



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

Determinación de trazas en arsénico y plomo en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero en Zamora Chinchipe.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Espinosa Rosales, Sofía Teresa

DIRECTORA: Mgtr. Solano Cueva, Natalí Elizabeth

LOJA- ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Magister.

Natalí Elizabeth Solano Cueva

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Determinación de trazas en Arsénico y Plomo en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero en Zamora Chinchipe**, realizado por Sofía Teresa Espinosa Rosales ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo

Loja, marzo de 2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Espinosa Rosales Sofía Teresa declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: **Determinación de trazas en Arsénico y Plomo en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero en Zamora Chinchipe** de la Titulación de Bioquímica y Farmacia, siendo Natalí Elizabeth Solano Cueva directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

autor: Espinosa Rosales Sofía Teresa

cédula: 1105114241

DEDICATORIA

A Dios, por bendecir y guiar cada uno de mis pasos para poder llegar hasta este momento y también por darme las fuerzas necesarias para que nunca abandone este gran sueño.

A mis padres, Teresa Rosales Namicela y Franco Espinosa Espinosa y hermanos Franklin Espinosa y Jorge Espinosa por ser mi fuente de inspiración y por brindarme su amor, paciencia y apoyo incondicional ya que sin ellos no hubiera podido atravesar cada obstáculo que se presentó.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme acompañado en los momentos más difíciles y de mayor flaqueza; por regalarme salud y sabiduría para poder alcanzar mis metas.

A mi familia, por apoyarme con su amor incondicional, para poder alcanzar mi formación personal y profesional.

A la Mgtr. Natalí Solano, directora de la presente investigación, por la confianza y supervisión del presente trabajo, quien con gran paciencia compartió sus conocimientos y experiencia.

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a la titulación de Bioquímica y Farmacia, por permitirme cumplir con mis objetivos y llegar a mi meta propuesta.

Al Departamento de Química y Ciencias Exactas, Sección Química Básica y Aplicada quienes me facilitaron sus instalaciones y equipos para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigas en especial a Claudia Bustos quien a lo largo de la carrera siempre me ha brindado su amistad incondicional.

A todos ustedes, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	6
MARCO TEÓRICO	6
1.1 Minería.....	7
1.1.1 Minería artesanal y de pequeña escala.....	7
1.1.2 Minería submarina o por dragado.....	7
1.2 Daños que causa en la salud la exposición a metales pesados.	8
1.2.1 Arsénico.	8
1.2.2 Plomo.	9
1.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA).....	10
1.3.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito.	11
1.3.2 Espectrofotometría de Absorción Atómica por llama.....	12
1.3.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica por generador de hidruros.	12
1.4 Muestra biológica: orina.	13
1.4.1 Niveles específicos de trazas de metales pesados.	13
1.4.1.1 <i>Niveles normales de As y Pb en orina.</i>	13
1.4.2 Tratamiento de la muestra	14
CAPÍTULO II	15
MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1 Esquema general de metodología.	16
2.2 Área de estudio	16
2.3 Descripción de la población.	17
2.4 Criterios de inclusión y exclusión.	17
2.5 Recolección de la muestra.	18
2.6 Tratamiento de la matriz biológica.	19

2.6.1 Análisis de trazas de arsénico (As) en muestras de orina.....	19
2.6.2 Análisis de trazas de plomo (Pb) en muestras de orina.....	20
CAPÍTULO III	21
RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
3.1 Comparación de trazas de metales entre zonas.	22
3.1.1 Promedios trazas de arsénico.....	22
3.1.2 Promedios trazas de plomo.	24
3.2 Comparación entre recolecciones.....	26
3.2.1 Promedio valores de arsénico.....	26
3.2.2 Promedio valores de plomo.	27
3.3 Comparación de trazas de metales entre individuos.	28
3.3.1 Promedios de arsénico y plomo en individuos de la zona A.	28
3.3.2 Promedios de arsénico y plomo en individuos de la zona B.	30
3.4 Promedio total de metales.....	33
3.5 Análisis de varianza.	33
RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de instrumentación de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica. ...	11
Figura 2: Esquema general de la metodología.....	16
Figura 3: Área de recolección de las muestras.	17
Figura 4: Esquema de análisis de intervención de trazas de As en orina.....	19
Figura 5: Esquema de análisis de intervención de trazas de Pb en orina.....	20
Figura 6: Gráfica de concentración de arsénico en la primera recolección.....	22
Figura 7: Gráfica de concentración de arsénico en la segunda recolección.	23
Figura 8: Gráfica de concentración de arsénico en la tercera recolección.....	24
Figura 9: Gráfica de concentración de plomo en la primera recolección.	25
Figura 10: Gráfica de concentración de plomo en la segunda recolección.....	25
Figura 11: Gráfica de concentración de plomo en la tercera recolección.	26
Figura 12: Gráfica comparativa de promedios de arsénico entre recolecciones.....	27
Figura 13: Gráfica comparativa de promedios de plomo entre recolecciones.....	27
Figura 14: Representación de promedios totales de arsénico correspondiente a cada individuo de la zona A.....	28
Figura 15: Representación de promedios totales de plomo correspondiente a cada individuo de la zona A.....	29
Figura 16: Representación de promedios totales de arsénico correspondiente a cada individuo de la zona B.....	31
Figura 17: Representación de promedios totales de plomo correspondiente a cada individuo de la zona B.....	32

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de referencia internacionales de Arsenico.	14
Tabla 2. Valores de referencia internacionales de Plomo.	14
Tabla 3. Diseño experimental tomado en cuenta para las encuestas.	18
Tabla 4. Promedios totales de arsénico y plomo de las tres recolecciones.....	33

RESUMEN

En la presente investigación se buscó determinar la cantidad de trazas de arsénico y plomo en personas que estén relacionadas con el ámbito minero, inicialmente se seleccionaron los individuos, realizando encuestas con ciertos parámetros, luego con un grupo de 30 personas los cuales cumplían con los parámetros establecidos; se ubicaron 15 personas en la zona A, 10 en la zona B y 5 en la zona C, cada zona con requisitos diferentes. Se efectuó la toma de la muestra biológica (orina), se realizaron 3 recolecciones cada una con intervalos de 30 días, para luego proceder a la determinación de trazas de metales pesados mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito para los dos metales en estudio.

Con los resultados obtenidos, se observaron que las concentraciones de los dos metales en cada zona se encuentran dentro de los valores de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y otros autores como: Villanueva E, et al. (2005) y Arangren F, et al. (2003); sin embargo, los valores más altos se registraron en las zonas A y B, debido a su mayor exposición a la actividad minera.

PALABRAS CLAVES: arsénico, plomo, orina, minería, trazas, espectrofotometría de absorción atómica, horno de grafito.

ABSTRACT

In the present investigation we sought to determine the amount of arsenic and lead traces in people that are related to the mining field, initially individuals were selected, conducting surveys with certain parameters, then with a group of 30 people who met the parameters established; 15 people were located in zone A, 10 in zone B and 5 in zone C, each zone with different requirements. The biological sample was taken (urine), 3 collections were made each with 30-day intervals, then proceeded to the determination of traces of heavy metals by Atomic Absorption Spectrophotometry by graphite furnace for the two metals under study.

With the results obtained, it was observed that the concentrations of the two metals in each zone are within the reference values established by the Institute of Health and Hygiene at Work, Spain and several authors; however, the highest values were recorded in zones A and B, due to their greater exposure to mining activity.

KEYWORDS: arsenic, lead, urine, mining, traces, atomic absorption spectrophotometry, graphite furnace.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la minería está abarcando gran parte del crecimiento económico en el Ecuador, extendiéndose de forma significativa (Banco Central del Ecuador, 2017), trayendo así consigo un sin número de enfermedades a causa de la minería en especial de la artesanal, ya que en esta no se toma las debidas precauciones para la explotación de los minerales y su control es mínimo, poniendo en riesgo al personal que labora y a las personas que habitan a sus alrededores. Por ello se ha considerado como un estudio de gran relevancia, el hecho de realizar un monitoreo de la cantidad de trazas de arsénico (As) y plomo (Pb) que puedan portar los trabajadores mineros y las personas que se encuentren viviendo en zonas aledañas a esta área de trabajo; considerando este como el objetivo fundamental de la investigación, conociendo que estos metales pueden permanecer en sus organismos durante varios años sin que los individuos presenten ningún tipo de sintomatología con las primeras exposiciones, sin embargo; pueden ir presentando posteriormente molestias, afectando así el sistema nervioso central, alteraciones hepáticas, digestivas, problemas en la piel, entre otras (Ferrer, 2003); lo cual como Bioquímicos Farmacéuticos nos compete investigar periódicamente; además se consideró que en muchas empresas mineras no se cuenta con los implementos necesarios para una correcta manipulación de los residuos, siendo mucho mayor la exposición a dichos metales.

Esta investigación se realizó con la finalidad de dar a conocer a la población en estudio, los daños que pueden ocasionar la presencia de arsénico y plomo en su organismo, por estar en contacto con residuos de la minería; para la identificación de los metales mencionados, se utilizó como matriz biológica la orina, la cual se la considera como un desecho metabólico que se encuentra constituida por un 95% agua y 5% solutos; entre los cuales están presentes dichos metales (Tirado, González, Martínez, Wilches, & Celedón, 2015). Previo a su recolección se realizaron encuestas a las zonas de estudio, las cuales se los ha dividido en tres zonas:

- ❖ Como grupos expuestos a 15 trabajadores de la mina (Zona A) y 10 personas que habitan en los alrededores, con distancia mínima de 100 metros y máxima de 1 km (Zona B).
- ❖ Como zona no expuesta se eligió 5 habitantes del cantón Zamora que se encuentra a 35 km (Zona C).

Los voluntarios de dichas zonas debían cumplir con ciertos parámetros para formar parte de la investigación.

La recolección de la muestra se llevó a cabo tres veces en intervalos de 30 días. El análisis de la orina se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito para arsénico (García A, 2012) y plomo (Aranguren F, et al. 2003) , para el cual se tomó la muestra directa a temperatura ambiente; en la determinación de As y Pb se requirió de estándares, los cuales fueron de 10, 20, 40 y 60 ppb, además de ácido nítrico puro al 5%. Con los resultados obtenidos se hizo el análisis estadístico por el método ANOVA, con la ayuda del programa Minitab 17 que nos ayuda a evaluar y comparar los resultados del monitoreo biológico obtenidos experimentalmente con los valores de referencia.

Finalmente, se llevó a cabo la capacitación mediante una charla que se la efectuó en el transcurso de la última recolección, dirigida a las personas que colaboraron con la investigación; con la finalidad de concientizar a los voluntarios de alto riesgo, tanto en la salud como en el medio ambiente que está ocasionando la continua exposición a los metales en estudio.

Este trabajo se desarrolló en tres capítulos, en el primer capítulo se da a conocer el marco teórico, el cual trata sobre conceptos fundamentales relacionados con este tema, en el segundo capítulo se presentan los materiales y métodos utilizados para llevar a cabo la investigación y en el tercer capítulo se da a conocer los resultados obtenidos y su análisis.

Por último, cabe mencionar que la hipótesis nula planteada en el presente trabajo de investigación es comprobar que no existe relación entre las zonas de estudio.

Fin del proyecto

Determinar de forma cuantitativa los niveles de trazas de arsénico y plomo, que se encuentre en personas relacionadas directamente a la planta minera, próximos y alejados de la misma.

Propósito del proyecto

Concientizar a la población expuesta, acerca de los riesgos de salud y del medio ambiente que puede ocasionar el mal manejo de arsénico y plomo en el trabajo de la minería artesanal.

Componentes del proyecto

- Recolectar treinta muestras biológicas (orina), de las personas seleccionadas mediante una encuesta; de las cuales se las dividió en tres zonas dependiendo de su: grado de exposición ocupacional y ambiental.
- Determinar las trazas de arsénico y plomo mediante la Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- Tabular los resultados obtenidos por medio de un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 0.05

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Minería.

