

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

### **TESIS:**

**RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES SOCIALES Y AMBIENTALES  
CON LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y  
METALOIDES EN LA POBLACIÓN EXPUESTA DE LA PROVINCIA DE  
HUALGAYOC, 2017.**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: CRISTIAN EMERZON ARANA MORI**

Asesor:

**Mg. VÍCTOR JULIO ZAVALA GAVIDIA**

Cajamarca, Perú

2021

COPYRIGHT © 2021 by  
**CRISTIAN EMERZON ARANA MORI**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

### **TESIS APROBADA:**

**RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES SOCIALES Y AMBIENTALES  
CON LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y  
METALOIDES EN LA POBLACIÓN EXPUESTA DE LA PROVINCIA DE  
HUALGAYOC, 2017.**

Para optar el Grado Académico de

### **MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: CRISTIAN EMERZON ARANA MORI**

### **JURADO EVALUADOR**

Mg. Víctor Julio Zavaleta Gavidia  
Asesor

Dra. Sara Elizabeth Palacios Sánchez  
Jurado Evaluador

Dra. Mercedes Marleni Bardales Silva  
Jurado Evaluador

Dr. Giuseppe Martín Reyna Cotrina  
Jurado Evaluador

**Cajamarca, Perú**

**2021**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS**

Siendo las 17 horas del día 14 de junio de dos mil veintiuno, reunidos a través de [meet.google.com/nam-cnzz-szd](https://meet.google.com/nam-cnzz-szd), creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dra. SARA ELIZABETH PALACIOS SÁNCHEZ**, **Dra. MERCEDES MARLENI ARDALES SILVA**, **Dr. GIUSSEPE MARTÍN REYNA COTRINA**, y en calidad de Asesor el **Mg. VÍCTOR JULIO ZAVALETA GAVIDIA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES SOCIALES Y AMBIENTALES CON LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y METALOIDES EN LA POBLACIÓN EXPUESTA DE LA PROVINCIA DE HUALGAYOC, 2017.**, presentada por el **Bach. en Ingeniería Ambiental CRISTIAN EMERZON ARANA MORI**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó la aprobación por unanimidad con la calificación de diecisiete (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Ambiental CRISTIAN EMERZON ARANA MORI**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Salud, con Mención en **SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**.

Siendo las 18:40 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**Mg. Victor Julio Zavaleta Gavidia**  
Asesor

.....  
**Dra. Sara Elizabeth Palacios Sánchez**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dra. Mercedes Marleni Bardales Silva**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Giuseppe Martin Reyna Cotrina**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A: Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre LuzGarda Arana Mori.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada,  
por su amor.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis docentes de maestría de la Facultad de ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Cajamarca, dedicados a la enseñanza incondicionalmente al campo de la enseñanza para la mejora como persona y profesionalmente, así mismo, al doctor Víctor Zavaleta Gavidia, Asesor de la tesis, por su apoyo y guía durante la realización del presente trabajo

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>Ítem</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIACIONES.....	xi
GLOSARÍO.....	xii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I – EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO.....	4
CAPÍTULO III – MARCO METODOLÓGICO.....	53
CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
RESULTADOS.....	75
DISCUSIÓN.....	135
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES.....	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
ANEXOS.....	163

## LISTA DE TABLAS

<b>Item</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables 2017.....	52
<b>Tabla 2.</b> Hualgayoc: centros poblados por distrito según microcuencas .....	64
<b>Tabla 3.</b> Hualgayoc: distribución porcentual de etapa de vida y sexo según microcuenca 2017.....	68
<b>Tabla 4.</b> Hualgayoc: distribución de pobladores por grupo etario según microcuenca, 2017.....	69
<b>Tabla 5.</b> Variables: factores socioambientales, 2017.....	69
<b>Tabla 6.</b> Hipótesis.....	71
<b>Tabla 7.</b> Valores considerados para “r”, 2017.....	72
<b>Tabla 8.</b> Hualgayoc: número de pasivos ambientales según subtipos, 2017.....	77
<b>Tabla 9.</b> Hualgayoc: población por edad y sexo según distrito, 2017.....	77
<b>Tabla 10.</b> Hualgayoc: habitantes y viviendas según centro poblado y microcuenca, 2017.....	78
<b>Tabla 11.</b> Hualgayoc: ubicación geográfica de puestos de salud según distrito, 2017.....	79
<b>Tabla 12.</b> Análisis estadístico: chi cuadrado, 2017.....	80
<b>Tabla 13.</b> Análisis estadístico: Coeficiente de correlación entre factores sociales y personas con metales, 2017.....	85
<b>Tabla 14.</b> Fuerza de relación: exposición a metales vs. grado de instrucción según microcuenca, 2017.....	90
<b>Tabla 15.</b> fuerza de relación: exposición a metales vs. ocupación laboral según microcuenca, 2017.....	90
<b>Tabla 16.</b> Tabla 16. fuerza de relación: exposición a metales vs. hábitos de higiene según microcuenca, 2017.....	90
<b>Tabla 17.</b> Valor “r”: exposición a metales vs. grado de instrucción según microcuenca, 2017.....	90
<b>Tabla 18.</b> Valor “r”: exposición a metales y ocupación según microcuenca 2017	91
<b>Tabla 19.</b> Valor “r”: exposición a metales vs hábitos de higiene según microcuenca, 2017.....	91
<b>Tabla 20.</b> Valor “r”: exposición a metales vs ubicación de viviendas según microcuenca, 2017.....	91

<b>Tabla 21</b>	Análisis odds ratio: ocupación principal vs. exposición a metales según factor ambiental, 2017.....	92
<b>Tabla 22</b>	Análisis odds ratio: ocupación del jefe del hogar vs. exposición a metales según factor ambiental, 2017. ....	93
<b>Tabla 23</b>	Análisis odds ratio: hábitos de higiene vs. exposición a metales según factor ambiental, 2017.....	94
<b>Tabla 24</b>	Coefficiente de correlación: metales en personas vs. factores sociales, según factor ambiental, 2017 .....	108
<b>Tabla 25.</b>	Fuerza de relación: exposición a metales vs. metales en suelo según microcuenca, 2017.....	125
<b>Tabla 26.</b>	Fuerza de relación: exposición a metales vs. metales en tejido vegetal según microcuenca, 2017.....	126
<b>Tabla 27.</b>	Fuerza de relación: exposición a metales vs. metales en agua superficial según microcuenca, 2017.....	126
<b>Tabla 28.</b>	Fuerza de relación: exposición a metales vs. metales en agua para consumo humano según microcuenca, 2017.....	126
<b>Tabla 29.</b>	Fuerza de relación: exposición a metales y ubicación de viviendas, 2017.....	126
<b>Tabla 30.</b>	Valor “r”: exposición a metales vs metales en suelos según microcuenca, 2017.....	127
<b>Tabla 31.</b>	Valor “r”: exposición a metales vs metales en tejido vegetal según microcuenca, 2017.....	127
<b>Tabla 32.</b>	Valor “r”: exposición a metales vs metales en agua superficial según microcuenca, 2017.....	127
<b>Tabla 33.</b>	Valor “r”: exposición a metales vs metales en agua para consumo humano, según microcuenca, 2017.....	128
<b>Tabla 34.</b>	Fuerza de relación: resumen de variables ambientales, según microcuenca, 2017.....	128
<b>Tabla 35</b>	Hualgayoc: establecimientos de salud georeferenciados, según microcuenca, 2017.....	129

## LISTA DE FIGURAS

<b>Item</b>	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1</b> Región Cajamarca: Provincia de Hualgayoc, 2017.....	76
<b>Figura 2</b> Hualgayoc: pasivos mineros, según microcuenca, 2017.....	79
<b>Figura 3</b> Hualgayoc: porcentaje de nivel de educación alcanzado según población tamizada, 2017.....	81
<b>Figura 4</b> Hualgayoc: porcentaje por tipo de ocupación laboral según población tamizada, 2017.....	81
<b>Figura 5</b> Hualgayoc: porcentaje por tipo de ocupación del jefe del hogar, según población tamizada, 2017 .....	81
<b>Figura 6</b> Hualgayoc: porcentaje por habito de higiene, según población tamizada, 2017.....	82
<b>Figura 7</b> Hualgayoc: Ubicación geográfica de centros poblados 2017.....	83
<b>Figura 8</b> Hualgayoc: centros poblados según microcuencas, 2017.....	83
<b>Figura 9</b> Hualgayoc: ubicación de viviendas a factores de riesgo, según personas expuestas a metales, 2017.....	84
<b>Figura 10</b> Hualgayoc: % de ubicación de viviendas a factores de riesgo, según personas tamizadas, 2017.....	84
<b>Figura 11</b> Figuras de fuerza de relación- factores sociales.....	85
<b>Figura 19</b> Ubicación de viviendas.....	96
<b>Figura 20</b> Hualgayoc: ubicación de pasivos mineros según distrito, 2017.....	97
<b>Figura 23</b> Hualgayoc: puntos de muestreo según microcuenca, 2017.....	98
<b>Figura 37</b> Hualgayoc: puntos de muestreo de agua para consumo, 2017.....	101
<b>Figura 44</b> Hualgayoc: pasivos mineros, según distrito 2017.....	103
<b>Figura 51</b> Hualgayoc: puntos de muestreo, según microcuenca, 2017.....	106
<b>Figura 113</b> Cuadro resumen de fuerza de relación variables ambientales.....	125
<b>Figura 114</b> Establecimientos de salud.....	128
<b>Figura 116</b> Hualgayoc: ubicación de los ee. ss, según microcuenca, 2017.....	130
<b>Figura 117</b> Hualgayoc: ubicación de viviendas, según pasivos mineros, 2017...	131
<b>Figura 118</b> Hualgayoc: ubicación viviendas, según drenaje hidrológico, 2017...	131
<b>Figura 119</b> Hualgayoc: tipo de metal pesado, según grupo etario, 2017.....	132
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>163</b>

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>Al</b>	: Aluminio
<b>As</b>	: Arsénico
<b>ANA</b>	: Autoridad Nacional del Agua
<b>CENSOPAS</b>	: Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud.
<b>Cu</b>	: Cobre
<b>Cd</b>	: Cadmio
<b>Ca</b>	: Calcio
<b>DESA</b>	: Dirección Ejecutiva de Salud ambiental
<b>DIRESA</b>	: Dirección Regional de Salud
<b>DEA</b>	: Declaratoria de Emergencia Ambiental
<b>ECA</b>	: Estándar de Calidad Ambiental
<b>Fe</b>	: Hierro
<b>HgC</b>	: Carbonato de mercurio
<b>Hg</b>	: Mercurio
<b>LMP</b>	: Límite máximo Permisible
<b>MINEM</b>	: Ministerio de Energía y Minas
<b>M.P.</b>	: Metal pesado
<b>MT</b>	: Metalotioneina
<b>Mn</b>	: Manganeso
<b>OEFA</b>	: Organismo Evaluador y Fiscalizador Ambiental
<b>Pb</b>	: Plomo
<b>PAM</b>	: Pasivo ambiental minero
<b>Zn</b>	: Zn

## GLOSARIO

1. **Metal.** - Elemento químico caracterizado por una fuerte conductividad térmica y eléctrica, brillo peculiar (metálico), aptitud para la deformación y una marcada tendencia a formar cationes.
2. **Metal pesado.** - Son aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g.cm<sup>-3</sup>).
3. **Mercurio.** - O azogue es un metal líquido blanco plateado, volátil a temperatura ambiente.
4. **Arsénico.** - El Arsénico es un metaloide de olor aliáceo se obtiene como subproducto en la producción de metales como cobre y plomo
5. **Plomo.** - Gris azulado maleable y dúctil.
6. **Cadmio.** - Metal pesado de color plateado se genera como sub producto de zinc, plomo y cobre.
7. **Arsénico.** - Elemento químico de número atómico 33, masa atómica 74,92 y símbolo As; es un elemento semimetálico sólido, de color gris metálico, que forma compuestos venenosos; se usa principalmente en la fabricación de vidrio para eliminar el color verde causado por las impurezas y en la fabricación de gases venenosos.
8. **Cuenca.** - Área de la superficie terrestre cuyo desagüe superficial confluye en un río principal.
9. **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

**10. Fuente de emisión:** Lugar de donde se emiten metales pesados o metaloides hacia el medio ambiente, contaminándolo y facilitando su ingreso a un ser vivo.

**11. Fuente confirmada:** Fuente única identificable y localizada de contaminación para el aire, agua o térmica, acústica, lumínica, etc.

**12. Factores de riesgo por exposición en el hogar:** Un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la relación entre los factores sociales y ambientales con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc, 2017. El diseño de la investigación fue observacional, descriptivo de tipo transversal. La muestra estuvo representada por 372 pobladores pertenecientes a 27 centros poblados del ámbito de 03 de las microcuencas río Perlamayo, Hualgayoc y Tingo. Se realizaron tomas de muestras de sangre y orina de personas expuestas, igualmente muestras de agua, pasto y suelo, para analizar la presencia de metales pesados, para lo cual, se tomó en cuenta las normas nacionales e internacionales, así mismo, se aplicó fichas de investigación Epidemiológica de salud como instrumento de investigación recomendada por la Norma Técnica de Salud N° 111-2014. Como resultado de la investigación se halló: arsénico 86% en adultos jóvenes, 69% en adolescentes y niños en un 64%, para Cadmio 24% para adultos mayores, 13% en adultos, para manganeso 13% en niños, los cuales, sobrepasan a los valores normales indicados en las guías clínicas del Ministerio de salud. Igualmente, los resultados de los análisis de agua superficial, de consumo, suelo y tejido vegetal, se encuentran por encima de los valores normales indicados en las normas. Se concluyo, que existe una correlación desde muy débil hasta perfecta, entre los factores socioambientales, con la concentración de metales pesados en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc.

**Palabras claves:** metales pesados y metaloides, exposición, contaminante y salud.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the relationship between social and environmental factors with the concentration levels of heavy metals and metalloids in the exposed population of the province of Hualgayoc, 2017. The design of the research was observational, descriptive of a transversal type, of correlational type. The sample was represented by 372 inhabitants belonging to 27 populated centers in the area of 03 of the Perlamayo, Hualgayoc and Tingo river micro-basins. Blood and urine samples were taken from exposed people, as well as water, grass and soil samples, to analyze the presence of heavy metals, for which, national and international standards were taken into account, likewise, cards were applied Epidemiological health research as a research instrument recommended by Health Technical Standard No. 111-2014. As a result of the investigation it was found: arsenic 86% in young adults, 69% in adolescents and children in 64%, for Cadmium 24% for older adults, 13% in adults, for manganese 13% in children, which, exceed to the normal values indicated in the clinical guidelines of the Ministry of Health. Likewise, the results of the analysis of surface water, consumption, soil and plant tissue are above the normal values indicated in the regulations. It was concluded that there is a correlation from very weak to perfect, between socio-environmental factors, with the concentration of heavy metals in the exposed population of the province of Hualgayoc.

**Keywords:** heavy metals and metalloids, exposure, pollutant and health.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los muchos problemas que enfrentan los ecosistemas actualmente, es la presencia de metales pesados, por su alta toxicidad, permanencia y tendencia a la acumulación en los diferentes niveles tróficos, resultan en un verdadero peligro perjudicando a la salud ambiental y por ende a la salud de los pobladores que se encuentran expuestos a estos contaminantes. Los metales pesados son elementos que en cantidades trazas desempeñan un papel primordial en la vida de los organismos, el problema surge cuando su uso se ve incrementado por las prácticas agrícolas, mineras u otras, las cuales, pueden aumentar la carga de estos en los ecosistemas acuáticos y terrestres alterando sus ciclos naturales. El efecto combinado de la especiación del metal, es decir, el lazo (ligando) entre el metal y los órganos receptores de los organismos en conjunto, resulta ser un problema muy complejo para los seres vivos.

(44)

El problema de investigación formulado fue ¿Cuál es la relación entre los factores sociales y ambientales con los niveles de concentración de metales pesados en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc, 2017? Para Londoño (2016), la contaminación por las diferentes actividades humanas, industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos, alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de estos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo. Y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son solo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse. El objetivo del presente estudio se

orientó a establecer la relación entre los factores sociales y ambientales con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc – 2017.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema.

“Las microcuencas de los ríos Perlamayo, Hualgayoc y Tingo de la Provincia de Hualgayoc, existen viviendas ubicadas en las partes altas y medias de las cuencas en zonas de influencia de pasivos mineros, estos pobladores utilizan el agua de los ríos y quebradas para sembríos – pastos bebida de animales y en algunos casos agua para consumo humano como en el distrito de Chugur, a estos cuerpos hídricos receptores, como al suelo, discurren aguas provenientes de los 960 pasivos mineros con alto contenidos de metales pesados (447 bocaminas, 375 desmontes de mina, 68 trincheras, 36 tajos abiertos, 25 relaveras y otros) ubicados en las alturas de las microcuencas y probablemente hayan generado un desplazamiento de contaminantes metálicos a través de los cauces de las aguas de los ríos que nacen en estas zonas, los mismos que abastecen al sistema hídrico del río Llaucano. Los resultados de los monitoreos ambientales realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) muestran la presencia metales pesados y metaloides desde un 6% a 1000% la concentración que sobrepasan los ECAS para arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso y zinc en aguas superficiales, así mismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) indica que para suelo se encuentra arsénico, cadmio y plomo, los cuales sobrepasan los ECAS desde un 3000% a 6000% y para tejido vegetal – pastos, se encontró plomo y arsénico que supera desde un 200% a 1000% los ECAS” (2).

## **1.2. Justificación del estudio.**

El trabajo de investigación se basa en la necesidad de dar a conocer la realidad de la problemática que se da en sus tres distritos de la Provincia de Hualgayoc, teniendo como punto central del problema, la exposición de los pobladores a la presencia de metales pesados en el ambiente perjudicando la salud ambiental y de sus habitantes. Los resultados de la investigación, permitirá, por ende, elaborar estrategias concretas de trabajo, para mejorar gradualmente el problema expuesto anteriormente, así como también, lograr un impacto positivo en las comunidades asentadas en estas zonas, generando políticas puntuales en temas de salud, en técnicas de remediación y realizar seguimientos para ir mejorando continuamente. La investigación realizada es muy importante, puesto que, ofrecerá los conocimientos de los niveles de exposición a metales pesados, el cual, permitirá enlazar diferentes instituciones involucradas para generar proyectos y planes de trabajo a mediano y largo plazo, para revertir el problema álgido que se viene dando actualmente en la zona indicada.

## **1.3. Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Evaluar la relación entre los factores sociales y ambientales con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc, 2017.

### **Objetivos específicos.**

- a. Establecer la relación de los factores sociales (edad, sexo, nivel de educación, hábitos de higiene, ubicación de viviendas y ocupación) con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.

- b. Establecer la relación de los factores ambientales (tejido vegetal, suelo, agua superficial y de consumo humano) con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.
- c. Determinar la relación de los factores socioambientales sobre la concentración de metales pesados en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Antecedentes del estudio.**

“En Bolivia los residuos tóxicos arrojados por una mina de zinc en los Andes fueron los causantes de terminar con la vida acuática algo de 300 km de vías fluviales” (3).

“Un estudio en factores sociales de la salud y la calidad de vida en población adulta de Manizales - Colombia en 2017, se encontró asociación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los factores sociales de la salud estructural: género con la salud física, edad con la salud física y psicológica frente a la problemática de metales pesados” (54).

“En el Perú, existen reportes de la presencia de metales en ambientes acuáticos asociados a la inadecuada eliminación de residuos sólidos por parte de la actividad minera, en la cuenca del río Santa se desarrolla una intensa actividad minera que data de principios del siglo XX. En la actualidad, existen 17 centros mineros importantes con plantas procesadoras en operación y paralizadas, que se ubican principalmente en la cuenca alta, en este aspecto se ha visto la crianza de los peces en los ríos y lagos, es por ello, la preocupación ante un riesgo de acumulación de metales pesados en niveles tóxicos en los peces. Las operaciones mineras tienen efectos negativos bien conocidos sobre la calidad del agua, así como la flora y fauna, reduciendo la biodiversidad y perjudicando los usos benéficos del agua superficial y subterráneo, así mismo los impactos negativos ocurren en una escala de tiempo mucho más corta, y la adaptación biológica de las especies afectadas

puede no ser capaz de sobrellevar estos cambios ambientales. Por lo tanto, un rápido aumento de los contaminantes puede poner en peligro la salud física de los peces, así como las poblaciones humanas. En Madre de Dios (Perú), desde décadas atrás este problema de la minería, aunque dio muchos beneficios económicamente, también ha perjudicado toda la región sin darse cuenta el gran daño que provocaban a su propio pueblo, es por ello que, tenemos que velar por el ecosistema, los peces estén con alto contenido de mercurio 300% más de lo que se permite internacionalmente. Los drenajes ácidos de antiguas explotaciones de minerales, como los que ocurren a lo largo de la cuenca del río Santa, son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo y constituyen un riesgo para la salud humana” (3).

“La situación de la localidad de Espinar (Cusco) es un claro ejemplo de una situación que con el paso del tiempo se ha venido agravando. Todos los estudios realizados en esta provincia cuzqueña que coexiste con la minería desde la década del 80 del siglo pasado, muestran que cientos de hombres, mujeres y niños viven con metales pesados en sus cuerpos, viviendas, pastos y fuentes de agua que se ubican al pie de los depósitos de desechos mineros de la antigua mina Tintaya, reciben los impactos y se han venido acumulando durante décadas. La presencia de metales pesados tóxicos en el ambiente de Espinar constituye un serio peligro para la población que lo habita. El peligro que trae la presencia de estos metales no solo reside en su grado de concentración (toxicidad aguda) sino también en el tiempo de exposición, así sea en concentraciones bajas (toxicidad crónica). Esto quiere decir que no solo resulta preocupante que esos elementos superen los estándares de calidad ambiental, sino también que su presencia, ya sea en pocas cantidades, se

prolongue en el tiempo. Los estudios de CENSOPAS 2010 y 2012-2013 demostraron que metales pesados tóxicos estaban presentes, no solo en el ambiente, sino también en las personas. Dichos estudios señalan que la exposición a metales pesados de hombres, mujeres y niños en la provincia los pone en una alarmante situación de riesgo. El informe final oficial solo se refiere a 6 parámetros mencionados y señala que los resultados en su mayoría evidenciaron la presencia de arsénico (100%), cadmio (90%), plomo (100%), manganeso (70%), mercurio (88%) y talio (100%). Asimismo, señala que en el caso del plomo sería mejor el análisis de hueso para predecir enfermedades cardiovasculares o renales. Los estudios realizados en la provincia de Espinar por diferentes organismos del Estado Peruano han demostrado que cientos de hombres, mujeres y niños viven con excesos de metales pesados en sus cuerpos. Muchos de ellos habitan hoy el área de influencia de la mina Tintaba- Antapaccay y sus viviendas, pastos y fuentes de agua que utilizan, se encuentran al pie de los depósitos de desechos mineros de la antigua Tintaya. Frente a la ausencia de plantas de tratamiento y sistemas de abastecimiento de agua, su exposición a metales pesados es permanente” (4).

“Un estudio en la Región de Pasco en poblaciones afectadas por metales pesados, indican que probablemente el agua de las tuberías no es el principal medio de transmisión de los contaminantes, sino mejor la comida y el polvo (partículas) suspendidos y depositados en los hogares. Los animales criados con aguas de río y los vegetales y tubérculos (los pocos que se pueden sembrar localmente) irrigados representan la fuente de acumulación de estos metales en los humanos. Habrá también que evaluar la calidad ambiental del entorno de Carhuamayo, para entender

y averiguar cuáles son las fuentes de contaminación, a la que la población local está desprevenidamente expuesta” (60).

“En Cajamarca, presentaba 15 pasivos ambientales mineros en el año 2003 y 20 PAM para el año 2006. Las últimas actualizaciones del inventario de PAM son del 30 de junio del 2014 (RM 234-2014-MEM/DM) y del 9 de marzo del 2015 (RM 102-2015-MEM/DM) en las cuales se identifican 8,571 y 8,616 pasivos ambientales mineros a nivel nacional, respectivamente, perteneciendo a la ciudad de Cajamarca 1050 y 1075 PAM para los años 2014 y 2015 respectivamente. El informe del Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud (CENSOPAS) del Ministerio de Salud, entregó los resultados de las 600 muestras tomadas a comuneros (niños, jóvenes y adultos) de los distritos de Chugur y Hualgayoc (Hualgayoc), de Querocoto (Chota) y de Pulán (Santa Cruz). Entre las principales conclusiones presentadas en el documento técnico, que fue difundido hace unos días en la Municipalidad Provincial de Hualgayoc-Bambamarca, revela que tres niños del grupo etario de 1 a 12 años, pertenecientes a la jurisdicción de Hualgayoc, presentan contaminación de plomo en la sangre. Así lo confirmó el representante de la Dirección Subregional de Salud (DISA) de Chota, Hernán Tafur Coronel, quien en declaraciones a Andina Noticias precisó que las concentraciones de plomo en la sangre de los tres menores son superiores al valor de referencia, es decir mayores de 10 microgramos por decilitro. La información brindada por el Centro de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente para la Salud (CENSOPAS), también da a conocer que, de acuerdo a la toma de muestras realizadas, ningún comunero mayor de 12 años presentó una concentración de plomo en la sangre superior al valor de referencia que es de 20 microgramos/dL. En

el año 2012, el Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente para la Salud del Instituto Nacional de Salud realizó un análisis de sangre en 309 personas de la provincia de Bambamarca y halló presencia de plomo a un nivel superior a los límites máximos admisibles. El 26 de septiembre de 2016, con Resolución Ministerial N° 272-2016-MINAM, se declara en Emergencia Ambiental la parte alta de las microcuencas de los ríos Tíngo - Maygasbamba, Hualgayoc - Arascorgue y Perlamayo, ubicadas en la provincia de Hualgayoc, estableciéndose una propuesta de plan de acción inmediata y de corto plazo, en el cual se asigna al Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud (CENSOPAS) realizar el monitoreo biológico de metales pesados en la población humana” (1).

“El río Tíngo aguas abajo de la quebrada las Águilas y la quebrada la Eme presentan contaminación por plomo, cobre, fierro, manganeso y cianuro WAD esto debido a la existencia de pasivos ambientales ubicados alrededor del río Tíngo y cerro Sínchao que aportan drenajes ácidos al río y el cianuro Wad posiblemente se deba a infiltraciones de los PADS de lixiviación de Minera San Nicolás. El río Hualgayoc aguas abajo de la ciudad de Hualgayoc presenta contaminación por plomo, cobre, zinc y cadmio, esto debido a la presencia de minas abandonadas ubicadas a lo largo del río que aportan la mayor cantidad de estos elementos. El río Llaucano aguas abajo de la confluencia del río Hualgayoc reportan concentraciones de plomo por encima de los valores límites, manteniendo en el resto de monitoreos concentraciones por debajo de los valores límites. La estación de monitoreo ubicada en el río Maygasbamba reporta contaminación por cobre, manteniendo para los parámetros de plomo, zinc, cromo y cadmio concentraciones por debajo de los

valores límites, Concluye que: Las aguas de los ríos Tingo, Hualgayoc, Maygasbamba y quebrada La Eme no son aptas para uso agropecuario debido a la presencia de metales en forma casi permanente” (2).

## **2.2 Bases teóricas del objeto de estudio.**

### **A. Factores Ambientales.**

#### **a.1. Estado natural y descripción de toxicidad de los metales pesados.**

“Metal pesado según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a  $4 \text{ g/cm}^3$ ), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. El término de “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ , excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos. Metaloides como el As, Se o Sb también pueden constituir importantes contaminantes ambientales” (5, 6 y 26).

“Se consideran metales un grupo de 70 elementos que tienen características comunes como el estado sólido en que se encuentran (a excepción del mercurio) sus elevados puntos de fusión y ebullición, solubilidad en agua, aspecto brillante, capacidad para generar sonidos, maleabilidad, termo conducción y electro conducción, realmente lo que hace tóxico a los metales pesados son las concentraciones en las que pueden presentarse, el tipo de compuesto o metabolito que forman, por ejemplo, el cadmio interfiere con el zinc, cobre, hierro, manganeso y calcio. Mientras que el cobre interactúa con el hierro, molibdeno, azufre y zinc y el plomo con el calcio” (6).

“La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de estos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son solo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman” (5).

“La aplicación de ciertos fertilizantes o excremento de animales en las tierras de cultivo puede aumentar los niveles de cadmio, lo cual, conlleva al aumento de este metal por acumulación y concentración en plantas (raíces, hojas y frutos). La vía oral, es la de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, pese a una baja absorción entre 5 a 20% en un adulto, los niños son los más afectados, esta se ve aumentada considerablemente cuando hay deficiencias de calcio, proteínas, ácido fólico, hierro y zinc. La contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública” (7 y 8).

“El arsénico es un metaloide de olor aliáceo, un elemento ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, siendo la concentración promedio de 2 mg/Kg dependiendo de la estructura geológica de

suelo, el cual está presente en cuatro estados de oxidación As (V), As (III), As (0) y As (-III). Las especies formadas según el estado de oxidación son variadas y pueden ser de origen inorgánico u orgánico. Existen tres grandes grupos de compuestos de arsénico: inorgánico, orgánico y como gas arsina y arsinas sustituidas” (9 y 8).

“El mercurio es un metal pesado de color blanco-plateado que se encuentra unido a diversos minerales en la corteza terrestre, principalmente bajo la forma de sulfuros de mercurio (cinabrio rojo), a temperatura ambiente se halla en estado líquido a pesar de ser muy denso y poco compresible. Se estima que alrededor del 30% del mercurio es de origen natural o elemental. El 70% restante deriva de la actividad antropogénicas, principalmente de la minería, la incineración de productos urbanos y médicos” (10).

“El Cadmio (Cd) se disuelve en el agua, siendo los cloruros y sulfatos las formas más solubles. El cadmio es un metal pesado, dúctil, resistente a la corrosión, de color blanco plateado, forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al ambiente cercana a 25,000 toneladas, por vía antrópica las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente. Es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas. El cadmio de origen natural proviene principalmente de:

- La erosión de las rocas y suelos en pequeñas cantidades, asociado con el zinc, plomo, cromo y las minas de cobre.
- Formación de sales marinas; siendo reportados los niveles más altos cerca de las zonas costeras y marinas.

- Incendios forestales.
- La actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera, pero al no tener un olor o sabor característico, es imperceptible” (7, 12 y 22).

“Los cuatro metales pesados Hg, Pb, Cd y As no son particularmente tóxicos como elementos libres en su forma condensada. Sin embargo, los cuatro son peligrosos en forma catiónica y también enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono. Bioquímicamente, el mecanismo de su acción tóxica proviene de la fuerte afinidad de los cationes por el azufre. Así, los grupos “sulfhidrilo”, -SH, los cuales están presentes comúnmente en los enzimas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas ingeridas o a las moléculas que contienen los metales” (11).

“El problema de los metales aparece cuando la concentración aumenta, ya que pueden volverse muy tóxicos y causar estrés oxidativo, especialmente los metales de transición que pueden ceder electrones en reacciones redox ( $Fe^{2+/3+}$ ,  $Cu^{+2+}$ ). Sin embargo, otros metales y metaloides (Pb, Cd, Hg, As, Ba, Sr, Tl, B, Al, Li, Be, Rb) son tóxicos a cualquier concentración, ya que pueden reemplazar a otros metales en enzimas interrumpiendo la función de estas moléculas. Los metales pesados, dependiendo de su estado de oxidación, pueden variar su toxicidad, que provocan estrés oxidativo indirectamente interaccionando con el sistema de defensa antioxidante, interrumpiendo la cadena de transporte de electrones o produciendo peroxidación lipídica. A nivel molecular, pueden alterar diferentes procesos biológicos inactivando y desnaturalizando enzimas y

proteínas, bloqueando y sustituyendo metales esenciales de grupos funcionales en biomoléculas y alterando la distribución de la membrana plasmática” (12).

### **a.2. Metales tóxicos y el ambiente.**

“Se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. Entre otros efectos se producen cambios de tipo genotóxico y desmielinizante, por lo que, afecta al sistema nervioso central. Sus efectos adversos a la exposición son la afectación a órganos y sistemas del cuerpo humano como son: riñón, pulmón, hígado, sistema gastrointestinal y hematopoyético, pero principalmente, sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. La toxicidad de los metales pesados está relacionada con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular. La severidad y el daño dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona, y además de la ruta por la cual ese metal sea absorbido y excretado, se incluyen otros factores y estresores ambientales como son el país o área en que se viva, tipo de vivienda y nivel socioeconómico” (48).

“La exposición crónica ambiental a Arsénico se da principalmente a través del consumo de agua generando efectos como abortos espontáneos, alteraciones de la salud mental, neurotoxicidad, cáncer de pulmón y vejiga y alteraciones dérmicas. A pesar de que existe poca evidencia de la exposición crónica a Manganeso, se ha demostrado que el daño por la exposición ambiental en zonas de riesgo es posible a todas las edades. Produce principalmente afectación neurológica, psiquiátricas, cognitiva y del comportamiento, en dos grupos

susceptibles, niños y mayores de 50 años. No existen tratamientos eficaces para la intoxicación crónica por Cd, siendo la única intervención posible la eliminación de la exposición” (14).

“La minería se considera la principal fuente antropogénica de cadmio liberado al ambiente acuático. La contaminación por cadmio puede ser el resultado de filtraciones a los acuíferos procedentes del agua de drenaje de minas, de aguas residuales o de estanques de residuos. No obstante, una gran proporción del cadmio liberado al entorno acuático procede de múltiples fuentes más que de sitios puntuales de contaminación. Los fertilizantes fosfatados son una fuente importante de vertido de cadmio en suelos de agricultura. Los fosfatos presentan de manera natural una concentración de cadmio que oscila entre 3 y 100 µg/g incluso algunos pueden ser más. La contaminación del suelo por cadmio es importante, ya que el cadmio se incorpora en las plantas y por lo tanto, pasa a formar parte de la cadena alimentaria. Un suelo con un pH bajo, lo cual es cada vez más común en varias áreas del mundo debido a la lluvia ácida, aumenta la incorporación de cadmio en las plantas” (16).

