cao, Y.; Jia, Y. Influences of Groundwater Extraction on Flow Dynamics and Arsenic Levels in the Western Hetao Basin, Inner Mongolia, China. *Hydrogeol. J.* **2018**, *26* (5), 1499–1512. <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-018-1763-9>
54. Guillermo, V.-G.; Carlos, H.-P.; Manuel, C.-R.; José, H.-A. Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizando filtros domiciliarios. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* **2018**, *35* (4), 652–656. [10.17843/rpmesp.2018.354.3715.652](http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3715.652)
55. Farreras; Rozman. Apéndice: Tablas de Referencia y Valores Normales de Las Pruebas de Laboratorio Más Habituales. In *Medicina Interna 16 edición*; 2008; p A-2-A-8.
56. Malcioğlu, O. B.; Erkoç. Structural Stability of CmTin Microclusters and Nanoparticles: Molecular-Dynamics Simulations. *Struct. Prop. Clust. From a few Atoms to Nanoparticles* **2006**, 61–66.
57. Al, C. Exposición a Arsénico y Patologías Asociadas. **2014**, No. June.
58. Cortés Marina, R. B. Del Síntoma a La Enfermedad: Elevación de Transaminasas. *Rev. Pediatr. atención primaria.* **2009**, *11* (Supl 17), 433–436.
59. Municipio Cantonal de Portovelo. *Actualización Del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón Portovelo*; 2018.
60. GAD Municipal de Portovelo. Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - Portovelo-EI Oro. **2012**.
61. Laubache, G. *Aportes de La Teledetección a La Geología de La Región Puyango-Celica (Provincia de Loja, Sur-Ecuador)*; 1993.
62. Martinez, L. D.; Gasquez, J. A. Determinación de Arsénico En Aguas: Diferentes Técnicas y Metodologías. *Sitio Argentino Prod. Anim.* **2005**, No. Iii, 1–6.
63. Coelho, P.; Costa, S.; Silva, S.; Walter, A.; Ranville, J.; Sousa, A. C. A.; Costa, C.; Coelho, M.; García-Lestón, J.; Pastorinho, M. R.; et al. Metal(Loid) Levels in Biological Matrices from Human Populations Exposed to Mining Contamination-Panasqueira Mine (Portugal). *J. Toxicol. Environ. Heal. - Part A Curr. Issues* **2012**, *75* (13–15), 893–908. <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2012.690705>

64. García, Delgado, S. Arsenic Speciation and Metal Accumulation Studies in Environmental Samples., UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 2013.
65. Špirić, Z.; Vučković, I.; Stafilov, T.; Kušan, V.; Frontasyeva, M. Air Pollution Study in Croatia Using Moss Biomonitoring and ICP-AES and AAS Analytical Techniques. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2013**, *65* (1), 33–46. <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-013-9884-6>
66. García, Susana, I.; Benítez, R.; De Titto, E.; Macri, M.; Lemus, Jorge, D.; Pico, M.; Nieto, R. *Guía Para La Obtención, Conservación y Transporte de Muestras Para Análisis Toxicológicos*; 2016.
67. Oviedo-Anchundia, R.; Moina-Quimí, E.; Naranjo-Morán, J.; Barcos-Arias, M. Researchs / Investigación. *Rev. Bionatura Support. Sustain. Dev. Goals* **2017**, *2* (4), 437–441. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>
68. Instituto Nacional de Seguridad Salud y bienestar en el Trabajo, (INSSBT). Límites de Exposición Profesional Para Agentes Químicos En España. *Ministerio de Empleo y Seguridad Social*. Madrid. España 2018, pp 1–184.
69. Cubadda, F.; Aureli, F.; D'Amato, M.; Raggi, A.; Turco, A. C.; Mantovani, A. Speciated Urinary Arsenic as a Biomarker of Dietary Exposure to Inorganic Arsenic in Residents Living in High-Arsenic Areas in Latium, Italy. *Pure Appl. Chem.* **2012**, *84* (2), 203–214. <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-CON-11-09-29>
70. Ministerio de Ambiente del Ecuador(MAE). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*; 2002; p 54.
71. García-Alvarado, F. J.; Neri-Meléndez, H.; Pérez Armendáriz, L.; Rivera Guillen, M. Polymorphisms of the Arsenite Methyltransferase (As3MT) Gene and Urinary Efficiency of Arsenic Metabolism in a Population in Northern Mexico. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública* **2018**, *35* (1), 72–76. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3565>
72. Espinosa Rosales, S. T. 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, 2017.