Las funciones del sector minero se basan en impulsar el desarrollo económico de un país, por este medio se pretende contribuir a la construcción de un país competitivo y que ésta se convierta en una actividad responsable y sustentable; en la industria minera se lleva a cabo la extracción, explotación y aprovechamiento de minerales que se encuentren en la superficie del suelo (Herrera, 2006).

La minería a nivel global se puede dividir en varios grupos cada uno con diferente característica y con diferente grado de contaminación (Herrera, 2006), entre los cuales tenemos:

1.1.1 Minería artesanal y de pequeña escala.

El art. 134 de la Ley de Minería “considera como minería artesanal y de sustento a aquella que se efectúa mediante trabajo individual, familiar o asociativo de quien realiza actividades mineras autorizadas por el Estado en la forma prevista en esta ley y su reglamento y que se caracteriza por la utilización de herramientas, máquinas simples y portátiles destinadas a la obtención de minerales cuya comercialización en general sólo permite cubrir las necesidades básicas de la persona o grupo familiar que las realiza y que no hayan requerido una inversión superior a las ciento cincuenta remuneraciones básicas unificadas” (Sandoval, 2001).

Por lo general este tipo de mineras tienen un nivel de contaminación mucho más alta ya que se realiza de forma artesanal y con implementos que no los protegen de la forma necesaria para todo el proceso que implica la obtención del metal y la eliminación de los residuos los cuales pueden ocasionar mucho más daño que el proceso en sí (Sandoval, 2001).

Las personas que trabajan en este tipo de minería se verán obligadas a ser titulares de una concesión minera, a su vez el estado se encargará de capacitarlos para que realicen una minería segura en ambientación y ecología, esta minería se realiza principalmente en los puertos mineros como Ponce Enríquez, Portovelo, Nambija entre otras (Sandoval, 2001).

1.1.2 Minería submarina o por dragado.

Ocurre cuando se draga o se extrae cierta cantidad de agua, que sean éstas poco profundas de no más de 65 cm en las cuales se emplean cabezales de dragado y tubos de grandes extensiones, las minas por dragado se están modernizando ya que es una fuente más barata y el sedimento se recupera de una forma más rápida (Herrera, 2006).

Entre uno de los beneficios más importantes tenemos que el nivel de contaminación tanto para los trabajadores como para el medio ambiente es mucho menor que en comparación a la minería artesanal y de pequeña escala (Herrera, 2006).

1.2 Daños que causa en la salud la exposición a metales pesados.

La minería puede contener aspectos tanto positivos como negativos en nuestro medio, aunque por lo general se recalca el lado negativo, también hay muchos aspectos positivos como el hecho de que son una nueva fuente de desarrollo para el país. En cuanto se refiere a la salud, en las personas expuestas a metales tenemos que podrían ocasionar trastornos cutáneos que deben ser tratados adecuada y oportunamente, en otros casos también puede ocasionar daños en las vías respiratorias, alteraciones digestivas, daños hepáticos, entre otras que son irreversibles; siendo el más común cáncer de pulmón (Díaz, 2009).

1.2.1 Arsénico.

Este metaloide se distribuye principalmente en hígado, riñón, esqueleto y otros tejidos; su principal vía de eliminación es mediante la orina en el transcurso de 1 a 3 días (Torres Nerio, 2005). El consumo de agua de pozos y ríos con altas concentraciones de As afecta en gran número a poblaciones rurales y zonas mineras, como consecuencia a su continua exposición se refleja de manera casi inmediata con la aparición de síntomas cardiopulmonares; además de presentar un cuadro gastroentérico grave con episodios de vómitos, dolor abdominal y diarrea. También puede haber una insuficiencia hepática y renal y el fallecimiento por fallo multiorgánico. Por último se pueden presentar trastornos cutáneos y posibilidades de Cáncer en Piel, Pulmón, Riñones e Hígado (Carabantes & Fernicola, 2003).

El arsénico inorgánico se encuentra naturalmente en el suelo y en muchos tipos de rocas, especialmente en minerales que contienen cobre o plomo. Cuando estos minerales se calientan en hornos, la mayor parte del arsénico se elimina a través de la chimenea en forma de un polvo fino que entra a la atmósfera. Las fundiciones pueden recuperar este polvo y remover el arsénico en la forma de un compuesto llamado trióxido de arsénico. Los compuestos orgánicos de arsénico, aun se usan como plaguicidas, principalmente en algodón. Algunos compuestos orgánicos de arsénico se usan como suplementos en alimentos para animales. El uso más extenso de las aleaciones de arsénico es en baterías para automóviles (ATSDR, 2007).

La exposición a niveles elevados de arsénico inorgánico puede deberse a varias causas, como el consumo de agua contaminada, consumo de tabaco, ingesta de alimentos que tienen

presencia de As como: pescados, mariscos, carnes, aves de corral, productos lácteos y cereales; aunque la exposición a través de estos alimentos suele ser muy inferior a la que se da a través de aguas subterráneas contaminadas utilizada en la minería. En el marisco, el arsénico está presente principalmente en su forma orgánica menos tóxica (Oyanedel, 2015).

En la minería se emplea el arsénico para los procesos de fundición del cobre siendo esta la principal vía de exposición para sus trabajadores, mientras que para las zonas aledañas la fuente de contaminación son los desechos utilizados en los trabajos mineros que no son tratados antes de su eliminación y los vapores emitidos en el momento de la fundición; además se menciona que en la actualidad se está tratando de eliminar el uso de este metal por su elevado nivel de toxicidad (Enriquez, 2013).

Banza C, Nawrot T, et al., 2009 analizaron arsénico en 351 muestras de orina en la población de Katanga (Congo) observando valores más elevados en personas con mayor proximidad a la zona minera; sin embargo, los datos obtenidos se encontraron incluidos entre los valores de referencia para la población general americana propuesto por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC).

1.2.2 Plomo.

Es uno de los metales más ampliamente distribuidos en la tierra ya sea este de forma natural, o como consecuencia de su uso industrial; ingresa al organismo a través de la vía respiratoria y/o gastrointestinal, este no se absorbe en el intestino y se excreta en heces y en orina; posee una lenta excreción la cual acentúa su carácter acumulativo, cuya vida media es aproximadamente de 10 días. Entre los principales daños en la salud que puede ocasionar el plomo en nuestro organismo se encuentran el saturnismo que es una intoxicación crónica la cual tiene una sintomatología variada como: cefalea, que es la principal sintomatología acompañada de insomnio e irritabilidad, alteración gastrointestinal y daños en el riñón que podría llegar a producir insuficiencia renal. (Infantas, 2005).

Este metal existe en forma inorgánica y orgánica. La forma inorgánica puede encontrarse en las pinturas, tierra, polvo y en otros productos de manufactura. Los gases de la combustión de la gasolina, a la que se le ha agregado plomo, contiene la forma orgánica del metal (plomo tetra etilo); nuestro cuerpo absorbe esta forma más fácilmente, por lo que resulta más tóxica que la forma inorgánica (Poma P., 2008).

Una vez dentro del cuerpo, el Pb se distribuye hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. El plomo que se encuentra en los huesos de personas que han sido altamente expuestas, puede volver a circular por la

sangre durante el embarazo, por lo que implicaría riesgo para el feto. Los niños con desnutrición son más vulnerables al plomo porque su organismo al carecer de otros nutrientes como el calcio absorbe en mayor cantidad este metal (Infantas, 2005).

En la minería el plomo se lo utiliza para los procesos de fundición y precipitación siendo estas el grado más alto de exposición al cual el trabajador está expuesto a dicho metal, mientras que para las personas que se encuentran habitando en los alrededores, la forma de exposición sería mediante el proceso de la fundición ya que aquí quedan en el aire partículas de plomo (ELIKA, 2013).

Villalba Molina, 2015; cita un estudio llevado a cabo en Katanga (Congo) zona de intensa actividad minera, aquí se analizaron niveles de Pb en muestras de orina las cuales 132 de los sujetos se encontraban a más de 3 km de distancia con relación a la zona minera, y 179 residían a menos de 3 km; se observaron resultados significativamente mayores en la población que residía en la zona minera, sin embargo todos los valores obtenidos fueron inferiores a los valores de referencia descritos por la población general americana propuesto por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC).

1.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA).

Esta técnica se la utiliza para determinar y detectar cuantitativamente la concentración de un metal en una determinada muestra, ayuda a medir la concentración de más de 67 metales diferentes y minerales en una solución. Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular (Chihuahua, 2000).

En EAA se emplean lámparas específicas dependiendo del elemento que se va a determinar, estas son capaces de emitir una línea atómica característica. Existen dos tipos fundamentales: lámparas de cátodo hueco (LCH) utilizadas en la Espectrofotometría de Absorción Atómica por llama y lámparas de descarga sin electrodos (EDL) empleadas en Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito y Espectrofotometría de Absorción Atómica por generador de hidruros (Chihuahua, 2000).

En las lámparas de cátodo hueco, el ánodo y el cátodo se encuentran en un cilindro de vidrio sellado y lleno de neón o argón. El extremo del cilindro está compuesto de una ventana de cuarzo, transparente a la radiación emitida. Cuando se aplica una diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo constituido por el elemento que queremos (Rocha, 2010).

En las lámparas de descarga sin electrodos, una pequeña cantidad del elemento, se encuentra sellada en el interior de un bulbo de cuarzo colocado dentro de un cilindro cerámico sobre el que se enrolla la antena de un generador de radio-frecuencia. Cuando se aplica un

campo de radio-frecuencia, la energía asociada a él hará que se vaporicen y exciten los átomos en el interior del bulbo, emitiendo su espectro característico (Rocha, 2010).

En la figura 1 se muestra una representación de las partes del Espectrofotómetro por Absorción Atómica por las que pasa la solución en su respectivo orden, para que al final podamos obtener un resultado confiable de la cantidad de trazas del metal analizado presente en la muestra.

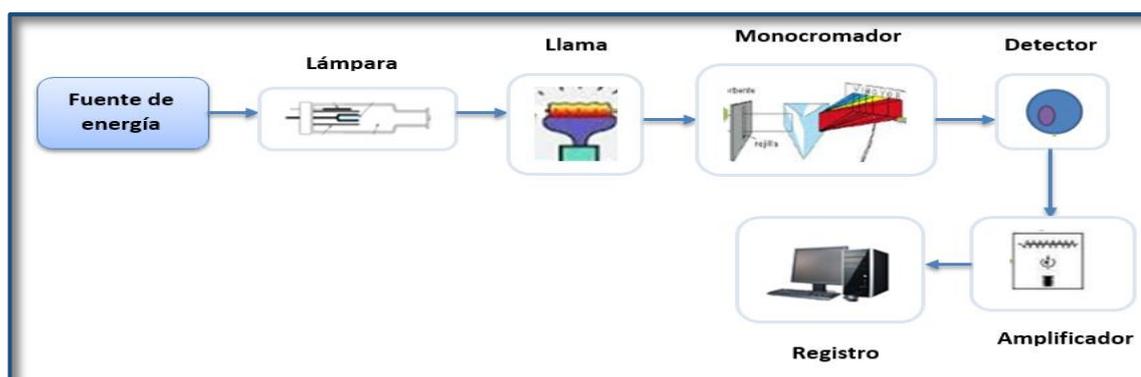


Figura 1: Esquema de instrumentación de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Fuente: Rocha. (2010)

Elaboración: Espinosa, S. (2017)

1.3.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito.

La Espectrofotometría de Absorción Atómica de horno de grafito es también conocida como espectrometría de absorción atómica electrotérmica (Rocha, 2010). El principio del método, se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento ($\lambda = 193,7$ nm para el As), siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presentes. Involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente conformada por átomos libre (Rodríguez Ivana, 2012).