“El aire de la atmósfera es el punto de entrada al ambiente para muchos de los contaminantes, dentro de esta ocurren numerosos procesos químicos que pueden cambiar la forma y toxicidad de los contaminantes del aire. Los contaminantes alcanzan nuestros cuerpos desde la atmósfera en forma directa, por inhalación y contacto con la piel, o indirectamente, mediante el alimento o el agua, después de que los contaminantes caigan desde la atmósfera a la tierra o al agua. Las dos condiciones que remueven la polución de las ciudades, vientos horizontales y

flujo ascendente, están conectadas. El agua es también un medio para acelerar las reacciones químicas de las sustancias disueltas, formando a la hidrósfera en una especie de reactor químico que puede cambiar la toxicidad de muchas sustancias. Los lagos superficiales están, usualmente, bien agitados pues los vientos mantienen las aguas uniformemente mezcladas dentro de pocas horas o días a partir de un repentino derrame de polución en un punto, en el estrato superior, mezclado por el viento y un estrato inferior no mezclado. Tales lagos son llamados estratificados, pero las aguas profundas permanecerán relativamente libres de sustancias por semanas o meses. Cualquier descarga de polución al estrato inferior del lago mezclará muy lentamente. La velocidad a la cual ocurren varios de los procesos químicos en el agua depende sobre todo de la temperatura del agua. Generalmente, una menor cantidad de oxígeno combinado con el metal y la mayor acidez del agua hace más soluble al metal. Los metales disueltos son más preferentes a ser tomados por las plantas e ingestados por los animales, generan preferentemente que los metales tóxicos sean una amenaza biológica. Los contaminantes son o no transformados químicamente en el suelo, ellos (o los productos de ellos que son transformados) eventualmente, se encontrará en una de las tres fases. Primero, ellos pueden ser tomados por las plantas que crecen en el suelo (posiblemente ser ingeridas por las personas u otros organismos). Una segunda posibilidad es que los contaminantes del suelo sean llevados por la lluvia a los cuerpos de agua. Una tercera posibilidad es que el contaminante del suelo sea suficientemente volátil que pasa a la atmósfera” (22).

“El suelo es uno de los elementos fundamentales que componen el ambiente, y tampoco está exento del problema de la contaminación. En general, son una consecuencia de hábitos escasamente químicos, prácticas agrícolas y de una mala gestión en la eliminación de residuos tóxicos. Estos efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas de cada contaminante y de la concentración del mismo, esta asocia principalmente a: actividades agrícolas, actividades industriales (Pb, Cd, Mg, Ni, Cu y Zn) y eliminación de residuos.

Un animal come alimentos que contiene una sustancia tóxica día a día, bajo ciertas circunstancias esta sustancia se concentrará en el animal a un nivel más alto que en el alimento. Este fenómeno llamado biomagnificación (o bioconcentración) puede conducir a niveles peligrosos de sustancias tóxicas en el alimento que comemos. Un animal crece metabolizando algunos de los alimentos que come para formar nuevo tejido del cuerpo. Si la sustancia tóxica que está en el alimento es retenida a una velocidad más alta que el alimento para sí entonces la concentración de las sustancias tóxicas en el animal, gradualmente incrementará. La cantidad y variedad de contaminantes químicos en el medio ambiente son los metales pesados de Cd, Mn, Pb, Hg, etc” (23).

“Es necesario considerar que, además de la frecuencia de exposición a metales pesados, es crucial el buen funcionamiento de los organismos en lo que respecta a los diferentes procesos para lograr la excreción de estas sustancias, lo cual, evita que se generen niveles tóxicos, ya que estos metales tienden a bioacumularse y experimentan biomagnificación, proceso en el que muchas toxinas alcanzan concentraciones perjudiciales en las células como consecuencia del recorrido por los diversos eslabones de las cadenas tróficas” (59).

“La presencia de plomo en nuestro organismo se relaciona con contaminación ambiental, algunas de las fuentes de emisión y exposición a este elemento son: combustibles, restos de pinturas que se raspan y que pueden contaminar el suelo, debido a que el plomo en el suelo no se degrada ni se puede retirar fácilmente; también, cañerías de agua cuyas tuberías o tanques incluyen plomo en su constitución, baterías, juguetes, artículos escolares, cerámicos, lacas y tintas” (6).

“La mayor parte del cadmio se origina a partir de actividades antropogénicas, el cual se dispersa a través del aire, agua y suelo, conforme al siguiente detalle:

- En el aire. Se encuentra adherido bajo la forma de óxido de cadmio en pequeñas partículas y viajan grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, lluvia o nieve.
- En el suelo. La aplicación de ciertos fertilizantes o excremento de animales en las tierras de cultivo puede aumentar los niveles de cadmio, lo cual, conlleva al aumento de este metal por acumulación y concentración en plantas (raíces, hojas y frutos). Los alimentos con mayor concentración son los cereales como el arroz, maíz y trigo, vegetales de hoja verde (lechuga, espinaca), soja, zanahorias y las papas, le sigue en importancia los pescados, el pan y en menor medida las carnes y frutas.
- En el agua. Solo pequeñas cantidades de cadmio llegan procedentes de los derrames o fugas en sitios de desechos peligrosos, aguas residuales industriales y domésticas, las que pueden contaminar organismos vivos.

“La exposición a metales pesados (Cd, Pb, Hg, As) y sus efectos en la salud y ambiente se da por vía natural y antropogénica. Se movilizan a través del agua, suelo y aire. Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas. La materia particulada y coloidal, tanto orgánica como inorgánica, desempeña un papel clave en la coagulación, la sedimentación y en los procesos de adsorción, los cuales influyen en los tiempos de residencia y transporte de los metales trazas. Los efectos tóxicos dependen del tipo de metal, de la concentración y en algunos casos de la edad de la población expuesta. Algunos estudios que evalúan la contaminación de metales pesados en alimentos, carne y leche, han encontrado que el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que por su impacto en la salud y concentración deben ser cuidadosamente evaluados y monitoreados. Las principales vías de exposición son:

- i) inhalación de partículas de plomo generadas por combustión de algunos materiales.
- ii) La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados. Tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se va acumulando con el paso del tiempo. La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición.

El arsénico puede circular en los ecosistemas naturales por un largo período de tiempo y puede ser incorporado en suelos, aguas subterráneas y litologías hospedantes, en la salud humana genera problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) entre otras” (8 y 14).

“En el ambiente, los metales pesados se pueden encontrar en forma de partículas en suspensión en el aire, agua, suelo y la flora y fauna en general. Entre las partículas fuentes de contaminación ambiental destacan la exploración minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolina con Plomo. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrierías, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. El agua que procede de la lluvia ha sido evaporada de lugares potencialmente contaminados por lo que contiene ya algunos insecticidas en su seno, y dado que en las altas montañas se almacena en lagos, y que se deposita en las aguas más profundas muchos de los contaminantes se pueden encontrar en estas capas. Tanto en el caso del agua, como en el del aire podríamos hablar de una verdadera globalización de la contaminación” (24, 40 y 43).

“Los metales pesados y metaloides se encuentran dispersos en el ambiente permitiendo que los seres vivos se encuentren expuestos a estos metales pesados.

- a. Tóxicos en el agua - para ciertos contaminantes, como el plomo, la contaminación no ha empeorado, los científicos han descubierto, solo en los últimos años, que los daños ocasionados ocurren a concentraciones mucho más bajas de lo que se creía.
- b. Tóxicos en los productos de consumo - Los productos para la casa contribuyen a nuestra exposición diaria a químicos tóxicos. Existen cientos

de productos que contienen tóxicos, estos pueden ser respirados, ingeridos o absorbidos por la piel por los usuarios” (28).

“Los sedimentos de los ríos, constituyen un verdadero reservorio o sumidero de metales pesados, toda vez que son adsorbidos y acumulados más fácilmente que en el agua, donde son menos solubles, pues actúan como “trampas” que facilitan la obtención de información de la fuente contaminante. La distribución de metales pesados en los sedimentos de fondo es afectada por la mineralogía y por la composición del material suspendido, por la influencia antropogénica y por los procesos in situ, tales como la deposición, la absorción y el enriquecimiento por acción de los microorganismos” (29).

“La dispersión geoquímica es la capacidad de migración de un elemento desde su origen hacia otro ambiente a través de diferentes procesos fisicoquímicos y mecánicos, o es el movimiento fisicoquímico que sufren los elementos al pasar de un ambiente geoquímico a otro, siendo considerados a los procesos de transporte y/o fraccionamiento de los elementos. Los cambios de condiciones reductoras a oxidantes pueden ocasionar un fuerte incremento en la dispersión de elementos tales como Mo, V, U y Se, a un grado menor de Hg, Cu, Cd y probablemente también de Zn, Co, Ni y Pb. En ese sentido, la tendencia de un elemento a ser acumulado en un determinado ambiente por los organismos depende de la capacidad del sistema sedimento-agua para proveer elementos traza disueltos que han sido removidas de la solución por procesos bióticos y abióticos. Los 29 componentes sólidos gobiernan los niveles disueltos de estos elementos vía adsorción, absorción y disolución / precipitación. Según la forma

en la que se encuentre el metal retenido en el suelo, así será la disponibilidad relativa por las plantas y por tanto la incorporación en los organismos. Las características del suelo juegan un papel importante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales en el suelo, la distribución de los metales pesados en los perfiles del suelo, así como su disponibilidad está controlada por parámetros como propiedades intrínsecas del metal y características de los suelos” (31 y 39).

“Los contaminantes del suelo presentan diferentes grados de movilidad así el Pb, As, Sb, Zn, Cr, entre otros, tienen una movilidad alta, existiendo la posibilidad de contaminación de extensas áreas de suelo. La acumulación de metales pesados en las plantas inhibe o activa algunos procesos enzimáticos que afectan su productividad, así por ejemplo el Pb, As, Cd, Zn pueden ser absorbidos y depositarse en sus tejidos a niveles tóxicos, dando como resultado una posible vía de entrada de estos metales en la cadena alimenticia, a través del consumo de plantas, directa o indirectamente por los seres humanos. Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal en las plantas y disturbios funcionales en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo; este tipo de contaminación se conoce como “polución de suelos”. La característica de los suelos favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados, por ejemplo, la arcilla tiende a adsorber metales pesados que quedan retenidos en sus posiciones de cambio, por el contrario, los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación pasando rápidamente al subsuelo y contaminando los niveles freáticos. Estos mecanismos básicamente son: procesos de dilución,

adsorción, precipitación, oclusión, migración, acomplejamiento, difusión en los minerales, unión con los constituyentes orgánicos, absorción por la microbiota y volatilización” (33 y 39).

“El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las extrañezas biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macroelementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo. Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos. Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda, excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a

través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos” (34).

“Es importante considerar que algunos procesos como los biogeoquímicos están implícitos con los elementos del suelo que son absorbidos por las plantas y después vuelven a integrarse por la descomposición de las raíces y partes aéreas, además por los mecanismos de la planta estos elementos pueden ser bajo formas más móviles y biodisponibles. Este proceso depende de las características del suelo y de la capacidad de respuesta de las plantas. Las plantas distribuyen los metales en diferentes maneras localizándose principalmente las raíces y tallos, o pueden acumular y almacenar otros metales en forma no tóxica para la última distribución y uso. De esta manera como un mecanismo de tolerancia o acumulación en algunas plantas, se presume que existe un mecanismo vinculante entre las células de las paredes de las raíces y las hojas para los metales potencialmente tóxicos” (37).

“Es importante mencionar que, si este tipo de elementos se encuentran biodisponibles y se movilizan hacia poblaciones cercanas, pueden ocasionar problemas de intoxicación. En este sentido, la forma química de un elemento, tiene influencia directa en su solubilidad, movilidad y toxicidad en el suelo; esta, a su vez, depende de la fuente de contaminación y de la química del suelo en el sitio contaminado. De esta manera, para poder evaluar la utilización de una alternativa de remediación para un sitio en particular, es indispensable llevar a cabo la caracterización del sitio con el objeto de determinar el tipo y concentración del (los) contaminante(s) presente(s)” (38).

“La contaminación acuática originada por metales pesados proviene de diferentes fuentes como el desgaste geológico, la actividad de explotación minera, el uso de metales y compuestos de metales para determinados procesos industriales y la lixiviación de metales pesados a partir de residuos domésticos y vertidos de residuos sólidos. En el suelo, el mercurio se acumula y se integra fácilmente en suelos de características húmicas a causa de la escasa movilidad y transporte en este medio. La movilidad del mercurio a nivel del suelo superficial depende de la afinidad de la forma bivalente con la materia orgánica. Su baja movilidad en la matriz suelo facilita el monitoreo de este compartimiento ambiental. Al entrar a cuerpos de agua se diluye parcialmente y otra parte se deposita en los sedimentos o suelos que han entrado en contacto con el agua, adhiriéndose fuertemente a las partículas del suelo, donde luego puede ser captado por las plantas, peces y animales” (41).

“Existen diversos aspectos que afectan negativamente a la calidad del suelo, y uno de ellos es su contaminación, en particular aquella derivada de metales pesados, es decir, procedentes de la roca madre, o bien haber sido incorporados al mismo de forma antropogénica. Al acidificar el suelo se pueden movilizar metales y provocar que una parte de los mismos pase a formas solubles lo que puede suponer un riesgo de contaminación al aumentar su biodisponibilidad. Cuando los metales pesados son adicionados conjuntamente con materia orgánica, se ha observado que su disponibilidad es mayor durante los primeros años de su aplicación y que esta se modifica con el tiempo. Hay que considerar que cuando los metales están en fase soluble pueden moverse en dicho perfil, pudiendo influir en su disponibilidad y capacidad contaminante a lo largo del tiempo” (49).

“La geo disponibilidad de los elementos de las rocas y su aportación al suelo es insignificante en relación con las derivadas de las acciones antropogénicas. Los metales pesados son muy estables en el suelo y en el proceso natural de la edafización de una roca se concentran, pero en general sin rebasar los umbrales de toxicidad, y aunque así fuera, estos metales se encuentran en formas estables y por tanto poco disponibles. De los distintos tipos de rocas, las ultras básicas, como las peridotitas, presentan altos contenidos en metales pesados (Cr, Ni, Cu y Mn). Las menores concentraciones de metales pesados se encuentran en las rocas ígneas ácidas y en las sedimentarias (areniscas y calizas). Los porcentajes más altos de metales traza en los suelos, heredados de la roca madre, se dan para Cr, Mn y Ni, mientras que Co, Cu, Zn y Pb se presentan en menores cantidades y son mínimos los contenidos en As, Cd y Hg. Las principales concentraciones anómalas de metales pesados en suelos provienen fundamentalmente de las menas metálicas (sulfuros, óxidos). La explotación y extracción de metales produce anualmente millones de toneladas de residuos, en estas áreas, las capas superiores de los suelos presentan concentraciones elevadas de Cu, Ni, As, Se, Cd, Fe, etc.” (50)

“Distribución y niveles de metales pesados en agua, la concentración de metales en agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces. Las branquias se exponen a metales a través del agua, ya que están constantemente en contacto directo. Los riñones están expuestos a los metales del agua porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón. En general, el orden de acumulación de metales pesados en la red trófica es como sigue: capa biológica = sedimentos > invertebrados >

peces. Aunque las concentraciones absolutas de metales están más elevadas en la capa biológica y sedimentos, se ha cuestionado que los metales se biomagnifiquen en peces. Los metales son biodisponibles y que, aunque no se biomagnifiquen a través de niveles tróficos, sí se bioacumulan a concentraciones que causen efectos fisiológicos en peces” (3).

“Dentro de los metales pesados se distinguen dos grupos: Los micronutrientes necesarios para el desarrollo de la vida de determinados organismos, son requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo se encuentran As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn. Metales pesados no esenciales: metales cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, provocan disfunciones en sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos principalmente: Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Ti. Los metales pesados están siempre presentes en los suelos a unos niveles de concentración denominados niveles de fondo o “Background”, cuyo origen no es externo, sino que proviene del material parental originario de las rocas y su transformación. Con frecuencia se encuentran como cationes que interactúan fuertemente con la matriz del suelo, lo que en ocasiones se traduce en que incluso a altas concentraciones pueden encontrarse en forma química no dañina o inerte. Sin embargo, estos metales pueden movilizarse y cambiar de forma química debido a cambios en las condiciones medioambientales. Por esta razón se les ha catalogado como bomba de relojería química. La elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación en los organismos vivos, los convierte en contaminantes prioritarios cuyos efectos tóxicos no se detectan fácilmente a

corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo” (29 y 42).

“En la contaminación por metales pesados en los suelos se pueden distinguir dos fuentes de acuerdo a su origen: una que se produce en la naturaleza denominada endógena y la segunda por los aportes externos que realizan las actividades antropogénicas, denominada contaminación exógena. Algunas actividades que contribuyen a la contaminación del suelo por aporte directo, son las tareas realizadas en la agricultura por el uso inadecuado de fertilizantes y productos fitosanitarios, el vertimiento de los residuos sólidos que se generan y los vertimientos de las industrias son las fuentes más representativas para la contaminación por los metales. El suelo es un medio receptor de multitud de sustancias potencialmente contaminantes, convirtiéndose en una estación de tránsito, donde se retienen por grandes períodos de tiempo, esta condición puede ayudar a que el contaminante sea degradado o se vuelva móvil y llegue a otros medios.

A continuación, se enumera los diferentes parámetros más importantes en la disponibilidad de los metales pesados:

- pH. “Es el parámetro principal de control en la disponibilidad de los metales para las plantas, debido a que la mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso se mejora la solubilidad de los metales y su absorción por las raíces de las plantas”.
- Textura. La textura fina es la fuente principal de los metales pesados, por lo cual sus características son fácilmente alteradas por la contaminación. Caso

contrario a los suelos de textura gruesa que presentan un bajo contenido en metales pesados.

- Condiciones de óxido-reducción. Muchos metales forman sulfuros relativamente insolubles en condiciones fuertemente reductoras. Algunos de ellos son el Cd, Zn, Ni, Co, Cu y Pb, mientras que metales como el Fe y Mn pueden volverse más solubles en estas condiciones de óxido-reducción.
- Materia orgánica. Este parámetro presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad dentro del suelo.
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Controla la disponibilidad de los metales del suelo, un incremento en la CIC produce un aumento en el tiempo en que estos metales se encuentran disponibles para las plantas dado que aumenta la capacidad del suelo de fijar metales. El sistema suelo-planta se considera un sistema abierto, que se encuentra sujeto a aportes, tales como contaminantes, fertilizantes y pesticidas. Donde los metales pesados son añadidos por las plantas desde el suelo a través de las raíces y parámetros como el tipo de suelo, la temperatura, pH, aireación, condiciones redox y fertilización contribuyen a la absorción del mismo, desplazándose por todo el interior de la planta y disminuyendo su nivel en el siguiente orden: Cd>B>Zn>Cu>Pb. Una vez incorporados en el suelo los metales pesados siguen cuatro vías, dentro de sus procesos físicos, químicos y biológicos:
  - Quedar retenidos en la solución del suelo o bien, fijados por adsorción, complejación y/o precipitación.
  - Ser absorbidos por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas.

- Pasar a la atmósfera por volatilización.
- Movilizar a las aguas superficiales o subterráneas” (30, 35 y 41).

“El suelo puede definirse como la materia, no consolidada, compuesta por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua y aire y organismos, que comprenden la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad. Un suelo contaminado es aquel donde se encuentran presentes uno o más materiales peligrosos y/o residuos de índice tal que pueden construir un riesgo para el ambiente y la salud. Los niveles para considerar un suelo contaminado dependen del elemento en cuestión, uso del suelo y la legislación de cada país, efecto de los contaminantes del suelo. El suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente su comportamiento. Los efectos desfavorables son: disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos con riesgo para la salud de los consumidores, al entrar elementos a la cadena trófica, contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia, se alcanza concentraciones superiores a las consideradas aceptables, disminución de las funciones de soporte de actividades de esparcimiento, los espacios contaminados presentan problemas de salubridad para los usuarios” (32).

“Un problema asociado a los metales es que no son degradables de manera química o biológica y por lo tanto, su concentración persiste por un largo período luego de que son introducidos en el suelo. Otro concepto asociado a la toxicología de los metales es la especiación y la biodisponibilidad de estos en el

suelo. La biodisponibilidad se refiere a si los metales están en una especiación en la cual puedan ser captados (ingerido o absorbido) por un organismo presente en el ambiente, como por ejemplo las plantas. Por lo tanto, según la forma química y el estado de oxidación que adopte el metal, se tendrá una solubilidad y movilidad específica de este, lo que determinará su biodisponibilidad. Así la concentración de metales en el suelo no es necesariamente la misma concentración biodisponible del metal. La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de estos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta” (33 y 42).

“Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas. En suelos estudiados con diferente pH y contenidos de arcilla y materia orgánica, y donde se han añadido intencionalmente concentraciones de Pb y Zn, ha sido determinada la capacidad de la absorción de los mismos en cada tipo de suelo. Se sembró lechuga y después de cosechar las mismas se evaluaron nuevamente los suelos y se observó que disminuyó la concentración de estos metales en los suelos, lo que

pone de manifiesto que estos suelos contaminados son un riesgo para la salud porque las plantas pueden absorber estos metales. Las concentraciones de Cu causaron inhibición para el alargamiento de raíz y el crecimiento global de la planta de tomate; por su parte los suelos más calcáreos, demostraron ser los de mayor retención de Cu, lo que demuestra una vez más que las características del suelo influyen de manera directa y factores con las concentraciones de metales en estos y con los niveles de disponibilidad hacia las plantas. Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. Las plantas pueden adoptar distintas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno. Unas basan su resistencia a los metales con la estrategia de una eficiente exclusión del metal, restringiendo su transporte a la parte aérea. Otras acumulan el metal en la parte aérea en una forma no tóxica para la planta” (42).

“El agua químicamente pura no existe en la naturaleza, las aguas naturales contienen metales pesados disueltos en ella. Sin embargo, aunque los metales pesados son tóxicos, lo que los hace realmente peligrosos no son sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y el tipo de especie que forman en un determinado medio. En otras palabras, es la distribución de un elemento químico entre las diferentes formas en las cuales puede existir, en un medio determinado. Incluye tanto los elementos libres (en forma neutra o ionizada) como los variados complejos que pueden formarse con diferentes ligandos. Biodisponibilidad de metales pesados. Comprende la fracción de metales pesados que están disponibles para su absorción por los

organismos vivos, comprende a las formas solubles e intercambiables controladas por diversas reacciones químicas. La principal causa del elevado nivel de toxicidad a nivel químico de los metales pesados se fundamenta en que estos poseen una gran capacidad para unirse con moléculas orgánicas. En efecto, sus niveles tóxicos en sistemas biológicos dependen de reacciones con ligandos, esenciales para su asimilación” (44).

“La mayoría de los elementos trazas que se consideran como tóxicos son, según la clasificación de Goldich (1938), calcófilos (Ni, Ci, Zn, Rb, As, Hg) y por lo tanto forman sulfuros: estos son muy escasos y solo originan contaminación natural en áreas pequeñas donde hubiera sulfuros subyacentes. Las rocas sedimentarias son el resultado del transporte y sedimentación o precipitación de material en unas condiciones fisicoquímicas muy determinadas, pueden dar lugar a suelos donde exista exceso de algunos de estos elementos metálicos, como en el caso de las pizarras negras que están enriquecidas en elementos tóxicos con Cr, Mo, Ni, Pb, y Zn y Cd. Las ganancias y pérdidas de elementos metálicos pueden ser examinadas en función de la estructura y movilidad relativa de dichos elementos bajo condiciones ambientales. El Fe, Mn, Al, Cr, Cd y Pb tienen baja o muy baja movilidad y podrían originar acumulaciones en suelos. Los metales de transición pueden sufrir en suelos enriquecimientos o pérdidas en relación con el material original, dependiendo de los factores físico-químicos que existan en el medio. La distribución de los metales en los perfiles del suelo está controlada por los procesos edáficos y los ciclos elementales de las plantas, originándose una distribución heterogénea de los elementos en los horizontes del suelo. Los ciclos elementales de la vegetación también pueden producir acumulaciones de metales en las partes más altas del horizonte “A”.

También pueden existir elevadas concentraciones de algunos metales pesados en los suelos naturales, debidas al material original en áreas mineralizadas o a una dispersión secundaria de ellos. La disponibilidad de los elementos trazas en relación a las plantas está gobernada por sus concentraciones totales en el suelo que en principio proceden de la roca madre, y por la forma en que se encuentran. La capa superficial del suelo, puede fácilmente ser arrastrada por las lluvias pasando a formar parte de los sedimentos de arroyos y ríos. Además, estos son las vías a las que se vierten las aguas residuales, industriales y urbanas, y las arcillas de dichos sedimentos pueden atrapar los cationes de las aguas. Por ello las arcillas de estos sedimentos pueden estar muy afectadas por la contaminación. La mayor o menor facilidad para extraer el Pb del suelo está influida por varios factores: los suelos ricos en cal, con alto pH, presentan menos plomo extraíble; suelos con altos niveles de fosfatos, materias orgánicas y contenidas en arcilla presentan reducida extractabilidad de plomo. De forma general, podemos decir, que el Pb se acumula preferentemente en las raíces” (45).

“El Mercurio existe en tres formas: elemental, inorgánico y orgánico:

- Mercurio elemental o metálico (HgO): Es líquido a temperatura ambiente y se transforma de líquido a vapor de mercurio procedente tanto de la desgasificación natural de la superficie terrestre como de la reevaporación del mismo.

Desde los 13°C el mercurio elemental emite vapores.

- Mercurio orgánico (Metilmercurio y Etilmercurio): es un compuesto potencialmente tóxico debido a que es hidrofóbico y liposoluble, lo cual le

permite acumularse en los tejidos orgánicos. Una vez que el metilmercurio es liberado al agua puede difundirse a través de la cadena alimentaria acuática, que luego es consumido por peces herbívoros donde se inicia la acumulación y de allí estos peces serán alimento de peces carnívoros y mamíferos marinos los cuales pueden ser consumidos por los humanos.

- Mercurio inorgánico o Sales de Mercurio: se encuentra unido a átomos de Cl, N, O y S” (10).

“La interacción de los contaminantes con los organismos vivos constituye la toxicodinámica ambiental. En ecotoxicología, incluye un amplio rango de efectos sobre los organismos a diferentes niveles de organización: molecular, celular, individual, poblacional, etc.” (23).

“Factores de riesgo ambiental – referido a la identificación de factores de riesgo con probabilidad de contaminación del ambiente con metales pesados y metaloides (en el suelo, agua y aire) por fuente natural o antropogénica” (58).

“Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1992), el concepto de salud no es solo la ausencia de enfermedad, sino también es el estado de bienestar somático, psicológico y social del individuo y de la colectividad en forma dinámica. Por otro lado, Jean Lebel, indica que la salud no es la ausencia de enfermedad, está mejor definida como una participación armónica en los recursos del medio ambiente, que permite a los individuos el desarrollo pleno de sus funciones y aptitudes” (22 y 27).

“Para los casos de efectos productivos, se han utilizado distancias de 20, 30, 50 y más kilómetros, mientras para los casos de contaminación, distancias más reducidas como 5 y 10 kilómetros. Por ejemplo, en los estudios reseñados en van der Goltz y Barnwal (2018), las distancias utilizadas para el análisis de muestras de sangre en comunidades cercanas a unidades de fundición son menores a 5 kilómetros.

“Si bien una distancia simple es importante para considerar cercanía, la geografía nos recuerda que para el estudio de los efectos de contaminación debe considerarse la altitud relativa. Una fuente de contaminación suele esparcirse hacia abajo (downstream), por lo que la manera como afecta dependerá de la altitud relativa del hogar, unidad agropecuaria respecto al contaminante” (64)

## **B. Factores Sociales.**

“La determinación es un concepto que tiende a usarse muchas veces como sinónimo de causación y, por lo tanto, en los modelos antes mencionados una determinante vendría a ser una causa. En la literatura epidemiológica anglosajona suele definirse «determinante» como sinónimo de factor de riesgo” (53).

“Los factores de riesgo de exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides, son condiciones de exposición o intoxicación con la capacidad de causar daño que se presenta continuación:

- Factores de riesgo en el hogar- referido a la identificación de factores de riesgo a la salud pública como consecuencia de la exposición o intoxicación por metales pesados y metaloides (uso de productos químicos

sin registro sanitario, consumo de productos alimenticios sean de origen vegetal animal procedente de zonas contaminadas con metales pesados y metaloides, viviendas con piso de tierra, ingreso al hogar con indumentaria de trabajadores expuestos a actividades de riesgo a metales pesados y metaloides, y otros).

- Factores de riesgo poblacional – Consecuencia de la exposición a metales pesados y metaloides (existencia de conglomerados o grupos de personas del área urbana o rural expuestas y que se encuentran en el entorno o cercanas a fuentes antropogénicas o naturales con contenido con metales pesados y metaloides, familiares de trabajadores expuestos a metales pesados y metaloides, personas expuestas en espacios cerrados: centros educativos, guarderías, cárceles y otros en donde se utilicen o estén expuestos a metales pesados y metaloides, personas expuestas al consumo de alimentos y aguas contaminadas por metales pesados y metaloides.)
- Factores de riesgo ocupacional - Identificación de factores de riesgo a la salud por exposición a metales pesados y metaloides en el desarrollo de las actividades laborales, que como consecuencia de ello pueden ocasionar algún daño a la salud (trabajadores expuestos directa o indirectamente a metales pesados y metaloides durante los procesos laborales a nivel informal y formal, producción minera, fundición, y refinamiento, agroindustria y trabajo en actividades pecuarias o forestales de compuestos que contengan metales pesados y metaloides, en accidentes de trabajo y trabajo médico)” (58).

“Dentro de los llamados factores claves de la salud se encuentran los llamados factores del entorno creado por el hombre como la seguridad en la vivienda, el lugar de trabajo, la comunidad y el trazado de los caminos, también constituyen influencias importantes. Esto se debe a que la interrelación dinámica de los factores ambientales con el individuo, bien sean generados por factores naturales o antropogénicos los cuales pueden influir de forma negativa favoreciendo las condiciones para la aparición de enfermedades infecciosas cuando están relacionados con agentes biológicos, o de enfermedades no infecciosas, cuando se relacionan con agentes químicos o físicos, todos bajo condiciones sociales, económicas y conductuales determinadas” (55).

“Factores Sociales Ambientales de la Salud en los métodos del Análisis del Impacto de Salud (AIS) son similares y utilizan una evaluación estructurada basada en los factores generales de la salud (medio ambiente, ingresos, empleo, educación, etc.). Como la mayoría de los Factores Sociales de Salud (DSS) no son modificables en el sector de la salud, el concepto del AIS requiere un enfoque intersectorial” (56).

“Dentro de los factores de riesgo a tener en cuenta se menciona:

- Ingesta de agua o alimentos contaminados de forma natural, desechos industriales.
- Habitar cerca de fuentes contaminantes, como minas en actividad o en zonas con presencia de fuentes naturales de cadmio que contaminan agua y suelos” (7).

“Recientes estudios informan que hoy en día tenemos de 400 a 1,000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales. El plomo tiene graves efectos en diferentes órganos y en el cerebro afecta el desarrollo y capacidad mental de los niños” (5).

“Tóxicos en el aire - El lugar más afectado por la contaminación del aire es en el interior de nuestras casas, es de mayor preocupación los efectos causados por los contaminantes aéreos en espacios cerrados, en especial por la gran cantidad de tiempo que el ser humano está en estos lugares” (28).

“La educación implica impulsar las destrezas y las estructuras cognitivas y la percepción del mundo-realidad se conviertan de información significativa, así como en valores, costumbres. La educación contribuye a una conciencia crítica e integral de nuestra situación en el planeta y comprender la relación entre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos del ambiente, así como su evolución y su modificación en el tiempo” (63).

“Se pueden mencionar algunas condiciones que incrementan el riesgo de intoxicación:

- La susceptibilidad individual que hacen a una persona vulnerable a la intoxicación. (hipersensibles o atópicos)
- Personas con antecedentes de enfermedades pulmonares crónicas, osteoarticulares y renales crónicas.

- A menor edad, mayor riesgo de intoxicación, siendo los fetos, neonatos y los preescolares los más vulnerables. Los neonatos absorben 20 veces más cadmio que los adultos.
- Factores dietéticos, la absorción de cadmio puede verse aumentada por deficiencias proteicas, calcio, hierro, zinc; así como deficiencias de vitamina C y D.
- El tabaquismo, duplica el ingreso diario promedio de cadmio. Se ha estimado que los fumadores de tabaco están expuestos a 1,7 $\mu$ g cadmio/cigarrillo y los no fumadores también pueden estar expuestos al cadmio a través del humo de los cigarrillos” (7).

“El riesgo para la salud de la población es más preocupante en las áreas peri urbanas en las partes medias de las cuencas, donde la contaminación del agua es especialmente preocupante. Algunos poblados del sector pobre de estas zonas toman agua de los ríos o canales de riego, que son abastecidos con agua de los ríos. Esta población se encuentra expuesta a los residuos y contaminantes químicos, físicos y microbiológicos sobre todo los niños sufren de enfermedades diarreicas y muchos metales pesados son cancerígenos a largo plazo. La contaminación de agua (ríos, lagos y mares) es producida, principalmente, por cuatro vías: vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros, y de producto químico. El vertimiento de relaves mineros es la forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros. Los relaves mineros contienen fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias sumamente tóxicas para las plantas, animales y el ser

humano. El otro caso es los lavaderos de oro, por el vertimiento de mercurio en las aguas de ríos y quebradas” (25).

“Las principales fuentes antropogénicas de metales pesados en suelos, pueden ser: Actividades agrícolas: riego, fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol, enmiendas calizas y sobre todo, lodos residuales de depuradoras” (50).

“Movimiento de residuos de metales pesados en el Ambiente, las sales solubles en agua de los metales pesados como: el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones” (3).

“Dentro de los diferentes elementos de la corteza terrestre podemos distinguir los oligoelementos que cumplen con funciones de micronutrientes, pero que superado cierto umbral resultan tóxicos (As, Cr, Cu, Mn, Mg, Se, Zn) y los altamente tóxicos que no tienen una función biológica conocida (Pb, Cd, Hg, Bi). La competencia entre los metales contaminantes y los metales esenciales se debe a que comparten los sistemas de transporte, disminuyen la concentración efectiva del metal esencial. La absorción también depende de las cantidades de Zinc en la dieta y la presencia de sustancias que interfieren con él, tales como: la fibra y los fitatos (que forman complejos disminuyendo su absorción), el Ca, Cu y Cd (que compiten y pueden reemplazar al Zn en la proteína transportadora dificultando su absorción)” (13 y 6).