73. Quansah, R.; Armah, F. A.; Essumang, D. K.; Luginaah, I.; Clarke, E.; Marfoh, K.; Cobbina, S. J.; Edward, N.-A.; Namujju, P. B.; Obiri, S.; et al. Association of Arsenic with Adverse Pregnancy Outcomes / Infant Mortality: *Environmental Heal. Perspect.* **2015**, *123* (5), 412–422. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307894>
74. Blanco-López, Y.; ... L. L.-C.-I. y; 2017, U. Determinación De Arsénico En Aguas De Posible Consumo Humano De Dos Zonas De Cuba. *Investigacionysaberes.Com.Ec* **2017**, *6* (2), 67–83.
75. López-Carrillo, L.; Gamboa-Loira, B.; Becerra, W.; Hernández-Alcaraz, C.; Hernández-Ramírez, R. U.; Gandolfi, A. J.; Franco-Marina, F.; Cebrián, M. E. Dietary Micronutrient Intake and Its Relationship with Arsenic Metabolism in Mexican Women. *Environ. Res.* **2016**, *151*, 445–450. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.08.015>
76. Wei, B.; Yu, J.; Yang, L.; Li, H.; Chai, Y.; Xia, Y.; Wu, K.; Gao, J.; Guo, Z.; Cui, N. Arsenic Methylation and Skin Lesions in Migrant and Native Adult Women with Chronic Exposure to Arsenic from Drinking Groundwater. *Environ. Geochem. Health* **2017**, *39* (1), 89–98. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-016-9809-1>
77. Pham, L. H.; Nguyen, H. T.; Van Tran, C.; Nguyen, H. M.; Nguyen, T. H.; Tu, M. B. Arsenic and Other Trace Elements in Groundwater and Human Urine in Ha Nam Province, the Northern Vietnam: Contamination Characteristics and Risk Assessment. *Environ. Geochem. Health* **2017**, *39* (3), 517–529. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-016-9831-3>

ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: Evaluación de la presencia de arsénico en trabajadores mineros del cantón Portovelo, sector Pache, 2019.

Datos del equipo de investigación:

Investigadores	Nombres completos	# de Cédula	Institución a la que pertenece
Investigador 1	Estefania Marlene Caiza Cuzco		Universidad Técnica de Machala
Investigador 2	Susana Berenice Torres Reyes	1104820558	Universidad Técnica de Machala

Nombre del paciente: _____

Usted está invitado a participar en este estudio de investigación clínico en el cual en este documento llamado "consentimiento informado", se explica los motivos por las que se realiza este estudio donde debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude aclarar sus dudas al respecto. También se explica los posibles riesgos, beneficios y sus derechos en caso de que usted decida participar. Una vez que haya comprendido y revisado la información en este Consentimiento y aclarar todas sus dudas, tendrá el conocimiento para tomar una decisión sobre su participación o no en este estudio, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento. No tenga prisa para decidir.

Introducción

El arsénico es un metaloide ampliamente distribuido en el ecosistema y su mecanismo es diferente a cambios físicos, químicos y biológicos que depende su toxicidad, dosis y tiempo de exposición, provocando alteraciones en los seres vivos. Cabe señalar que este metaloide es necesario para el desarrollo de las funciones del organismo de los seres vivos, pero sobrepasando la dosis es perjudicial para la salud del ser humano por eso es necesario que se lleven las medidas necesarias para no sufrir cualquier patología a causa de la toxicidad del arsénico.