Este método nos permite utilizar pequeñas cantidades de la muestra para la determinación de trazas de elementos en diferentes tipos de sustancias como en los alimentos, orina, aguas y petróleos. Además tiene bajo costo y tiene pocas interferencias espectrales a la hora del análisis (Rocha, 2010).

Un horno de grafito ideal debe cumplir los siguientes requisitos: (Rocha, 2010)

- Una temperatura constante en el tiempo y el espacio durante el intervalo en que los átomos libres se producen.
- La formación de átomos cuantitativos independientemente de la composición de la muestra.
- Alta sensibilidad y buenos límites de detección.

Por lo general se analizan muestras de material biológico como: sangre, orina, biopsias hepáticas, entre otras. Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos y en aguas de bebida (determinación de la presencia de Cu, Pb, As, Hg, etc.) (Rocha, 2010).

1.3.2 Espectrofotometría de Absorción Atómica por Llama.

Su función es convertir los átomos combinados de la muestra en átomos en estado fundamental, para ello es necesario suministrar a las muestras una cantidad de energía suficiente para disociar las moléculas, romper sus enlaces y llevar los átomos al estado fundamental (Chihuahua, 2000).

Inicia con el proceso de atomización el cual consiste en la descomposición de la muestra en átomos. Este método nos ayuda a determinar concentraciones relativamente altas (niveles de ppm), aquí se usa temperaturas elevadas entre 2000 y 6000 °C (Chihuahua, 2000).

1.3.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica por generador de hidruros.

En nuestro medio encontramos elementos que nos resulta difícil detectar o volatilizar mediante el método de llama u horno. Para estos elementos se utiliza la técnica de generación de hidruros, ya sea formando el hidruro metálico del elemento (As, Bi, Se y Te) o directamente vapores como en el caso del Hg en el cual se utilizara una cámara de cuarzo calentada a una temperatura de unos 1000 °C, llegando a detectarse niveles de unos pocos ppb (D. A. Skoog, F. J. Holler, 2000).

Esta técnica es 5 o 10 veces más sensible comparada con el horno de grafito. Es posible aislar completamente el elemento de las sustancias que acompañan la muestra. Esto tiene como consecuencia que casi no se tengan interferencias por efecto de matriz (D. A. Skoog, F. J. Holler, 2000).

1.4 Muestra biológica: orina.

La orina ha sido utilizada para analizar biomarcadores de diferentes enfermedades, además, el uso de esta matriz se prefiere porque la obtención resulta menos traumática para el paciente, ofrece una cantidad adecuada para llevar a cabo el análisis pertinente y proporciona los mejores resultados ante exposiciones recientes a dichos metales (Carabantes & Fernicola, 2003). La obtención de la muestra de aproximadamente 100 ml se la realiza en horas de la mañana; después de la recolección de la muestra de orina esta debe ser analizada dentro de un lapso de treinta minutos, con la finalidad de evitar que se altere su composición (degradación de moléculas); cuando no es posible cumplir ese plazo, se debe almacenar la muestra a 4 °C; antes de proceder al análisis de la muestra, ésta debe ser descongelada a temperatura ambiente (18-30 °C) y homogenizada (Tirado et al., 2015).

Existen factores de error en el momento de almacenar y transportar las muestras; razón por la cual se debe tratar de evitar al máximo este tipo de percances; para lo cual cada frasco de la matriz (orina) recolectada debe estar perfectamente cerrada; con la finalidad de impedir derrame de la muestra o evaporación de la misma, además debe estar previamente rotulada; finalmente en el momento de analizar la muestra se debe realizar con cuidado evitando así posibles contaminaciones cruzadas llegando a ocasionar resultados erróneos (Ramírez, 2006).

1.4.1 Niveles específicos de trazas de metales pesados.

1.4.1.1 Niveles normales de As y Pb en orina.

En la tabla 1 y tabla 2 se observa los valores de referencia en personas expuestas y no expuestas establecido por el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, España, y otros autores como Villanueva E, et al. 2005 que realiza un estudio en muestras de orina correspondientes a 60 personas obteniendo como resultado final valores inferiores a los de referencia expuestos en la tabla.

Aranguren F, et al. 2003 llevo a cabo el estudio de trazas de plomo en 42 muestras de orina, tomadas de personas con un alto grado de exposicion laboral, obteniendo como resultados valores que se encuentran dentro de los de referencia.

Tabla 1.Valores de referencia internacionales de Arsénico.

VALORES DE REFERENCIA	
Personas expuestas	Personas no expuestas
< 150 µg / L	0 –50 µg / L

Fuente: Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, España y Villanueva E, et al. (2005)

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Tabla 2. Valores de referencia internacionales de Plomo.

VALORES DE REFERENCIA	
Personas expuestas	Personas no expuestas
<50 µg / L	<40 µg / L

Fuente: Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, España y Aranguren F, et al. (2003)

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

1.4.2 Tratamiento de la muestra

Una vez recolectadas las muestras se deberá procesarlas; se necesita preparar estándares para cada metal con sus respectivas concentraciones que nos ayudaran a establecer una curva de calibración óptima para procesar las muestras de interés; dichos estándares se los colocara en el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica junto con las muestras, en el caso del arsénico y plomo se los determinara mediante EAA por horno de grafito método utilizado en este caso por su elevado nivel de sensibilidad.

Ramirez, 2013 y Marquez , 2012; desarrollaron estudios en personas con exposición ocupacional de arsénico y plomo en orina respectivamente, los cuales nos mencionan que la metodología de su elección fue la de EAA por horno de grafito.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Esquema general de metodología.

En la figura 2 se muestra el esquema en una forma general de la metodología utilizada en la presente investigación.

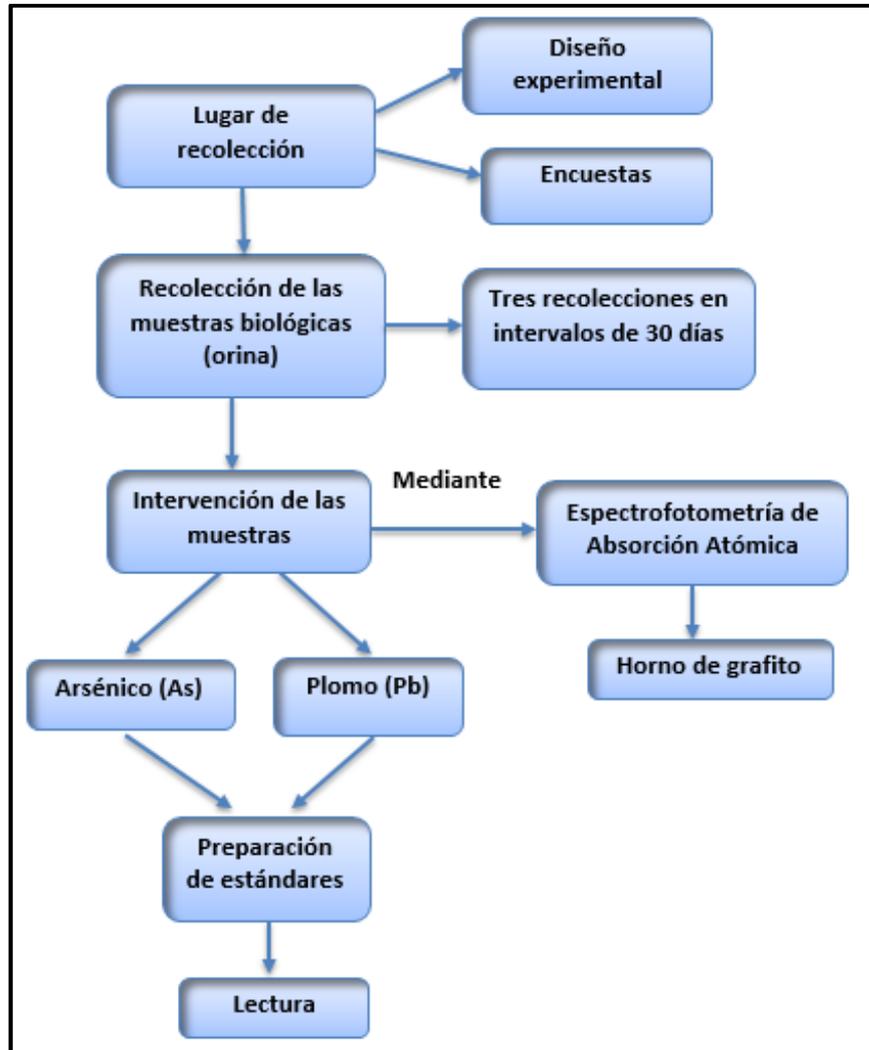


Figura 2: Esquema general de la metodología.
Fuente: Espinosa, S. (2017)
Elaboración: Espinosa, S. (2017)

2.2 Área de estudio

El sector minero se ha convertido en un icono importante para el desarrollo de la economía ecuatoriana; realizando la minería artesanal por mucho tiempo como, donde se concentran la mayor cantidad de personas que se dedican a la extracción de metales; ya que no existe un control estricto por parte de las entidades competentes. En un reporte minero realizado por el Banco Central del Ecuador, 2017 menciona que la provincia de Zamora Chinchipe se ubica en

el sexto lugar a nivel nacional entre las provincias con mayor concentración de habitantes dedicados a la minería artesanal (2242 habitantes); razón por la cual esta investigación selecciono el cantón Zamora, parroquia Cumbaratza, comunidad de Nambija como área de estudio, localizada al suroeste de la provincia Zamora Chinchipe.

2.3 Descripción de la población.

En el presente trabajo de investigación participaron 30 personas; de las cuales se dividieron en: 15 personas que conformaron la zona A, 10 la zona B y 5 correspondientes a la zona C. En la figura 3 se observa el área de recolección de las muestras. Como dato de gran importancia en la investigación tenemos que la distancia entre la Zona A y la Zona B es de 100 metros mientras que la distancia de las dos primeras zonas con respecto a la Zona C es de 35 Km.



Figura 3: Área de recolección de las muestras.

Fuente: Google maps.org

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

2.4 Criterios de inclusión y exclusión.

Como requisito para la obtención de las 30 muestras se pidió con anticipación a cada voluntario de las tres zonas en estudio se nos conceda un permiso de consentimiento firmado (Anexo 1); además del permiso respectivo del dueño de la minera, indicando que el nombre y ubicación exacta de la misma no se dará a conocer (Anexo 2).

Para la selección de las personas que se involucrarían en la investigación se realizó una encuesta previa (Anexo 3) las cuales debían cumplir con los parámetros que requiere el proyecto.

La tabla 3 muestra el diseño experimental que se consideró para la selección de los participantes.

Tabla 3. Diseño experimental tomado en cuenta para las encuestas.

DISEÑO FACTORIAL POR ZONAS	VARIABLES	NIVELES
ZONA A	Edad	20-30
		30-50
	Años de trabajo	2- 10
		+ de 10
ZONA B	Edad	20-30
		30-50
	Años de vivienda	2-10
		+ de 10
ZONA C	Edad	20-40

Fuente: Espinosa, S. (2017)

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Zona A

- ❖ **Criterios de inclusión:** Trabajadores de la empresa minera y tener más de dos años dedicándose a la minería.

Zona B

- ❖ **Criterios de inclusión:** no deben dedicarse a la explotación minera, tener más de dos años viviendo en Nambija.
- ❖ **Criterios de exclusión:** Personas que se dediquen a la minería.

Zona C

- ❖ **Criterios de inclusión:** que vivan en el cantón Zamora.
- ❖ **Criterios de exclusión:** personas que se dediquen a la minería.

2.5 Recolección de la muestra.

La recolección se realizó 3 veces en intervalos de 30 días al mismo grupo de personas, con la finalidad de dar un seguimiento y establecer una comparación entre cada recolección.