“Los metales pesados resultan ser elementos químicos tóxicos para la salud, estos pueden entrar en el cuerpo humano a través de los alimentos, el agua, el aire, o absorción por la piel. En nuestro país la diversidad geográfica, geológica, política y etnocultural permite el desarrollo de una variedad de actividades económicas formales e informales que generan contaminación ambiental. Entre los metales pesados que cobran mayor importancia en la salud pública tenemos el plomo, mercurio, cadmio, arsénico, talio y manganeso, tales como en los micronutrientes esenciales, cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), vanadio (V) y zinc (Zn), se requieren en solo unos miligramos o microgramos por día y cuando pasan cierto umbral de concentración se vuelven tóxicos, tal es el caso del Se y Zn, que tienen límites muy próximos entre la dosis requerida y la tóxica. Por otro lado, los macronutrientes, tales como calcio (Ca), cloro (Cl), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S), son necesarios a 100 mg o más por día. Los alimentos pueden contener algunos de los productos orgánicos persistentes que se disuelven en medios grasos (liposolubles) como la carne, el pescado, la leche y derivados, provenientes de los medios en los que viven los animales que luego se utilizan para el consumo humano. Los insecticidas utilizados en frutas y verduras pueden ser también fuente de exposición y pueden acumularse en el organismo. Es difícil establecer relaciones de causalidad entre producto empleado y consecuencias sobre la salud porque, a veces, las personas están expuestas en el lugar de trabajo y también por exposición ambiental, o sea, en las grandes ciudades o en las zonas agrícolas. En estudios hechos en Estados Unidos por la agencia que controla la salud ambiental (EPA), la ingesta de dioxinas y bisfenoles policlorados (PCB) procedía en un 37 % de productos

lácteos, y en un 26 % del pescado, seguidos de las conservas de atún y del pollo” (14 y 40).

“Las vías de ingreso de metales pesados y metaloides más frecuentes se pueden distinguir las siguientes:

- Vía inhalatoria: es la vía de mayor absorción en el que se da entre el 25 a 50% de lo inhalado.

Las causas son: Habitar cerca de fuentes contaminantes como son las empresas minero metalúrgico, habitar en zonas con presencia de fuentes naturales y las plantas industriales y la contaminación atmosférica pueden condicionar la presencia de As en el aire.

- Vía oral: es la de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, pese a una baja absorción entre 5 a 20% en un adulto, los niños son los más afectados, esta se ve aumentada considerablemente cuando hay deficiencias de calcio, proteínas, ácido fólico, hierro y zinc.

Las causas son: ingesta de alimentos contaminados por desechos industriales (peces y moluscos), tubérculos y hortalizas irrigadas con agua contaminada y por uso de plaguicidas, con residuos de los plaguicidas como rodenticidas y herbicidas, empleados por agroindustriales, pecuario y artesanías, alimentos contaminados usados para la crianza de cerdos y aves principalmente y destilación ilegal de bebidas alcohólicas.

- Vía dérmica: una vez absorbido, el cadmio pasa al torrente sanguíneo, entre el 90-95% se fija a la hemoglobina y a la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos sulfhidrilos (SH) sintetizada en el hígado, para luego ser transportado hacia el pulmón, riñón e hígado, donde

se almacena entre el 50 al 75%, sin embargo progresivamente se traslada al hígado y riñón donde se acumulará casi de manera definitiva, es por ello que incluso a bajas dosis de exposición y tiempo prolongado de exposición pueden condicionar un nivel significativo en el organismo” (7 y 9).

“Una de las causales responsables de incorporación de metales pesados en alimentos es a través de los sistemas hídricos. Ya sea por uso de aguas contaminadas para riego de cultivos o por los procesos que tienen lugar en la cadena alimenticia en aguas contaminada. Los estudios demuestran que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua, pastos o forrajes contaminados por metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) influye sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche y carne. De igual manera las condiciones de cultivo influyen en la concentración de metales pesados sobre las diferentes matrices (aire, agua, suelo y plantas)” (42 y 61).

“La exposición es el contacto de una población o individuo con un agente químico o físico. La magnitud de la exposición se determina midiendo o estimando la cantidad (concentración) del agente que está presente en la superficie de contacto (pulmones, intestino, piel, etc.) durante un período especificado. El tiempo de exposición se clasifican de acuerdo a la magnitud del período de exposición en:

- Exposiciones crónicas. - Son las exposiciones que duran entre 10% y el 100% del período de vida. Para el caso del hombre entre 7 y 70 años
- Exposiciones sub crónicas. - Son exposiciones de corta duración, menores que el 10% del período vital

- Exposiciones agudas. - Son exposiciones de un día o menos y que suceden en un solo evento” (15).

“Los metales tienen la capacidad de producir efectos biológicos adversos, característica de los tóxicos, se manifiesta una vez que estos alcanzan una determinada concentración en el lugar donde producen los cambios funcionales; este órgano se llama órgano diana, generalmente los órganos diana más frecuentes son: el sistema nervioso central, sangre, hígado, riñón y pulmón. La alimentación es la fuente más importante de ingesta de cadmio. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. La dieta deficiente en Ca, Fe o proteína incrementa la velocidad de su absorción. La concentración de cadmio se incrementa con la edad hasta los 50 años. En los adultos, la carga corporal de cadmio puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y sobre todo del hábito de fumar, pues en un fumador la carga alcanza el doble. En expuestos ocupacionales, el cadmio se encuentra también en páncreas, pulmón, aorta, corazón y músculos. Elevadas concentraciones en un tejido infieren concentración alta en otros, lo que nos lleva a afirmar que la distribución se determina solo por el nivel ambiental de Cd” (17).

“Los ancianos y los niños son más susceptibles a la exposición de esos elementos. Los niños son, particularmente, susceptibles a la exposición al plomo, así como los recién nacidos. De igual forma la anemia, desnutrición aguda y crónica y el embarazo hacen más vulnerable a las personas que se exponen a metales pesados tóxicos. Actualmente se sabe que las personas con

deficiencia en hierro, calcio, zinc, selenio y vitaminas son vulnerables a la absorción y acción de esos metales” (4).

“La absorción tras la exposición oral a cadmio parece depender de la fisiología del individuo (edad, reservas de hierro, calcio y zinc, embarazos), así como de la presencia de otros iones y diversos componentes de la dieta. Las metalotioneínas (MT) son un grupo de proteínas que unen metales, ricas en residuos de cisteína, cuya síntesis ocurre principalmente en hígado y riñón. Su producción depende de la disponibilidad de elementos de la dieta, como zinc y selenio y de aminoácidos como histidina y cisteína y juegan un papel crítico en la toxicocinética y toxicidad del cadmio” (4).

“El cadmio se puede absorber por vía inhalatoria, oral o dérmica, según la vía de exposición, independientemente de su forma química. Sin embargo, la absorción tras la exposición respiratoria y oral las de mayor interés. La toxicidad del cadmio puede ser consecuencia de alteraciones en el metabolismo del zinc. Las partículas grandes (mayores de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro) se depositan por impacto en la parte superior del tracto respiratorio, y se eliminan en gran parte por procesos mucociliares de manera que una pequeña fracción se absorbe finalmente por vía oral” (16).

“Una vez absorbido el cadmio, el cobre unido a la albúmina es lentamente intercambiable a ceruloplasmina, que lo transporta y favorece su excreción por la orina; cuando hay déficit de ceruloplasmina el Cu se retiene en el hígado, donde se almacena como complejo con metalotioneína (MT-Cu). La primera se

caracteriza por excesiva acumulación de cobre en el hígado, cerebro, riñón y cornea. La enfermedad de Wilson se denomina también de generación hepatolenticular y tiene un curso progresivo y fatal, con afectaciones hepáticas, biliares y del sistema nervioso, con cambios neuróticos y de la conducta. Se debe a insuficiente síntesis de ceruloplasma, por trastorno genético, se diagnostica por el déficit de la proteína transportadora en la sangre y bajo nivel de cobre en este medio, pero muy alto en orina. La segunda presenta bajos niveles de cobre en cerebro e hígado y muy altos en otros órganos, lo que se debe, al parecer, a una alteración en la síntesis de MT” (18).

“Existen cuatro pasos para la toxicodinámica: 1) Absorción, 2) Distribución, 3) Metabolismo y 4) Excreción. El proceso se conoce por sus siglas ADME.

**a) Absorción.** Proceso por medio del cual este atraviesa membranas y capas de células hasta llegar al torrente sanguíneo.

En las superficies del organismo depende de: alta irrigación sanguínea, lo cual, puede trasladar de forma más rápida los metales pesados y distribuirla al organismo estableciéndolo en órgano diana, tiempos de residencia prolongados, superficies expandidas, ejemplo las vellosidades del intestino delgado y alvéolos pulmonares.

**Ingestión.** La mayor cantidad se absorbe en el estómago y en los intestinos - tracto gastrointestinal (TGI), incluyendo las absorciones sublingual y rectal.

- Inhalación. - vía de exposición a gases, vapores de líquidos volátiles, aerosoles y partículas suspendidas en el aire y los sitios de absorción son la nariz y los pulmones.
- Absorción cutánea depende de:

- ✓ la concentración del tóxico
- ✓ la magnitud y localización en el cuerpo del área expuesta
- ✓ la condición de la piel: la hidratación, quemaduras.
- ✓ la velocidad de flujo sanguíneo
- ✓ temperatura y humedad ambiental
- ✓ la interacción con otras sustancias que puedan modificar la permeabilidad de la piel.

**b) Distribución.** Una vez que el tóxico ha llegado al torrente sanguíneo, se puede transportar a distintos destinos: sitios de acción, uno o varios almacenes de depósito donde se puede acumular el compuesto y que no es su sitio de acción. Ejemplos de almacenes de depósito son el hígado, los riñones, el tejido adiposo y el tejido óseo y diversos órganos para su biotransformación.

La distribución depende de: del flujo sanguíneo, la velocidad de difusión en las interfaces sangre-tejido, la cual depende del coeficiente de partición, la permeabilidad de la membrana y de la afinidad del tejido por el compuesto.

**c) Excreción.** se da por la orina. Los riñones son los órganos más importantes en la excreción, ya que directamente remueven las sustancias tóxicas de la sangre. (plomo, cadmio, arsénico, aluminio), Heces. Consisten de la ingesta no absorbida, secreciones biliares, secreciones intestinales y microflora. La flora microbiana puede bioacumular compuestos y como parte de ella es eliminada en las heces. (mercurio 90%, cadmio, cobre y manganeso a través de la bilis, zinc), Bilis. Las sustancias con peso molecular mayor a 350 se excretan más fácilmente.

La microflora intestinal se biotransforma algunos compuestos que van en la bilis y los metabolitos resultantes pueden ser reabsorbidos y llevados de nuevo al hígado. El ciclo entero hepático es la causa de que se incremente la permanencia del tóxico en el organismo y otros mecanismos. Las secreciones corporales, como la leche, el sudor y la saliva constituyen vías menores de excreción de tóxicos.

**d) Metabolismo.** Los lípidos se difunden más rápidamente, así que al transformar el xenobiótico en un compuesto más polar se reduce la velocidad de difusión, se aumenta su solubilidad en agua, y esto facilita la excreción en orina. En algunos casos, la biotransformación resulta en la producción de un metabolito que es más tóxico que el compuesto original, al proceso se le denomina bioactivación. Si estos metabolitos se acumulan y vencen las defensas del organismo entonces pueden producir un daño que se manifieste en una respuesta tóxica” (15).

“Los factores tóxicos cinéticos dependen de diversos factores entre los que destaca la hidro o liposolubilidad, volatilidad, peso molecular y la existencia de mecanismos específicos de transporte. La vía respiratoria es importante en el mercurio, que es el único metal volátil, y en la exposición a humos y vapores metálicos en condiciones extremas de temperatura y también a partículas, como en el caso del Pb que es fagocitado por los macrófagos alveolares. La vida media de los compuestos metálicos en el organismo es variable, pero tiende a ser prolongada debido a su afinidad y acumulación en el hueso. Otro factor que influye en la toxicidad de los compuestos metálicos es el estado de valencia en que el elemento metálico se encuentra. Así, el As III es más tóxico que el As V y el Cr VI es más peligroso que el III” (20).

“La absorción intestinal de los metales divalentes como el Cd y el Pb se lleva a cabo por el transportador de metales divalentes-1. El DMT-1 se encuentra localizado en el duodeno, los eritrocitos, el hígado y las células del túbulo contorneado proximal (TCP), es la proteína transportadora de Fe y muestra gran afinidad por otros metales divalentes como Cd, níquel (Ni), Pb, Co, Mn, Zn y Cu<sup>2</sup>. La disminución en la ingesta de Fe y Zn ocasiona un incremento en la expresión del DMT-1, lo cual aumenta la absorción intestinal de Cd y Pb y favorece la toxicidad por estos metales. Los metales pesados son metabolizados en el hígado, donde se unen a proteínas de bajo peso molecular (< 10 kD) denominadas metalotioneínas (MT). Estas proteínas se encuentran ampliamente distribuidas en el organismo y contienen en su estructura una gran cantidad del aminoácido cisteína, lo cual, les confiere una elevada afinidad para reaccionar y almacenar metales como Zn, Cd, Hg, Cu, Pb, Ni, Co y Fe” (21).

“Existen interacciones entre los metales (exposición a más de un metal) que pueden potenciar o disminuir los efectos en la salud, la revisión de literatura reporta que la exposición conjunta a arsénico y plomo presenta efectos aditivos en los tejidos respiratorios y en el sistema nervioso central. Se ha postulado que el cobre, hierro y zinc afectan la absorción de plomo, donde el Zn juega un papel protector en la intoxicación por plomo, revirtiendo los efectos de la inhibición de la deshidratasa que causa este. En individuos que han fallecido a causa de problemas cardiacos, se ha encontrado que el cadmio y el plomo tienen efectos aditivos para este tipo de problemas” (22).

“El simple hecho de que el tóxico se encuentre dentro del organismo es la prueba de que existió la exposición.

- Orina. En este medio se encuentran los xenobióticos (sustancia química que se encuentra dentro de un organismo que no se produce naturalmente o se espera que no esté presente dentro del organismo) y/o sus productos de excreción que sean solubles en agua.
- Sangre. La sangre es el medio que mejor refleja la exposición de los diferentes órganos en un momento dado.

El factor que más afecta la representatividad de los resultados del muestreo de sangre es la distribución del tóxico entre el plasma y las células que puede variar con el período de exposición y el lapso transcurrido desde que sucedió.

- Otros medios. Se pueden seleccionar otros medios biológicos para tomar muestras, tales como, aire exhalado (v.g. en la determinación de alcohol etílico), células exfoliadas de la piel, uñas, sudor, saliva, hueso y leche materna. El análisis de leche materna se utiliza principalmente para estimar exposiciones de infantes, más que para estimar concentraciones corporales en la madre” (15).

“La neurotoxicidad de los metales pesados muchas veces pasa desapercibida, pues en ocasiones no se hace visible hasta pasados muchos años, y puede confundirse o malinterpretarse con algún desorden neurodegenerativo relacionado con la edad. Las mujeres embarazadas y la población infantil constituyen una población más vulnerable, presentando, por un lado, problemas en el embarazo como pueden ser parto prematuro, abortos, malformaciones fetales y bajo peso al nacer; y, por otro lado, en la población infantil se presentan déficits en el desarrollo cognitivo y la inteligencia” (48).

### **2.3 Hipótesis de investigación.**

#### **Hipótesis general.**

Los factores sociales y ambientales se relacionan con los niveles de concentración de metales pesados en la población expuesta de la Provincia de Hualgayoc, 2017

### **2.4 Variables/categorías.**

#### **a) Variable Independiente.**

- Determinantes sociales
- Determinantes ambientales

#### **b) Variable dependiente.**

- Niveles de exposición a metaloides y metales pesados en personas expuestas en la Provincia de Hualgayoc 2017.

### **Operacionalización/categorización de los componentes de las hipótesis.**

**TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES: DEFINICIÓN DE VARIABLES, 2017.**

Definición conceptual de las variables/categorías	Definición operacional de las variables/categoría			
	Variables/categorías	Dimensiones/Factores	Indicadores/cualidades *	Fuente o instrumento de recolección de datos
Los factores sociales son las relaciones, las características demográficas y las estructuras sociales, como la cultura y el entorno, pueden afectar la salud de la población	•Factores sociales	-Edad	%=Número de personas intoxicadas a uno o más metales pesados y metaloides según grupos de edad/ Total de intoxicados x 100.	Ficha de investigación epidemiológica en salud pública de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides 4 y 5
		-Sexo	%=Número de personas intoxicadas a uno o más metales pesados y metaloides según género/ Total de intoxicados x 100.	
		-Ocupación	%=Número de personas expuestas a metales pesados y metaloides según tipo de actividad que realizaba/ Total de Población x 100	
		-Ubicación de la vivienda	%= Número de viviendas identificadas a fuentes de exposición a metales pesados y metaloides según lugar de residencia / Total de fuentes x 100	
Se denominan factores ambientales o factores ecológicos a cada uno de los elementos del medio que actúan directamente sobre el ser vivo (o al menos sobre una fase de su ciclo vital)	•Factores ambientales	-Agua de consumo	%= Número de localidades o puntos de monitoreo con niveles de concentración de uno o más metales en el agua para el consumo humano que superan los niveles permisibles establecidos/ Total de localidades o distritos de x 100	Toma de muestras y resultados de análisis de agua
		-Aguas superficiales	%= Número de puntos de monitoreo con niveles de concentración de uno o más metales pesados y metaloides en agua superficiales que superan los ECAS establecidos/ Total de localidades o distritos de x 10	
		- Suelo	%= Número de puntos de monitoreo identificados con niveles de concentración de uno o más metales en el suelo que superan los ECAS establecidos/ Total de localidades o distritos de x 100	Toma de muestras y resultados de análisis de suelos
		-Tejido vegetal (pastos naturales)	% de muestras que sobrepasan la concentración de metales pesados.	Toma de muestras y resultados de análisis de tejido vegetal
Es un grupo de pruebas que miden los niveles de metales potencialmente dañinos para los seres vivos.	•Niveles de concentración de metales (Pb, As, Cd, Hg, Mn, Cu, Fe y Zn) en personas de diferentes grupos etarios	Niveles de concentración a metaloides y metales pesados	%=Número de personas expuestas a uno o más metales pesados y metaloides en una población determinada con niveles de concentración biológica mayor al límite permisibles en un período de tiempo y lugar/ Casos expuestos en el mismo período x 100	Toma de muestras y resultados de análisis en sangre y orina

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO.

#### 3.1. Diseño de la investigación.

##### A. Tipo y descripción del diseño.

- Diseño de la investigación: observacional, descriptivo de tipo transversal (57).

Tipo de Investigación correlacional. (57)

##### B. Métodos de investigación.

Para el desarrollo de las diferentes actividades, se coordinaron interinstitucionalmente (DIRESA, OEFA, ANA), Ministerios de Salud, del Ambiente y alcaldes distritales de Bambamarca, Chugur y Hualgayoc.

##### 1. Tamizaje de personas.

- Las tomas de muestras a personas, fueron realizadas por personal de CENSOPAS/MINSA, método de muestreo utilizado fue no probalístico de tipo estratificado por cuotas con afijación proporcional. Se consideraron a los pobladores de los pueblos aledaños de cada microcuena considerados en el área de intervención inmediata declarada mediante R.M. 272-2016-MINAN. Los pobladores fueron invitados a participar de manera voluntaria y convocados a un determinado puesto de salud para su evaluación. (2).
- Para el presente estudio participaron 372 personas, de las cuales el 69.1% eran del sexo femenino. La edad promedió encontrada fue  $29.9 \pm 17.8$  años y el mayor porcentaje de participantes (41.9%; n=156) se hallaba entre los 30 y 59 años de edad. Según microcuena, el 63.2% (n=235) de los pobladores provenía de las comunidades ubicadas a lo largo de la microcuena del río Tíngo – Maygasbamba” (2).

- Los tamizajes se realizaron para determinar los niveles de exposición a plomo, cobre, zinc, hierro, cadmio, mercurio, manganeso y arsénico. Los pobladores fueron dirigidos al área de toma de muestras de orina (01 frasco pequeño para dosar cadmio, mercurio, manganeso y arsénico) y una muestra de sangre distribuida en 02 tubos: uno para dosar plomo y otro para dosar cobre, zinc y hierro. Las muestras de sangre fueron obtenidas mediante sistemas de extracción al vacío por punción venosa en 01 tubo que contiene anticoagulante EDTA-K2 y 02 tubos sin anticoagulante. Los procedimientos se realizaron cumpliendo las normas de bioseguridad y cadena de frío correspondientes de acuerdo al protocolo PRT-CENSOPAS-010, aprobado con Resolución Directoral N° 26-2013 de fecha 12 de julio de 2013. Los análisis de las muestras biológicas se realizaron en el laboratorio del MINSA, la determinación de cadmio, mercurio, manganeso y arsénico se realizó con la metodología analítica: Urie Multi-Element ICP-DRC-MS, Método N° 3018.3 y método N° 3018A.2 (total arsenic) implementada por la CDC-EE. UU que utilizan el método analítico de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo. Se realizó la determinación de creatinina urinaria por el método de Jaffe mediante un procedimiento validado y controlado en el equipo CM250 de Wieber Lab. La determinación de plomo fue realizada con el método de cámara de grafito-espectrofotometría de absorción atómica. La determinación de cobre, zinc, y hierro en suero se realizó por espectrofotometría de absorción atómica con flama. Los puntos de corte considerados para el análisis de las muestras biológicas fueron los establecidos en las Resoluciones Ministeriales N° 511, 389 y 757-2013/ Ministerio de Salud. (2).

- Se realizó la visita a las viviendas de cada una de las personas que dieron positivo para metales pesados, con el objetivo de realizar la georreferenciación y la identificación los riesgos ambientales respecto a la ubicación de sus viviendas (tipo de construcción, ubicación, tipos de piso), según los lineamientos considerados en la NTS N° 111 – 2014-MINSA/DGE - V.01

## **2. Análisis de agua para consumo humano, superficiales, suelo y vegetación.**

Las 03 microcuencas consideradas para el estudio, se relacionan por ser la unidad física en la cual tienen lugar todos los procesos naturales, son la unidad natural para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico, a la vez presentan redes de afluentes superficiales que drenan aguas a un río principal como es para el río Llaucano.

### **- Para aguas superficiales.**

- Se determinó las estaciones de monitoreo principales de la calidad de agua de las 03 microcuencas, como la metodología del monitoreo y toma de muestras, preservantes y almacenamiento.
- Los puntos de donde se obtuvieron las muestras, se encontraron ubicados en zona de influencia de pasivos mineros a distancias comprendidas entre 49m a 1 km. respecto a la ubicación de viviendas de los pobladores que fueron tamizados.
- Se recopiló y analizo los resultados del monitoreo de los parámetros de campo y laboratorio.
- Se realizó el informe técnico (evaluación, discusión, conclusiones y recomendaciones)

- Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de la calidad de agua, fueron las medidas de las concentraciones de parámetros de campo y laboratorio comparados con los ECAS establecidos por el D.S. N 004-2017-MINAM y la clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a los establecidos en la R.J. N 202-2010-ANA.

Las tomas de muestras se llevaron a cabo del 05 al 10 de diciembre del año 2017 según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficiales, aprobado mediante la R.J. N° 010-2016-ANA. Los resultados de la presente evaluación fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) según lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM. En general la evaluación de la calidad del agua superficial en la cuenca del Río Llaucano se realizó en un total de veinte (20) puntos de monitoreo (Qda. Corona, Meza, tres amigos, mesa de plata, Sinchao, la eme, colorada, ríos: Hualgayoc y Tingo); de los cuales, catorce (14) se encuentran localizados específicamente en la cuenca del Río Llaucano y seis (06) corresponden a la subcuenca del Río Perlamayo. (52)

Metodología para la toma de muestras de agua superficiales – río:

- Tipo de muestra a obtener fue simple o puntual
- El volumen de agua requerido se recolectó en Frasco de boca ancha de polietileno de 250 ml.
- La colección de las muestras de agua, se realizó empleando un recipiente de plástico o vidrio, en cuál, fue colocado a nivel superficial y contra corriente a 15 cm de profundidad.

- Luego, se procedió al etiquetado y preservación de muestras, tomando en cuenta los procedimientos y recomendaciones para cada parámetro que se requiere analizar.
- A continuación, se procedió a llenar la cadena custodia la misma que rastrea la historia de las muestras desde la recolección hasta la presentación del informe.
- Las muestras fueron colocadas en coolers térmicos para su transporte y conservación a 4°C con refrigerantes (ice pack) para garantizar su adecuada preservación hasta su entrega al laboratorio acreditado juntamente con la cadena custodia
- Las muestras de agua se enviaron al laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C. acreditado por INACAL contratado por el ANA.

**- Para suelo.**

- Se determinó el área de potencial interés sobre la base de la investigación histórica y el levantamiento técnico (inspección) de los lugares: Pilancones, Sinchao, Tumbacucho, Bella Unión, área colindante al río Sinchao, tres mosqueteros, Tahonas, La Pastora, Hualgayoc, Qulquirumi, Chugur, Pampa Grande.
- Los puntos de donde se obtuvieron las muestras, se encontraron ubicados en zona de influencia de pasivos mineros a distancias comprendidas entre 64 a 600 metros respecto a la ubicación de viviendas de los pobladores que fueron tamizados.
- Los contaminantes (parámetros) que se analizaron fueron sustancias químicas de interés toxicológico o eco toxicológico.
- Se revisó investigación histórica y la inspección de los lugares se consideró que hay información concluyente sobre el origen, fuente y tipo de la posible

contaminación del suelo, el número de puntos de muestreo se determinó respetando los puntos de muestreo indicados en la guía para muestreo de suelos, en el marco del decreto supremo N° 002-2013-MINAM, estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

- Las muestras recolectadas se enviaron al laboratorio AGQ S.A.C.-Perú contratado por la OEFA y acreditado por INDECOPI E INACAL

La evaluación ambiental, conllevó la realización de tres (3) salidas de campo: del 6 al 16 de marzo, del 17 al 28 de abril y del 9 de junio al 6 de julio del 2017, se interpretó los resultados en base al D.S N° D.S. N°011-2017-MINAM.

Metodología para la toma de muestras de suelo.

- Datos generales del sitio en estudio (ubicación y uso principal).
- Datos del punto de muestreo (clave del punto, coordenadas, técnica de muestreo, instrumentos usados, profundidad final, profundidad de la napa freática y operador).
- Datos de las muestras tomadas (clave de muestra, profundidad, características organolépticas, textura, cantidad de la muestra tomada, compactación / consistencia, humedad).
- Se ubicó los puntos de muestreo en un Croquis.
- Se tomó cada muestra con un barreno o con una pala eliminando los bordes laterales. Luego, coloque las submuestras (que correspondan a la misma muestra compuesta) en un balde o bolsa de plástico limpio
- Se tomó aproximadamente 1 kg de muestras en bolsa de plástico densa sin aplicar preservante a temperatura ambiente.

- Para las muestras de suelo para análisis de mercurio, se utilizó frasco de vidrio con tapa de teflón, con una temperatura de conservación de 4°C para un tiempo de conservación de 14 días.
- Se utilizó la cadena custodia considerando: nombre de la institución, coordenadas UTM, fecha y hora del muestreo, claves de las muestras, nombre del laboratorio, tipos de análisis, número de envases, identificación de la persona que realiza la entrega y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.

**- Para agua de consumo humano.**

- Se fijó las estaciones de monitoreo principales de la calidad de agua para consumo humano de las zonas: Coimolache alto, El Tingo, Pilancones, Tahona Alta, Hualgayoc, Lucma Alta, La Mulla, Lamulla San José, La Jalquilla, Bambamarca, Chugur, El Chéncho, Ramírez Pampa Grande.
- Se planteó de logística y la metodología del monitoreo.
- Se consideró la medición y registros de parámetros de campo
- Toma de muestras, preservantes y almacenamiento
- Se recopiló y analizo los resultados del monitoreo de los parámetros de campo y laboratorio.
- Se realizó el informe técnico (evaluación, discusión, conclusiones y recomendaciones)
- Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de la calidad de agua fueron las medidas de las concentraciones de parámetros de campo y laboratorio comparados con los LMPs establecidos por el D.S. N 031-2010-S.

A

Se realizaron 02 monitoreos en los meses de junio (época seca) y de noviembre (época de lluvia) del 2017, con 16 tomas de muestras para el mes de junio y 18 muestras para el mes de noviembre, las muestras fueron obtenidas de los reservorios de agua para consumo humano.

Metodología para toma de muestras de agua.

- Los puntos de donde se obtuvieron las muestras, se encontraron ubicados en zona de influencia de pasivos mineros a distancias comprendidas entre 175 a 900 metros respecto a la ubicación de viviendas de los pobladores que fueron tamizados.
- a) Reservorios o agua de un depósito (tanque).
- Para la recolección de muestra de agua, se debe sostener el frasco por la parte inferior y sumergirlo hasta una profundidad de 20 centímetros, con la boca ligeramente hacia arriba. Si se trata de una corriente colocar la boca del frasco en sentido contrario a la corriente de agua.
- b) Agua de un grifo en un sistema de distribución de agua potable.
- Limpiar y retirar del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida. Abrir el grifo, hasta que alcance su flujo máximo y dejar correr el agua durante dos minutos.
  - El frasco; debe ser de plástico (polipropileno) de 1 litro de capacidad, de primer uso, con tapa rosca de boca ancha.
  - Se enjuagó los frascos con el agua a ser recolectada de dos a tres veces con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, agitar y desechar el agua de lavado.

- Se llenó hasta el límite del frasco, luego de tomada la muestra y dependiendo del tipo de análisis a ejecutar, se añade persegante como ácido nítrico el cual permite disminuir hasta menos de 2 pH y cerrar herméticamente.
- Se rotuló la muestra nombre del sistema, lugar y con hora y fecha de la toma de muestra y nombre del responsable que realizó la toma de muestra.
- Se llenó la cadena custodia indicando tipo de parámetros a analizar por el laboratorio, fecha y hora, tipo de envase, fuente de donde se tomó la muestra.
- Las muestras se enviaron al laboratorio de control ambiental de DIGESA reconocido con Resolución Ministerial N° 686-2007/MINSA, acreditado por INDECOPI -SNA según la Norma NTP ISO/IEC 17025-2006 con registro N° LE-080.

**- Para tejido vegetal.**

- Se determinó los puntos de monitoreo para toma de muestras de tejido vegetal, de las zonas de: Minera Colorada-San Nicolás, Comunidad Pilancones, río Síncchao, Tres mosqueteros, Tumachuco, Tahona, Qda. Honda, Minería Colorada, Qda. río colorado.
- Los puntos de donde se obtuvieron las muestras, se encontraron ubicados en zona de influencia de pasivos mineros a distancias comprendidas entre 97 a 688 metros respecto a la ubicación de viviendas de los pobladores que fueron tamizados.
- El área a muestrear fue de las mismas condiciones de manejo agronómico, las muestras deben obtenerse bajo una misma condición topográfica.
- Se planteó la logística y la metodología del monitoreo
- Se consideró la medición y registros de campo, tales como: ubicación, coordenada UTM, identificación de las zonas.

- Se recopiló y analizo de los resultados del monitoreo y resultados de laboratorio.
- Se realizó el informe técnico (evaluación, discusión, conclusiones y recomendaciones)
- Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de los resultados de laboratorio fueron las medidas de las concentraciones de laboratorio comparados con los LMPs establecidos por el Real Decreto 465/2003 (España).
- Se consideró el contenido de elementos que varía entre los diferentes órganos de la planta (hojas, pecíolos, granos, tallos, raíces, frutos) y con la edad de los tejidos (hojas jóvenes o viejas) y la edad de la planta.

La evaluación ambiental conllevó la realización de tres (3) salidas de campo: del 6 al 16 de marzo, del 17 al 28 de abril y del 9 de junio al 6 de julio del 2017, los resultados de los análisis fueron comparados con el Real Decreto 465/2003 (España) (51)

Metodología para toma de muestras de tejido vegetal.

- Se realizó tomando muestras de la parte comestible para el ganado.
- No se muestreó plantas que presenten daños mecánicos o provocados por insectos.
- Se tomó plantas completas con los diferentes estados el problema (inicial, intermedio y avanzado) el material vegetal en bolsas de plástico limpias o preferiblemente nuevas, ¡cierre herméticamente e identifiquen cada bolsa; puede utilizar toallas de papel para envolver la muestra y evitar que haya agua libre dentro de la bolsa.

- Las muestras se cortaron con navaja o bisturí. Estas se mezclan y homogenizan para obtener una muestra global, que deberá ser de 5kg aproximadamente. Tener presente no muestrear puntos cercanos a pozos sépticos, lagunas, caminos, carreteras
- La muestra global se sometió a un cuarteo sucesivo, consiste en dividir en 4 partes iguales la muestra, seleccionar dos de estas y volverlas a mezclar. Esta nueva mezcla se divide en 4 partes iguales y se toman dos de ellas. Este proceso se repite hasta obtener una muestra reducida, que deberá presentar un peso de 600g, aproximadamente. La muestra reducida es la que se envió al laboratorio
- La muestra se redujo para ser empacada en bolsa de plástico con sello hermético y conservada bajo refrigeración. En todos los casos, se debe evitar el contacto directo de la muestra con el hielo. La muestra reducida debe ser enviada al laboratorio lo más pronto posible, de preferencia el mismo día con el fin de evitar cambios en su composición
- La muestra se rotuló con la siguiente información: nombre de la persona que toma la muestra, identificación de la muestra dada por el usuario (nombre del pasto o mezcla de pastos muestreados), procedencia, fecha y hora de muestreo, listado de los análisis requeridos, nombre del solicitante y, si es posible, georreferenciar el área muestreada.
- Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio AGQ S.A.C. -Perú contratado por la OEFA y acreditado por INDECOPI E INACAL

### 3.2. Población de estudio.

Corresponde a la población expuesta o de influencia directa a los pasivos mineros de las 03 microcuencas de la Provincia de Hualgayoc, que abarca a un promedio de 3,336 individuos, de las edades de 0 a más años, de género masculino y femenino.

**TABLA 2. HUALGAYOC: CENTROS POBLADOS POR DISTRITO SEGÚN MICROCUENCAS, 2017.**

N°	DISTRITO	CENTRO POBLADO	MICROCUENCAS	
1	Chugur	Perlamayo Tambillo Bajo	Río Perlamayo	
2		Perlamayo Tambillo Alto		
3		Paraíso		
4		Pampa Grande		
5		Sinchao		
6	Hualgayoc	Tumbacucho	Río Hualgayoc	
7		La Tahona Alto		
8		La Tahona		
9		Apan Alto		
10		Molino Pampa		
11		La Cuadratura		
12		Chulipampa		
13		Hualgayoc		
14		El Dorado		
15		Los Negros		
16		Muya		
17		Palo Blanco		Río Tíngo
18		Coymolache Bajo		
19		Alto Coymolache		
20		Pujupe		
21	Maray Grasscucho			
22	Tranca de Pujupe			
23	El Tíngo			
24	Pujupe Alto			
25	Ojos Corral			
26	Tranca de Pujupe Sector 3			
27	Pilancónes			

Fuente: DIRESA 2017

### 3.3. Criterio de inclusión y exclusión o criterios de elegibilidad.

La población de estudio estuvo constituida por individuos de 0 a más años, de género masculino o femenino, que pertenezcan a los centros poblados del distrito de Hualgayoc, Bambamarca y Chugur, provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca, los cuales se encuentran dentro del área de intervención inmediata declarada mediante RM.M 272-2016-MINAM.