El consumo o uso de agua de río y agua potable expuestas a arsénico, es la principal causa de muchas enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, respiratorias, cardiovasculares, hepáticas y renales; y frente a este problema se ha visto inmersa dentro del sector El Pache, cuya población la utiliza para satisfacer sus necesidades básicas y sumado a la desinformación de la población sobre el lavado de los alimentos y tratamiento del agua para que esta sea consumible, incrementa la incidencia de personas enfermas.

Las actividades mineras en este sector se evidencia contaminación de metales pesados en especial de arsénico y mercurio ya que son utilizados para diferentes procesos de refinación y biomagnificación del oro y de acuerdo a estudios ya realizados, éstos metales ya han sido encontrados especialmente en el río Calera del sector Pache, cantón Portovelo, que se encuentra al costado de diferentes plantas de beneficio y ciertos fluidos químicos que son desechados en el río, incrementa el índice de exposición en el ser humano en especial en los trabajadores que laboran diariamente en las plantas de beneficio que se encuentran expuestos a vapores y polvos que es fácil su absorción en su organismo.

Por ello es necesario desarrollar el presente estudio en trabajadores mineros en el Cantón Portovelo, Sector el Pache, para evaluar el arsénico en orina asociando las patologías que se pueden presentar frente a este problema evaluando las enzimas TGO, TGP, Urea y Creatinina, marcadores bioquímicos importantes para la ayuda del diagnóstico de cualquier tipo de enfermedad renal o hepática en el ser humano.

Objetivo del estudio

A usted se le invita en el presente trabajo de investigación a participar que tiene como objetivo evaluar arsénico en muestras biológicas en trabajadores mineros en el Canon Portovelo, Sector El Pache. Esto ayudará construir modelos predictivos a enfermedades asociadas a arsénico y entender que este metaloide pueden tener un mayor impacto a la población.

Descripción de los procedimientos

Se describe las condiciones para participar en este protocolo y en caso de aceptar se le realizarán las siguientes pruebas y procedimientos:

1. Se le solicitará que responda un cuestionario de sus hábitos de consumo de agua en el lugar de trabajo, así como también de los antecedentes personales como posibles enfermedades que está padeciendo o ya presente.
2. Se conformará el total de 30 trabajadores mineros, luego se realizará una inducción un día antes, de cómo se debe tomar una correcta toma de muestra de orina para evitar cualquier alteración en los resultados y al día siguiente se recolectarán los envases de 100 ml y se hará el correcto etiquetado de las mismas para el previo análisis, que serán llevadas durante las 24 horas al laboratorio en la Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
3. se escoge los trabajadores que han tenido el resultado positivo en Arsénico a cada uno de ellos se les realizará estudios de laboratorio clínico en sangre.

Riesgos y beneficios

Beneficios:

Este estudio ayudará tener un mejor entendimiento de los factores de riesgo que están involucrado el arsénico en el medio ambiente, en la salud de los trabajadores y las posibles enfermedades que pueden presentarse con el transcurso de los años. Por ejemplo, cómo afecta el arsénico en el Rio Calera y como puede asociar su contaminación en la salud de los trabajadores. En su turno esta información puede ser usada para respaldar la toma de decisiones tanto al nivel individual como al nivel del sistema de salud.

En lo personal los exámenes de laboratorio son sin costo para usted y los resultados obtenidos serán proporcionados de manera personal a cada uno de los participantes.

Riesgos:

Los riesgos asociados durante el procedimiento para obtener la muestra de sangre de la vena del brazo, puede sentir alguna molestia o dolor ligero. En algunas personas se puede presentar un hematoma (moretón) que desaparecerá en algunos días.