La muestra biológica se la recolecto en recipientes de polietileno estériles en horas de la mañana, cada recipiente se les entrego el mismo día de la recolección a cada persona; el medio donde se almacenaron y transportaron las muestras fue en un recipiente cooler con

refrigerantes, que ayudaron a mantener las muestras a una temperatura de 4 °C hasta su análisis.

2.6 Tratamiento de la matriz biológica.

2.6.1 Análisis de trazas de arsénico (As) en muestras de orina.

La figura 4 nos muestra el esquema para el análisis de trazas de arsénico en muestras de orina la cual de acuerdo a la metodología realizada por Villalba Molina, 2015 se utiliza la muestra problema directamente sin digestión alguna; con estándares establecidos por el operario, los cuales fueron de 10, 20, 40 y 60 ppb. Para la preparación de los mismos se utilizó la solución madre que es un estándar certificado y tiene una concentración de 1000 ppb, a partir de esta se realizó los estándares antes mencionados con volúmenes de la solución inicial establecidos mediante cálculos (Anexo 4), como blanco se empleó ácido nítrico puro al 5%.

Para la detección de trazas de arsénico utilizamos la Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito que requiere argón y una lámpara de descarga sin electrodos, ésta debe tener una energía mínima de 50 con esto alcanzará temperaturas de 2600 °C; en este método no se requiere gran cantidad de muestra ya que el equipo solamente utiliza 10 µl de la solución, facilitándonos realizar tres repeticiones por cada muestra lo que ayudó a corroborar los valores en cada repetición.

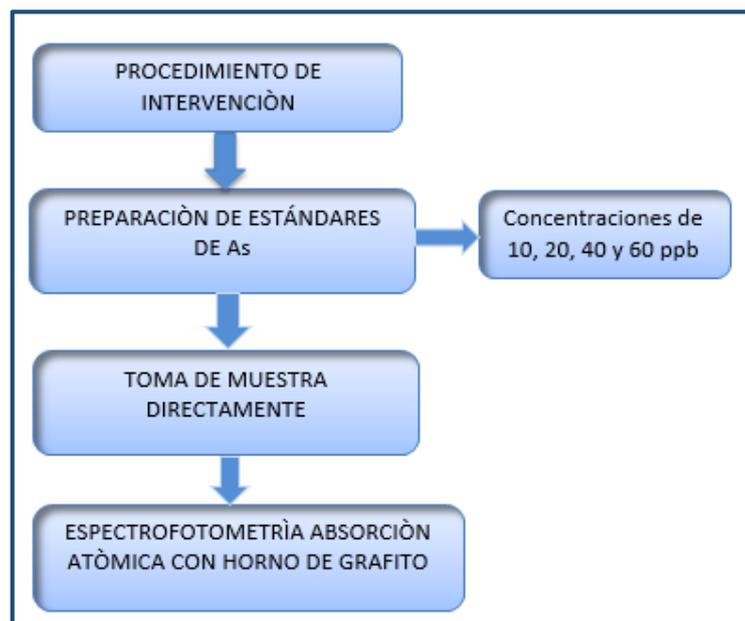


Figura 4: Esquema de análisis de intervención de trazas de As en orina.

Fuente: Espinosa, S. (2017)

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

2.6.2 Análisis de trazas de plomo (Pb) en muestras de orina.

La figura 5 muestra el esquema para el análisis de trazas de plomo en muestras de orina la cual de acuerdo a la metodología realizada por Marquez Estevez, 2012 se utiliza la muestra problema sin digerir, con estándares establecidos por el operario los cuales fueron de 10, 20, 40 y 60 ppb. Para la preparación de los mismos se utilizò la solución madre que es un estandar certificado y tiene una concentración de 1000 ppb a partir de esta se realizò los estándares antes mencionados con volúmenes de la solución inicial establecidos mediante cálculos (Anexo 5), como blanco se empleo ácido nítrico puro al 5%.

Para la detección de trazas de plomo utilizamos la Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito el cual requiere argón y una lámpara de descarga sin electrodos, esta debe tener una energía mínima de 50 con esto alcanzara temperaturas de 2600 °C; en este método no se requiere gran cantidad de muestra ya que el equipo solamente utiliza 10 µl de la solución, en nuestro se realizò tres repeticiones por cada muestra lo que nos ayudò a corroborar los valores.

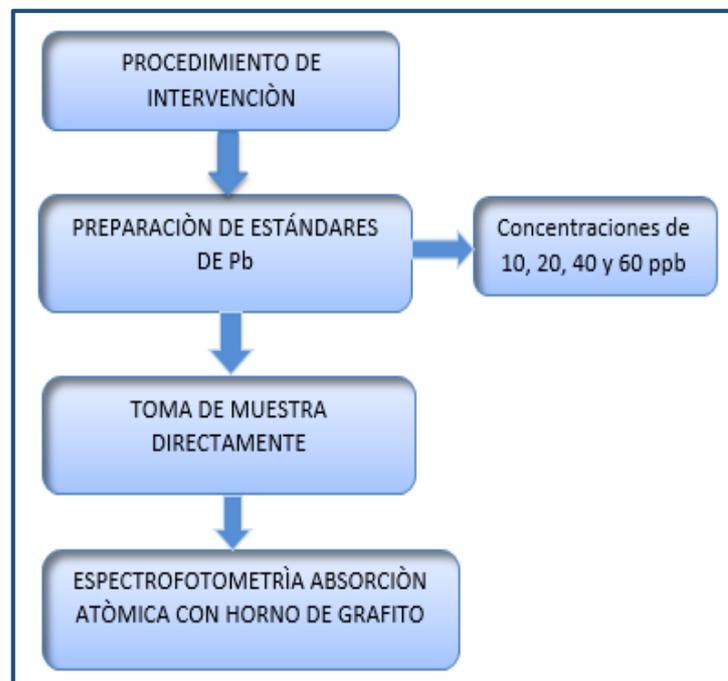


Figura 5: Esquema de análisis de intervención de trazas de Pb en orina.

Fuente: Espinosa, S. (2017)

Elaboración: Espinosa, S. (2017)

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Comparación de trazas de metales entre zonas.

3.1.1 Promedios trazas de arsénico.

La figura 6 muestra los resultados de trazas de arsénico obtenidos en la primera recolección correspondiente a cada zona, llevada a cabo el 02 de mayo del 2017, en la que se observa una gran diferencia en la cantidad de metal encontrada en la zona A, la cual es mucho mayor con respecto a las zonas B y C, sin embargo, se encuentran dentro de los valores de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Villanueva E, et al. 2005.

M.L. Suárez Solá, F.J. González-Delgado & Torre, 2004 indica que una vez absorbido el arsénico, éste se distribuirá por todo el cuerpo a través de la sangre, para luego ubicarse principalmente en el hígado y riñones pudiéndose detectar durante las próximas 24 o 48 horas luego de su exposición. Es de gran importancia considerar que los individuos de las zonas A y B, al encontrarse en una constante exposición laboral con los metales, éstos se irán acumulando en el organismo, pudiendo ocasionando síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico que incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares.

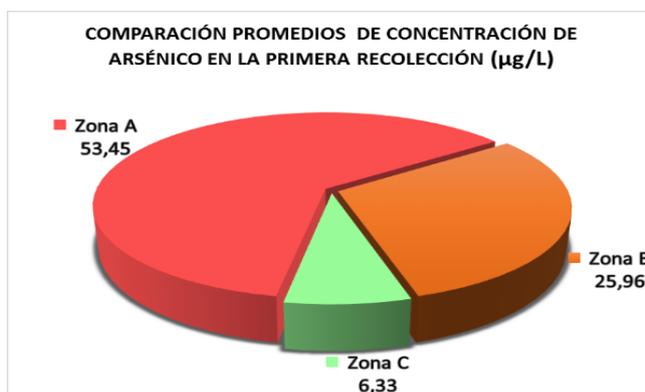


Figura 6: Gráfica de concentración de arsénico en la primera recolección.
Fuente: Espinosa, S. (2017).
Elaboración: Espinosa, S. (2017).

En la figura 7, se encuentran los resultados de trazas de arsénico en la segunda recolección realizada el 06 de junio del 2017, en la cual se presenta una mayor cantidad del metal en la zona B en relación a la encontrada en las zonas A y C, sin embargo estos valores al igual que en la primera recolección se encuentran dentro de los valores normales de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Villanueva E, et al. 2005. En este caso, se debe considerar las fases en las que se divide el trabajo en esta

empresa minera, las cuales son extracción y fundición; en el proceso de extracción los trabajadores no tienen contacto directo con el metal, solo con la tierra que sacan de las minas, la cual reservan para procesarla en posteriores días; a diferencia del proceso de fundición, donde tienen una mayor exposición al estar en contacto directo con vapores que emite este proceso y los químicos que aquí se utilizan, incrementando así el nivel de exposición. En esta recolección los trabajadores de la mina se encontraban extrayendo material por lo que su nivel de exposición era mínima y sus valores disminuyeron. En base a lo expuesto por Mejía, Carrizales, Rodríguez, Jiménez-Capdeville, & Díaz-Barriga, 1999 el trabajo realizado y la cantidad de exposición que se tenga con el mismo va a contribuir para una mayor o menor concentración de arsénico.

Como se observa en la gráfica el valor de la zona C es más alta que la Zona A, este valor depende únicamente por factores de exposición ajenas a la minería como por ejemplo: consumo excesivo de mariscos, exposición reciente a plaguicidas, insecticidas, consumo de agua contaminada, tabaco entre otros factores (Galvao & Corey, 1997).

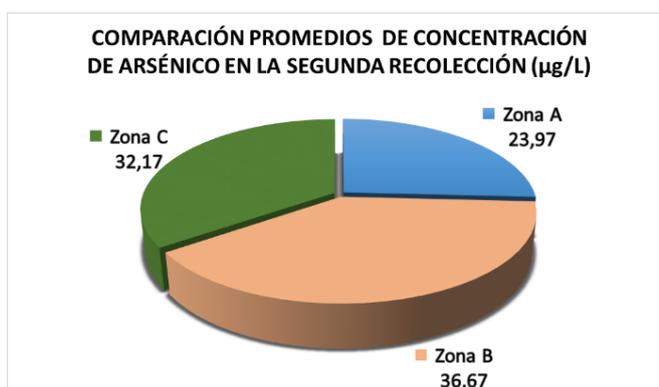


Figura 7: Gráfica de concentración de arsénico en la segunda recolección.
Fuente: Espinosa, S. (2017).
Elaboración: Espinosa, S. (2017).

La figura 8, muestra un promedio del total de trazas del metal en estudio en la tercera recolección realizada el 04 de julio del 2017, presentando valores mucho más altos en la zona A con respecto a las zonas B y C, sin embargo estos valores al igual que en las dos recolecciones anteriores se encuentran dentro de los valores normales de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Villanueva E, et al. 2005. En esta última recolección al igual que en la primera los trabajadores de la minera se encontraban procesando los metales, trabajo que lo hacían cada 15 o 20 días estando así en una mayor exposición al metal, influyendo así en los valores finales (Mejía et al., 1999). Con respecto a la zona B la cantidad de trazas encontradas no tuvieron gran diferencia en cada recolección.



Figura 8: Gráfica de concentración de arsénico en la tercera recolección.
Fuente: Espinosa, S. (2017).
Elaboración: Espinosa, S. (2017).

En base a estudios realizados en Perú por Astete, Gastañaga, & Pérez, 2014 a poblaciones expuestas que presentaban un entorno similar al de los individuos presentes en esta investigación, a los cuales se les dio un seguimiento más prolongado presentaron valores de arsénico que se encuentra dentro de los de referencia en orina, al igual que los aquí expuestos; siendo un resultado favorable para la población en general sin olvidarnos que estos metales al irse acumulando en el organismo van a ir ocasionando daños cada vez más graves.