### **3.4. Unidad de análisis.**

Cada una de las personas con resultado positivo para alguna especie de metal pesado y metaloide en su organismo.

### **3.5 Marco muestral.**

- La zona de ámbito de donde se tomaron las muestras corresponde a pobladores de los distritos de Hualgayoc, Chugur y Bambamarca.
- Las muestras corresponden a pobladores del sexo femenino y masculino.
- Los grupos etarios de las muestras corresponde a: niño (0 a 11 años), adolescente (12 a 17 años), adulto joven (18 a 29 años), adulto (30 a 59 años) y adulto mayor (60 a más).
- Las muestras a obtener de los grupos etarios son: sangre y orina.
- Los metales a ser analizados son: plomo, cobre, zinc, hierro, cadmio, arsénico, mercurio y manganeso.

### **3.6. Muestra o tamaño muestral.**

#### **A. Factores sociales.**

- Se consideraron a 372 personas

#### **B. Factores ambientales.**

- Agua para consumo humano fueron 18 muestras
- Agua superficial de ríos fueron de 19 muestras
- Suelo fueron de 157 muestras
- Tejido vegetal se consideró 13 muestras.

### **3.7. Selección de la muestra o procedimiento de muestreo.**

#### **A. Factores sociales.**

El tamaño de muestras fue seleccionado por CENSOPAS, realizaron un cálculo del tamaño muestral para la estimación de la proporción de individuos expuestos

a metales pesados. Los parámetros considerados incluyeron un valor de proporción (P) de 0.5.

## **B. Factores ambientales.**

- **Agua para consumo humano fueron 18 muestras.**

Se consideró, una (01) muestra por cada centro poblado, según definiciones operacionales del MINSA – R.M. N° 907-2016/MINSA, se consideraron puntos de monitoreo a: centros educativos, domicilios donde expenden alimentos (restaurantes), viviendas donde existe cambio de color en el agua, turbiedad y viviendas ubicadas en zonas de influencia de pasivos mineros, entre 5 y 10 km, distancias comprendidas para la contaminación (64).

Se consideró el muestreo aleatorio.

- **Agua superficial de ríos fueron de 19 muestras.**

Enmarcado en la R.J. N° 202-2010-ANA, se consideró 19 puntos de monitoreo, porque se identificaron a 19 vertimientos de agua provenientes de: empresas mineras, pasivos mineros, operaciones de mina, vertimientos y plantas de tratamiento de aguas residuales, los desembocaban a quebradas y ríos.

Se consideró el muestreo aleatorio.

- **Suelo fueron de 157 muestras.**

De acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se aplicó la fórmula  $N=0.1X+40$ , siendo X=área, se consideró un área de 112.9 has para la obtención de muestras, estas corresponden a una profundidad de 0-30 cm y de 30 a 60 cm, recomendada para muestras superficiales compuestas, para la evaluación de riesgos a la salud humana (p.e. cuando se tiene un contacto directo) o para la flora y fauna., para lo cual, también se incluyó la documentación geológica.

Se consideró el muestreo aleatorio.

- **Tejido vegetal se consideró 13 muestras.**

Se tomó el número de muestras (ray grass), se tomó la fórmula  $N=\sqrt{20 \cdot FVP}$ , de la norma técnica 740-2005 (Colombia), donde: FVP: Forraje verde (peso \* área), N=Número de muestras.

El muestreo fue aleatorio.

### 3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### a. Técnicas de recolección de información.

##### Factores sociales.

- Sexo
- Grupo etario
- Ocupación laboral
- Niveles de metales pesados
- Ubicación de viviendas

##### Fuentes de información

Fuentes secundarias. Libros, revistas y artículos científicos, tesis e informes  
Retrospectiva

##### Factores Ambientales.

- Agua superficial
- Agua para consumo humano
- Suelo
- Tejido vegetal

Fuentes secundarias: Libros, revistas y artículos científicos, tesis e informes de resultados de análisis emitidos por el laboratorio  
Retrospectiva

## b. Instrumentos de recolección de información.

### Factores sociales

- Sexo
- Grupo etario
- Genero.
- Ocupación laboral
- Niveles de metales pesados
- Ubicación de viviendas

### Factores Ambientales

- Agua superficial
- Agua para consumo humano
- Suelo
- Tejido vegetal

-Observación: diarios de campo, equipos (cámara, gps), programa de mapeo digital, y toma de muestras representativas para análisis en laboratorio.

- Entrevista: ficha PVICA del D.S. 031-2010-S.A. y ficha 5 de investigación epidemiológica de la NTS N° 111 – 2014-MINSA/DGE - V.01

- Recolección documentaria: mapas, informes técnicos, resultados de análisis de muestras.

**TABLA 3. HUALGAYOC: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE ETAPA DE VIDA Y SEXO SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

N°	ETAPA DE VIDA	SEXO	HUALGAYOC-ARASCORGUE		TÍNGO - MAYGASBAMBA		PERLAMAYO		TOTAL
			n	%	n	%	n	%	
1	Niño (0 a 11 años)	Masculino	22	5.9	9	2.4	3	0.8	<b>34</b>
		Femenino	23	6.2	14	3.8	6	1.6	<b>43</b>
2	Adolescente (12 a 17 años)	Masculino	7	1.9	3	0.8	3	0.8	<b>13</b>
		Femenino	10	2.7	6	1.6	7	1.9	<b>23</b>
3	Adulto Joven (18 a 29 años)	Masculino	6	1.6	2	0.5	5	1.3	<b>13</b>
		Femenino	32	8.6	22	5.9	11	3.0	<b>65</b>
4	Adulto (30 a 59 años)	Masculino	25	6.7	8	2.2	10	2.7	<b>43</b>
		Femenino	74	19.9	30	8.1	10	2.7	<b>114</b>
5	Adulto Mayor (60 a más años)	Masculino	7	1.9	1	0.3	1	0.3	<b>9</b>
		Femenino	12	3.2	2	0.5	1	0.3	<b>15</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>Masculino</b>	<b>67</b>	<b>18.0</b>	<b>23</b>	<b>6.2</b>	<b>22</b>	<b>5.9</b>	<b>112</b>
		<b>Femenino</b>	<b>151</b>	<b>40.6</b>	<b>74</b>	<b>19.9</b>	<b>35</b>	<b>9.4</b>	<b>260</b>
<b>TOTAL</b>			<b>218</b>	<b>58.6</b>	<b>97</b>	<b>26.1</b>	<b>57</b>	<b>15.32</b>	<b>372</b>

Fuente: Informe Técnico de los niveles de exposición a metales pesados en pobladores de la provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2017.

### 3.9. Procesamiento y análisis de datos.

a) En base a los resultados de los análisis de metales pesados a 372 personas tamizadas, se tiene:

**TABLA 4. HUALGAYOC: DISTRIBUCIÓN DE POBLADORES POR GRUPO ETARIO SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

N°	ETAPA DE VIDA	SEXO	HUALGAYOC-ARASCORGUE		TÍNGO - MAYGASBAMBA		PERLAMAYO		TOTAL
			n	%	n	%	n	%	
1	Niño (0 a 11 años)	Masculino	22	5.9	9	2.4	3	0.8	<b>34</b>
		Femenino	23	6.2	14	3.8	6	1.6	<b>43</b>
2	Adolescente (12 a 17 años)	Masculino	7	1.9	3	0.8	3	0.8	<b>13</b>
		Femenino	10	2.7	6	1.6	7	1.9	<b>23</b>
3	Adulto Joven (18 a 29 años)	Masculino	6	1.6	2	0.5	5	1.3	<b>13</b>
		Femenino	32	8.6	22	5.9	11	3.0	<b>65</b>
4	Adulto (30 a 59 años)	Masculino	25	6.7	8	2.2	10	2.7	<b>43</b>
		Femenino	74	19.9	30	8.1	10	2.7	<b>114</b>
5	Adulto Mayor (60 a más años)	Masculino	7	1.9	1	0.3	1	0.3	<b>9</b>
		Femenino	12	3.2	2	0.5	1	0.3	<b>15</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>Masculino</b>	<b>67</b>	<b>18.0</b>	<b>23</b>	<b>6.2</b>	<b>22</b>	<b>5.9</b>	<b>112</b>
		<b>Femenino</b>	<b>151</b>	<b>40.6</b>	<b>74</b>	<b>19.9</b>	<b>35</b>	<b>9.4</b>	<b>260</b>
<b>TOTAL</b>			<b>218</b>	<b>58.6</b>	<b>97</b>	<b>26.1</b>	<b>57</b>	<b>15.32</b>	<b>372</b>

Fuente: Informe técnico N° 01-2017—CENSOPAS/INS

#### 3.9.1. Procesamiento de datos.

A través del programa estadístico de Excel, se utilizó para determinar la fuerza de relación entre variables, se utilizó la prueba estadística de Chi cuadrado.

**TABLA 5. VARIABLES: FACTORES SOCIOAMBIENTALES, 2017**

N°	VARIABLES	DIMENSIONES
1	<b>Fact. Ambientales</b>	• Agua superficial
2		• Agua subterránea para consumo humano
3		• Tejido vegetal (Ray Grass)
4		• Suelo
5	<b>Fact. Sociales</b>	• Nivel de educación
6		• Sexo
7		• Hábitos de higiene
8		• Ocupación
9		• Grupo etario
10		• Zona de residencia

- Los análisis estadísticos se realizaron aplicando odds ratio para procesar la información y determinar la fuerza de disparidad entre variables.

- Posteriormente se analizaron todas las variables para ver su correlación y su fuerza de relación (perfecta, fuerte, significativa moderada, muy débil o nula)
- Los resultados de laboratorio de análisis de metales pesados en personas, se compararon con las Resoluciones Ministeriales N° 511, 389 y 757-2013/Ministerio de Salud, para comparar los niveles máximos permisibles para plomo, cobre, zinc, hierro, cadmio arsénico, mercurio y manganeso.
- Las concentraciones de metales pesados (plomo, cobre, zinc, hierro, cadmio, mercurio y manganeso) y metaloides (arsénico) en aguas de manantiales y superficiales se compararon con el D.S. 031-2010-S. A, y D.S. 004-2017-MINAM, para suelos con el D.S. N°011-2017-MINAM. - Uso agrícola y en vegetación fueron comparados con el Real Decreto 465/2003 (España).

### **3.9.2. Interpretación de datos.**

- a. Se procedió a realizar el análisis de la información de los factores socioambientales, utilizando el modelo Chi-cuadrado el que permitió realizar la prueba de asociación entre las variables.
- b. Esta prueba estadística tiene una distribución Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad y con un nivel de significancia de 0,05.
- c. Procesos de prueba de hipótesis.
  - Para la prueba de las diferentes hipótesis se usó una inferencia estadística no paramétrica usando la prueba de Chi-cuadrado.
    1. Consiste en pruebas idénticas e independientes.
    2. Para cada prueba, hay un número  $k$  de resultados posibles.
    3. Cada uno de los  $k$  posibles resultados tiene una probabilidad de ocurrencia.

4. P i asociada ( $p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$ ), la cual, permanece constante durante el desarrollo del experimento.
5. El experimento dará lugar a un conjunto de frecuencias observadas ( $O_1, O_2, \dots, O_k$ ) para cada resultado. Obviamente,  $O_1 + O_2 + \dots + O_k = n$ .
6. Los resultados nos permitieron saber si nuestro modelo teórico se ajusta bien o no a las observaciones. Para ello, recurriremos a la distribución Chi-cuadrado, la cual nos permitirá realizar un contraste sobre la bondad del ajuste.
7. Concretamente, se utilizará el estadístico:

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(fo - fe)^2}{fe}, \text{ con } k - 1 \text{ grados de libertad.}$$

d. Planteamiento de la hipótesis

**TABLA 6. HIPÓTESIS PLATEADA, 2017**

Hipótesis	Relación
<b>H<sub>0</sub></b>	Los factores sociales y ambientales NO se relacionan con los niveles de concentración de metales pesados en la población expuesta de la Provincia de Hualgayoc, 2017
<b>H<sub>1</sub></b>	Los factores sociales y ambientales SI se relacionan con los niveles de concentración de metales pesados en la población expuesta de la Provincia de Hualgayoc, 2017.

Si  $H_0 > H_1$ : Rechazamos  $H_0$  y ACEPTAMOS  $H_1$

Si  $H_0 < H_1$ : Aceptamos  $H_0$  y RECHAZAMOS  $H_1$

Se eligió  $\alpha = 0.05$ , por ser adecuado en las investigaciones.

e. Fuerza de relación entre variables

**TABLA 7. VALORES CONSIDERADOS PARA “r”, 2017**

Valor de “r”	Fuerza de relación
+0.96, +1.0	Perfecta
+0.85, +0.95	Fuerte
+0.70, +0.84	Significativa Moderada
+0.50, +0.69	Débil
+0.20, +0.49	Muy Débil
+0.10, +0.19	Nula
+0.09, +0.0	

Fuente: Metodología de la investigación científica y bioestadística

f. Se realizó el análisis estadístico por el método de coeficiente de correlación entre variables, para determinar su relación.

El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1,1], indicando el signo el sentido de la relación:

- Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

g. El último análisis realizado se llevó a cabo con la prueba de odds ratio.

- Es una medida estadística la que se utilizó para medir la fuerza de la disparidad de exposición de los enfermos con respecto a la de los no enfermos.
- Interpretación de los odds ratio (O.R.) Razón de productos cruzados.
  - a) Los odd ratio oscilan entre 0 e infinito.
  - b) Cuando el odds ratio es 1 indica ausencia de asociación entre las variables.
  - c) Los valores menores de 1 señalan una asociación negativa entre las variables y los valores mayores de 1 indican asociación positiva entre las variables.
  - d) Cuanto más se aleje el odds ratio de 1, más fuerte es la relación.(47).
  - e) El OR < 1,68 su magnitud = **insignificante**;  
 Si está entre 1,68-3,47 su magnitud = **pequeña**;  
 Si está entre 3,47-6,71 su magnitud = **moderada**;  
 Es > 6,71 su magnitud = **grande**

### 3.10. Consideraciones éticas.

- Para la obtención de las diferentes muestras, se contó con la autorización de los mismos pobladores por lo que, se realizaron reuniones previas para informar de las actividades que se iban a realizar en sus centros poblados y se tuvo con el apoyo de los 03 alcaldes distritales.
- Los resultados de los análisis de metales pesados, fueron entregados en forma individual con asistencia médica de DIRESA Cajamarca y representantes del MINSA.

- Los resultados de los análisis de agua, suelo, tejido vegetal, aguas superficiales y de consumo humano, se dio a conocer a todas las instituciones involucradas, como también a los ministerios de salud, energía y minas, para conocimiento y acciones.

### **3.11. Dificultades y limitaciones para el estudio.**

- No se cuenta suficiente logística (personal y presupuesto) para ampliar las zonas de monitoreo con tomas muestras debido a que la zona de trabajo es bien amplia y abarca tres distritos de la provincia de Hualgayoc.
- La geografía de la zona es complicada para el desplazamiento a los centros poblados para realizar las diferentes actividades.
- No se cuenta con suficiente información histórica de la zona, enfocada en temas de metales pesados en personas y los factores ambientales.
- Zonas conflictivas, lo que impide en ciertas ocasiones realizar tomas de muestras, por lo cual, se tiene que trasladar a otras zonas, perdiendo tiempo y combustible.

## **CAPÍTULO IV**

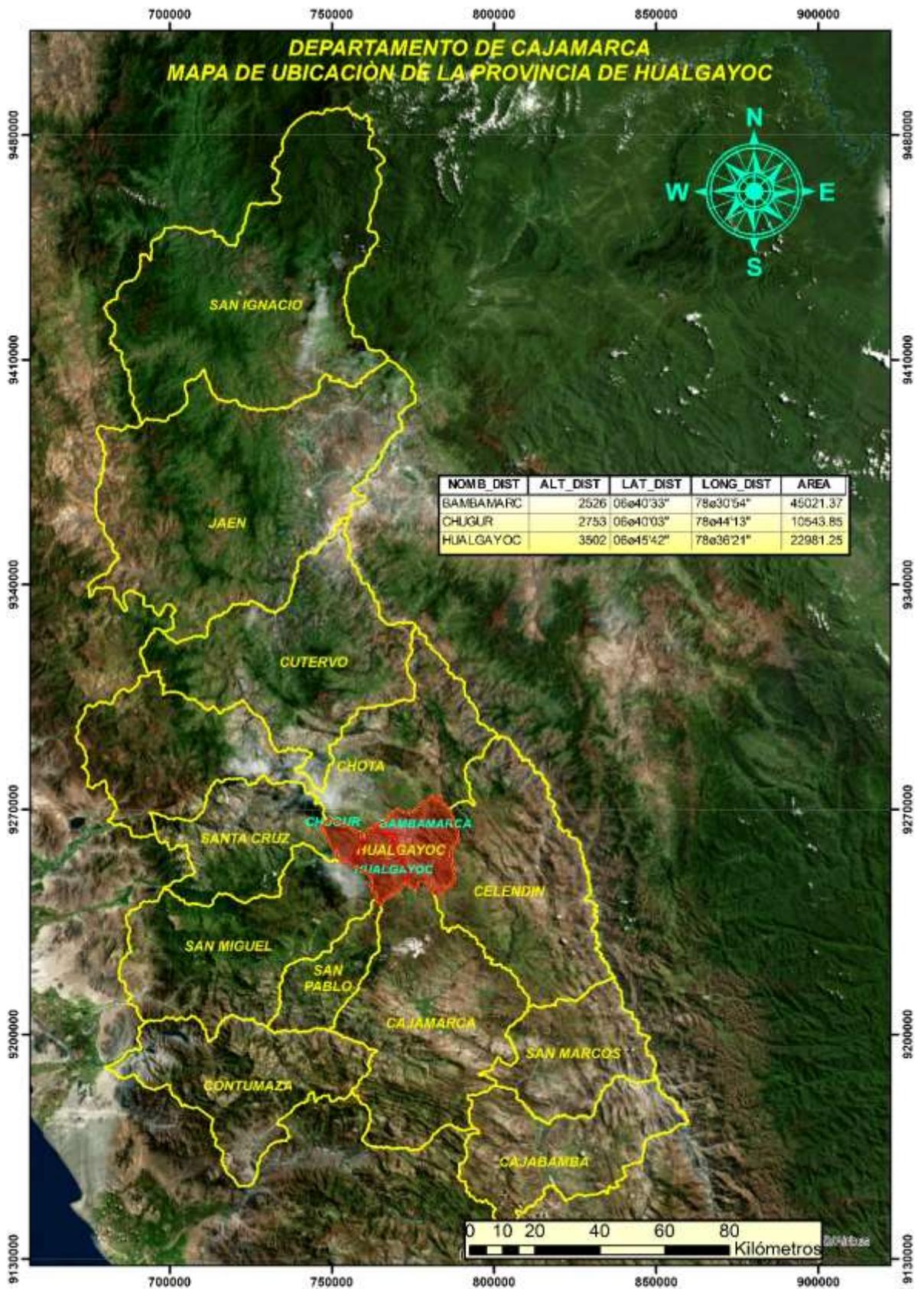
### **RESULTADOS**

#### **5.1. Ubicación geográfica.**

“La provincia de Hualgayoc pertenece al departamento de Cajamarca. Se ubica en la región Sierra, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes del norte del Perú. La altitud varía desde los 2200 m.s.n.m. en la confluencia del río Perlamayo con el río Tacamache hasta los 4200 m.s.n.m. en el cerro Picacho.

El ámbito de estudio corresponde a la Provincia de Hualgayoc es una de las trece provincias que conforman el departamento de Cajamarca. Comprende los distritos de Bambamarca, Hualgayoc y Chugur en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Llaucano” (46).

FIGURA 1. REGION CAJAMARCA: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE HUALGAYOC, 2017



**TABLA 8. HUALGAYOC: NÚMERO DE PASIVOS AMBIENTALES SEGÚN SUBTIPOS, 2017**

N°	Subtipo de pasivo	Número de pasivos mineros
1	Aceites, grasas industriales	1
2	Cianuro	1
3	Bocamina	447
4	Caminos, helipuertos, pistas de aterrizaje, líneas férreas	2
5	Campamentos, oficinas, talleres	22
6	Chatarra	1
7	Chimenea	23
8	Desmonte de mina	375
9	Líneas eléctricas	2
10	Material de desbroce	10
11	Media barreta	8
12	No determinado	14
13	Patios de testigos de perforación diamantina	1
14	Pila de lixiviación	2
15	Pique	13
16	Plantas de procesamiento	11
17	Relaves	25
18	Tajeo comunicado	10
19	Tajo	36
20	Trinchera	68
<b>Total</b>		<b>1,072</b>

Fuente: Estado de pasivos mineros 2015 – cuenca río Llaucano -RENAMA- Gobierno Regional de Cajamarca.

“La población de estudio está constituida por individuos de 0 a más años, de género masculino o femenino, que pertenezcan a los 27 centros poblados del distrito de Hualgayoc y 05 centros poblados del distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, región de Cajamarca, los cuales se encuentran dentro del área de intervención inmediata declarada mediante RM 272-2016 MINAM” (2).

**TABLA 9. HUALGAYOC: POBLACIÓN POR EDAD Y SEXO SEGÚN DISTRITO, 2017.**

DISTRITO	0 a 14 años	15 a 64 años	65 a mas	Hombre	Mujer	Total
Chugur	863	1,872	416	1,561	1,590	3,151
	27%	59%	14%	50%	50%	
Hualgayoc	3,832	9,122	1,523	7,037	7,440	14,477
	26%	63%	11%	49%	51%	

Fuente: Niveles de exposición a metales pesados en pobladores de la provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2016

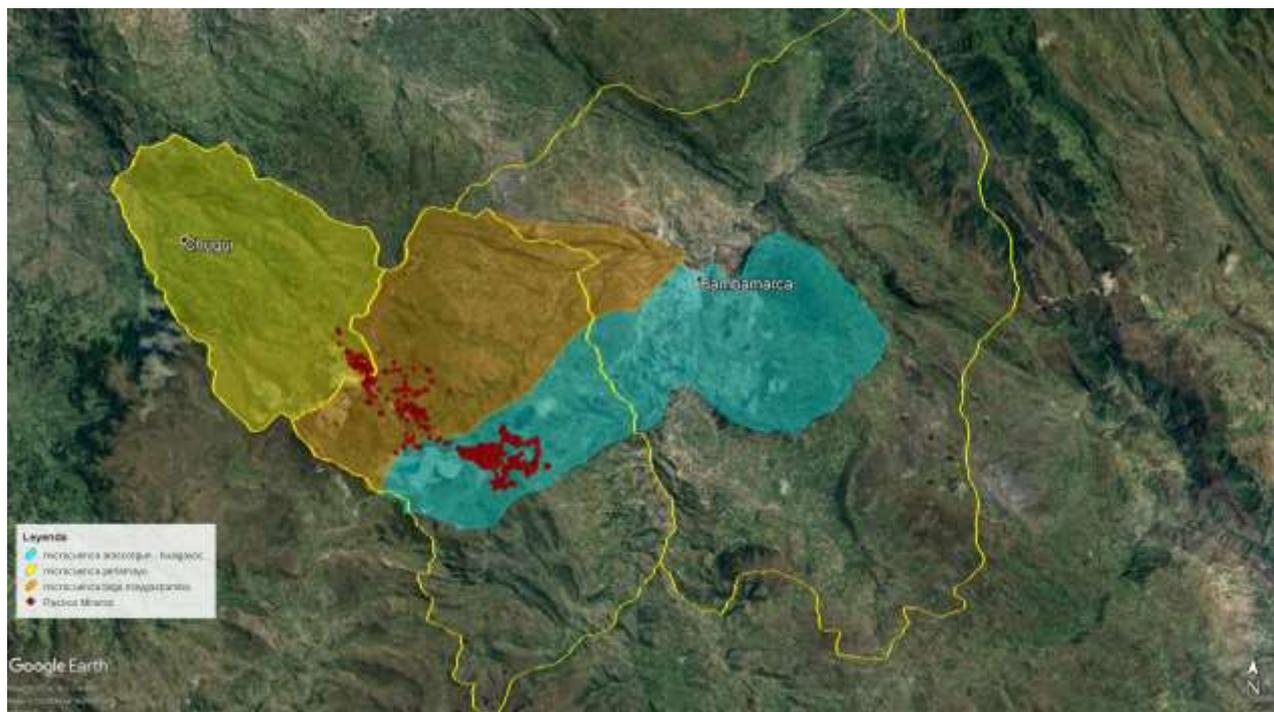
El estudio se basó de acuerdo a la delimitación por 03 microcuencas (Tíngo - Maygasbamba, Arascorge y Perlamayo) que abarca aproximadamente 35,342 km<sup>2</sup> de los 785,791 km<sup>2</sup> de toda la provincia de Hualgayoc – Bambamarca.

**TABLA 10. HUALGAYOC: HABITANTES Y VIVIENDAS SEGUN CENTRO POBLADO Y MICROCUENCA, 2017**

N°	DISTRITO	CENTRO POBLADO	MICROCUENCA	POBLACIÓN		N° VIVIENDAS
				N°	%	
1	Chugur	Perlamayo Tambillo Bajo	Río Perlamayo	150	5%	37
2		Perlamayo Tambillo Alto		180		38
3		Paraíso		100		20
4		Pampa Grande		90		20
5		Sinchao		5		1
6	Hualgayoc	Tumbacucho	Río Hualgayoc	72	50%	220
7		La Tahona Alto		150		66
8		La Tahona		150		60
9		Apan Alto		1582		500
10		Molino Pampa		280		76
11		La Cuadratura		350		100
12		Chulipampa		432		120
13		Hualgayoc		2000		350
14		El Dorado		7		4
15		Los Negros		1		3
16		Muya		358		224
17		Palo Blanco		64		45
18		Coymolache Bajo		79		25
19		Alto Coymolache		120		42
20		Pujupe		200		150
21	Maraycucho	350	55			
22	Tranca de Pujupe	500	250			
23	El Tíngo	500	200			
24	Pujupe Alto	850	280			
25	Ojos Corral	850	200			
26	Tranca de Pujupe Sector 3	150	50			
27	Pilancones	500	200			
TOTAL				10,070	100%	3,336

Fuente: Niveles de exposición a metales pesados en pobladores de la provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2016

**FIGURA 2. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE PASIVOS MINEROS, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**



Fuente: DIRESA/DESA – 2018

**TABLA 11. HUALGAYOC: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PUESTOS DE SALUD SEGÚN DISTRITO, 2017**

Nº	COORDENADAS GEOGRAFICAS		MICROCUENCA	PUESTO DE SALUD	DISTRITO	PROVINCIA
	E	S				
1	750135.00	9262003.00	M. Perlamayo	C.S. Chugur	Chugur	Hualgayoc
2	753674.82	9263878.73	M. Perlamayo	P.S. de Perlamayo Capilla		
3	764449.00	9251381.00	M. Arascorgue	C.S. Hualgayoc	Hualgayoc	
4	768896.5	9255528.95	M. Arascorgue	P.S. de Apan Alto		
5	762935.75	9254275.28	M. Arascorgue	P.S. de Pilancones		
6	762375.04	9255324.17	M. Arascorgue	P.S. El Tingo		
7	763470.53	9256855.4	M. Arascorgue	P.S. Tranca de Pújupe	Bambamarca	
8	774343.00	9261035.00	M. Arascorgue	C.S. Virgen del Carmen		
9	767248.46	9263197.09	M. Maygasbamba	P.S. Auque Alto	Bambamarca	
10	770117.39	9259602.25	M. Maygasbamba	P.S. Cumbe		

Fuente: DIRESA/DESA – 2018

## 5.2. Análisis estadístico - prueba de hipótesis general.

Para realizar la prueba de hipótesis de investigación, se procedió a establecer el grado de asociación entre las variables en estudio.

**TABLA 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: CHI CUADRADO, 2017.**

VARIABLES	Factores sociales y ambientales	Valor alfa		Resultado de hipótesis
	p	0.05		
M.P. en el organismo	860,6	>	457	ACEPTAMOS H <sub>1</sub>

En la tabla 12, el valor estadístico de la prueba (p) es de 860,6 para un nivel de significancia o valor alfa de 0.05 corresponde a 457, por lo tanto, el valor p es mayor al valor de significancia, se acepta H<sub>1</sub> “**Si existen factores sociales y ambientales que influyen en los niveles de concentración de metales pesados en la población expuesta de la Provincia de Hualgayoc 2017**”.

## 5.3. Resultados de acuerdo a los objetivos específicos.

- a. **Obj. Especifico – Establecer la relación de los factores sociales (edad, sexo, nivel de educación, hábitos de higiene, ubicación de viviendas y ocupación) que influyen en la concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.**

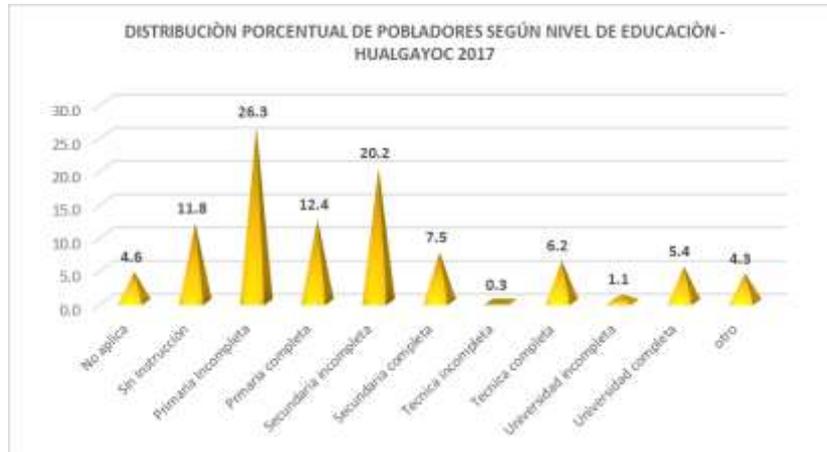
Se analizaron los factores sociales:

- a.1. Grado de instrucción.
- a.2. Ocupación.
- a.3. Hábitos de higiene.
- a.4. Ubicación de viviendas
- a.5. Niveles de concentración de metales en personas

## i. Análisis de los factores sociales.

### a.1. Grado de instrucción.

FIGURA 3. HUALGAYOC: PORCENTAJE DE NIVEL DE EDUCACIÓN ALCANZADO, SEGÚN POBLACIÓN TAMIZADA, 2017.



Interpretación: Se encontraron porcentajes mayores para la población que presenta primaria y secundaria incompleta, seguido sin instrucción y de primaria completa.

### a.2. Ocupación.

FIGURA 4. HUALGAYOC: PORCENTAJE POR TIPO DE OCUPACIÓN LABORAL, SEGÚN POBLACIÓN TAMIZADA, 2017



Interpretación: Se presenta porcentajes elevados para las ocupaciones de amas de casa, estudiante y ganadería - agricultura

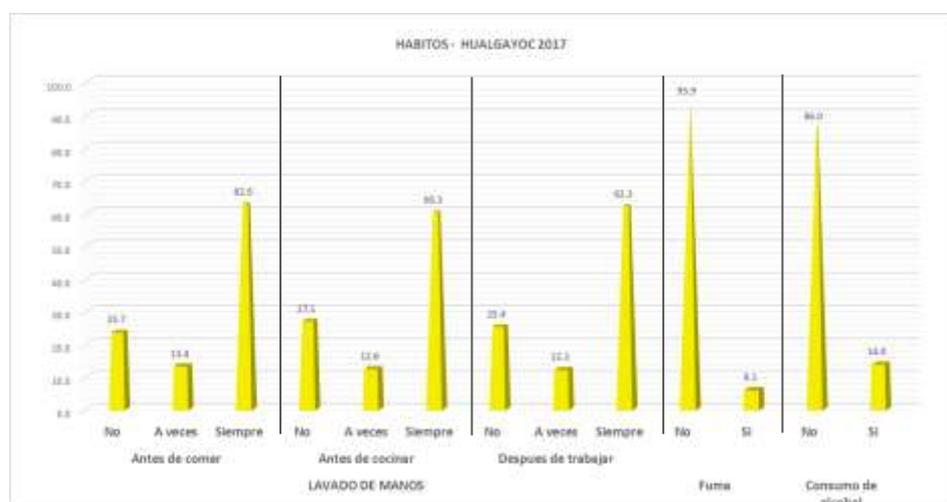
**FIGURA 5. HUALGAYOC: PORCENTAJE POR TIPO DE OCUPACIÓN DEL JEFE DEL HOGAR, SEGÚN POBLACIÓN TAMIZADA, 2017**



Interpretación: Los elevados porcentajes para el tipo de ocupación, corresponden a agricultores, ganadería - agricultura, empresas mineras, disminuyendo para la ganadería, comercio y minería informal.