Derechos de los participantes

Usted tiene derecho a:

- 1) Recibir la información del estudio de forma clara;
- 2) Tener la oportunidad de aclarar todas sus dudas;
- 3) Tener el tiempo que sea necesario para decidir si quiere o no participar del estudio;
- 4) Ser libre de negarse a participar en el estudio, y esto no traerá ningún problema para usted;
- 5) Ser libre para renunciar y retirarse del estudio en cualquier momento;
- 6) Recibir cuidados necesarios si hay algún daño resultante del estudio, de forma gratuita, siempre que sea necesario;
- 7) Derecho a reclamar una indemnización, en caso de que ocurra algún daño debidamente comprobado por causa del estudio;
- 8) Tener acceso a los resultados de las pruebas realizadas durante el estudio, si procede;
- 9) El respeto de su anonimato (confidencialidad);
- 10) Que se respete su intimidad (privacidad);
- 11) Recibir una copia de este documento, firmado y rubricado en cada página por usted y el investigador;
- 12) Tener libertad para no responder preguntas que le molesten;
- 13) Estar libre de retirar su consentimiento para utilizar o mantener el material biológico que se haya obtenido de usted, si procede;
- 14) Contar con la asistencia necesaria para que el problema de salud o afectación de los derechos que sean detectados durante el estudio, sean manejados según normas y protocolos de atención establecidas por las instituciones correspondientes;
- 15) Usted no recibirá ningún pago ni tendrá que pagar absolutamente nada por participar en este estudio.

Manejo del material biológico recolectado *(si aplica)*

1. Se le tomará una muestra de 10 ml de sangre en el lugar de trabajo de los participantes que serán almacenadas a 10°C para luego ser transportadas al laboratorio durante las 24 horas. Para ello, es necesario que se presente en ayuno de 12 horas, sin haber ingerido bebidas alcohólicas 24 horas antes.
2. Su muestra de sangre servirá para hacer mediciones de transaminasas, urea y creatinina. Cada una de ellas serán analizadas en la Facultad de Ciencias Químicas y de la salud en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Técnica de Machala.
3. Las muestras de orina son enviadas inmediatamente luego de la toma de muestra, refrigeradas en un cooler con hielo, NO congeladas. La muestra de agua debe ser recolectadas en un frasco estéril de 100 mL, en un plazo máximo de 24 horas refrigeradas para ser transportadas al laboratorio.

Información de contacto

Si usted tiene alguna pregunta sobre el estudio por favor llame al siguiente teléfono 0996449088 que pertenece a Susana Torres o envíe un correo electrónico a berenicetorey2610@gmail.com

Consentimiento informado

Comprendo mi participación en este estudio. Me han explicado los riesgos y beneficios de participar en un lenguaje claro y sencillo. Todas mis preguntas fueron contestadas. Me permitieron contar con tiempo suficiente para tomar la decisión de participar y me entregaron una copia de este formulario de consentimiento informado. Acepto voluntariamente participar en esta investigación.

_____ Nombres completos del/a participante	_____ Firma del/a participante	_____ Fecha
_____ Nombres completos del testigo <i>(si aplica)</i>	_____ Firma del testigo	_____ Fecha
_____ Estefanía Marlene Caiza Cuzco	_____ Firma del/a investigador/a	_____ Fecha
_____ Nombres completos del/a investigador/a	_____ Firma del/a investigador/a	_____ Fecha
_____ Susana Berenice Torres Reyes	_____ Firma del/a investigador/a	_____ Fecha
_____ Nombres completos del/a investigador/a	_____ Firma del/a investigador/a	_____ Fecha

ANEXO 2. ENCUESTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Calidad, Pertinencia y Calidez
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA
2019



FICHA TECNICA - ETMP-2019

Cuestionario Nº -----

Fecha del Muestreo: -----

Numero de muestra: -----

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE ARSÉNICO EN TRABAJADORES MINEROS DEL CANTON PORTOVELO, SECTOR EL PACHE, 2019.

Estimado Paciente:

Estamos solicitando su colaboración con la finalidad de obtener muestras de orina, las cuales serán analizadas para determinar su contenido en arsénico. De igual modo, agradecemos su contribución en responder el siguiente cuestionario. Esto es parte del trabajo de titulación, facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala para optar al título de Bioquímica y Farmacia. Anticipamos nuestro agradecimiento por la colaboración brindada.