3.1.2 Promedios trazas de plomo.

En la figura 9, se muestra el resultado de los promedios de trazas de plomo obtenidos en la primera recolección tomada el 02 de mayo del 2017, aquí se encuentran valores relativamente similares en las tres zonas en estudio, siendo estos valores inferiores a los establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003. Es de consideración tomar en cuenta para el caso del plomo la información brindada por los trabajadores de dicha mina, la cual nos dieron a conocer que en la minera no trabajaban directamente con dicho metal, en este caso la forma de contaminación sería de forma indirecta en el momento de fundición, cuando se realizan detonaciones o al estar en contacto con la tierra, conociendo que al ser una minera artesanal no cuentan con las protecciones adecuadas como guantes o mascarillas aumentando así su contacto (Guía comunitaria para la salud ambiental, 2011)(Brundtland, 2005).

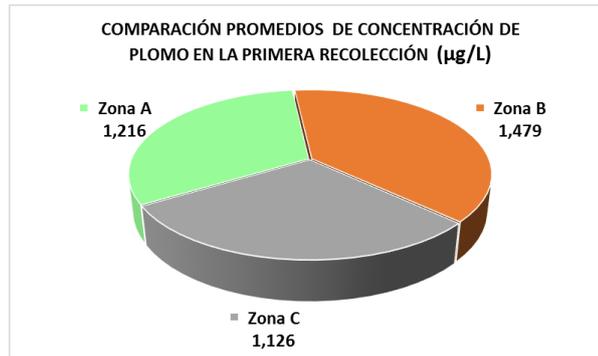


Figura 9: Gráfica de concentración de plomo en la primera recolección.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

En la figura 10 se encuentran los valores de plomo correspondientes a la segunda recolección tomada el 06 de junio del 2017, en este caso se presentó un valor más alto en la zona B con relación a las zonas A y C, sin embargo se encuentran dentro de los valores normales de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003. En el caso del plomo se refiere a una exposición ambiental, principalmente por una contaminación de aire, suelo y agua. Para que se dé una intoxicación por plomo no se necesita de una gran exposición ya que el organismo lo acumula (Danatro et al., n.d.).

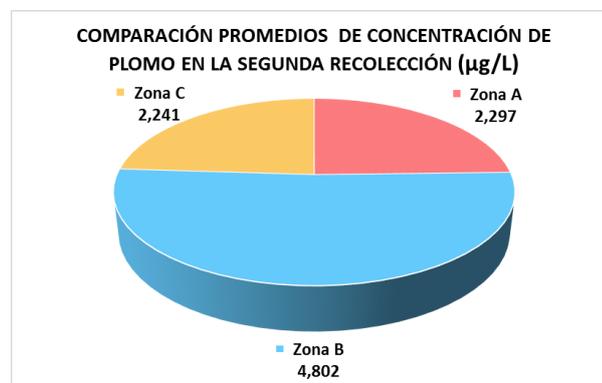


Figura 10: Gráfica de concentración de plomo en la segunda recolección.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

La figura 11 presenta el promedio de plomo por zonas de la tercera recolección tomada el 04 de julio del 2017, la cual nos indica que se encuentra una mayor concentración en la zona A con respecto a las otras zonas, aunque la diferencia es mínima hay que recordar que el organismo lo acumula. Los promedios en esta recolección se encuentran dentro de los valores normales de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003.

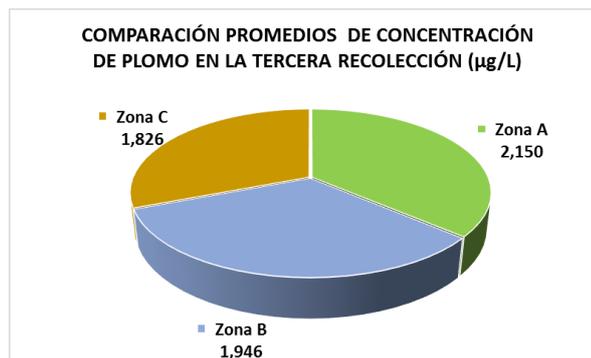


Figura 11: Gráfica de concentración de plomo en la tercera recolección.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Villalba Molina, 2015 cita un estudio realizado con residestes de Australia Occidental durante al menos un año, en el cual participaron 37 individuos que presentaban altas exposiciones ambientales al plomo; sin embargo el resultado aquí obtenido fue de 1 µg / L encontrándose así dentro de los valores de referencia.

3.2 Comparación entre recolecciones.

3.2.1 Promedio valores de arsénico.

En la figura 12 se encuentran los promedios totales de arsénico en cada recolección, los cuales indican que en la primera recolección se presentó la mayor cantidad de arsénico en las muestras, viéndose disminuido el valor en cada recolección.

Los valores se encuentran por debajo de los ya establecidos; una de las causas por las que posiblemente fueron disminuyendo las trazas de dicho metal podría ser porque en cada visita realizada para la toma de muestras se brindó información sobre los daños irreversibles en la salud y el tipo de prevención que se puede tomar; al concientizar a la población estos valores fueron disminuyendo (Tirado et al., 2015). Conociendo que la orina, la cual fue la muestra biológica utilizada para el proyecto se detecta exposiciones recientes, por esta razón los valores encontrados iban disminuyendo progresivamente en cada recolección (Marquez Estevez, 2012).



Figura 12: Gráfica comparativa de promedios de arsénico entre recolecciones.
Fuente: Espinosa, S. (2017).
Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Villalba Molina, 2015, llevó a cabo una investigación en la cual se midieron los niveles de arsénico en orina, las personas que participaron se encontraban viviendo en ambientes contaminados y con una exposición relativamente alta; presentando valores por debajo del límite de detección al igual que los voluntarios que formaron parte de la presente investigación.

Es de suma importancia mencionar el hecho de que el 100% de las personas que forman parte de las zonas A y B consumen el agua del río lugar donde se desechan el agua contaminada de la planta minera sin ningún tipo de procedimiento previo.

3.2.2 Promedio valores de plomo.

En la figura 13 se presentan los promedios totales de plomo encontrados en cada recolección, aquí se observa el valor más alto en la segunda recolección, pero al igual que en el arsénico estos valores son inferiores a los establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003. Como ya se mencionó, en la segunda recolección los empleados de la empresa minera se encontraban en el proceso de fundición, ocasionando así un grado de exposición más alto tanto para ellos como para las personas de la zona B.

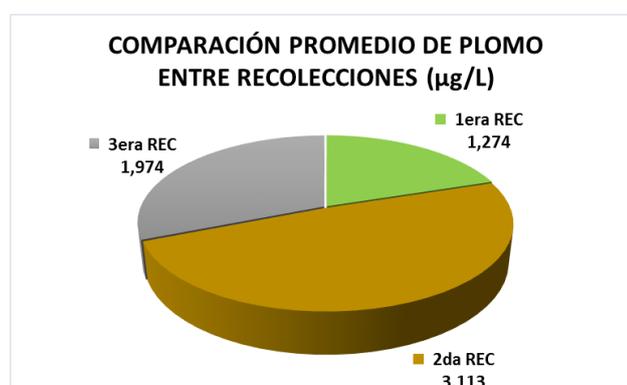


Figura 13: Gráfica comparativa de promedios de plomo entre recolecciones.
Fuente: Espinosa, S. (2017).
Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Marquez Estevez, 2012, realizó una investigación de diversos metales, entre los cuales se encontraba el plomo presente en la orina de una población medianamente expuesta a actividades industriales, presentando valores inferiores a los establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003.

3.3 Comparación de trazas de metales entre individuos.

3.3.1 Promedios de arsénico y plomo en individuos de la zona A.

La figura 14 muestra los promedios totales de arsénico presente en cada individuo (ANEXO 7), considerando que el valor normal de referencia para personas expuestas es de $<150 \mu\text{g} / \text{L}$ establecido por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Villanueva E, et al. 2005. Al observar los resultados encontrados en los individuos de la zona A, estos en su totalidad presentan valores inferiores a los de referencia, siendo el valor mayor de $99,16 \mu\text{g} / \text{L}$ correspondiente al individuo A1.

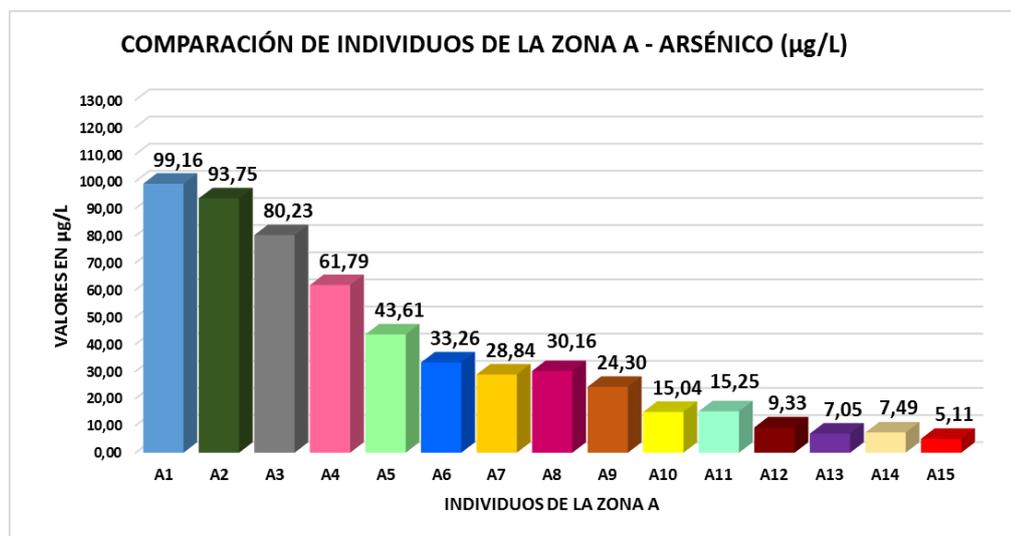


Figura 14: Representación de promedios totales de arsénico correspondiente a cada individuo de la zona A.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

La figura 15 presenta los promedios totales de plomo presente en cada individuo (ANEXO 8), considerando que el valor normal de referencia para personas expuestas es $< 50 \mu\text{g} / \text{L}$ establecido por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003. Al observar los resultados encontrados en los individuos de la zona A, el 100% presentan valores inferiores a los de referencia siendo el valor mayor de $4,82 \mu\text{g} / \text{L}$ correspondiente al individuo A1.

Es de suma importancia mencionar el alto grado de relación que tienen los valores obtenidos de arsénico y plomo con los años de trabajo de cada individuo, ya que mientras mayor sea la cantidad de años que tienen contacto con dichos metales; Como se muestra en la gráfica; los individuos del A1 al A5 son personas que tienen más de 10 años de trabajo y del A6 al A15 de 2 a 10 años ejerciendo labores relacionadas a la minería. Por último, se debe mencionar que la edad de la persona también tiene relación con la presencia del metal en el caso de la zona A, ya que está relacionada con los años de trabajo; en este parámetro se consideró personas de 30-50 años que lo conforman los individuos del A1 al A6 y con edades comprendidas entre los 20-30 años las personas del A7 al A15.