### **a.3. Hábitos de Higiene.**

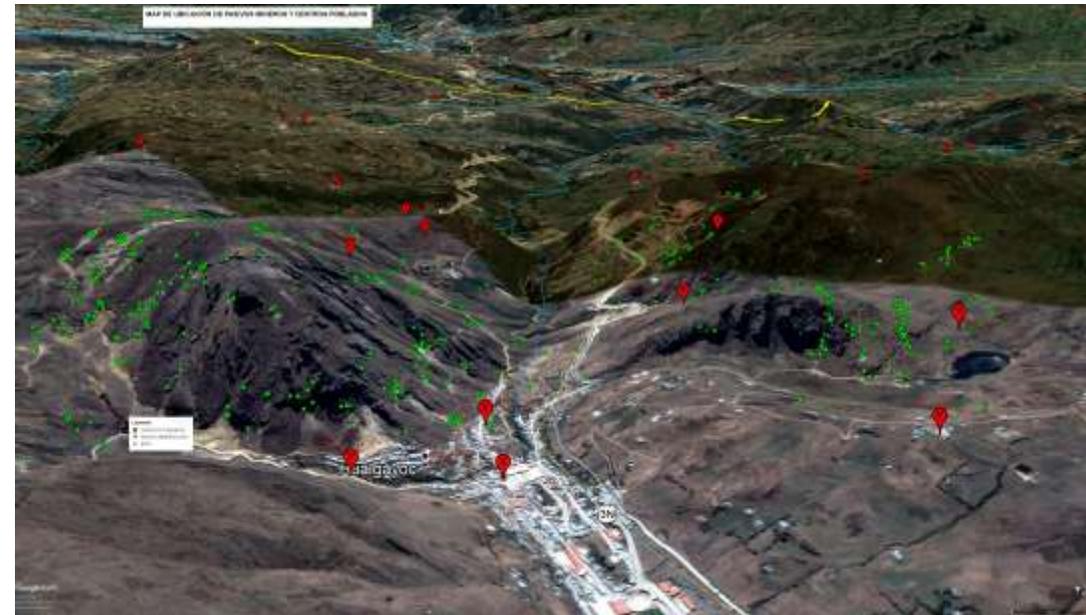
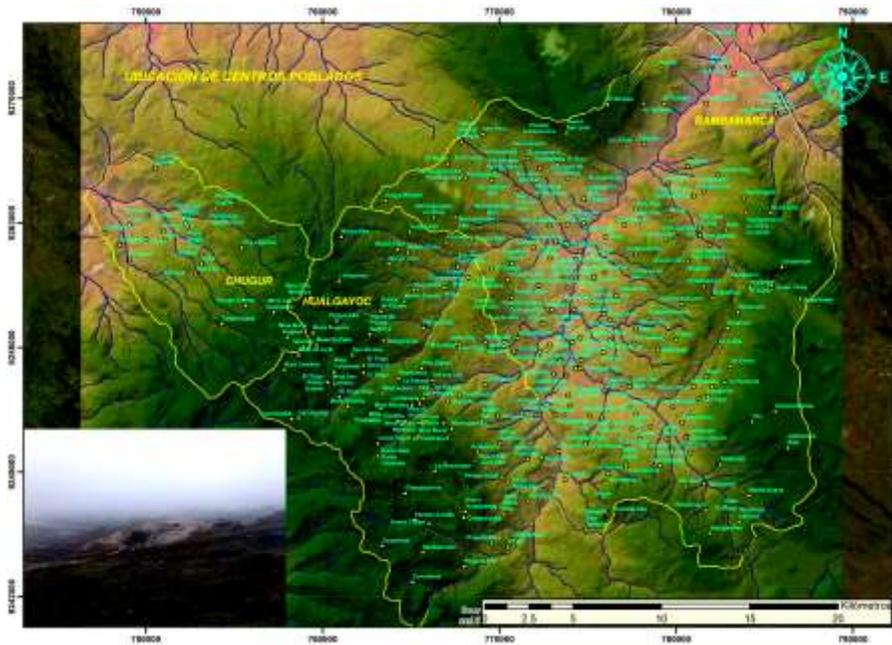
**FIGURA 6. HUALGAYOC: PORCENTAJE POR HABITO DE HIGIENE, SEGÚN POBLACIÓN TAMIZADA, 2017**



Interpretación: Para hábitos de higiene, se tiene un 60.3 a 62.8% que realizan el lavado de manos y un 23 a 27% que no lo cumplen.

#### a.4. Ubicación de centros poblados en la Provincia de Hualgayoc.

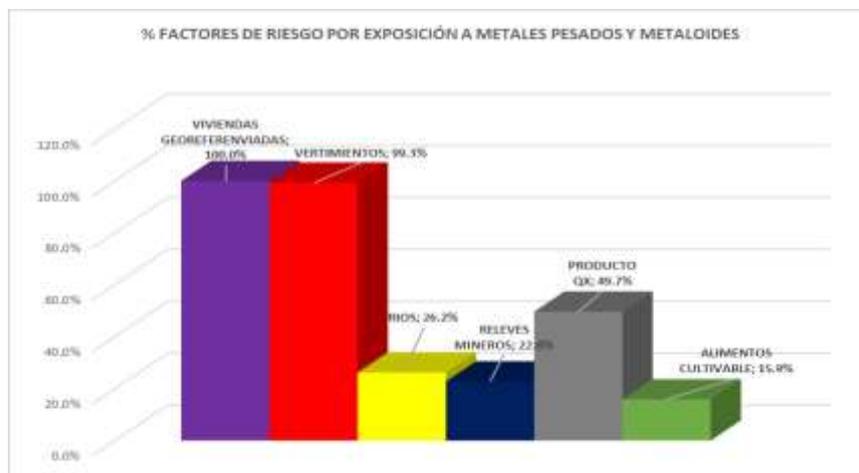
FIGURA 7. HUALGAYOC: UBICACIÓN GEOGRAFICA DE CENTROS POBLADOS 2017    FIGURA 8. HUALGAYOC: CENTROS POBLADOS SEGÚN MICROCUENCAS, 2017



Existen 293 centros poblados, de los cuales 27 centros poblados para el año 2017, se consideraron en zona de influencia directa, debido a que estos, se ubican en cercanías a pasivos mineros cuyas distancias varían de 20 metros a un (01) kilómetro a más, estos pasivos mineros se encuentran activos y otros conteniendo residuos líquidos que son aportantes a ríos y quebradas.

#### Cont. a.4. Ubicación de viviendas frente a factores de riesgo ambientales.

FIGURA 9. HUALGAYOC: % DE UBICACIÓN DE VIVIENDAS A FACTORES DE RIESGO, SEGÚN PERSONAS EXPUESTAS A METALES, 2017.



Interpretación. Del 100% de viviendas georreferenciadas, el 99,3% se ubican cercanas a vertimientos de pasivos mineros (lixiviados), un 49,7% utilizan de productos químicos (fertilizantes, agroquímicos, pesticidas y otros) de uso agricultura, un 26,2% colindantes a ríos, un 22,8% en cercano a relaves mineros y un 15,9% tienen cultivos para su consumo propio.

FIGURA 10. HUALGAYOC: % DE UBICACIÓN DE VIVIENDAS A FACTORES DE RIESGO, SEGÚN PERSONAS TAMIZADAS, 2017.



Interpretación: Del 100% de las viviendas georreferenciadas, el 78% de las personas dan positivo a la presencia de metales pesados en su organismo.

## ii. Análisis estadístico de los factores sociales.

### a) Análisis del coeficiente de correlación.

**TABLA 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE FACTORES SOCIALES Y PERSONAS CON METALES, 2017**

Variables	Ocupación	Hábitos de higiene	Nivel de instrucción	Ubicación de viviendas
Exposición a metales	Débil	Débil	Perfecta	Muy débil

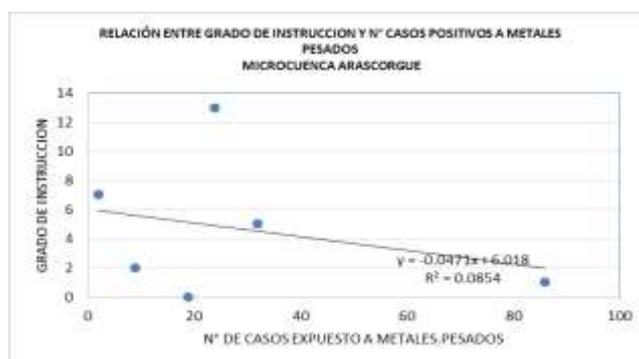
En la tabla 13, La tabla nos indica que, existe una correlación desde muy débil a perfecta, entre los factores sociales y la exposición a metales pesados.

### b) Análisis de la Fuerza de relación entre variables.

#### 1. Diagramas de dispersión - concentración de metales en personas y grado de instrucción, según microcuenca - 2017.

- Microcuenca Arascorgue.

**FIGURA 11. ARASCORGUE: GRADO DE INSTRUCCIÓN, Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017.**

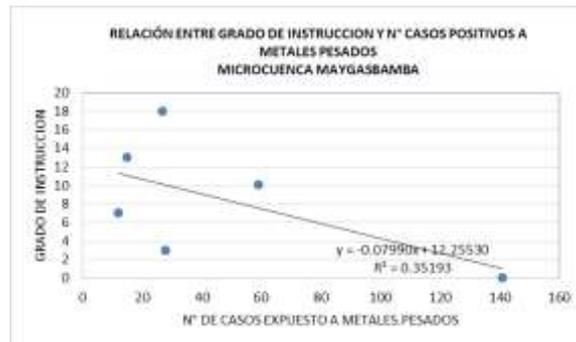


En la figura 11, presenta la ecuación de regresión lineal, el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.0471X+6.018$ , y el índice de determinación  $R^2$  es 0.0854, los niveles de correlación muestran que no hay correlación lineal. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que a medida que aumenta el nivel de educación

interfiere en la variable independiente, existe una tendencia a incrementar la concentración de metal pesado en el organismo en 0.0471ug.

- **Microcuenca Maygasbamba.**

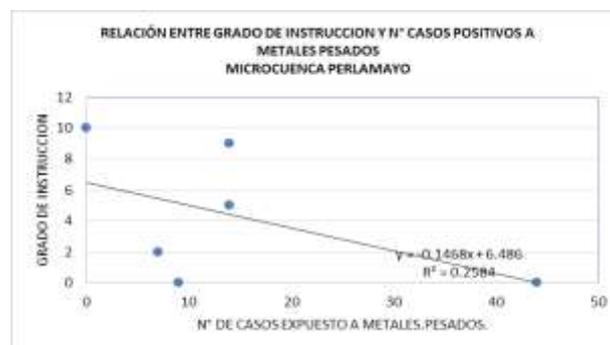
FIGURA 12. MAYGASBAMBA: GRADO DE INSTRUCCIÓN, Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017



En la figura 12 se observa que, existe una muy débil correlación lineal, entre el número de casos expuestos a metales pesados, y el nivel de educación “Y” corresponde a  $0.0799X+12.25530$  con el índice de determinación  $R^2$  es 0.35, el coeficiente angular obtenido nos indica que a más educación disminuye la presencia de metales pesados en 0.0799ug.

- **Microcuenca Perlamayo.**

FIGURA 13. PERLAMAYO: GRADO DE INSTRUCCIÓN, Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017



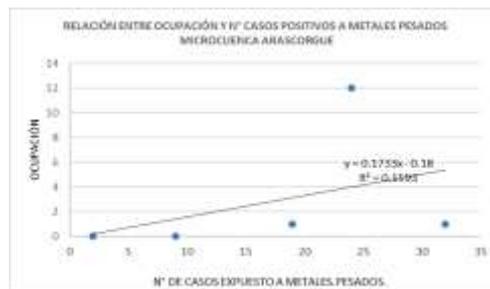
En la figura 13, presenta la ecuación de regresión lineal, donde el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.1468X+6.486$  con su índice de

determinación  $R^2$  es 0.2584, por lo cual, hay una dependencia lineal positiva débil, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que, a menor grado de instrucción, existe una disminución en la concentración de metales pesados en el organismo de 0.1468ug.

## 2. Diagramas de dispersión – concentración de metales en personas en relación a ocupación laboral 2017.

- Microcuenca Arascorgue

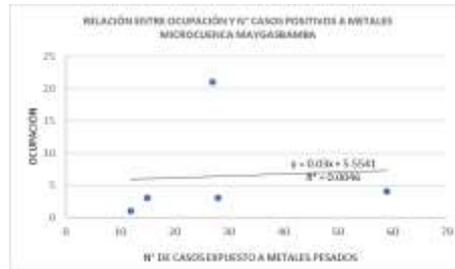
FIGURA 14. ARASCORGUE: OCUPACIÓN LABORAL Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017



En la figura 14, presenta la ecuación de regresión lineal, el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.1733X+0.18$ , y el índice de determinación  $R^2$  es 0.16, los niveles de correlación muestran que existe correlación positiva débil. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que la ocupación laboral interfiere en la variable independiente, existe una tendencia al incremento en la concentración de metal pesado en 0.173 ug.

- **Microcuenca Maygasbamba.**

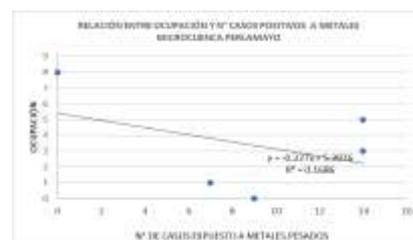
**FIGURA 15. ARASCORGUE: GRADO DE INSTRUCCIÓN, Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 15, presenta la ecuación de regresión lineal, corresponde a una pendiente positiva y correlación mediana, el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.03X+0.0046$ , y el índice de determinación  $R^2$  es 0.0286. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que la ocupación laboral interfiere en la variable independiente, existe un incremento en la concentración del metal en el organismo de 0.03 ug.

- **Microcuenca Perlamayo.**

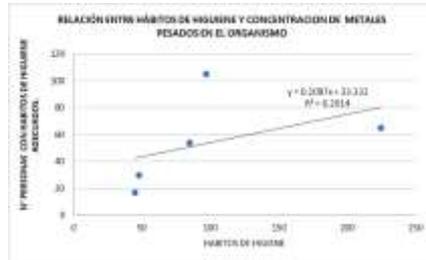
**FIGURA 16. PERLAMAYO: OCUPACIÓN LABORAL Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017**



En la figura16, presenta la ecuación de regresión lineal, corresponde a una pendiente negativa y correlación mediana entre variables, el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.227X+5.3976$ , y el índice  $R^2$  es 0.1686, el valor obtenido del coeficiente angular indica que la ocupación laboral interfiere en la variable independiente, existe una tendencia a disminuir en la concentración de metal en 0.227 ug.

**3. Diagrama de dispersión de influencia entre metales y hábitos de higiene - 2017.**

**FIGURA 17. HUALGAYOC: HABITOS DE HIGIENE Vs. PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 17, presenta la ecuación de regresión lineal, nos indica una correlación positiva fuerte, entre hábitos de higiene y la presencia de metales pesados en el organismo de los pobladores afectados, el grado de instrucción “Y” corresponde a  $0.2087X+33.332$ , y el índice de determinación  $R^2$  es 0.2014. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que los hábitos de higiene interfieren en la variable independiente, existe un incremento en la concentración del metal en el organismo de 0.2087 ug.

**4. Diagrama de dispersión de influencia entre ubicación de los pasivos mineros y ubicación de viviendas de pobladores tamizados 2017.**

**FIGURA 18. HUALGAYOC: VIVIENDAS SEGÚN UBICACIÓN PASIVOS MINEROS, 2017.**



Interpretación. En la figura 18, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.7674X+11.032$ , además un índice de determinación  $R^2$  es 0.8215 para metales pesados. Sin embargo, los valores obtenidos de los

coeficientes angulares nos indica que, por cada unidad en microgramos de metales (vertimientos, relaves, productos químicos en cultivos), que toma la variable independiente de las viviendas ubicadas en zonas colindantes a pasivos mineros, existe un incremento en la concentración de metales pesados en el organismo de los pobladores que habitan en estas zonas de 0.7674 ug.

### iii. Tabla resumen del análisis de la fuerza de relación entre variables.

#### Tablas de Valores $r^2$ .

**TABLA 14. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. GRADO DE INSTRUCCIÓN SEGÚN MICROCUENCA, 2017.**

VARIABLES	G° de instruc. Micro. Arascorgue	G° de instruc. Micro. Maygasbamba	G° de instruc. Micro. Perlamayo
Personas con Met. Pesad.	0.0854	0.35193	0.2584

**TABLA 15. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. OCUPACIÓN LABORAL SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

VARIABLES	Ocupac. Lab. Micro. Arascorgue	Ocupac. Lab. Micro. Maygasbamba	Ocupac. Lab. Micro. Perlamayo
Personas con Met. Pesad.	0.15	0.0046	0.168

**TABLA 16. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES vs. HÁBITOS DE HIGIENE SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

VARIABLES	Hábitos de Higiene
Personas con Met. Pesad.	0.2014

#### Tablas de Valores $r$ – Fuerza de relación

**TABLA 17. VALOR “r”: EXPOSICION A METALES VS. GRADO DE INSTRUCCIÓN SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

VARIABLES	Arascorgue	Maygasbamba	Perlamayo
Personas con Met. Pesad.	0.29	0.59	0.50
Grado de correlación	Muy Débil	Débil	Débil

**TABLA 18. VALOR “r”: EXPOSICION A METALES Vs OCUPACIÓN SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

VARIABLES	Arascorgue	Maygasbamba	Perlamayo
Persona expuesta a metales pesados.	0.39	0.069	0.41
Grado de correlación	Muy débil	Nula	Muy débil

**TABLA 19. VALOR “r”: EXPOSICION A METALES Vs HáBITOS DE HIGIENE SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

VARIABLES	Hábitos de Higiene
Personas expuestas a Met. Pesad.	0.45
Grado de correlación	Muy débil

Interpretación. En las tablas 17 a 19, se puede observar que existe una fuerza de relación desde muy débil a débil para el grado de instrucción correspondientes a las tres microcuencas, en ocupación laboral, solo para la microcuenca Perlamayo existe relación Muy débil.

**TABLA 20. VALOR “r”: EXPOSICION A METALES Vs UBICACIÓN DE VIVIENDAS SEGÚN MICROCUENCA, 2017.**

VARIABLES	Población	Factores de riesgo de viviendas a pasivos mineros
Personas expuestas a Met. Pesad.	Provincia Hualgayoc	0.30
	Grado de correlación	Muy débil

Interpretación. En la tabla 20, se aprecia que existe una muy débil, para la ubicación geográfica de los pasivos mineros respecto a la ubicación de las viviendas de los pobladores.

## 5. Odds ratio, 2017.

TABLA 21. ANÁLISIS ODDS RATIO: OCUPACIÓN PRINCIPAL Vs. EXPOSICIÓN A METALES SEGÚN FACTOR AMBIENTAL, 2017

Nº	OCUPACIÓN PRINCIPAL	AGUA SUPERFICIAL								TEJIDO VEGETAL								SUELO								AGUA PARA CONSUMO HUMANO					
		As	Cd	Cu	Fe	Mn	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Fe	Mn	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Fe	Mn	Hg	Pb	
1	No aplica	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.00	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	1.45	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	0.00	3.2	0.0	0	0.32	
2	Sin ocupación	2	2.5	7.7	1.3	4.6	6.5	0.0	6.1	8.2	0.36	0.0	0.28	0.57	0.3	0.2	1.8	0.7	14.77	15.6	0.0	23.7	6.6	10.3	14.3	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0.00
3	Estudiante	97	0.1	0.4	0.1	0.2	0.3	0.0	0.2	0.3	0.41	0.0	0.40	0.16	0.1	0.0	0.1	0.2	0.26	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.7	0.00	0.4	0.0	0	0.00
4	Ganadería	20	18.6	4.8	59.4	14.0	6.9	0.2	2.8	5.7	0.40	0.2	0.23	0.19	0.8	0.4	0.1	0.2	1.62	1.6	45.6	0.1	1.6	1.6	0.3	3.6	0.00	2.3	0.7	0	0.01
5	Agricultura	22	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	176.8	0.0	0.2	0.40	0.0	0.40	0.14	0.2	0.1	0.0	0.2	1.47	0.3	0.0	0.2	1.9	1.7	0.7	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0.11
6	Ganadería y Agricultura	40	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.43	2.3	0.23	0.37	0.1	0.3	0.8	0.4	0.86	0.5	0.0	1.2	2.2	1.1	0.9	0.0	0.00	1.4	6.3	0	0.00
7	Ama de casa	101	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.19	0.72	0.1	0.7	0.1	0.3	0.23	0.2	0.7	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1	0.00	0.0	0.2	0	0.00
8	Comercio	1	123.7	20.9	39.2	71.3	37.1	0.0	100.3	22.6	0.15	0.1	0.10	0.40	0.4	0.5	0.1	0.1	30.60	83.8	0.0	39.2	35.5	40.8	45.9	0.0	0.00	63.0	67.9	0	0.01
9	Empresa minera	7	4.5	1.1	1.4	2.8	1.9	0.7	2.9	1.3	0.38	0.6	0.55	0.32	0.2	0.4	0.7	0.4	4.22	7.8	0.0	6.3	4.7	5.3	6.4	0.0	0.00	10.7	18.5	0	0.40
10	Chofer	2	0.0	0.0	0.9	2.1	5.0	2.6	9.9	1.4	0.36	0.4	0.31	0.63	0.2	1.0	1.8	0.7	14.88	27.0	4.3	22.4	11.8	16.5	22.0	14.0	0.00	28.8	11.7	0	0.00
11	Profesional	25	0.4	0.8	0.2	0.2	0.7	0.0	5.0	0.8	0.36	0.2	0.79	0.48	0.2	0.9	0.2	0.5	1.08	1.9	0.0	1.5	0.8	1.1	1.3	0.8	0.00	0.7	0.0	0	0.00
12	Jubilado	1	0.0	0.0	17.0	96.1	190.0	5.2	94.0	306.3	0.34	0.7	0.63	1.05	0.3	2.1	1.0	1.2	28.23	35.2	0.0	40.9	19.8	29.2	30.2	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0.27
13	Otro	35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.36	0.2	0.46	0.71	1.1	0.3	0.1	0.7	0.73	0.1	0.2	1.1	0.5	0.7	0.8	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0.07

Leyenda: Insignificante

Pequeña.

Moderada.

Grande.

Interpretación: Los resultados nos indican que, varían las relaciones desde insignificante a grande, entre la ocupación principal con la presencia de metales pesados en los diferentes factores ambientales, habiendo una relación grande frente a aguas superficiales, suelo y agua para consumo humano, en tanto, frente al tejido vegetal la relación abarca en su generalidad a insignificante.

**TABLA 22. ANÁLISIS ODDS RATIO: OCUPACIÓN DEL JEFE DEL HOGAR Vs. EXPOSICIÓN A METALES SEGÚN FACTOR AMBIENTAL, 2017.**

Nº	OCUPACIÓN	n	AGUAS SUPERFICIALES						TEJIDO VEGETAL						SUELO						AGUA PARA CONSUMO HUMANO				
			As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Fe	Hg	Pb	Zn	As	Fe	Pb
1	Ganadería	13	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	18.7	0.22	0.26	0.59	1.56	0.27	0.26	18.69	1.46	0.81	4.61	0.90	1.30	21.99	8.83	0.96	2.13
2	Agricultura	119	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.04	1.15	0.36	0.31	0.05	0.10	0.03	0.31	1.15	0.09	0.10	0.28	0.04	0.06	0.10	0.00	0.00	0.00
3	Ganadería y Agricultura	73	0.07	0.36	0.06	0.16	0.00	0.20	2.51	0.02	0.14	0.51	0.21	0.04	0.14	2.51	0.23	0.04	0.62	0.15	0.18	0.00	0.70	0.44	0.35
4	Empresa minera	44	5.08	1.31	46.47	3.85	4.48	0.77	4.82	0.33	0.30	0.48	0.40	0.91	0.30	4.82	0.44	0.44	1.19	0.43	0.43	0.00	3.58	2.31	2.93
5	Comercio	5	0.67	0.68	0.41	0.39	558	0.00	50.2	0.28	1.52	12.19	4.18	2.32	1.52	50.20	4.63	1.06	0.50	5.94	5.52	0.02	0.00	0.00	0.00
6	Minería artesanal	2	0.00	0.85	0.39	0.97	0.00	0.00	127	43.8	20.0	6.48	10.58	7.58	20.0	24.52	11.53	6.62	31.31	29.50	14.45	0.10	0.50	1.51	0.38

**Leyenda:** Insignificante.  
Pequeña.  
Moderada.  
Grande.

Interpretación: Los resultados nos indican que, varían las relaciones desde insignificante a grande, entre la ocupación del jefe del hogar con la presencia de metales pesados en los diferentes factores ambientales, habiendo una relación grande frente al tejido vegetal y suelo, disminuyendo para aguas superficiales y mínimo para agua de consumo humano.

**TABLA 23. ANÁLISIS ODDS RATIO: HÁBITOS DE HIGIENE Vs. EXPOSICIÓN A METALES SEGÚN FACTOR AMBIENTAL, 2017.**

N°	HABITOS DE HIGIENE	n	AGUA SUPERFICIAL							TEJIDO VEGETAL							SUELO						AGUA PARA CONSUMO HUMANO																	
			As	Cd	Cu	Fe	Mn	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Cu	Fe	Mg	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Fe	Mg	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Fe	Mg	Hg	Pb	Zn								
1	Antes de comer	No	19	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.89	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.9	0.0
2		A veces	2	0.5	10.5	0.3	0.9	1.5	0.0	1.2	1.6	7.52	0.5	5.8	11.9	6.0	4.3	38.4	13.6	5.9	13.3	5.8	9.9	2.4	3.9	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3		Siempre	97	0.2	29.7	0.2	0.4	0.3	0.0	0.6	0.8	8.65	0.0	8.4	3.4	1.8	0.6	2.2	3.9	1.3	0.4	1.1	0.4	0.8	1.0	0.5	1.7	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	Antes de cocinar	No	20	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.1	0.0	0.0	5.44	7.7	6.0	9.3	14.2	3.3	1.2	10.7	3.3	0.5	2.8	0.3	3.0	3.0	0.7	3.5	0.0	2.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
5		A veces	22	0.5	0.0	0.3	0.3	3.7	3.5	0.0	0.4	7.45	0.1	8.2	2.8	3.2	1.5	0.9	3.3	7.4	3.0	0.3	0.7	9.1	8.6	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6		Siempre	40	0.0	1.6	0.0	0.1	2.3	0.0	0.0	0.0	9.05	47.0	4.7	7.7	0.9	5.7	17.1	9.0	1.4	1.5	1.2	2.0	3.7	1.7	1.6	0.4	0.0	1.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Después de trabajar	No	101	0.2	3.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	6.99	4.9	4.8	18.1	1.7	17.0	2.7	6.6	0.5	4.3	1.1	5.1	0.5	1.7	5.3	0.8	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8		A veces	1	27.2	55.9	4.2	7.6	0.3	0.1	10.7	2.4	7.19	4.4	4.5	19.0	19.4	21.7	2.4	6.6	0.4	0.9	1.9	3.0	0.2	0.4	1.7	0.0	0.0	8.1	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9		Siempre	7	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.0	0.0	0.2	7.85	11.8	11.5	6.6	3.3	8.9	14.3	7.5	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	Fuma	No	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	7.49	9.2	6.5	13.1	5.1	20.6	37.1	13.7	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11		Si	25	2.2	14.1	0.9	1.3	2.6	0.1	29.1	4.3	7.60	4.2	16.4	9.9	3.9	17.8	3.9	11.4	0.7	1.1	2.4	3.6	0.9	0.5	1.3	4.8	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	Consumo de alcohol	No	1	0.0	0.0	0.2	1.2	0.1	0.0	1.2	3.9	4.98	10.1	9.1	15.1	4.2	30.8	14.5	17.4	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13		Si	35	0.0	0.0	116.9	27.8	12.2	0.1	5.6	11.7	7.70	1.2	4.7	3.9	16.6	9.0	3.0	4.0	0.5	0.1	2.1	0.3	0.3	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2

Leyenda: **Insignificante.**  
**Pequeña.**  
**Moderada.**  
**Grande.**

Interpretación: Existe una relación GRANDE entre hábitos de higiene con la presencia de metales pesados en el tejido vegetal (pasto), disminuyendo para agua superficial, suelo y agua para consumo humano, sin embargo, las relaciones para los diferentes factores ambientales indican una relación desde insignificante a grande, las cuales varían de acuerdo a factor ambiental.

**b. Obj. Especifico - Establecer la relación de los factores ambientales (tejido vegetal, suelo, agua superficial y de consumo humano) que influyen en la concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.**

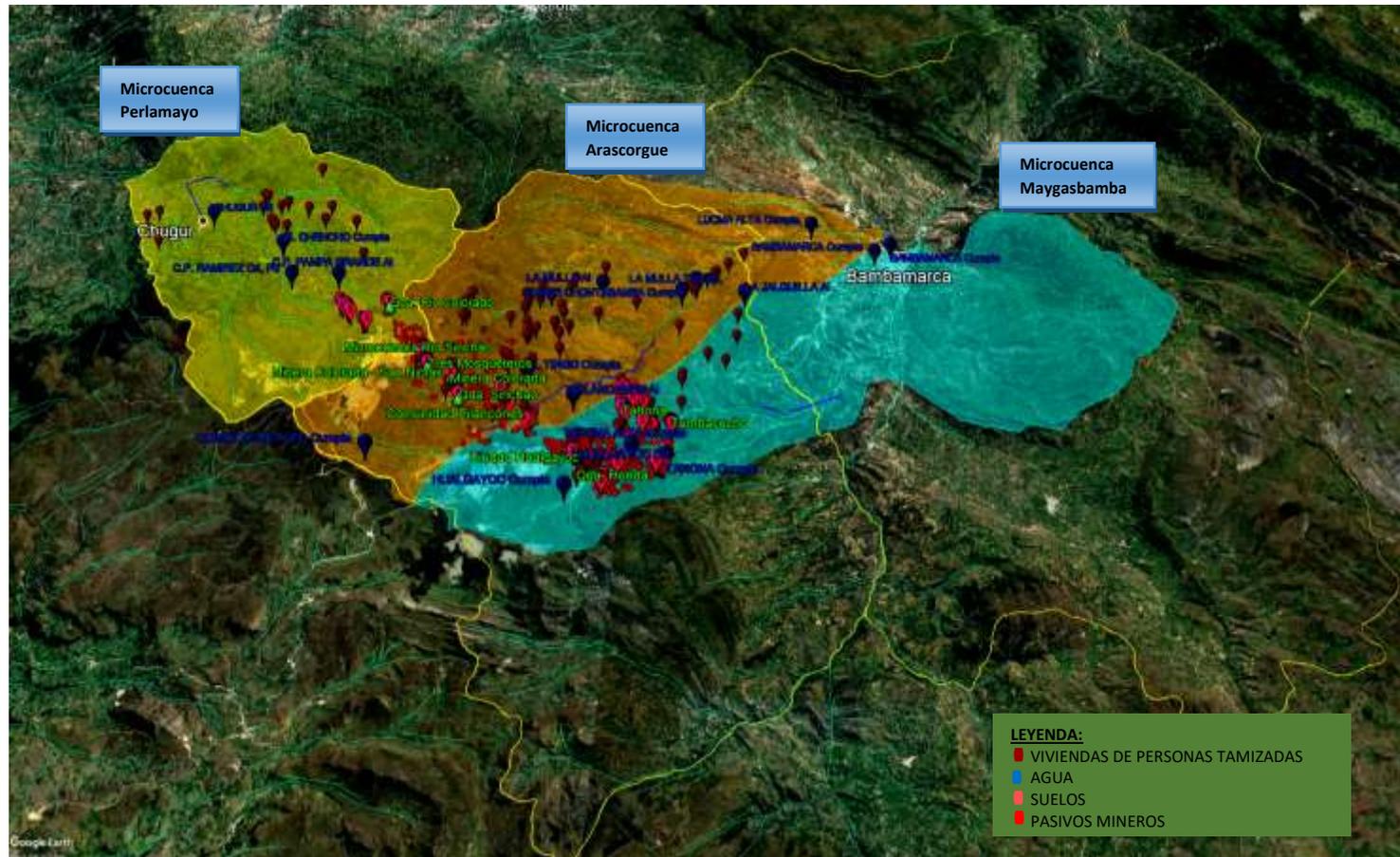
Se identificaron los pasivos mineros, para posteriormente, ubicar los puntos de monitoreo de las variables ambientales.

Se analizaron los factores ambientales como:

- b.1. Aguas superficiales – ríos.
- b.2. Agua para consumo humano.
- b.3. Suelos.
- b.4. Tejido vegetal – pasto ray grass.

- Ubicación de puntos de monitoreo ambiental.

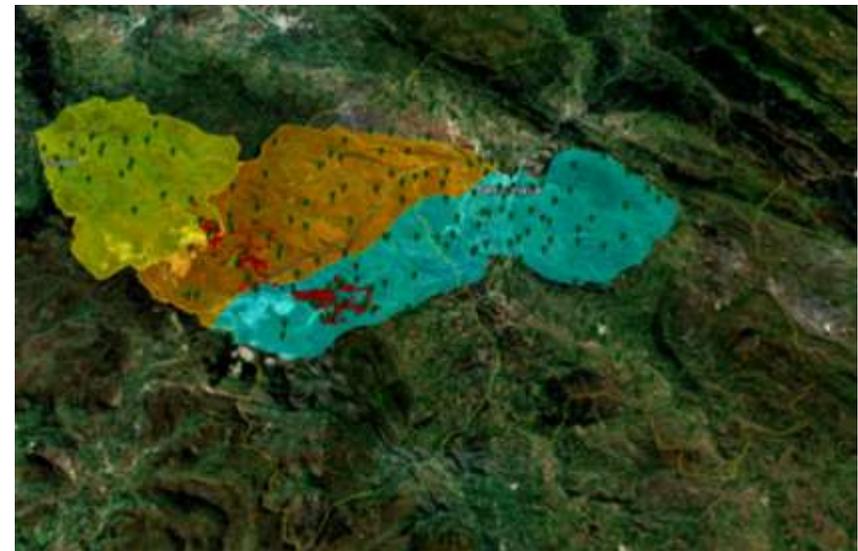
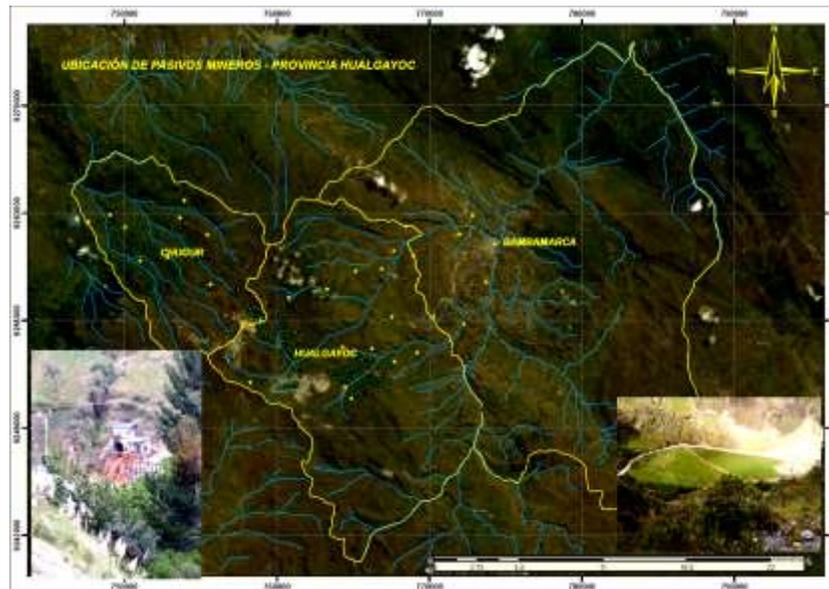
FIGURA 19. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE VIVIENDAS Y PUNTOS DE MONITOREO AMBIENTAL, SEGÚN MICROCUENCA, 2017



Las viviendas de los pobladores tamizados se encuentran dentro de la ubicación geográfica de los pasivos mineros del distrito de Hualgayoc y Chugur, en el distrito de Bambamarca las viviendas se ubican en cercanías de ríos los cuales son cuerpos receptores de lixiviados provenientes de socavones, debido a que Bambamarca se encuentra localizado en la parte baja de la microcuenca

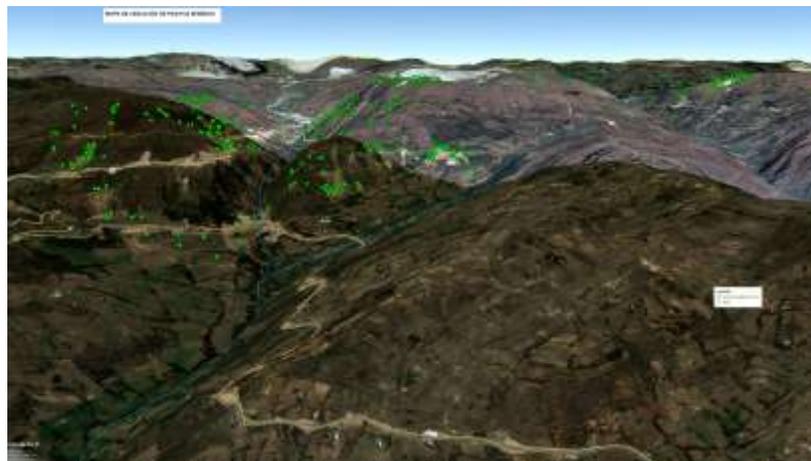
- Ubicación de los pasivos mineros en la Provincia de Hualgayoc 2017.