Muestra Nº:	Lugar de muestreo:	Tipo de población:
-------------	--------------------	--------------------

1.- Datos personales

a) Apellidos y Nombre:	b) Sexo: M: ----- F: -----	c) Peso:	d) Talla:
e) Ocupación:	f) Lugar de residencia:	g) Teléfono:	

2. Antecedentes Clínicos:

a) Diabetes:	b) Hip. arterial:	c) Cirrosis:	d) Otras: (especifique):--
e) ¿Consume Medicamentos? Si: No:		f) Qué Tipo de Medicamentos (especifique):	

3.- Consumo de agua:

3.1. ¿De dónde proviene el agua que usted ingiere?:

a) Red municipal:	a.1)La hierve:	a.2) No la hierve:
b) Agua embotellada:		

3.2. ¿Cuántos vasos de agua consume diariamente?

a)De 1 a 2: b)De 3 a 4: c)De 5 a 6: d)De 7 a 8: e)Más de 8:

3.3 Usted utiliza el agua del Río Calera para:

Tipo de Uso:	Frecuencia				
	Diario	1 vez por semana	2 veces por semana	Una vez al mes	Nunca
a) Lavado de ropa					
b) Medio de recreación					
c) Consumo directo					
d) Para los quehaceres de cocinas					

4. Síntomas y/o Enfermedades. Indique si usted presenta alguno de estos síntomas y/o enfermedades

4.1 Sistema Gastrointestinal

a) Ardor estomacal:	b)Dispepsia:	c)Parásitos intestinal:	d)Dolores Abdominales:
e) Gastritis:	f)Hiperplasia:	g)Colelitiasis:	h)Colitis:
		i)Espasmos estomacales	j)Úlcera:

4.2. Sistema Cardiovascular

a)Hipertensión:	b)Hipercolesterolemia Pura:	c)Dolor Precordial:	d)Insuficiencia Venosa:	e) Hiperglicemia:	f) Venas Varicosas:
-----------------	-----------------------------	---------------------	-------------------------	-------------------	---------------------

4.3. Sistema Respiratorio:

a)Rinofaringitis: b) Faringitis: c) Amigdalitis: d)Bronquitis: e)Disnea: f) Sinusitis:

4.4. Sistema Inmunológico:

a)Diabetes Mellitus:	b)Cefalea	c)Fiebre:	d)Neuralgia:
e)Adenomegalia:	f) Epilepsia:	g)Otitis:	

4.5. Sistema Dérmico

a)Micosis:	b)Dermatitis:	c)Absceso Cutáneo:	d)Acné:	e)Traumatis superficiales:
f)Herida del cuero cabelludo:	g)Hongo:	h)Foliculitis:	i)Granulomas	j)Melanoma:
				k)Escamaciones:

4.6. Sistema Reproductor

a)Infección de vías urinarias:	b)Candidiasis:	c)Amenorrea:	d)Vaginitis:
--------------------------------	----------------	--------------	--------------

Firma del encuestado:----- Firma del encuestador: -----

ANEXO 3. ÁMBITO DE ESTUDIO (FOTOS DEL LUGAR)



Gráfico 5. *Lavado de oro proceso manual.*



Gráfico 6. *Proceso artesanal extracción del oro.*



Gráfico 7. *Planta de Beneficio.*



Gráfico 8. *Planta de beneficio. Molienda del material*



Gráfico 9. Reunión con los trabajadores mineros de las plantas de beneficio.



Gráfico 10. Socialización de la encuesta



Gráfico 11. Realización de la encuesta en las plantas de beneficio.



Gráfico 12. Charla del consentimiento informado.



Gráfico 13. Firma del consentimiento informado.



Gráfico 14. Toma de muestra a los trabajadores



Gráfico 15. Recolección de la muestra



Gráfico 16. *Recolección de muestra a los trabajadores*
FOTOS DE ANALISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS



Gráfico 17. *Laboratorio Labcestta*



Gráfico 18. Entrega de muestra al laboratorio



Gráfico 19. Toma de muestras de sangre



Gráfico 20. Toma de muestras de sangre



Gráfico 21. Análisis Bioquímico