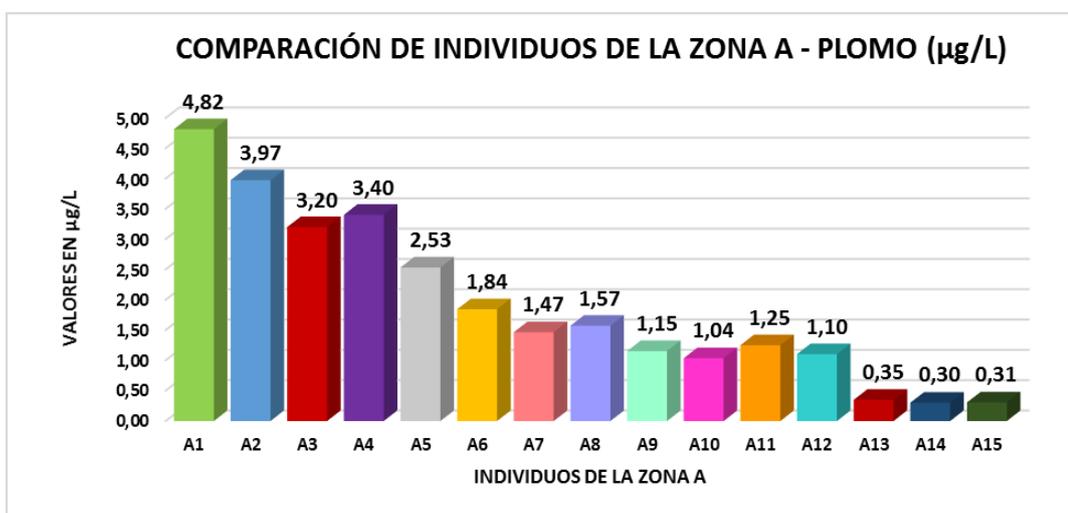


Figura 15: Representación de promedios totales de plomo correspondiente a cada individuo de la zona A.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

En un estudio realizado por Carrizales, Batres, Ortiz, Mejía, & Yáñez, 1999, en el cual investiga la presencia de arsénico en niños de diferentes edades los cuales habitan en una comunidad metalúrgica, se encontró con valores que estaban directamente relacionados con los años de los niños ya que mientras más edad tenían mayor era la cantidad de metal que presentaban.

Hansen et al., 1999 y Jiménez-Gutiérrez, Romieu, & Ramírez-Sánchez, 1999, realizaron un estudio de la presencia de plomo en niños, encontrándose una relación con la edad, ya que aquí se determinaba la cantidad a la que habían estado expuestos; considerando estas dos investigaciones se encontró una relación directa con este proyecto ya que los mineros mientras más años tenían, mayor era la cantidad de tiempo que llevaban expuestos y la concentración de estos dos metales iban a ser mayores.

3.3.2 Promedios de arsénico y plomo en individuos de la zona B.

La figura 16 muestra los promedios totales de arsénico presente en cada individuo correspondiente a la zona B (ANEXO 9), considerando que el valor normal de referencia para personas expuestas es de $< 150 \mu\text{g} / \text{L}$ establecido por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Villanueva E, et al. 2005. En este caso los individuos del B2 al B10 presentan valores inferiores a los de referencia.

En el caso de la zona B; además de considerarse como factor determinante los años que llevan habitando cerca del sector minero en estudio, es de gran relevancia tomar en cuenta la distancia a la que se encuentra viviendo cada individuo. Enfocándonos en los años de vivienda, nos indica que del B1 al B6 llevan viviendo más de 10 años, a diferencia de las personas que conforman del B7 al B10 que llevan viviendo de 2 a 10 años. En el caso del individuo B1, quien es el único que presenta un promedio total de trazas de arsénico superiores al de referencia, se debe considerar la distancia en la que se sitúa su vivienda en relación a la minera la cual es de 100 metros, como un factor que puede estar influyendo para que presente este valor, siendo ésta la que más cerca se encuentra de la planta minera; además, que una fuente de ingreso adicional es el de procesar los residuos que se desecha de la minería, actividad que la lleva haciendo hace ya varios años y sin ningún tipo de cuidado ni protección. (Brundtland, 2005) Ahora analizando de manera general toda la gráfica y enfocándonos en la distancia de la vivienda de cada individuo con relación a la minera, cabe mencionar que la cantidad de trazas de arsénico va disminuyendo cuanto más alejados se encuentran de la misma, terminando con B10 que está a una distancia de 1 km, aproximadamente.

En este caso tanto los años que llevan habitando en el lugar como la distancia a la que se encuentran sus viviendas en relación a la minera, marcaron un factor relevante para la cantidad de arsénico que fue detectada en cada individuo.

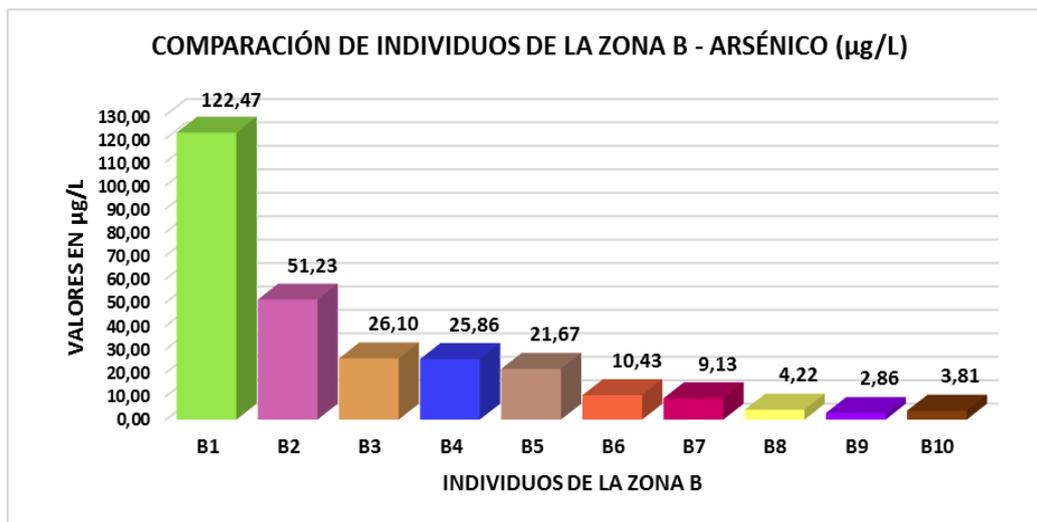


Figura 16: Representación de promedios totales de arsénico correspondiente a cada individuo de la zona B.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

La figura 17 presenta los promedios totales de plomo presente en cada individuo que conforman la zona B (ANEXO 10), considerando que el valor normal de referencia para personas expuestas es $< 50 \mu\text{g} / \text{L}$ establecido por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España y Aranguren F, et al. 2003. Al observar los resultados encontrados en los individuos de la zona B, en su totalidad presentan valores inferiores a los de referencia siendo el valor mayor de $5,58 \mu\text{g} / \text{L}$ correspondiente al individuo B1.

Es de suma importancia mencionar que la concentración de trazas de plomo va a ir incrementando con la cantidad de años que llevan habitando cerca del sector minero, teniendo estos dos parámetros una estrecha relación, ya que mientras más años tengan contacto con las actividades mineras y sus residuos, mayor va a ser la cantidad de plomo presente en el organismo. Los individuos del B1 al B6 son personas que llevan más de 10 años viviendo cerca de plantaciones mineras; y del B7 al B10 llevan de 2 a 10 años viviendo en el lugar, cabe mencionar que conforme disminuye la cantidad de años también se ve disminuida la cantidad de dicho metal (Astete et al., 2010). La fuente de contaminación a la que están expuestas las personas en dicho lugar y por la cual podría estar en aumento de la concentración de plomo, sería por la exposición a los procesos de fundición de metal y residuos de la minera que no son eliminados de manera incorrecta directamente al río, del cual los habitantes toman para su consumo.

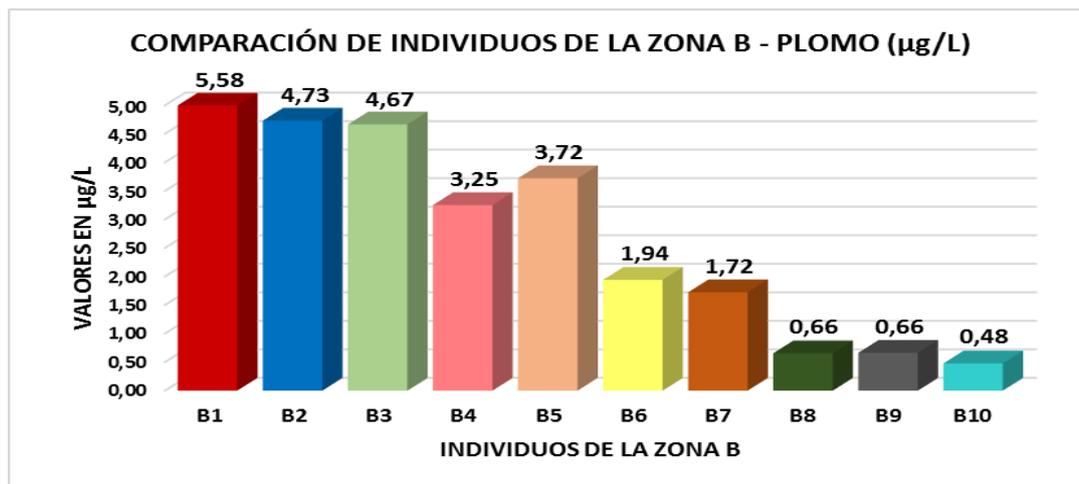


Figura 17: Representación de promedios totales de plomo correspondiente a cada individuo de la zona B.

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Considerando la investigación realizada por Plenge, 2012, el cual nos indica que la salud del ser humano está íntimamente relacionada con el medio que lo rodea, en este caso se habla del medio ambiente al que las personas están expuestas cuando están en contacto directo con la minería, aquí se refiere a que mientras más cerca se esté de una zona con alto grado de contaminación nuestro organismo se verá mayormente afectado de manera física, mental y social; como ocurre en la presente investigación que al estar más cerca de todos los trabajos mineros, mayor va a ser la exposición; viéndose reflejado en la cantidad de trazas de arsénico y plomo encontrados.

Ferrer, 2003, consideró que el plomo tiene múltiples fuentes de exposición, una de las que más se debe considerar como peligrosa y lamentablemente la más común es la presencia de plomo en el agua procedente de las tuberías, aunque sea en cantidades mínimas, al estar en un contacto diario se puede provocar una exposición crónica como en el caso de las personas que se encuentran viviendo en los alrededores de los lugares altamente expuestos. Por último, es importante mencionar que al acumularse el plomo en el organismo y dichas personas estar en contacto diario con más de una forma de contaminación, son más propensos a tener cantidades cada vez mayores de plomo.

Finalmente mencionaremos los promedios de trazas de arsénico y plomo obtenidos en la zona C correspondientes a las tres recolecciones, obteniendo los resultados esperados siendo estos menores a los establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España, Villanueva E, et al. 2005 y Aranguren F, et al. 2003 (ANEXO 11).

3.4 Promedio total de metales.

La tabla 4 presenta un promedio total de arsénico y plomo, aquí se incluyeron todos los valores que conformaron las tres recolecciones y las tres zonas en estudio; en base a los resultados expuestos en la tabla se observa que los valores se encuentran dentro de los valores normales establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España, Villanueva E, et al. 2005 y Aranguren F, et al. 2003. En el caso del arsénico el valor de referencia es $< 150 \mu\text{g} / \text{L}$ y el resultado obtenido fue de $26,46 \mu\text{g} / \text{L}$ siendo éste mucho menor que el de referencia; y en el caso del plomo su valor de referencia es de $< 50 \mu\text{g} / \text{L}$, obteniéndose un valor de $2,12 \mu\text{g} / \text{L}$ en la investigación; los dos metales en sus promedios totales se encuentran con valores óptimos considerando que las personas que colaboraron con este proyecto están totalmente expuestas a dichos metales.

Tabla 4. Promedios totales de arsénico y plomo de las tres recolecciones.

PROMEDIO TOTAL ARSENICO	26,46 $\mu\text{g} / \text{L}$
PROMEDIO TOTAL PLOMO	2,12 $\mu\text{g} / \text{L}$

Fuente: Espinosa, S. (2017).