FIGURA 20. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE PASIVOS MINEROS SEGÚN DISTRITO, 2017 FIGURA 21. HUALGAYOC: PASIVOS MINEROS SEGUN CENTROS POBLADOS, 2017



3

FIGURA 22. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE PASIVOS MINEROS, SEGÚN MICROCUENCAS, 2017



**LEYENDA:**

pam2018

● "Puntos de Interés Minero"

**NOMBRE\_EX**

● ABASTECEDORA	● CONSTANZA (LLAUCANO)	● MINA CORTADERA (LLAUCANO)
● ATAHUALPA (LLAUCANO)	● EL DORADO (LLAUCANO)	● MINAS BLANCAS (LLAUCANO)
● BARRAGAN (LLAUCANO)	● FATIMA (LLAUCANO)	● OLORTEGUR (LLAUCANO)
● BELLA UNION	● LA OÑA (LLAUCANO)	● POZOS RICOS (LLAUCANO)
● CAROLINA (LLAUCANO)	● LA PASTORA (LLAUCANO)	● PROVIDEDORA (LLAUCANO)
● CERRO JESUS	● LOLA (LLAUCANO)	● QUEBRADA HONDA (LLAUCANO)
● CERRO JESUS - BARRAGAN (LLAUCANO)	● LORENZO MOLINI (LLAUCANO)	● RINAC (LLAUCANO)
● CHIGUR (LLAUCANO)	● LORETO (LLAUCANO)	● SAN AGUSTIN (LLAUCANO)
● CLEOPATRA	● LOS NEGROS (LLAUCANO)	● SAN JUAN (LLAUCANO)
● COLORADA (LLAUCANO)	● MARISA (LLAUCANO)	● SATELITE (LLAUCANO)
	● MARLUA (LLAUCANO)	● TARA
	● MECHERO (LLAUCANO)	● TRES ANJOS (LLAUCANO)
	● MESA DE PLATA (LLAUCANO)	● TRES MOSQUITEROS (LLAUCANO)

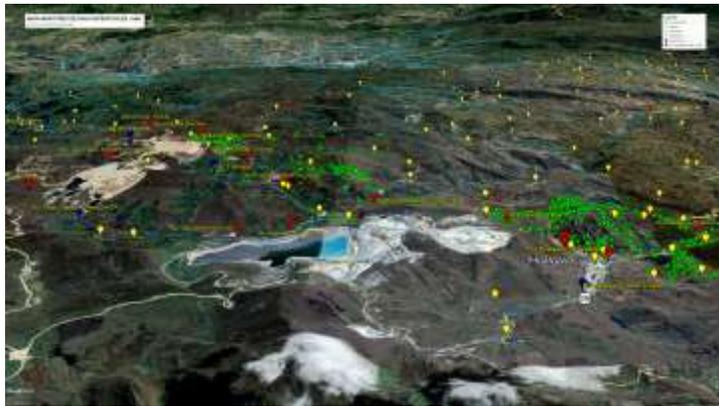
Los pasivos mineros se encuentran ubicados en las partes altas de las cuencas hidrográficas y próximos a ellos se encuentran centros poblados que realizan actividades agrícolas y ganaderas

**b.1. Ubicación de puntos de monitoreo de aguas superficiales 2017.**

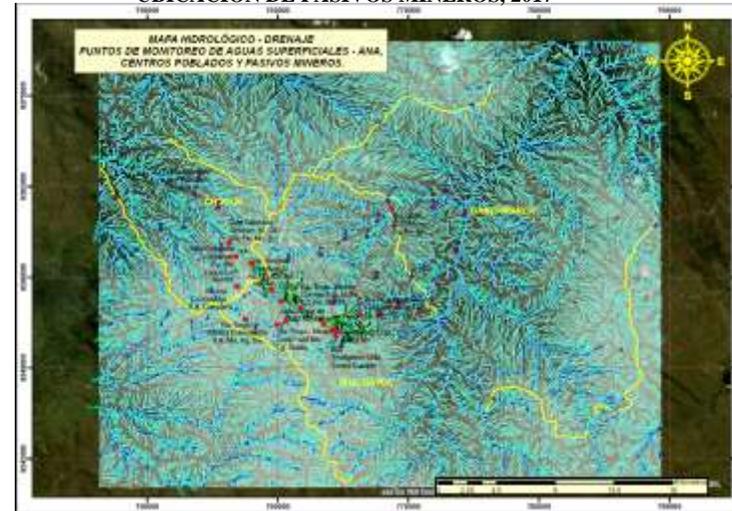
**FIGURA 23. HUALGAYOC: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**



**FIGURA 25. HUALGAYOC: PUNTOS MONITOREO DE AGUA, SEGÚN PASIVOS MINEROS, 2017**



**FIGURA 24. HUALGAYOC: DIRECCIÓN DE FLUJOS DE AGUA, SEGÚN UBICACIÓN DE PASIVOS MINEROS, 2017**



**FIGURA 26. DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUAS SUPERFICIALES SEGÚN PENDIENTE, 2017**



Las muestras fueron obtenidas de las zonas de ámbito de los pasivos mineros, los cuales, son aportantes de residuos líquidos a través de pequeñas quebradas que aportan a ríos (cuerpos receptores)

## Resultados de análisis de aguas superficiales 2017.

FIGURA 27. HUALGAYOC: ALUMINIO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017.

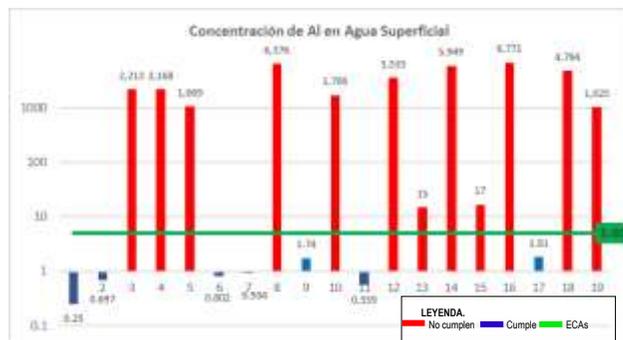


FIGURA 28. HUALGAYOC: COBRE EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



FIGURA 29. HUALGAYOC: ARSÉNICO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL



FIGURA 30. HUALGAYOC: MERCURIO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017.



FIGURA 31. HUALGAYOC: MANGANESO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



FIGURA 32. HUALGAYOC: HIERRO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



Interpretación. La concentración de aluminio (en 12 puntos), cobre (en 06 puntos), arsénico (en 05 puntos), mercurio (en 01 punto), manganeso (en 16 puntos), registrado en los diferentes puntos de monitoreo de las 03 microcuencas de los Ríos Tingo-Maygasbamba, Hualgayoc-Arascorgue y Perlamayo, superan los valores establecidos en los ECAS-agua para la Categoría III: riego de vegetales y bebidas de animales del D.S. 004-2017-MINAM.

## Resultados de análisis de aguas superficiales 2017.

FIGURA 33. HUALGAYOC: SELENIO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



FIGURA 34. HUALGAYOC: PLOMO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017.



FIGURA 35. HUALGAYOC: CADMIO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



FIGURA 36. HUALGAYOC: ZINC EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



Interpretación. La concentración de selenio (en 01 punto), plomo (en 06 puntos), cadmio (en 05 puntos) y zinc (en 05 puntos), registrado en los diferentes puntos de monitoreo de las 03 microcuencas de los Ríos Tingo-Maygasbamba, Hualgayoc-Arascorgue y Perlamayo, superan los valores establecidos en los ECAS-agua para la Categoría III: riego de vegetales y bebidas de animales del D.S. 004-2017-MINAM.

## b.2. Ubicación de puntos de monitoreo de agua para consumo humano 2017.

FIGURA 37. HUALGAYOC: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA PARA CONSUMO, SEGÚN 1ER MONITOREO, 2017

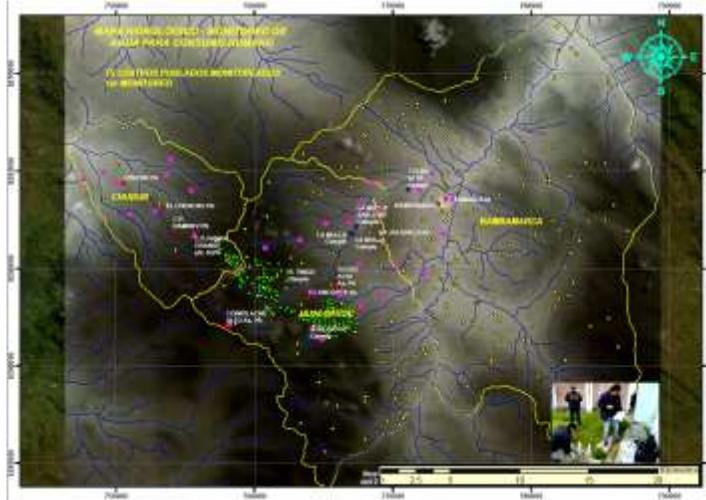


FIGURA 39. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO SEGÚN MICROCUENCAS, 2017



FIGURA 38. HUALGAYOC: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA PARA CONSUMO, SEGÚN 2DO MONITOREO, 2017.



FIGURA 40. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO, SEGÚN PENDIENTE, 2017.



Las muestras de agua para consumo humano, fueron obtenidas de reservorios y de viviendas ubicadas desde 20 m a más de 5 km de distancia de influencia de los pasivos mineros

## Resultados de análisis en agua para consumo humano 2017.

FIGURA 41. HUALGAYOC: ALUMINIO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017

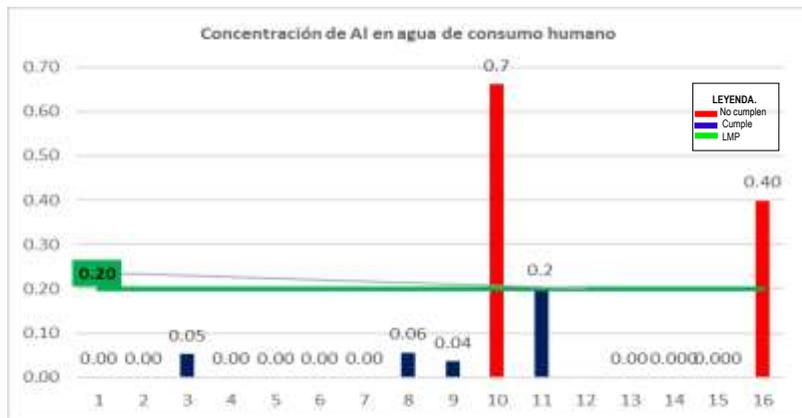


FIGURA 42. HUALGAYOC: ARSÉNICO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017

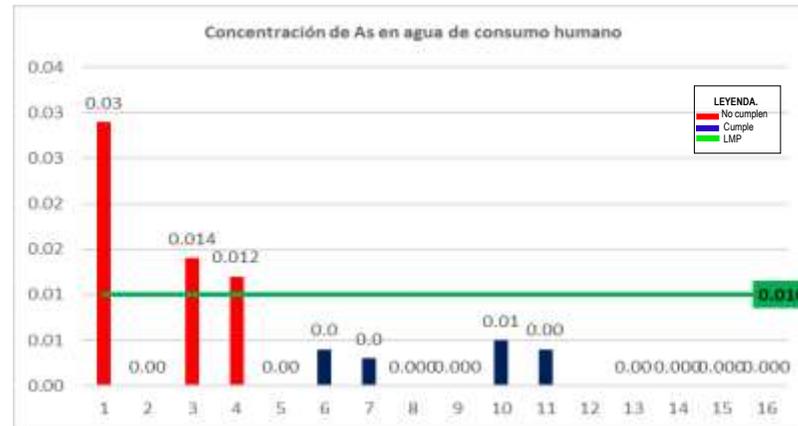
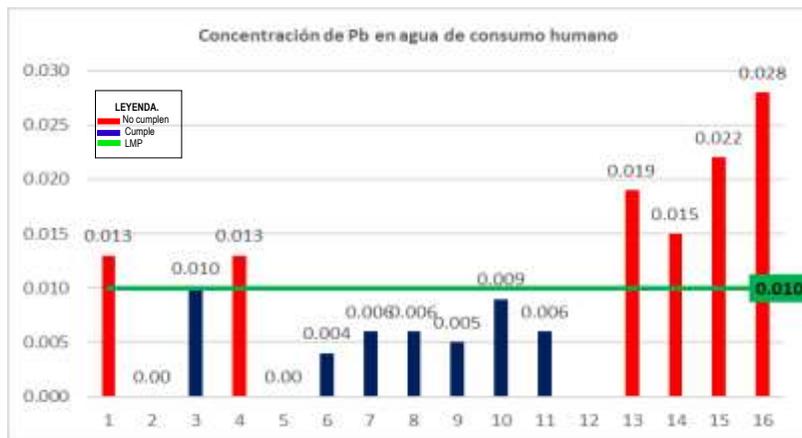


FIGURA 43. HUALGAYOC: PLOMO EN AGUA RESPECTO A LO NORMAL, 2017



Interpretación: La concentración para el plomo y arsénico NO CUMPLE con los LMPs, registrado en un 50% de los diferentes puntos de monitoreo, el aluminio NO CUMPLE en 02 puntos, superan los valores establecidos en el D.S. 031-2010-S.A.

### b.3. Ubicación de monitoreo de suelos 2017.

FIGURA 44. HUALGAYOC: PASIVOS MINEROS, SEGÚN DISTRITO 2017



FIGURA 46. HUALGAYOC: PUNTOS DE MUESTREO, SEGÚN PENDIENTE POR MICROCUENCAS

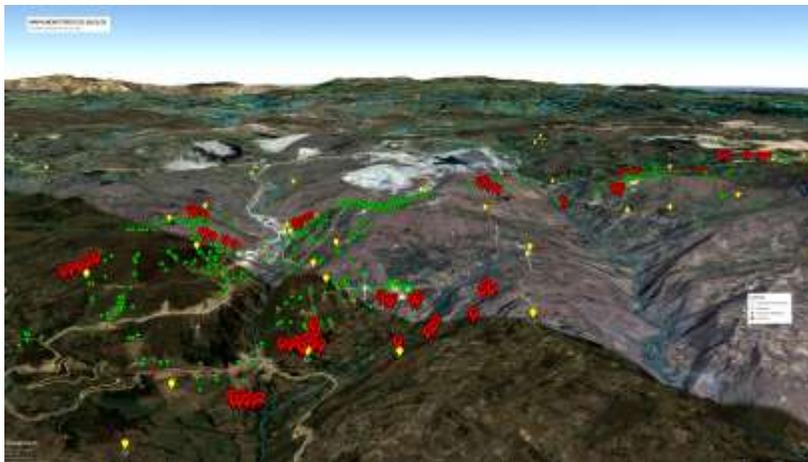
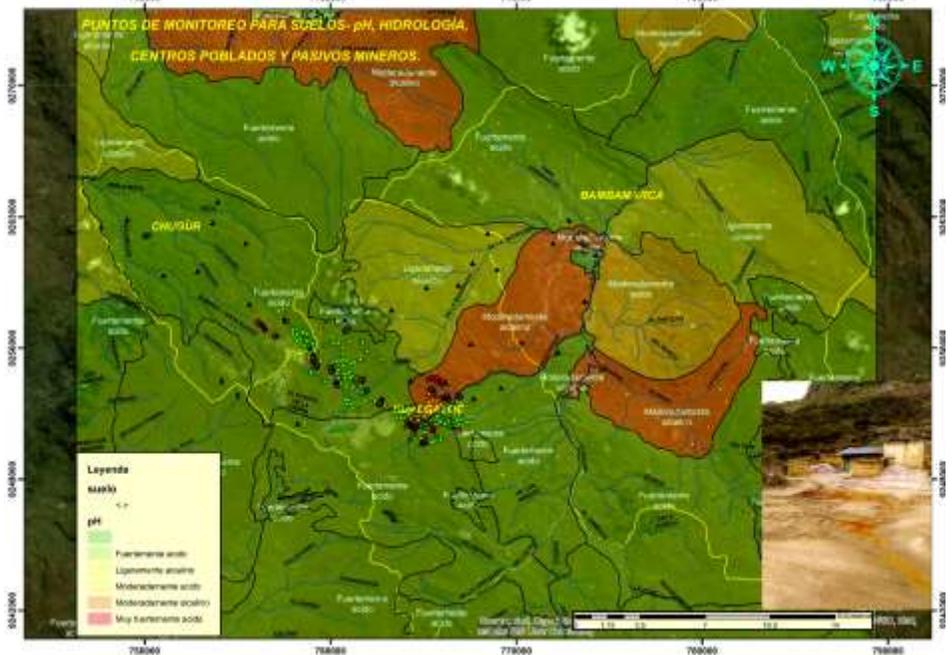


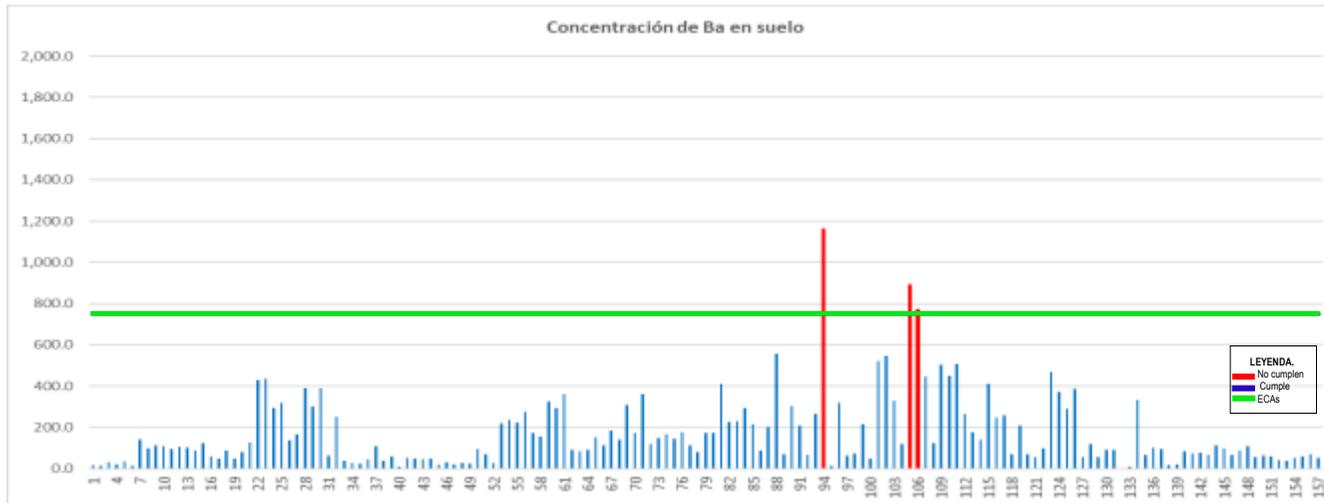
FIGURA 45. HUALGAYOC: PUNTOS DE MUESTREO Y PH SEGÚN PASIVOS MINEROS, 2017



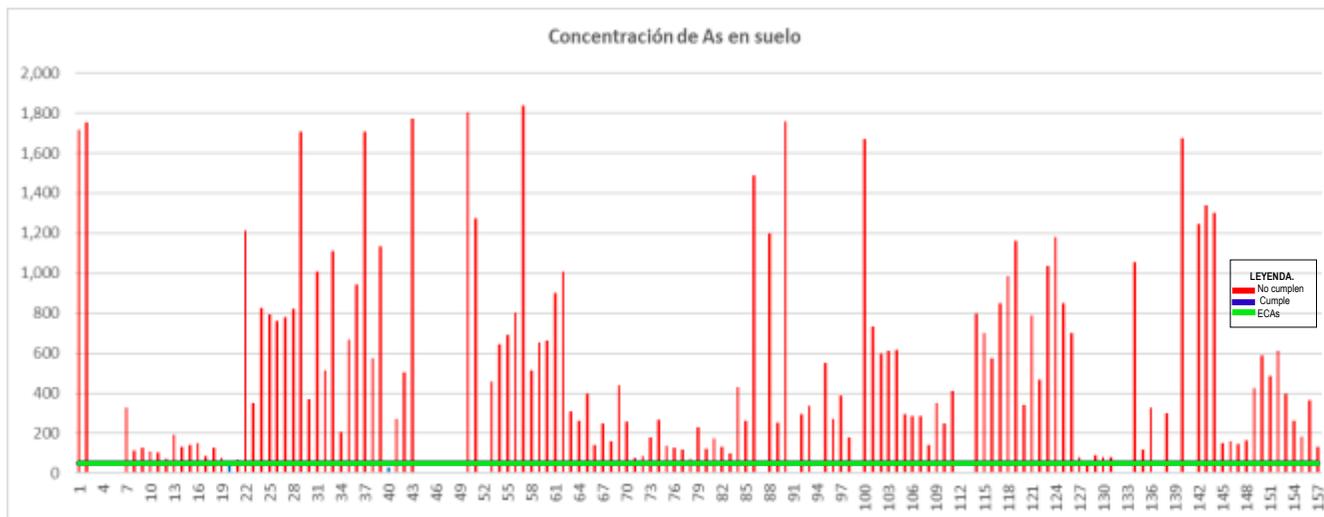
Los pasivos mineros se encuentran ubicados en suelos con pH de fuertemente ácidos, estos pasivos presentan áreas de influencia que van desde 10 metros a varios kilómetros, por lo tanto, “Si bien una distancia simple es importante para considerar cercanía, la geografía nos recuerda que para el estudio de los efectos de contaminación debe considerarse la altitud relativa. Una fuente de contaminación suele esparcirse hacia abajo (downstream), por lo que la manera como afecta dependerá de la altitud relativa del hogar, unidad agropecuaria respecto al contaminante” (64)

**Resultados de análisis de suelos 2017.**

**FIGURA 47. HUALGAYOC: BARIO EN SUELO RESPECTO A LO NORMAL, 2017.**



**FIGURA 48. HUALGAYOC: ARSÉNICO EN SUELO RESPECTO A LO NORMAL, 2017.**



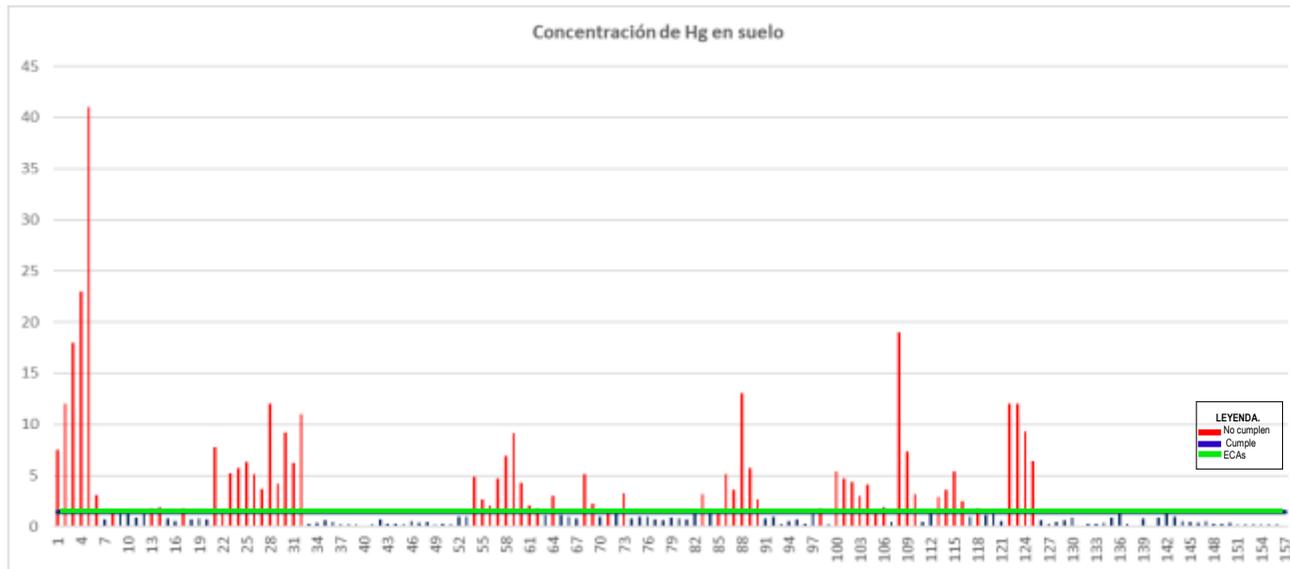
Interpretación. De las 157 muestras de suelo obtenidas de las 03 microcuencas de los Ríos Tingo-Maygasbamba, Hualgayoc-Arascorgue y Perlamayo, superan los valores normales para el bario en 03 muestras, y el arsénico en 152 muestras, en consecuencia, no cumplen con los ECAS-suelo agrícola del D.S. N°011-2017-MINAM

**Resultados de análisis de suelos 2017.**

**FIGURA 49. HUALGAYOC: CADMIO EN SUELO RESPECTO A LO NORMAL, 2017.**



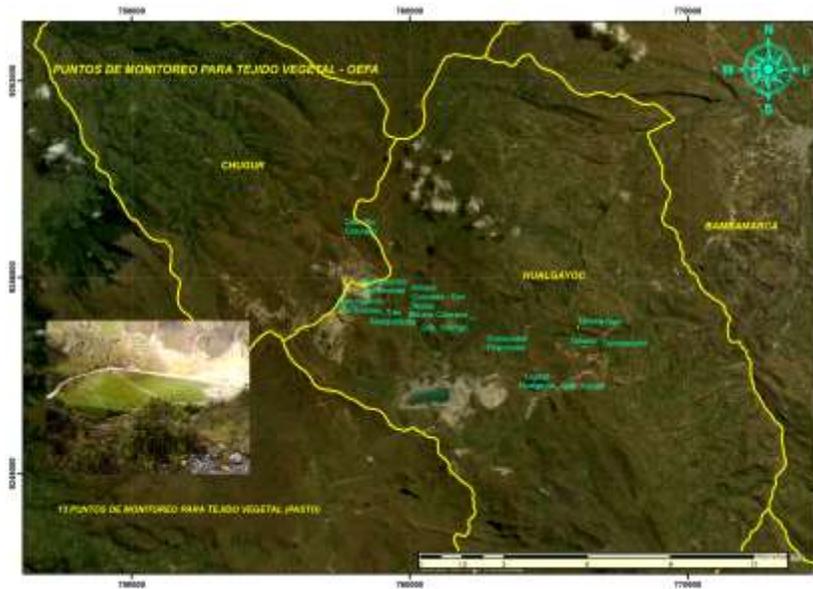
**FIGURA 50. HUALGAYOC: MERCURIO EN SUELO RESPECTO A LO NORMAL, 2017.**



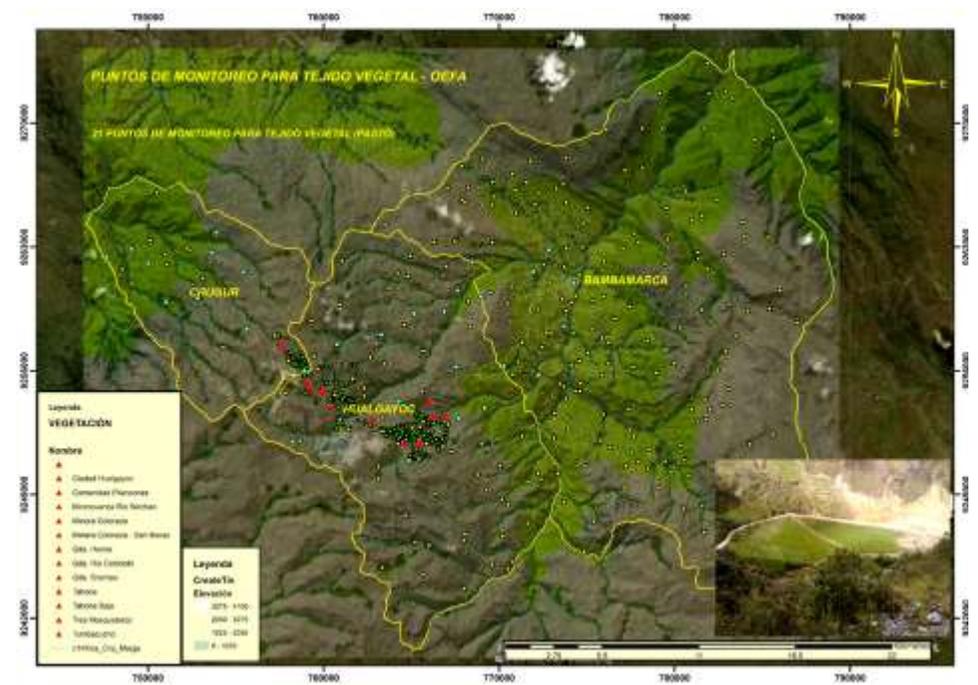
Interpretación. La concentración de: cadmio y mercurio, registrado en los diferentes puntos de monitoreo de las 03 microcuencas de los Ríos Tingo-Maygasbamba, Hualgayoc-Arascorgue y Perlamayo, superan los valores establecidos en los ECAS-suelo agrícola del D.S. N°011-2017-MINAM

**b.4. Ubicación de muestreos para tejido vegetal (pastos ray grass) - 2017.**

**FIGURA 51. HUALGAYOC: PUNTOS DE MUESTREO, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**



**FIGURA 52. MUESTREO DE TEJIDO VEGETAL, SEGÚN UBICACION DE VIVIENDAS, 2017**



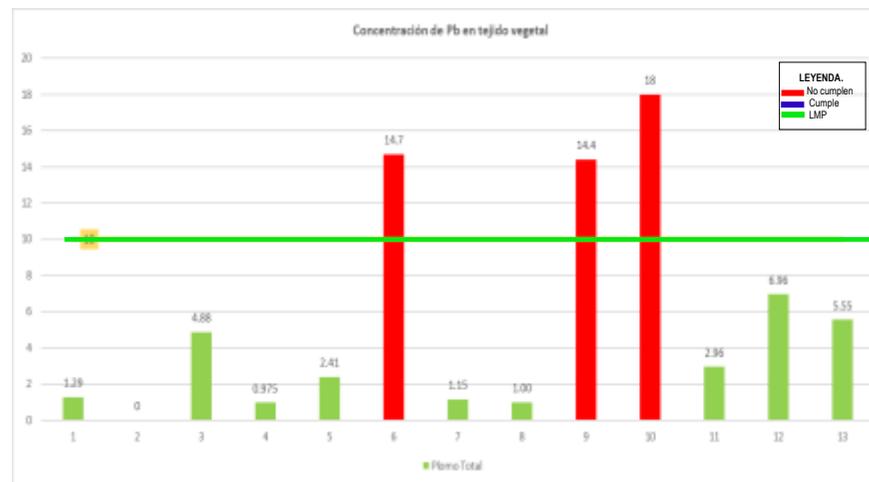
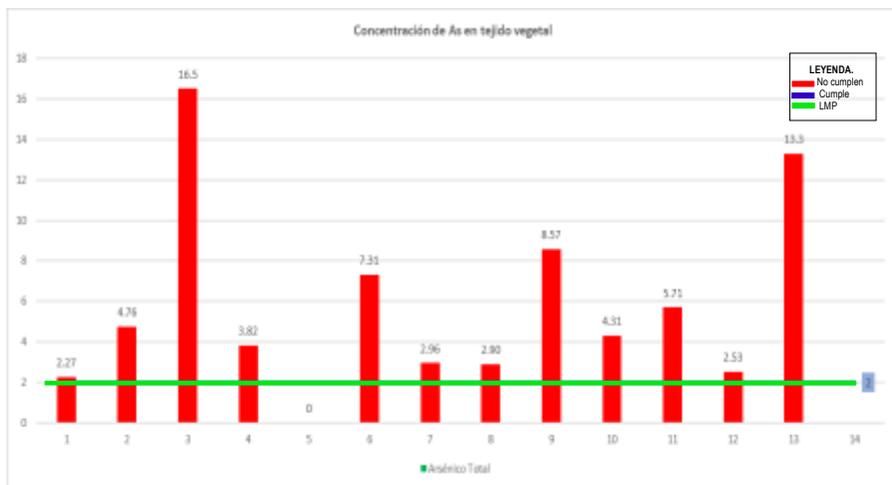
**FIGURA 53. HUALGAYOC: MUESTREO VEGETAL SEGUN UBICACIÓN DE PASTOS, 2017**



Las muestras para tejido vegetal fueron obtenidas de zonas de influencia a pasivos mineros en donde los pobladores realizan actividades de pastoreo, ganadería y realizan cultivos de pan llevar, papas, maíz, hortalizas y otras.

## Resultados de análisis de tejido vegetal 2017.

FIGURA 54. HUALGAYOC: ARSÉNICO EN TEJIDO VEGETAL, RESPECTO A LO NORMAL, 2017 FIGURA 55. HUALGAYOC: PLOMO EN TEJIDO VEGETAL, RESPECTO A LO NORMAL, 2017.



Interpretación: De los 14 puntos de monitoreo, para el arsénico sobre pasan en 12 puntos y para el plomo en 03 puntos, en consecuencia, no cumplen con los ECAS, para el Real Decreto 465/2003 (España).

**i. Análisis del coeficiente de correlación entre variables.**

**TABLA 24. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. FACTORES AMBIETALES, SEGÚN FACTOR AMBIENTAL, 2017**

Variables	Aguas superficiales	Suelo	Tejido vegetal	Agua para consumo humano
Personas expuestas a Met. Pesad.	Débil	Significativa moderada	Débil	Muy débil

En la tabla 24. La tabla nos indica que, existe una correlación desde débil a significativa moderada, entre los factores ambientales y la exposición a metales pesados.