Elaboración: Espinosa, S. (2017)

El promedio reflejado en la investigación, aunque son inferiores a los de referencia, es de suma importancia mencionar que los factores a los que están expuestos tanto los mineros como las personas que habitan en las zonas aledañas son muy graves, ya que no cuentan con las protecciones necesarias. Además se debe considerar que de manera individual las personas presentaron niveles altos de los metales en estudio y estos incrementaron con la cantidad de años de exposición y los años que llevan habitando cerca de la planta minera (Astete et al., 2009).

3.5 Análisis de varianza.

La investigación se inició realizando encuestas a 50 personas que se encuentran habitando las zonas en estudio, de las cuales 30 fueron las que cumplían con los parámetros establecidos, considerando el parámetro de mayor relevancia que debían tener más de 2 años trabajando en la minería en el caso de las de zona A y más de 2 años de vivienda en Nambija, los de la zona B. Los datos que se obtuvieron se tabularon mediante el uso del software Minitab versión 17 (ANEXO 6) en el cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia igual a 0.05; los mismos que dieron como resultado $P = 0,750$ con

respecto a la relación zona/edad y $P = 0,451$ en zona / años de trabajo y vivienda, la cual nos indica que al ser valores mayores a 0.05 se acepta la hipótesis nula.

CONCLUSIONES

- En la determinación de trazas de arsénico y plomo, se presentó que los promedios totales en las tres zonas en estudio, fueron inferiores a los límites de referencia establecidos por el Instituto de Salud e Higiene en el trabajo, España, Villanueva E, et al. 2005 y Aranguren F, et al. 2003.
- Considerando los valores resultantes tanto de arsénico como de plomo, en las tres zonas en estudio; indica que aunque el riesgo de contaminación y exposición es alto, no se vieron reflejados en los valores finales.
- Mediante el monitoreo a los trabajadores de la empresa minera que colaboraron en la investigación, al estar expuestos de manera ocupacional, aunque presentaron valores inferiores a los de referencia se debe considerar que tienen una exposición constante y una protección mínima, por ende sus concentraciones de metales pueden seguir aumentando.
- La zona B y C aunque no estén expuestos de una forma ocupacional si tienen una exposición ambiental; en la zona B principalmente mediante agua y aire los cuales representan un alto riesgo de contaminación; mientras que en la zona C la fuente de contaminación sería el agua.
- La presente investigación ayudo a establecer cuáles pueden ser las posibles fuentes de contaminación en cada zona, considerando el ambiente al que están expuestos; aumentando así su riesgo de presentar algún tipo de patología ligado a la exposición constante a dichos metales.

RECOMENDACIONES

- Se deberían realizar más investigaciones relacionadas a la minería en el Ecuador, enfocados en los daños que ocasiona tanto en el medio ambiente como en la salud, ya que a pesar de que Ecuador es considerado un país petrolero, en los últimos años se ha incrementado de una manera considerable la explotación minera.
- Realizar campañas de concientización, por parte de entidades de Salud Pública, dirigidas a toda la población que tengan contacto directo o indirecto con la minería; dando a conocer las enfermedades a las que están expuestos, formas de contaminación y tipos de prevención.
- Recomendar a las autoridades correspondientes, que se lleve un control más riguroso sobre los implementos de protección en mineros y sobre la forma en la que se procesan los desechos, ya que en muchos de los casos aquí presentados la principal forma de contaminación es por la exposición a desechos mal procesados por parte de la empresa minera.
- Se debe tomar en cuenta que la cantidad de trabajadores de la planta minera y habitantes que se encuentran viviendo a los alrededores de la misma son reducidos; considerándose este como un inconveniente al realizarse el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Ruiz, V. A. (2012). Determinación espectrofotométrica de plomo (II) con ditizona en solución micelar aniónica, (li), 54.
- Astete, J., Cáceres, W., Gastañaga, M. del C., Lucero, M., Sabastizagal, I., Oblitas, T., ... Rodríguez, F. (2009). Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 26(1), 15–19.
- Astete, J., del Carmen Gastañaga, M., Fiestas, V., Oblitas, T., Sabastizagal, I., Lucero, M., ... Suarez, M. (2010). Enfermedades transmisibles, salud mental y exposición a contaminantes ambientales en población aledaña al proyecto minero las bambas antes de la fase de explotación, Perú 2006. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 27(4), 512–519. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342010000400004>
- Astete, J., Gastañaga, M. del C., & Pérez, D. (2014). Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 31(4), 695–701.
- ATSDR. (2007). Resumen de Salud Pública Arsénico, 11.
- Banco Central del Ecuador. (2017). Reporte de minería.
- Banza C, Nawrot T , Haufroid V, Decrée S , De Putter T , Smolders E , Kabyla B, Luboya O, Ilunga A, Mutombo A, N. B. (2009). High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.04.012>
- Brundtland, G. (2005). Impacto ambiental de la actividad minera. *Ponencias Y Comunicaciones: impacto ambiental de la actividad minera*, 1–5. <https://doi.org/conocido como informe Brundtland>
- Carabantes, A. G., & Fernicola, N. A. G. G. (2003). Arsénico en agua de bebida: un problema de salud pública. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 39(4), 365–372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>
- Carrizales, L., Batres, L., Ortiz, M. D., Mejía, J., & Yáñez, L. (1999). Efectos en Salud Asociados con la Exposición a Residuos Peligrosos. *Scientiae Naturae*, (August 2016). Retrieved from <http://ambiental.uaslp.mx/docs/FDB-ResPeligrosos.pdf> ops
- Chihuahua, U. A. de. (2000). Espectrometría de absorción atómica. *Facultad de Ciencias*

- Quimicas*, 123–203. Retrieved from <http://pubs.iied.org/pdfs/G00721.pdf>
- D. A. Skoog, F. J. Holler, S. R. C. (2000). Espectrometría de absorción atómica. *Facultad de Ciencias Químicas*, 123–203.
- Danatro, D. D., Gomez, D. F., Laborde, D. A., Lopez, D. B., Perona, D. D., Spontón, D. F., ... Velazquez, D. V. (n.d.). Contaminación por plomo. *Informe Elaborado Por La Comisión de Salud Ocupacional Sindicato Médico Del Uruguay.*, (1), 1–12. Retrieved from <http://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo.pdf>
- Díaz, M. (2009). *Salud y Seguridad en Trabajos de Minería*.
- ELIKA. (2013). El Plomo, 1–5.
- Enriquez, E. (2013). Manual de Minería. *Estudios Mineros Del Perú*, 290.
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(SUPPL. 1), 141–153. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Galvao, L. A. C., & Corey, G. (1997). Arsénico.
- Garcia Ana. (2012). Determinacion de elementos de trazas y ultratrazas en muestras de suero, orina y sangre mediante ICP-MS.
- Guía comunitaria para la salud ambiental. (2011). La minería y la salud, 2, 470–497. Retrieved from http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap21.pdf
- Hansen, C., Buteler, R., Procopovich, E., Pagan, G., Diaz, B., Gait, N., ... Fulginiti, S. (1999). Niveles de plomo en sangre en niños de la ciudad de cordoba. *Buenos Aires*, 59, 167–170.
- Herrera, J. (2006). Métodos de la Minería a Cielo Abierto. *Métodos de La Minería a Cielo Abierto*, 119.
- Infantas, M. M. V. (2005). Intoxicación por plomo. *Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 18(1), 27. <https://doi.org/10.1016/B978-84-9113-015-4/00721-8>
- Jiménez-Gutiérrez, C., Romieu, I., & Ramírez-Sánchez, A. L. (1999). Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Pública de México*.
- M.L. Suárez Solá, F.J. González-Delgado, D. G. W., & Torre, C. R. A. y A. H. de la T. (2004). Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. *Cuadernos de Medicina Forense*, N° 35, 5–14. Retrieved from <http://scielo.isciii.es/pdf/cmfn35/Art01.pdf>

- Marquez Estevez, C. (2012). *Biomonitorización de cadmio, cromo, manganeso, níquel y plomo en muestras de sangre total, orina, vello axilar y saliva en una población laboral expuesta a metales pesados.*
- Mejía, J., Carrizales, L., Rodríguez, V. M., Jiménez-Capdeville, M. E., & Díaz-Barriga, F. (1999). Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud Pública de México*, 41, S132–S140. <https://doi.org/10.1590/S0036-36341999000800010>
- Oyanedel, N. (2015). Exposición laboral a arsénico, 10. Retrieved from <http://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaTécnica N° 024 Exposición Laboral a Arsénico.pdf>
- Plenge, F. O. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios : Un problema de salud pública. *Acta Méd. Peruana*, 29(1), 38–42.
- Poma P. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 69(Universidad Nacional Mayor de San Marcos Perú), 120–126.
- Ramirez, A. (2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico - Actualización bibliográfica para investigación científica. *Anales de La Facultad de Medicina*, 74(3), 237–247. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832013000300014&script=sci_arttext&tling=en
- Ramírez, A. V. (2006). Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. *Anales de La Facultad de Medicina de Lima - Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 67(1), 49–58.
- Rocha, E. (2010). Espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito y generador de hidruros, 90–100.
- Rodríguez Ivana. (2012). Investigación de arsénico en cabello de habitantes de la localidad de General Pico, La Pampa., 1–24.
- Sandoval, F. (2001). La Pequeña Minería en el Ecuador. *Mining, Minerals and Sustainable Development*, 75(75), 31. Retrieved from <http://pubs.iied.org/pdfs/G00721.pdf>
- Tirado, L., González, F., Martínez, L., Wilches, L., & Celedón, J. (2015). Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud Introducción. *Rev. Nac. Odontol.*, (June), 85. <https://doi.org/10.16925/od.v11i21.895>
- Torres Nerio, R. (2005). Diseño y aplicación de un programa de comunicación de riesgos para la salud ambiental infantil en un sitio contaminado con plomo y arsénico.

Villalba Molina, I. (2015). analisis de arsenico y metales pesados (cadmio, manganeso,mercurio y plomo) en orina y cabello de poblacion infantil residente el Huelva, I, 1–159.

ANEXOS

ANEXO 1

FORMATO PERMISO DE CONCENTIMIENTO INDIVIDUAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PERMISO DE CONSENTIMIENTO

Yo,..... con número de identificación..... Acepto participar en el estudio *“Determinación de trazas de metales pesados en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero”*, el cual es dirigido por la Mg. Natalí Solano, docente encargada. El proyecto en mención es patrocinado por la Universidad Técnica Particular de Loja como Trabajo de Fin de Titulación (TFT); llevado a cabo por las estudiantes: Bustos Claudia, Espinosa Sofía y Vélez Jenny.

Cabe mencionar que en el TFT no se mencionarán nombres de las personas, ni de la entidad donde se recolecta la muestra, únicamente se analizarán las muestras cuyos resultados se colocarán en la tesis.

.....
Firma

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 2

FORMATO PERMISO DE CONCENTIMIENTO PARA EL DUEÑO DE LA MINERA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

“Determinación de trazas de metales pesados en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero”

Mg. Natalí Solano Cueva.

Universidad Técnica Particular de Loja.

Yo,..... con número de identificación.....
He sido invitado a participar en la investigación *“Determinación de trazas de metales pesados en muestras de orina de personas que se encuentran relacionadas con el ámbito minero”*. Entiendo que tanto yo como los trabajadores de la entidad minera recibiremos tres visitas de seguimiento por las estudiantes: Bustos Claudia, Espinosa Sofía y Vélez Jenny con el fin de proporcionarles la muestra biológica (orina). He sido informado del fin del proyecto y tengo pleno conocimiento que en él no se mencionarán nombres de las personas, ni de la entidad donde se recolectan las muestras, únicamente serán analizadas y los resultados colocados en el Trabajo de Fin de Titulación (TFT).

Consiento voluntariamente participar en el estudio y entiendo que tenemos el derecho de retirarnos de la investigación en cualquier momento sin vernos afectados de ninguna manera.

.....
Firma

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 3

ENCUESTAS DIRIGIDAS A LAS PERSONAS QUE FORMARÍAN PARTE DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Encuesta dirigida al seguimiento a exposiciones ambientales en trabajadores del sector minero y su estilo de vida en Nambija - Zamora Chinchipe

Indicación: Por favor conteste el presente test según su criterio.

1. Género:

Masculino

Femenino

2. Edad:.....años.

3. Número telefónico:.....

4. Vive usted en Zamora Chinchipe:

Sí

No

5. Si su respuesta fue sí, durante cuánto tiempo reside en el lugar:

.....

6. Labora usted en el sector minero:

Sí

No

7. Si su respuesta fue sí, durante cuánto tiempo viene desarrollándose en este ámbito:

.....

8. Considera usted que el ambiente que lo rodea está contaminado:

Sí

No

9. ¿Ha sufrido usted algún daño en su salud?

Sí

No

10. Si su respuesta fue sí, mencione cual ha sido:

.....
.....

11. ¿Cree usted que el ámbito minero podría estar afectando su salud?

Sí

No

12. Justifique su respuesta anterior:

.....
.....

13. Considera usted que es suficiente las medidas de prevención empleadas en la minera.

Sí

No

14. Si su respuesta fue no, en qué porcentaje considera que debería de aumentar las medidas de prevención.

25%

50%

100%

Más de 100%

15. Considera usted que el Ministerio del Medio Ambiente impulsa las medidas necesarias para brindar seguridad y bienestar a los empleados y ciudadanos cercanos al sector minero.

Sí

No

16. Qué recomendaciones daría usted para disminuir los riesgos de salud y mejorar así el estilo de vida dentro del sector minero.

.....
.....

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 4

CÁLCULOS PARA LAS CONCENTRACIONES DE LOS ESTÁNDARES DE ARSÈNICO

SOLUCIÓN ESTANDAR MADRE

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{100 \mu\text{g/L} \times 50 \text{ ml}}{1000000 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 0.05 \text{ ml}$$

$$\frac{0.05 \text{ ml} \times 1000 \mu\text{L}}{1 \text{ ml}} = 50 \mu\text{L}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 10 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{10 \mu\text{g/L} \times 10 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 1 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 20 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{20 \mu\text{g/L} \times 10 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 2 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 40 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{40 \mu\text{g/L} \times 10 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 4 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 60 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{10 \mu\text{g/L} \times 10 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 6 \text{ ml}$$

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 5

CÁLCULOS PARA LAS CONCENTRACIONES DE LOS ESTÁNDARES DE PLOMO

SOLUCIÓN ESTANDAR MADRE

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{100 \mu\text{g/L} \times 50 \text{ ml}}{1000000 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 0.05 \text{ ml}$$

$$\frac{0.05 \text{ ml} \times 1000 \mu\text{L}}{1 \text{ ml}} = 50 \mu\text{L}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 10 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{10 \mu\text{g/L} \times 5 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 500 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 20 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{20 \mu\text{g/L} \times 5 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 1 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 40 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{40 \mu\text{g/L} \times 5 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 2 \text{ ml}$$

SOLUCIÓN ESTANDAR 60 ppb

$$C1V1=C2V2$$

$$V1= \frac{C2 \times V2}{C1}$$

$$V1= \frac{10 \mu\text{g/L} \times 5 \text{ ml}}{100 \mu\text{g/L}}$$

$$V1= 3 \text{ ml}$$

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 6

Minitab resultados zona / edad

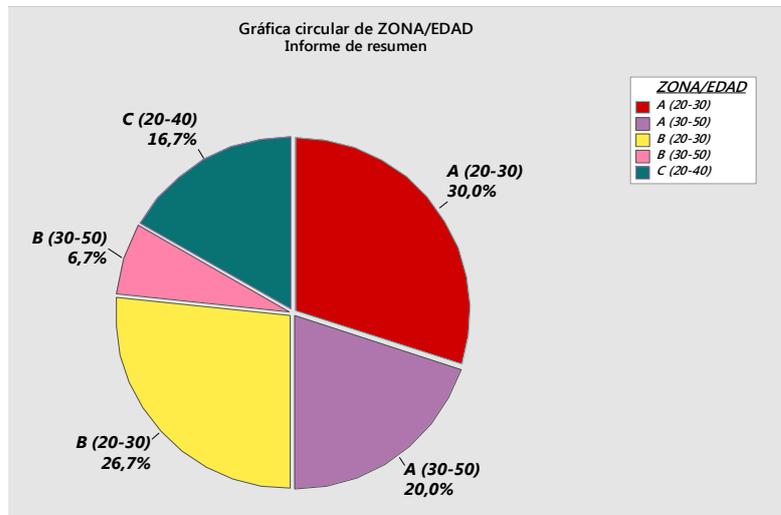
Gráfica circular de ZONA/EDAD
Informe de resumen estadístico

ZONA/EDAD	Conteo	Pctje.
A (20-30)	9	30,00
A (30-50)	6	20,00
B (20-30)	8	26,67
B (30-50)	2	6,67
C (20-40)	5	16,67
Total	30	100,00

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
ZONA/EDAD	2	7,500	3,750	0,33	0,750
Error	2	22,500	11,250		
Total	4	30,000			

0.750 > 0.05 -----> ACEPTA Ho

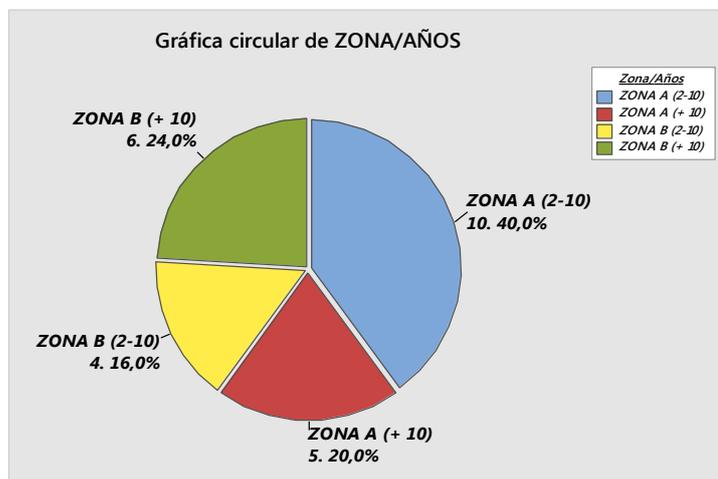


Minitab resultados zona / años de trabajo y vivienda.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
ZONA/AÑOS	1	6,250	6,250	0,86	0,451
Error	2	14,500	7,250		
Total	3	20,750			

0.451 > 0.05 -----> ACEPTA Ho



ANEXO 7

VALORES INDIVIDUALES DE TRZAS DE ARSÉNICO DE LA ZONA A Y ANOVA

	1era Rec	2da Rec	3era Rec	Promedio
A1	143,60	68,66	85,21	99,16
A2	139,40	33,94	107,90	93,75
A3	101,90	37,88	100,90	80,23
A4	79,12	17,24	89,02	61,79
A5	69,34	26,93	34,57	43,61
A6	57,47	23,55	18,77	33,26
A7	54,98	18,95	12,58	28,84
A8	51,86	25,71	12,91	30,16
A9	46,29	19,02	7,60	24,30
A10	18,57	19,70	6,85	15,04
A11	16,27	21,12	8,36	15,25
A12	12,22	7,94	7,84	9,33
A13	9,04	11,64	0,46	7,05
A14	1,00	15,14	6,32	7,49
A15	0,75	12,08	2,50	5,11

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6797,72366	2	3398,86183	2,545832695	0,09045031	3,219942293
Dentro de los grupos	56072,89008	42	1335,068811			
Total	62870,61374	44				
					0,090 > 0,05	
					SE ACEPTA LA HIPOTESIS NULA	

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 8

VALORES INDIVIDUALES DE TRZAS DE PLOMO DE LA ZONA A Y ANOVA

	1era REC	2da REC	3ra REC	Promedio
A1	2,609	6,772	5,068	4,82
A2	2,401	3,437	6,083	3,97
A3	1,418	4,891	3,293	3,20
A4	1,363	2,812	6,034	3,40
A5	2,016	2,243	3,341	2,53
A6	2,473	2,583	0,476	1,84
A7	0,056	2,832	1,508	1,47
A8	1,315	1,616	1,788	1,57
A9	0,734	1,431	1,297	1,15
A10	1,495	0,605	1,012	1,04
A11	0,933	1,757	1,064	1,25
A12	0,459	2,677	0,175	1,10
A13	0,242	0,241	0,569	0,35
A14	0,355	0,08	0,471	0,30
A15	0,375	0,481	0,064	0,31

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10,30604493	2	5,153022467	1,835717289	0,172066917	3,219942293
Dentro de los grupos	117,8977531	42	2,807089359			
Total	128,203798	44				
					0,172 > 0,05	
					SE ACEPTA LA HIPOTESIS NULA	

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 9

VALORES INDIVIDUALES DE ARSÉNICO DE LA ZONA B Y ANOVA

	1era Rec	2da Rec	3era Rec	Promedio
B1	101,80	141,10	124,50	122,47
B2	60,46	41,66	51,57	51,23
B3	28,70	39,64	9,96	26,10
B4	23,25	46,34	7,982	25,86
B5	23,43	36,79	4,783	21,67
B6	8,514	19,35	3,42	10,43
B7	5,13	20,85	1,416	9,13
B8	4,024	8,352	0,298	4,22
B9	3,119	2,729	2,717	2,86
B10	1,155	9,858	0,424	3,81

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1323,175989	2	661,5879943	0,47438851	0,627354326	3,354130829
Dentro de los grupos	37654,52882	27	1394,612179			
Total	38977,70481	29				
					0,627 > 0,05	
					SE ACEPTA LA HIPOTESIS NULA	

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 10

VALORES INDIVIDUALES DE PLOMO DE LA ZONA B Y ANOVA

	1era REC	2da REC	3era REC	Promedio
B1	3,182	11,05	2,509	5,58
B2	2,225	7,468	4,504	4,73
B3	2,204	6,939	4,856	4,67
B4	2,073	5,826	1,861	3,25
B5	1,824	7,251	2,094	3,72
B6	1,582	4,145	0,101	1,94
B7	0,524	1,947	2,702	1,72
B8	0,978	0,971	0,016	0,66
B9	0,033	1,808	0,152	0,66
B10	0,16	0,613	0,66	0,48

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	64,73620527	2	32,36810263	6,03058388	0,00683676	3,354130829
Dentro de los grupos	144,9177706	27	5,367324837			
Total	209,6539759	29				
					0,006 < 0,05	
					SE RECHAZA LA HIPOTESIS NULA	
		Hipotesis alterna(prueba de tukey)				
		HSD=	2,556844799			
		Multiplicador=	3,49			
		Mse=	5,367324837			
		n=	10			

HSD = 2,557			
	1	2	3
1		-3,323	-0,467
2			2,856
3			

PAREJAS DE PROMEDIOS QUE HACEN LA DIFERENCIA

*1era y 2da recolección

*2da y 3era recolección

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).

ANEXO 11

VALORES INDIVIDUALES DE ARSÉNICO Y PLOMO DE LA ZONA C

Arsénico

	1era Rec	2da Rec	3era Rec	Promedio
C1	8,84	30,75	1,08	13,56
C2	3,93	37,84	1,83	14,53
C3	4,46	49,13	3,16	18,92
C4	8,52	16,73	16,91	14,05
C5	5,91	26,40	4,20	12,17

Plomo

	1era REC	2da REC	3era REC	Promedio
C1	0,106	0,222	1,711	0,680
C2	1,791	0,052	1,792	1,212
C3	2,151	8,615	1,376	4,047
C4	1,133	0,487	1,139	0,920
C5	0,448	1,828	3,114	1,797

Elaboración: Espinosa, S. (2017).

Fuente: Espinosa, S. (2017).