**ii. Análisis de la Fuerza de relación entre variables.**

**a) Diagrama de dispersión de influencia de metales en el suelo y número de personas con presencia de metales pesados en el organismo - 2017.**

**• Microcuenca Arascorgue.**

**FIGURA 56. ARASCORGUE: PLOMO EN SUELO VS. PRESENCIA DE METALES, 2017**

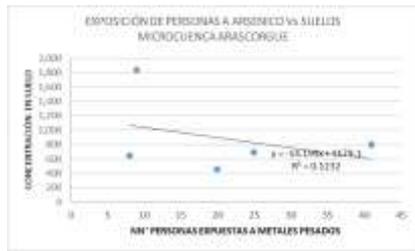


**FIGURA 57. ARASCORGUE: PLOMO EN SUELO VS. PRESENCIA DE METALES, 2017**

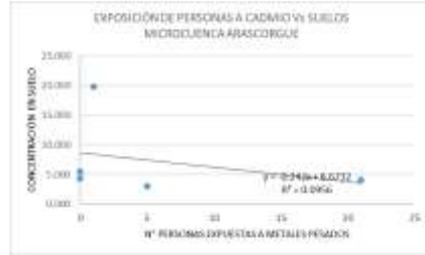


Las figuras 56 y 57, presenta la ecuación de regresión lineal, indican una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $157.38X+1065.5$  con  $R^2$  es 0.4824 para plomo y  $5738.5X+2985.5$  con  $R^2$ . Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indican que por cada unidad en mg/Kg de plomo y manganeso que toma la variable independiente por el aporte del suelo contaminando, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 157.38 mg/kg para plomo y de 5738.5 mg/kg para manganeso.

**FIGURA 58. ARASCORGUE: ARSÉNICO EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 59. ARASCORGUE: CADMIO EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



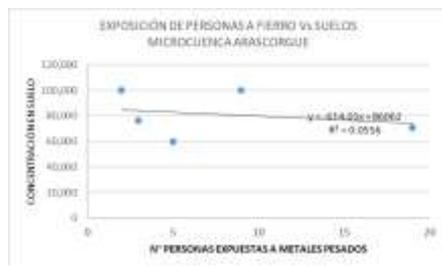
**FIGURA 60. ARASCORGUE: MERCURIO EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 61. ARASCORGUE: COBRE EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 62. ARASCORGUE: HIERRO EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 63. ARASCORGUE: ZINC EN SUELO VS PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 58 a 63, se tiene la ecuación de regresión lineal, nos indica una correlación negativa, donde la concentración del metal pesado para As, Cd, Hg, Cu, Fe y Zn en el organismo “Y” corresponde a  $0.14192X + 1179.1$  con índice  $R^2$  es 0.1231 para As,  $0.242X + 8.6732$  con índice  $R^2$  es 0.0956 para Cd,  $0.3565X + 2.8984$  con índice  $R^2$  0.3052 para Hg,  $23.383X + 445.69$  con índice  $R^2$  es 0.2432 para Cu,  $614.01X + 86062$  con índice  $R^2$  es 0.0556 para Fe y  $272.88X + 1642.7$  con índice  $R^2$  0.1497 para Zn, según los niveles de correlación estadística muestral que no hay correlación lineal. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indican que por cada unidad en

mg/Kg de As, Cd, Hg, Cu, Fe y Zn en el suelo, interfiere en la variable independiente, existe una tendencia a disminuir en la concentración de los metales pesados en el organismo en 0.14192 mg/Kg de As, 0.242 mg/Kg de Cd, 0.3565 mg/Kg de Hg, 23.383 mg/Kg de Cu, 614.01 mg/Kg de Fe y 272.88 de Zn.

- **Microcuenca Maygasbamba**

**FIGURA 64. MAYGASBAMBA: ARSÉNICO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**

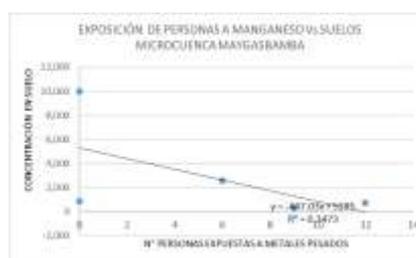


La figura 64, presenta la ecuación de regresión lineal, indican una correlación positiva, donde la concentración de metal del arsénico en el organismo “Y” corresponde a  $3.0167X + 1839.1$  con  $R^2$  es 0.0743. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular indica que por cada unidad en mg/Kg de arsénico que toma la variable independiente por el aporte del suelo contaminando, existe un incremento en la concentración del metaloide en el organismo de 3.0167 mg/kg para arsénico.

**FIGURA 65. MAYGASBAMBA: CADMIO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



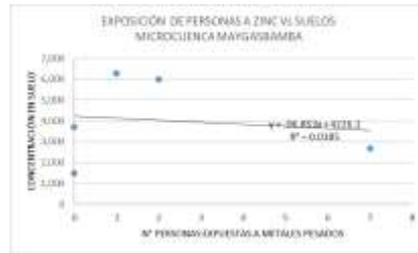
**FIGURA 66. MAYGASBAMBA: MANGANESO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 67. MAYGASBAMBA: COBRE EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 68. MAYGASBAMBA: COBRE EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 65 al 68, se tiene la ecuación de regresión lineal, nos indica una correlación negativa, donde la concentración del metal pesado para Cd, Mn, Cu y Zn en el organismo “Y” corresponde a  $24.389X+35.953$  con índice  $R^2$  es 0.3564 para Cd,  $447.03X+5295$  con índice  $R^2$  es 0.3473 para Mn,  $597.45X+3914$  con índice  $R^2$  0.4921 para Cu, y  $96.853X+4226.1$  con índice  $R^2$  es 0.0185 para Zn, según los niveles de correlación estadística muestral no hay correlación lineal. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indican que por cada unidad en mg/Kg de Cd, Mn, Cu y Zn en el suelo, interfiere en la variable independiente, existe una tendencia a disminuir en la concentración de los metales pesados en el organismo en 24.389 mg/Kg de Cd, 447.03 mg/Kg de Mn, 597.45 mg/Kg de Cu, 96.853 mg/Kg de Zn.

- **Microcuenca Perlamayo**

**FIGURA 69. PERLAMAYO: ARSÉNICO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 70. PERLAMAYO: COBRE EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



FIGURA 71. PERLAMAYO: ZINC EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



La figura 69 a 71, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $28.27X+117.18$  con  $R^2$  es 0.0479 para As,  $128.28X+1817.8$  con  $R^2$  es 0.0695 para Cu y  $228.43X+119.81$  con  $R^2$  0.3435 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de As, Cu y Zn que toma la variable independiente por el aporte del suelo contaminando, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 28.27 mg/kg para As, 128.28 mg/kg de Cu y de 228.43 mg/kg para Zn.

FIGURA 72. PERLAMAYO: CADMIO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



FIGURA 73. PERLAMAYO: MERCURIO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

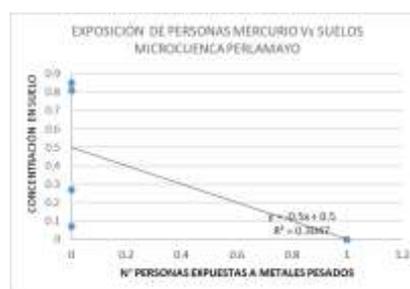


FIGURA 74. PERLAMAYO: MANGANESO EN SUELO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

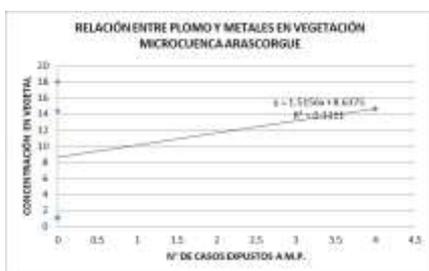


La figura 72 a 74, presenta la ecuación de regresión lineal, con una correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $2.9189X+3.1505$  con  $R^2$  es 0.1392 para Cd,  $0.5X+0.5$  con  $R^2$  es 0.3047 para Hg y  $579.75X+676.75$  con  $R^2$  es 0.0739 para Mn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Cd, Hg y Mn que toma la variable independiente por el aporte del suelo contaminando, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 2.9189 mg/kg para Cd, 0.5 mg/kg de Hg y de 579.75 mg/kg para Mn.

**b) Diagrama de dispersión de influencia de metales en tejido vegetal y número de personas con presencia de metales pesados en el organismo - 2017**

• **Microcuenca Arascorgue.**

**FIGURA 75. ARASCORGUE: PLOMO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 76. ARASCORGUE: ARSÉNICO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 77. ARASCORGUE: COBRE EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 75 al 77, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y”

corresponde a  $1.5156X+8.6375$  con  $R^2$  es 0.111 para Pb,  $0.1315X+2.5005$  con  $R^2$  es 0.4688 para As y  $1.1856X+4.4834$  con  $R^2$  es 0.3309 para Cu. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Pb, As y Cu, que toma la variable independiente por el aporte de la vegetación a la cadena trófica, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 1.5156 mg/kg para Pb, 0.1315 mg/kg de As y de 1.1856 mg/kg para Cu.

**FIGURA 78. ARASCORGUE: MANGANESO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**

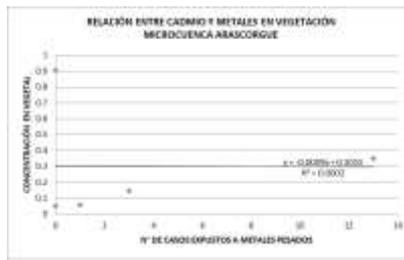


**FIGURA 79. ARASCORGUE: ZINC EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



La figura 78 y 79, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.3955X+0.4375$  con  $R^2$  es 0.1488 para Mn y  $7.9197X+41.518$  con  $R^2$  es 0.2821 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Mn y Zn que toma la variable independiente por el aporte de la vegetación a la cadena trófica, existe una tendencia a disminuir en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.3955 mg/kg para Mn y 7.9197 mg/kg de Zn.

FIGURA 80. ARASCORGUE: CADMIO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



En la figura 80, se tiene la ecuación de regresión lineal, donde la concentración del metal pesado del cadmio en el organismo “Y” corresponde a  $0.0009X+0.3055$ , además el índice de determinación  $R^2$  es 0.0002 según los niveles de correlación estadística muestral que no hay correlación lineal. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Cd que toma la variable independiente por el aporte de la vegetación a la cadena trófica, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0009 mg/Kg de plomo.

- **Microcuenca Magasbamba**

FIGURA 81. MAYGASBAMBA: ARSÉNICO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

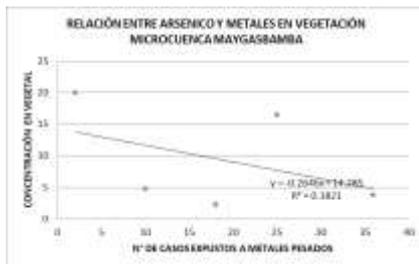
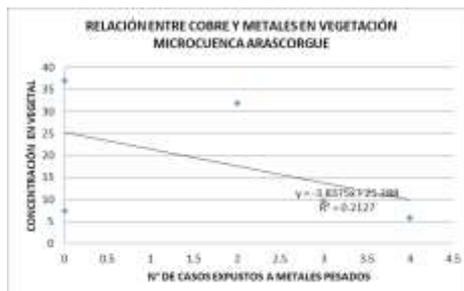


FIGURA 82. MAYGASBAMBA: CADMIO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



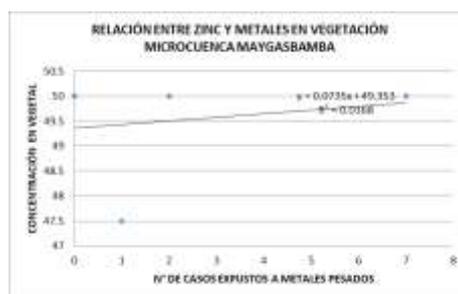
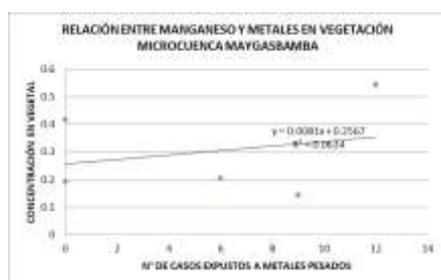
FIGURA 83. MAYGASBAMBA: COBRE EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



En las figuras 81 a 83, presenta la ecuación de regresión lineal, nos indica que existe una correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.2646X+14.285$  con  $R^2$  es 0.1821 para As,  $0.1446X+0.2313$  con  $R^2$  0.0877 para Cd y  $3.8375X+25.288$  con  $R^2$  es 0.2127 para Cu. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de AS, Cd y Cu que toma la variable independiente por el aporte de la vegetación a la cadena trófica, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.2646 mg/kg para Mn, 0.1446 mg/kg para Cd y 3.8375 mg/kg de Cu.

**FIGURA 84. MAYGASBAMBA: MANGANESO EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**

**FIGURA 85. MAYGASBAMBA: ZINC EN TEJIDO VEGETAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En la figura 84 y 85, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0081X+0.2567$  con  $R^2$  es 0.0634 para Mn y  $0.0735X+49.353$  con  $R^2$  es 0.0368 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Mn y Zn, que toma la variable independiente por el aporte de la vegetación a la cadena trófica, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0081mg/kg para Mn y de 0.0735 mg/kg para Zn.

c) Diagrama de dispersión de influencia de metales en aguas superficiales y número de personas con metales en el organismo 2017.

- Microcuenca Arascorgue.

FIGURA 86. ARASCORGUE: ARSÉNICO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

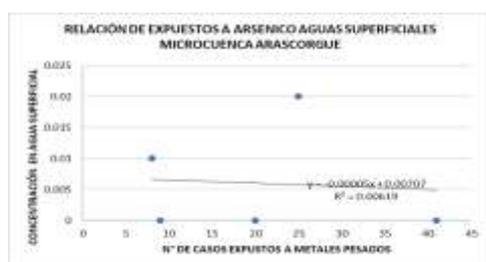


FIGURA 87. ARASCORGUE: PLOMO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



FIGURA 88. ARASCORGUE: CADMIO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



En las figuras 86 a 88, presenta la ecuación de regresión lineal, nos indica que existe una correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.00005X+0.00707$  con  $R^2$  es 0.00619 para As,  $0.0069X+0.0275$  con  $R^2$  es 0.1739 para Pb y  $0.0004X+0.0073$  con  $R^2$  es 0.1595 para Cd. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de As, Pb y Cd que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial, existe una tendencia a disminuir en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.00005 mg/kg para As, 0.0069 mg/kg para Pb 0.0004 mg/kg para Cd.

**FIGURA 89. ARASCORGUE: MANGANESO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 90. ARASCORGUE: ZINC EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 89 y 90, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.49X+3.1$  con  $R^2$  es 0.1249 para Mn y  $0.7909X+0.681$  con  $R^2$  es 0.681 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Mn y Zn, que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial contaminada, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.49 mg/kg para Mn y de 0.7909 mg/kg para Zn.

**FIGURA 91. ARASCORGUE: HIERRO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**

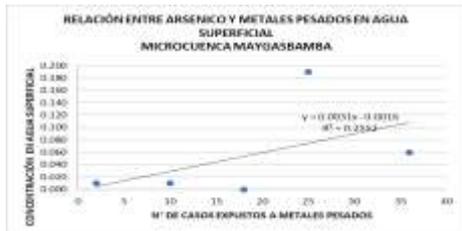


En la figura 91, se tiene la ecuación de regresión lineal, donde la concentración del metal pesado del hierro en el organismo “Y” corresponde a  $0.0044X+2.3203$ , además el índice de determinación  $R^2$  es 0.0001 según los niveles de correlación estadístico muestral que no hay correlación lineal. Sin embargo, el valor obtenido del coeficiente angular nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Fe que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial

contaminada, existe un ligero incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0044 mg/Kg de Fe.

- **Microcuenca Maygasbamba**

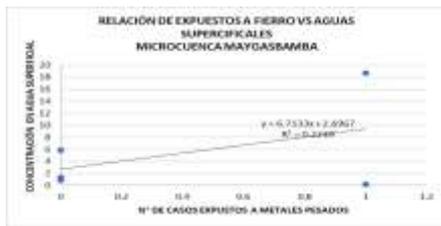
**FIGURA 92. MAYGASBAMBA: ARSÉNICO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 93. ARASCORGUE: COBRE EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 94. ARASCORGUE: HIERRO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 95. ARASCORGUE: ZINC EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**

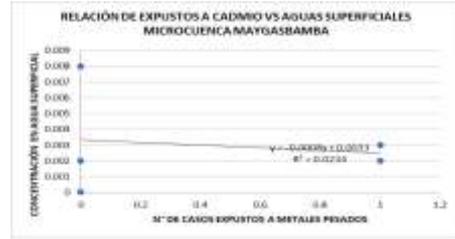


En las figuras 92 a 95, presenta la ecuación de regresión lineal, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0031X + 0.0016$  con  $R^2$  es 0.02552 para As,  $0.0216X + 0.2272$  con  $R^2$  es 0.0099 para Cu,  $6.7333X + 2.6967$  con  $R^2$  es 0.2249 para Fe y  $0.1885X + 0.1989$  con  $R^2$  es 0.72 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de As, Cu, Fe y Zn, que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial contaminada, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0031 mg/kg para As, 0.0216 mg/kg para Cu, 6.7333 mg/kg para Fe y 0.1885 mg/kg para Zn

**FIGURA 96. ARASCORGUE: MANGANESO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



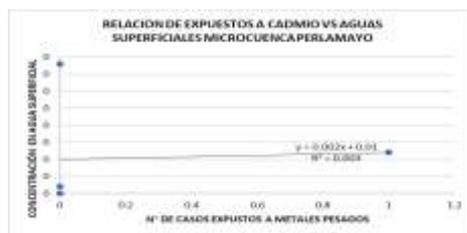
**FIGURA 97. ARASCORGUE: CADMIO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 96 y 97, presenta la ecuación de regresión lineal, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0086X+0.9553$  con  $R^2$  es 0.0022 para Mn y  $0.0008X+0.0033$  con  $R^2$  es 0.0234 para Cd. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de Mn y Cd que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial, existe una tendencia la concentración del metal pesado en el organismo de 0.00005 mg/kg para As, 0.0069 mg/kg para Pb y 0.0004 mg/kg para Cd.

- **Microcuenca Perlamayo**

**FIGURA 98. PERLAMAYO: CADMIO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



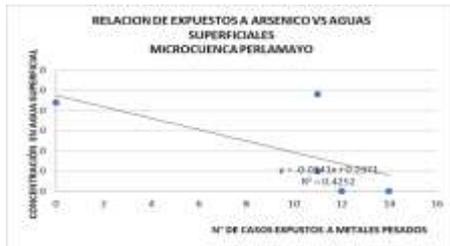
**FIGURA 99. PERLAMAYO: MANGANESO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 98 y 99, presenta la ecuación de regresión lineal, presentan una correlación positiva, existe una correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.002X+0.01$  con  $R^2$  es 0.003 para Cd, y  $5.255X+0.735$  con  $R^2$  es 0.8957 para Mn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg Cd y Mn,

que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial contaminada, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.002 mg/kg para Cd y 5.255 mg/kg para Mn.

**FIGURA 100. PERLAMAYO: ARSÉNICO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 101. PERLAMAYO: COBRE EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 102. PERLAMAYO: HIERRO EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 103. PERLAMAYO: ZINC EN AGUA SUPERFICIAL Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 100 a 103, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0141X+0.2971$  con  $R^2$  es 0.4252 para As,  $0.1928X+2.9663$  con  $R^2$  es 0.1261 para Cu,  $4.0513X+16.567$  con  $R^2$  es 0.0865 para Fe y  $0.4432X+3.0689$  con  $R^2$  es 0.1261 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/Kg de As, Cu, Fe y Zn, que toma la variable independiente por el aporte del agua superficial contaminada, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0141 mg/kg para As, 0.1928 mg/kg para Cu, 4.0513 mg/kg para Fe y 0.4432 mg/kg para Zn

d) Diagramas de dispersión de influencia de metales en agua para consumo humano y el número de personas con metales en el organismo 2017.

- Microcuencas Arascorgue.

FIGURA 104. ARASCORGUE: ARSÉNICO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

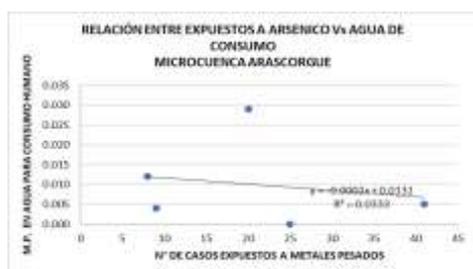


FIGURA 105. ARASCORGUE: CADMIO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

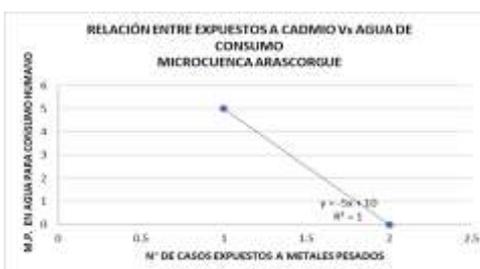
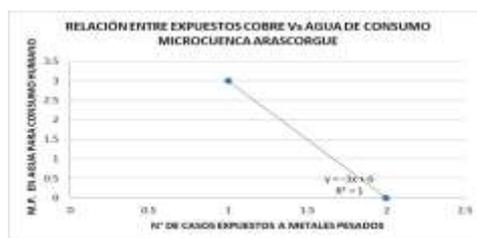


FIGURA 106. ARASCORGUE: COBRE EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



En las figuras 104 a 106, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0002X+0.0132$  con  $R^2$  es 0.0333 para As,  $5X+10$  con  $R^2$  es 1 para Cd y  $3X+6$  con  $R^2$  es 1 para Cu. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/l de As, Cd y Cu, que toma la variable independiente por el aporte del agua para consumo humano contaminada, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0002 mg/l para As, 1 mg/l para Cd y 3 mg/l para Cu.

FIGURA 107. ARASCORGUE: MANGANESO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



FIGURA 108. ARASCORGUE: HIERRO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017

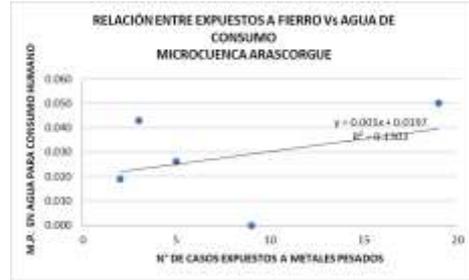


FIGURA 109. ARASCORGUE: PLOMO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017.



En las figuras 107 a 109, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación positiva, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.0018X+0.0013$  con  $R^2$  es 0.1156 para Mn,  $0.001X+0.0197$  con  $R^2$  es 0.1303 para Fe y  $0.0015X+0.007$  con  $R^2$  es 0.2424 para Pb. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/l de Mn, Fe y Pb, que toma la variable independiente por el aporte del agua para consumo humano contaminada, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0018 mg/l para Mn, 0.001 mg/l para Fe y 0.0015 mg/l para Pb.

- **Microcuencas Maygasbamba.**

**FIGURA 110. MAYGASBAMBA: ARSÉNICO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



**FIGURA 111. MAYGASBAMBA: ZINC EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 110 y 111, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metales en el organismo “Y” corresponde a  $0.00002X+0.0046$  con  $R^2$  es 0.0025 para As y  $0.002X+0.0176$  con  $R^2$  es 0.0368 para Zn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/l de As y Zn, que toma la variable independiente por el aporte del agua para consumo humano contaminada, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.00002 mg/l para As y 0.002 mg/l para Zn.

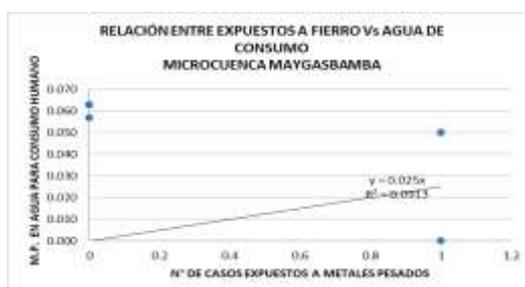
**FIGURA 112. MAYGASBAMBA: MANGANESO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017**



En las figuras 112, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metal de manganeso en el organismo “Y” corresponde a  $0.0018X+0.0252$  con  $R^2$  es 0.5572 para Mn. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/l de

manganeso, que toma la variable independiente por el aporte del agua para consumo humano contaminada, existe una tendencia a disminuir la concentración del metal pesado en el organismo de 0.0018 mg/l para Mn.

FIGURA 113. MAYGASBAMBA: HIERRO EN AGUA PARA CONSUMO Vs PRESENCIA DE METALES, 2017



En las figuras 113, presenta la ecuación de regresión lineal, presenta correlación negativa, la concentración de metal de manganeso en el organismo “Y” corresponde a  $0.025X$  con  $R^2$  es 0.0913 para Fe. Sin embargo, los valores obtenidos de los coeficientes angulares nos indica que por cada unidad en mg/l de Fe, que toma la variable independiente por el aporte del agua para consumo humano contaminada, existe un incremento en la concentración del metal pesado en el organismo de 0.025 mg/l de Fe.

### iii. Tabla resumen del análisis de la fuerza de relación entre variables

#### Tablas de Valores $r^2$ .

TABLA 25. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. METALES EN SUELO SEGÚN MICROCUENCA, 2017

Variabes	Microcuencia	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
	S° micro. Arascorgue	0.482	0.605	0.123	0.096	0.305	0.243	0.056	0.149
Personas con Met. Pesad.	S° micro. Maygasbamba	-	0.347	0.074	0.356	-	0.492	-	0.019
	S° micro. Perlamayo	-	0.074	0.048	0.139	0.305	0.069	-	0.344

**TABLA 26. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. METALES EN TEJIDO VEGETAL SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
	Tej. Vegetal microc. Arascorgue	0.111	0.149	0.469	0.0002	-	0.331	-	0.282
Personas con Met. Pesad.	Tej. Vegetal microc Maygasbamba	-	0.063	0.182	0.088	-	0.213	-	0.037
	Tej. Vegetal microc Perlamayo	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA 27. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. METALES EN AGUA SUPERFICIAL SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
	Agua superf. Microc. Arascorgue	0.174	0.125	0.006	0.159	0.194	0.125	0.0001	0.68
Personas con Met. Pesad.	Agua superf. Microc. Maygasbamba	-	0.002	0.255	0.023	-	0.009	0.225	0.72
	Agua superf. Microc. Perlamayo	-	0.896	0.425	0.003	-	0.012	0.087	0.13

**TABLA 28. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. METALES EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
	Agua consumo. Microc. Arascorgue	0.242	0.116	0.033	1	-	1	0.130	
Personas con Met. Pesad.	Agua consumo. Microc. Maygasbamba	-	0.557	0.003	-	-	-	0.03	0.37
	Agua consumo. Microc. Perlamayo	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA 29. FUERZA DE RELACIÓN: EXPOSICION A METALES Vs. UBICACIÓN DE VIVIENDAS, 2017**

Variables	Factores de riesgo de viviendas a pasivos mineros
Personas con Met. Pesad.	Muy Débil

## Tablas de Valores r – Fuerza de relación.

**TABLA 30. VALOR “r”: PERSONAS Vs METALES EN SUELOS SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
Personas con Met. Pesad.	Arascorgue	0.69	0.77	0.35	0.31	0.55	0.49	0.23	0.39
	Fuerza de relación	Débil	Significativa moderada	Nula	Muy débil	Muy débil	Débil	Muy débil	Muy débil
	Maygasbamba	-	0.59	0.27	0.59	-	0.70	-	0.14
	Fuerza de relación		Débil	Muy débil	Débil		Significativa moderada		Nula
	Perlamayo	-	0.27	0.22	0.37	0.55	0.26	-	0.59
	Fuerza de relación		Muy débil	Muy débil	Muy débil	Débil	Muy débil		Débil

**TABLA 31. Valor “r”: PERSONAS Vs METALES EN TEJIDO VEGETAL SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
Personas con Met. Pesad.	Arascorgue	0.33	0.39	0.68	0.014	-	0.58	-	0.53
	Fuerza de relación	Muy débil	Muy débil	Débil	nula		Débil		Débil
	Maygasbamba	-	0.25	0.43	0.29	-	0.46	-	0.19
	Fuerza de relación		Muy débil	Muy débil	Muy débil		Muy débil		Nula
	Perlamayo	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA 32. VALOR “r”: PERSONAS Vs METALES EN AGUA SUPERFICIAL SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
Personas con Met. Pesad.	Arascorgue	0.38	0.35	0.077	0.39	0.44	0.35	0.031	0.82
	Fuerza de relación	Muy débil	Muy débil	Nula	Muy débil	Muy débil	Muy débil	Muy débil	Significativa moderada
	Maygasbamba	-	0.044	0.50	0.15	-	0.09	0.47	0.85
	Fuerza de relación	-	nula	Débil	Nula	-	Nula	Débil	Fuerte
	Perlamayo		0.94	0.651	0.054	-	0.11	0.30	0.36
	Fuerza de relación	-	Fuerte	Débil	Nula	-	Nula	Muy débil	Muy débil

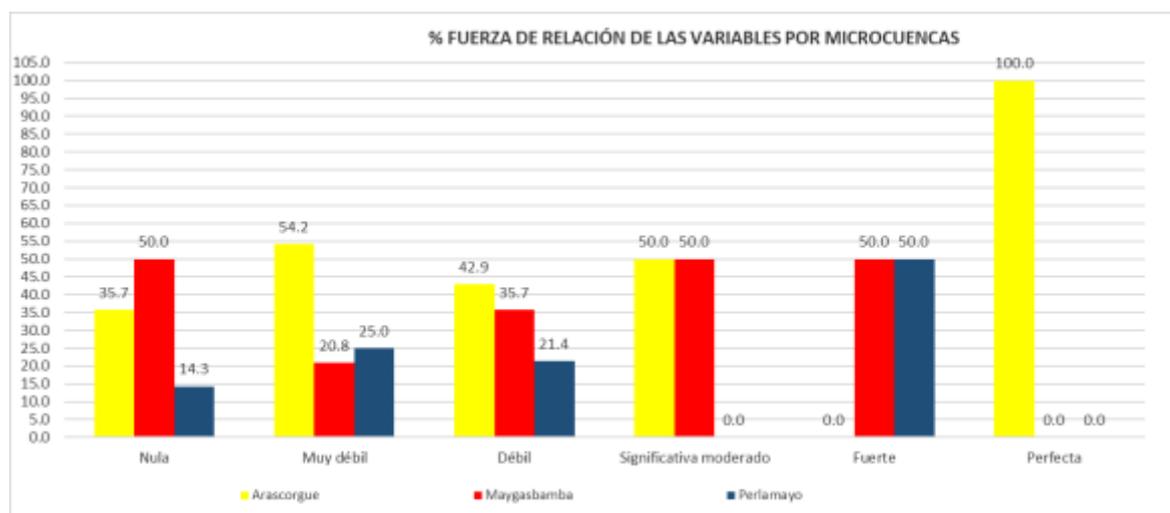
**Tabla 33. VALOR “r”: PERSONAS Vs METALES EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Pb	Mn	As	Cd	Hg	Cu	Fe	Zn
Personas con Met. Pesad.	Arascorgue	0.48	0.116	0.18	1	-	1	0.36	-
	Fuerza de relación	Débil	Nula	Nula	Perfecta		Perfecta	Muy débil	-
	Maygasbamba	-	0.74	0.055	-	-	-	0.17	0.60
Pesad.	Fuerza de relación		Significativa moderada	nula				Nula	Débil
	Perlamayo	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla 34. FUERZA DE RELACIÓN: RESUMEN DE VARIABLES AMBIENTALES, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Variables	Microcuenca	Nula	Muy débil	Débil	Significativa moderado	Fuerte	Perfecta
Personas con Met. Pesad..	Arascorgue	5	13	6	2	0	2
	Maygasbamba	7	5	5	2	1	0
	Perlamayo	2	6	3	0	1	0
<b>TOTAL</b>		14	24	14	4	2	2

**FIGURA N° 114. FUERZA DE RELACIÓN: RESUMEN DE VARIABLES AMBIENTALES, SEGÚN MICROCUENCA, 2017.**



Interpretación: En la figura 114, se presenta el resumen de la fuerza de relación entre variables ambientales y personas con metales pesados en el organismo, en consecuencia, las tres microcuencas presentan en mayor frecuencia una fuerza de relación débil y muy débil.

**c. Obj. Específico - Determinar la relación de los factores socioambientales sobre la concentración de metales pesados en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.**

Las 372 muestras fueron tomadas en los establecimientos de salud del ámbito de las 03 microcuencas. Estos establecimientos de salud fueron seleccionados por representantes de MINSA-CENSOPAS, los cuales tenían que cumplir requisitos tales como: accesibilidad (traslado de muestras a Lima), condiciones técnico sanitarias, equipos como cadena de frío y otros.

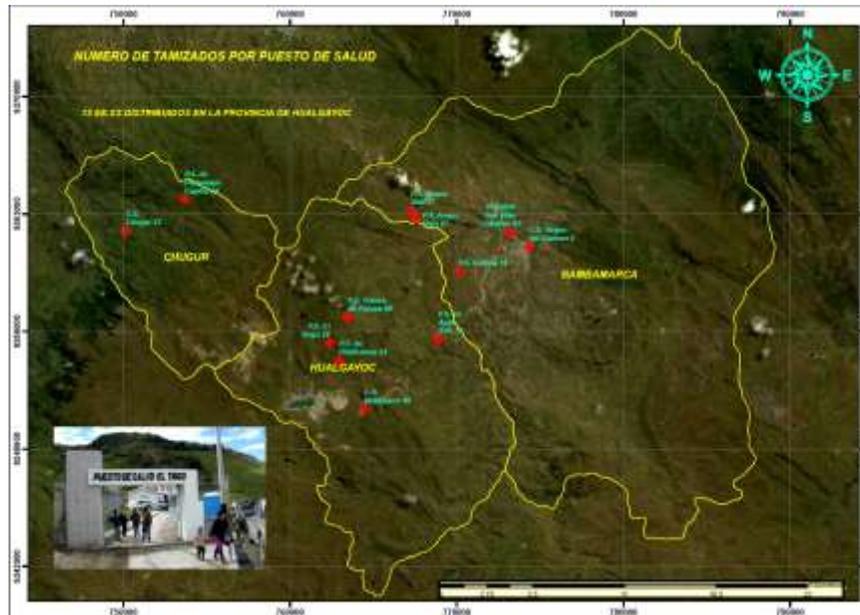
**TABLA 35. HUALGAYOC: ESTABLECIMIENTOS DE SALUD GEOREFERENCIADOS, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**

Nº	COORDENADAS GEOGRAFICAS		MICROCUENCA	PUESTO DE SALUD	DISTRITO	PROVINCIA
	E	S				
1	750135.00	9262003.00	Perlamayo	C.S. Chugur	Chugur	Hualgayoc
2	753674.82	9263878.73		P.S. de Perlamayo Capilla		
3	764449.00	9251381.00	Arascorgue	C.S. Hualgayoc	Hualgayoc	
4	768896.5	9255528.95		P.S. de Apan Alto		
5	762935.75	9254275.28		P.S. de Pilacones		
6	762375.04	9255324.17		P.S. El Tingo		
7	763470.53	9256855.4		P.S. Tranca de Pújupe		
8	774343.00	9261035.00	C.S. Virgen del Carmen	Bambamarca		
9	767248.46	9263197.09	P.S. Auque Alto			
10	770117.39	9259602.25	P.S. Cumbe			

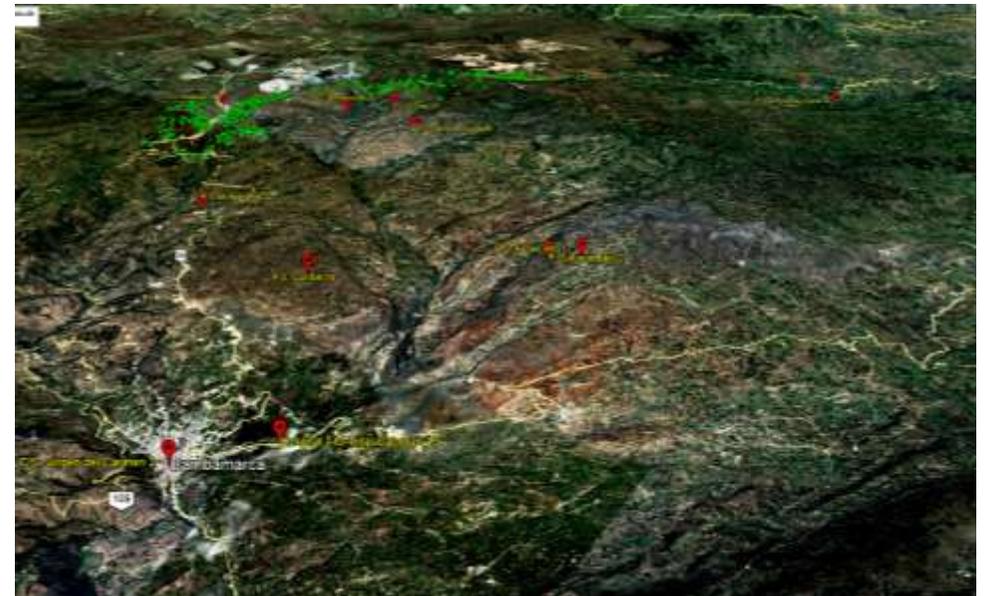
Fuente: DIRESA/DESA 2017.

**c.1. Ubicación geográfica de los establecimientos de salud.**

**FIGURA 115. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE EE. SS, SEGÚN DISTRITO, 2017**



**FIGURA 116. HUALGAYOC: UBICACIÓN DE LOS EE. SS, SEGÚN MICROCUENCA, 2017**



Establecimientos de salud de la unidad ejecutora de Bambamarca de la DIRESA Cajamarca, se encuentran ubicados dentro de la zona de ámbito de los pasivos mineros

c.2. Metales pesados y metaloides más frecuentes con valores superiores a los parámetros normales en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.

c.1. Ubicación de viviendas de personas tamizadas.

FIGURA 117. HUALGAYOC: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE VIVIENDAS, SEGÚN LOS PASIVOS MINEROS, 2017

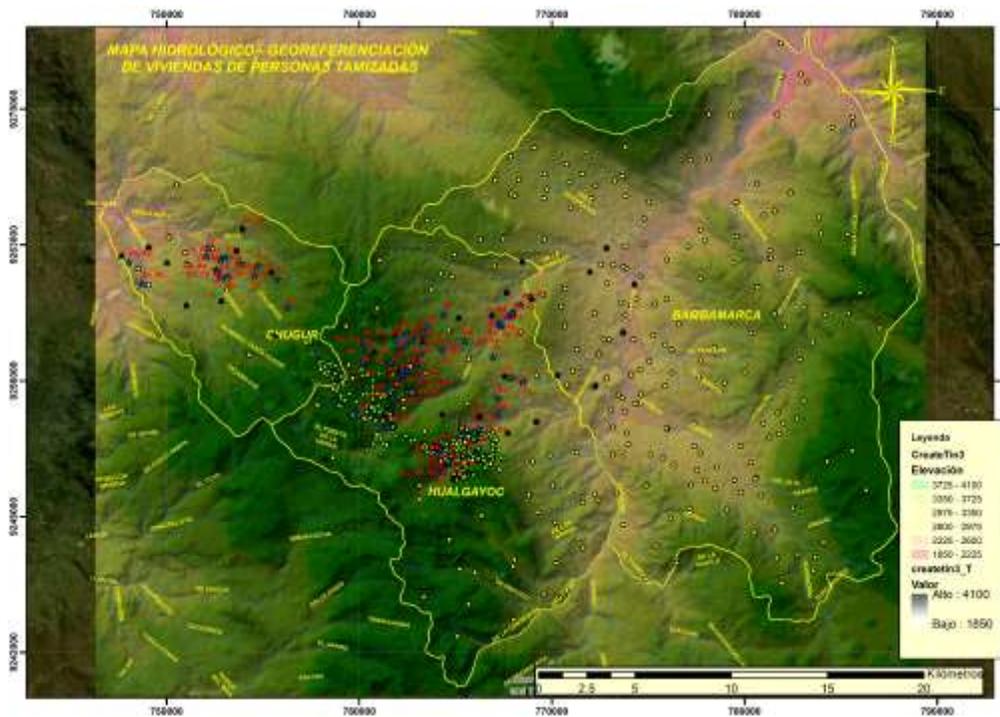


FIGURA 118. HUALGAYOC: UBICACION GEOGRÁFICA DE VIVIENDAS, SEGÚN DRENAJE HIDROLÓGICO, 2017

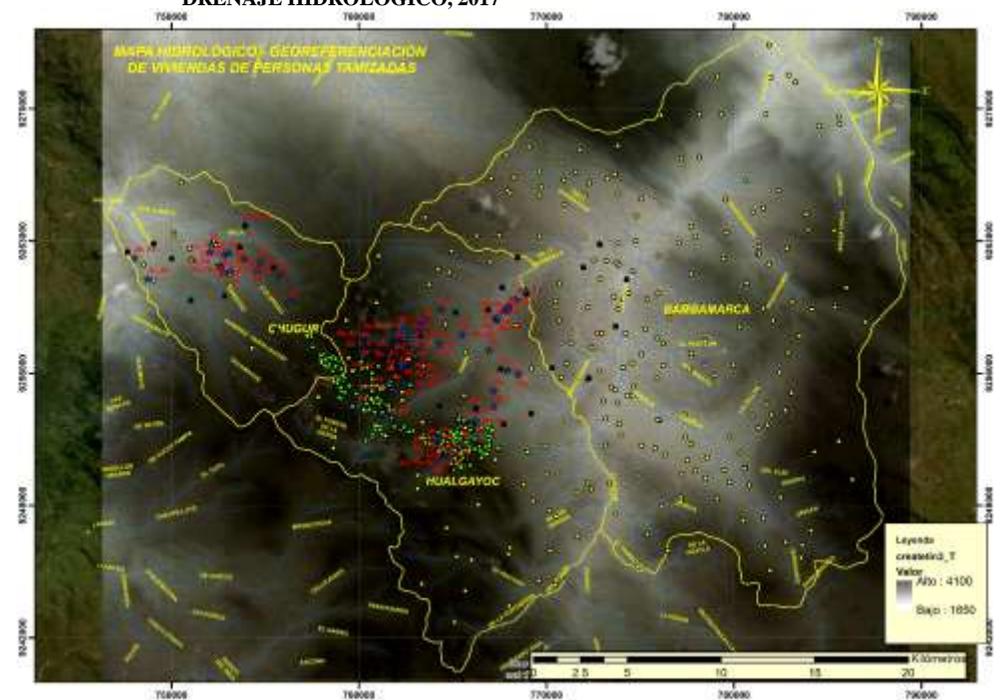
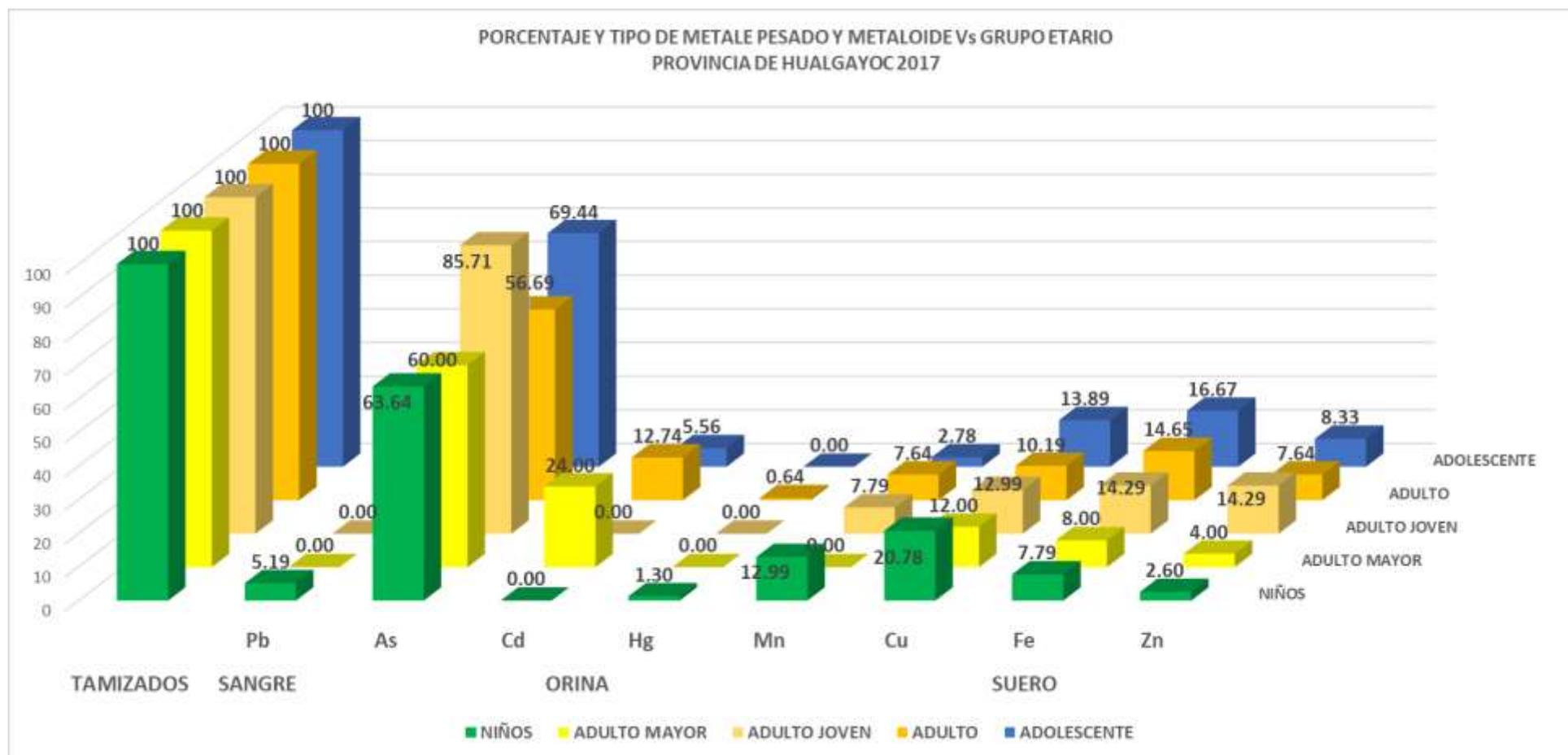


FIGURA 119. HUALGAYOC: TIPO DE METAL PESADO, SEGÚN GRUPO ETARIO, 2017.



Fuente: Informe técnico N° 01-2017-CENSOPAS/INS

Interpretación: Del 100% de personas tamizadas, el 72.8% superan los LMPs de acuerdo a las normas técnicas sanitarias del MINSA, el porcentaje de personas referente a metales pesados se da de la siguiente manera:

- ✓ De 77 niños tamizados, el 70.1% con presencia de metales:
  - en sangre: plomo 5.19%,
  - en orina: arsénico 63.64%, mercurio 1.30%, manganeso 12.99%.
  - en suero: cobre 20.78%, fierro 7.79% y zinc 2.60%.
- ✓ De 36 adolescentes tamizados, el 83.3% con presencia de metales:
  - en orina: arsénico 69.44%, cadmio 5.56%, manganeso 2.78%.
  - en suero: cobre 13.89%, fierro 16.67% y zinc 8.33%.
- ✓ De 77 adultos jóvenes tamizados, el 83.1% con presencia de metales:
  - en orina: arsénico 85.71%, manganeso 7.79%.
  - en suero: fierro y zinc 14.29%, cobre 12.99%.
- ✓ De 157 adultos tamizados, el 66.9% con presencia de metales:
  - en orina: arsénico 56.69%, cadmio 12.74%, manganeso 7.64%, mercurio 0.64%.
  - en suero: fierro 14.65%, cobre 7.64%, y zinc 7.64%.
- ✓ De 25 adultos mayores tamizados, el 72.0% con presencia de metales:
  - en orina: arsénico 60%, cadmio 24%.
  - en suero: cobre 12%, fierro 8% y zinc 4%.

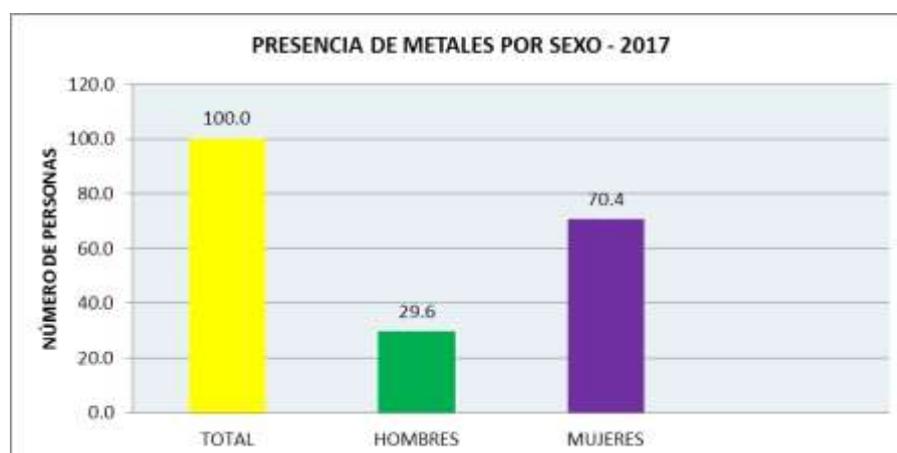
Por lo tanto, el arsénico es el que se encuentra en mayor porcentaje para las 05 clasificaciones de los grupos etarios.

**FIGURA 119. HUALGAYOC: PERSONAS TAMIZADAS, SEGÚN SEXO, 2017**



Interpretación. Del 100% (372 personas) de personas tamizadas, el 30.1% corresponde a hombres y el 69.9% a mujeres.

**FIGURA 120. HUALGAYOC: PORCENTAJE DE PERSONAS CON METALES PESADOS, SEGUN SEXO, 2017**



De los 271 casos positivos para metales, el 70.4% corresponde a mujeres y el 29.6% a hombres, existen personas que presentan desde uno a cinco especies de metales en su organismo, el 34.1% cuenta con dos especies de metales, 9.3% con tres especies de metales, 1.9% con cuatro especies de metales y 0.4% con cinco especies de metales.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos específicos propuestos se tiene los siguientes resultados de los factores sociales:

- a. En la figura 3, se aprecia que, las personas tamizadas presentan un 26.3% primaria incompleta, seguido de un 20.2% secundaria incompleta y sin instrucción un 11.8%. En la figura 4, para ocupación, los mayores porcentajes corresponde a ama de casa un 27.2% y a estudiantes un 26.1% seguido de ganadería y agricultura 10.8%, en la figura 5, para ocupación del jefe del hogar, los mayores porcentajes corresponde a agricultura con 46.5%, ganadería-agricultura 28.5% y empresa minera 17.2% y en la figura 6, hábitos de higiene, indica que realizan el lavado de manos antes de comer, cocinar y después de trabajar teniendo un promedio de 61.8%.

La educación implica impulsar las destrezas y las estructuras cognitivas y la percepción del mundo-realidad, para que se conviertan de información significativa, así como, en valores y costumbres. La educación contribuye a una conciencia crítica e integral de nuestra situación en el planeta y comprender la relación entre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos del ambiente, así como su evolución y su modificación en el tiempo (63). La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, se incorporan a ríos, vegetales, animales y alimentos, alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad. (5). Las personas se hallan expuestas a metales pesados presentes en el ambiente en general o en el ambiente de trabajo, y que pueden ingresar al organismo humano por tres vías de entrada principales: vía respiratoria, vía digestiva y por la piel, también llamada percutánea. (9), Además, Existen dificultades e incertidumbres para identificar con exactitud la relación causal entre

medio ambiente y salud. Un ambiente social desfavorable, una dieta inadecuada, la exposición a riesgos laborales, la adopción de hábitos no saludables y también hay que señalar la relación entre las condiciones sociales, la pobreza, el desempleo y las desigualdades sociales con la salud humana son la causa para la exposición a metales pesados y el ingreso al organismo. (62)

- b. En la figura 7, 8, 9 y 10, la ubicación geográfica de viviendas respecto a los pasivos mineros, el mayor porcentaje corresponde al 99,3% que se encuentran dentro de la zona de influencia de los pasivos mineros y en cercanías a vertimientos-lixiviados, relaves, y a la vez la población utiliza productos químicos en sus cultivos sin tener en cuenta el manejo adecuado.

Los metales pesados se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. El riesgo para la salud de la población es más preocupante en las áreas periurbanas en las partes medias de las cuencas, donde la contaminación del agua es especialmente preocupante. Algunos pobladores del sector pobre de estas zonas toman agua de los ríos o canales de riego, que son abastecidos con agua de los ríos. El vertimiento de relaves mineros es la forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros (25). La severidad y el daño dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona, y ruta por la cual ese metal sea absorbido y excretado, se incluyen factores y estresores ambientales como son el país o área en que se viva, tipo de vivienda y nivel socio-económico. La neurotoxicidad de los metales pesados muchas veces pasa desapercibida, pues en ocasiones no se hace visible hasta pasados muchos años, y puede confundirse o malinterpretarse con algún desorden neurodegenerativo relacionado con la edad. (48).

En relación de la ubicación geográfica de las viviendas de las personas con presencia de metales en su organismo corresponde al 72.8% (figura 118), los metales pesados constituyen un riesgo para la salud pública, especialmente en países en vías de desarrollo (48) y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados, son las concentraciones en las que pueden presentarse. (5 y 12), por lo tanto, los factores de riesgo son: ambiental, natural o antropogénica, riesgo en el hogar, poblacional y ocupacional, siendo, los factores de riesgo en el hogar- uso de productos químicos sin registro sanitario, consumo de productos alimenticios sean de origen vegetal animal procedente de zonas contaminadas con metales pesados y metaloides, viviendas con piso de tierra, ingreso al hogar con indumentaria de trabajadores expuestos a actividades de riesgo a metales pesados y metaloides, y otros. (58)

- c. En la tabla 12, se acepta H1 “Si existen relación entre los factores sociales y ambientales con la concentración de metales pesados en la población expuesta de la Provincia de Hualgayoc 2017”. Estos resultados permiten inferir que la exposición a la presencia de metales pesados en el agua de consumo humano, ríos (aguas superficiales) suelo y tejido vegetal, influyen su presencia en el organismo de las personas expuestas de las localidades de donde se realizaron los tamizajes las cuales fueron comparados con las normas D.S. 031-2010-S.A, D.S. 004-2017-MINAM, para suelos comparados con el D.S. N°011-2017-MINAM. - Uso agrícola y en vegetación fueron comparados con el Real Decreto 465/2003 (España) y las Resoluciones Ministeriales N° 511, 389 y 757-2013/Ministerio de Salud (Normas Técnicas a Exposición a metales pesados).

El problema de los metales aparece cuando la concentración aumenta, ya que pueden volverse muy tóxicos y causar estrés oxidativo especialmente los metales de

transición. (12), el tiempo de exposición se clasifican de acuerdo a la magnitud del período de exposición. (15), la biomagnificación (o bioconcentración) puede conducir a niveles peligrosos de sustancias tóxicas en el alimento que comemos (23), la exposición a metales pesados (Cd, Pb, Hg, As) y sus efectos en la salud y ambiente se da por vía natural y antropogénica, se movilizan a través del agua, suelo y aire. (10), en un estudio realizado en Manizales- Colombia 2017 encontraron una asociación estadísticamente significativa entre los factores sociales de la salud y metales pesados. (54).

- d. En el análisis del coeficiente de correlación, tabla 13, indica que existe una correlación de muy débil a perfecta de los factores sociales respecto a la presencia de metales pesados en el organismo, ya que la suma de estos factores puede agravar la exposición a contaminantes ambientales.

Estudios realizados en la provincia cuzqueña que coexiste con la minería desde la década del 80 del siglo pasado, muestran que cientos de hombres, mujeres y niños viven con metales pesados en sus cuerpos: viviendas, pastos y fuentes de agua que se ubican al pie de los depósitos de desechos mineros de la antigua mina Tintaya, reciben los impactos y se han venido acumulando durante décadas. El peligro que trae la presencia de estos metales no solo reside en su grado de concentración (toxicidad aguda) sino también en el tiempo de exposición, así sea en concentraciones bajas (toxicidad crónica). Esto quiere decir que no solo resulta preocupante que esos elementos superen los estándares de calidad ambiental, sino también que su presencia, ya sea en pocas cantidades, se prolongue en el tiempo. (4) y un estudio en factores sociales de la salud y la calidad de vida en población adulta de Manizales - Colombia en 2017, se encontró asociación estadísticamente

significativa ( $p < 0,05$ ) entre los factores sociales de la salud estructurales: género con la salud física, edad con la salud física y psicológica frente a la problemática de metales pesados. (54)

e. En el análisis de la Fuerza de relación presentado en las tablas 17 a 19 indican que, existe una relación muy débil entre la ocupación laboral, grado de instrucción (débil y muy débil) y hábitos de higiene y ubicación geográfica de las viviendas. Investigaciones indican que, la contaminación por plomo se da por vía oral, se genera por el mal empleo de las reglas de higiene personal cuando se trabaja cerca del plomo, lo que ocasiona que se introduzca un gran porcentaje de este metal por ingesta y pueda viajar por el tracto gastrointestinal. (6), realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son solo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman. (5) y el problema de los metales aparece cuando la concentración aumenta, ya que pueden volverse muy tóxicos y causar estrés oxidativo, especialmente los metales y metaloides Pb, Cd, Hg, As, Ba, Sr, Tl, B, Al, Li, Be, Rb son tóxicos a cualquier concentración, ya que pueden reemplazar a otros metales en enzimas interrumpiendo la función de estas moléculas. (12)

f. Análisis odds en la Tabla 21, 22 y 23, ocupación principal, del jefe del hogar y hábitos de higiene, en relación con metales pesados y metaloides presenta un rango de INSIGNIFICANTE a GRANDE, por lo cual, la interacción de todos los factores pueden agravar la salud de los pobladores expuestos a metales pesados

El peligro que trae la presencia de estos metales no solo reside en su grado de concentración (toxicidad aguda) sino también en el tiempo de exposición, así sea en

concentraciones bajas (toxicidad crónica) (4), los metales pesados pueden entrar en el cuerpo humano a través de los alimentos, el agua, el aire, o absorción por la piel (14 y 40). Los ancianos y los niños son más susceptibles a la exposición de metales pesados. Actualmente se sabe que las personas con deficiencia en hierro, calcio, zinc, selenio y vitaminas (estado nutricional) son vulnerables a la absorción y acción de esos metales: cadmio, aluminio, fierro, cobre y otros. (4), los factores de riesgo a metales, son condiciones de exposición o intoxicación, con la capacidad de causar daño. (58), otros autores indican que, la exposición es el contacto de una población o individuo con un agente químico durante un período especificado: exposición crónica, subcrónicas y agudas (15). Los metales disueltos son más preferentes a ser tomados por las plantas e ingestados por los animales, siendo una amenaza biológica. Primero, son tomados por las plantas que crecen en el suelo, segundo, los contaminantes del suelo son llevados por la lluvia a los cuerpos de agua y tercero, del suelo sea suficientemente volátil que pase a la atmósfera. (22). En los países desarrollados la fuente de contaminación del suelo se asocia principalmente a: Actividades agrícolas, Actividades industriales y Eliminación de residuos (23); Además a través de las actividades preventivo-promocionales como: Higiene corporal, lavado de manos y cara, baño diario, higiene de la vivienda, limpieza en húmedo, mantener ventanas cerradas y evitar el ingreso de polvo contaminado, lavar juguetes y chupetes de los niños y niñas, contribuye a reducir la exposición a metales pesados y metaloides.(07, 09, 10).

De acuerdo a los objetivos específicos propuestos se tiene los siguientes resultados de los factores ambientales:

g. En la Tabla 13. Se determinó que existe una fuerza de relación desde débil a perfecta entre los factores sociales y la presencia de metales en el organismo, por lo cual, están asociados para la exposición a metales pesados el tipo de ocupación, hábitos de higiene que se desarrollan en casa, nivel de educación para tratar de disminuir la exposición a metales y ubicación de las viviendas, ya que estas en su mayoría se encuentran dentro de las zonas de influencia de los pasivos mineros.

Los metales pesados resultan ser elementos químicos tóxicos para la salud, estos pueden entrar en el cuerpo humano a través de los alimentos, el agua, el aire, o absorción por la piel (14 y 40), las causales son responsables de su incorporación en los alimentos, sistemas hídricos, ya sea por uso de aguas contaminadas para riego de cultivos o por los procesos que tienen lugar en la cadena alimenticia. (42), el vertimiento de relaves mineros es la forma de contaminación a las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros. (25)

h. Se identificó una distribución de los pasivos mineros figura 20, 21 y 22, en las partes alta de las 03 microcuencas, correspondiendo a la microcuenca Maygasbamba y Arascorgue, los que tiene mayor número de pasivos mineros y minería activa asentados entre las zonas de cultivos, viviendas, nacientes de agua que a la vez que aportan a agua a ríos para regar cultivos y utilizados para bebida de animales. Estos pasivos mineros se encuentran distribuidos en las partes altas y medias de las microcuencas, se caracterizan por presentar: bocaminas, chatarra, relaves, tajos y otros.

Las operaciones mineras tienen efectos negativos bien conocidos sobre la calidad del agua, así como la flora y fauna, reduciendo la biodiversidad y perjudicando los usos benéficos del agua superficial y subterráneo. Por lo tanto, un rápido aumento de los

contaminantes puede poner en peligro la salud física de las poblaciones humanas. Los drenajes ácidos de antiguas explotaciones de minerales, como los que ocurren a lo largo de la cuenca del río Santa, son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo y constituyen un riesgo para la salud humana (3). La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica. (5). En tal sentido, algunos investigadores indican que a bajas dosis y tiempo prolongado de exposición pueden condicionar un nivel significativo de concentración de metales pesados en el organismo. (7 y 9), en Bangladesh, en el que analizaron distintas muestras de suelo de terrenos cercanos a industrias, constato elevadas concentraciones de metales pesados como Pb, Cd, Mg, Ni, Cu y Zn. Así mismo, dichos metales estaban presentes en altas concentraciones en muestras de vegetación. (59)

- i. La ubicación de puntos de monitoreo de las aguas superficiales, se encuentran ubicados en las partes altas de las microcuencas, en las nacientes de pequeños afluentes, que proporcionan agua a los diferentes ríos ubicados en las partes medias y bajas de las 03 microcuencas en la figura 23 a 26, se identifica estos puntos de monitoreo, según los resultados de los monitoreos el aluminio, cobre, arsénico, mercurio, manganeso, manganeso, fierro, plomo, cadmio y zinc, existe la presencia de metales pesados que NO CUMPLE con el D.S. 004-207-MINAM.

La velocidad a la cual ocurren varios de los procesos químicos en el agua depende sobre todo de la temperatura del agua. Generalmente, una menor cantidad de oxígeno combinado con el metal y la mayor acidez del agua hace más soluble al metal. (22) y

La contaminación acuática por metales pesados proviene del desgaste geológico, actividad minera, uso de metales, procesos industriales y la lixiviación de metales pesados (41).

En las figuras 24 y 26 indican, los flujos de orientación de las aguas a partir de las nacientes, las cuales, son aportantes para los ríos principales, dirigiéndose estos a cuerpos hídricos más caudalosos, donde se ubican centros poblados - partes bajas de las cuencas. Por lo tanto, los factores de riesgo ambiental – referido a la identificación de factores de riesgo con probabilidad de contaminación del ambiente con metales pesados y metaloides (en el suelo, agua y aire) son por fuente natural o antropogénica. (58). La exposición a metales pesados (Cd, Pb, Hg, As) y sus efectos en la salud y el ambiente se da por vía natural y antropogénica. La materia particulada y coloidal, tanto orgánica como inorgánica, desempeña un papel clave en la coagulación, la sedimentación y en los procesos de adsorción, los cuales influyen en los tiempos de residencia y transporte de los metales trazas, por lo tanto, el vertimiento de relaves mineros es la forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros. Los relaves mineros contienen hierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias sumamente tóxicas para las plantas, animales y el ser humano. (25)

- j. Los puntos de monitoreo figura 37 a 40, indican que los puntos de monitoreo (71%) se encontraron en las partes altas de las cuencas por ser estos ubicados en cercanías a los pasivos mineros y un 29% de los puntos monitoreados se encontraron en el pueblo de Bambamarca, dando como resultados, 09 muestras no cumplen con los LMPs según D.S. 031-2010-S.A; estos puntos de monitoreo se encuentran ubicados entre las partes altas de las microcuencas y algunos de ellos en zonas alejadas de los

pasivos mineros, partes altas y medias de las microcuencas. Siendo, las fuentes principales de manantiales (aguas subterráneas) utilizadas para abastecimiento de agua para consumo humano, además, estas fuentes hídricas para consumo humano, pueden arrastrar metales pesados, erosión hídrica, debido a la geoquímica natural de las zonas. En las tablas 41, 42 y 43 se muestran la presencia de metales pesados tales como: aluminio, arsénico y plomo que sobrepasan los LMPs no cumpliendo con el D.S. 031-20210-S.A, el cual, corresponde a un 56% de los centros poblados monitoreados.

En poblaciones afectadas por metales pesados, indican que probablemente el agua de las tuberías no es el principal medio de transmisión de los contaminantes, sino mejor la comida y el polvo (partículas) suspendidos y depositados en los hogares. Los animales criados con aguas de río y los vegetales y tubérculos (los pocos que se pueden sembrar localmente) irrigados representan la fuente de acumulación de estos metales en los humanos. (60), en los últimos años, los daños ocasionados ocurren a concentraciones mucho más bajas de lo que se creía. (26). Es importante mencionar que, si este tipo de elementos se encuentran biodisponibles y se movilizan hacia poblaciones cercanas, pueden ocasionar problemas de intoxicación. En este sentido, la forma química de un elemento a través a del agua, tiene influencia directa en su solubilidad, movilidad y toxicidad hacia las poblaciones. (38)

- k. Los pasivos mineros se encuentran ubicados en suelos fuertemente ácidos, como se puede observar en las figuras 44 a 46, lo cual, el problema de la concentración de metales pesados se agrava aún más, ya que, han disturbado áreas bastantes grandes, quitando la cobertura vegetal (top soil) generando problemas de lixiviación o lavado de roca a causa de las lluvias y el aire, sumado a este problema los pasivos mineros.

Para los resultados de análisis de suelos, figuras 47 a 49, existe la presencia de bario, arsénico, cadmio y mercurio, los cuales sobrepasan los ECAs; en estas áreas cercanas o en zonas de ámbito de los pasivos mineros, la población realiza actividades agrícolas (cultivos de pastos como también cultivos de pan llevar para su autoconsumo y en menor escala para ventas en el mercado) y ganaderas.

Estudios indican que, la dispersión geoquímica es la capacidad de migración de un elemento desde su origen hacia otro ambiente a través de diferentes procesos fisicoquímicos y mecánicos, o es el movimiento fisicoquímico que sufren los elementos al pasar de un ambiente geoquímico a otro (29) y la movilidad, transporte y partición de los elementos traza metálicos y metaloides en un sistema natural acuático y terrestre está en función al desarrollo de la actividad química del elemento, el cual, a su vez está controlado por las características fisicoquímicas y biogénicas propias y del sistema. (31 y 39). El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las extrañezas biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macroelementos, los cuales, afectan negativamente la biota y calidad de suelo (34)

1. Según la ubicación de los puntos de monitoreo figura 50 a 52, los pobladores llevan a cabo sus actividades de pastoreo de ganado en zonas de pastizales (ray grass) las cuales son regadas con aguas de ríos provenientes de las zonas donde se ubican los pasivos mineros, a la vez, estos cultivos, se encuentran en suelos cuya geología natural presentan alta concentración de metales (sulfuros), los procesos sinérgicos, pasivos mineros más la geoquímica natural del suelo permiten una alta concentración de metales en las plantas. Los resultados figuras 53 y 54, indican una elevada

presencia de arsénico y plomo los cuales no cumplen con el Real Decreto 465/2003. La forma del metal en el suelo, será la disponibilidad para plantas y la incorporación en los organismos. La geodisponibilidad de los elementos de las rocas y su aportación al suelo es insignificante en relación con las derivadas de las acciones antropogénicas. La característica del suelo es importante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales, la distribución en los perfiles del suelo, disponibilidad en ser absorbidos y depositarse en el vegetal a niveles tóxicos, como vía de entrada a la cadena alimenticia, a través del consumo de plantas, directa o indirectamente por los seres humanos. Las principales concentraciones anómalas de metales pesados en suelos provienen fundamentalmente de las menas metálicas (sulfuros, óxidos). (31, 33, 39 y 50). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales. (34). Las principales fuentes antropogénicas de metales pesados en suelos, además de las relacionadas con la minería, pueden ser: Actividades agrícolas: riego, fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol, enmiendas calizas y, sobre todo, lodos residuales de depuradoras. (50)

m. En el análisis del coeficiente de correlación indicado en la tabla 24, indica que existe una correlación débil, muy débil y significativa moderada de los factores ambientales respecto a la presencia de metales pesados en el organismo en las personas. Los pasivos mineros sumados la geoquímica natural de las zonas y las inadecuadas prácticas humanas realizadas en los suelos en las zonas, en consecuencia, se tiene presencia de metales pesados en aguas, tejido vegetal y suelos, que sobrepasan los ECAs, repercutiendo en la salud de los pobladores que no cumplen con los LMPs de metales en su organismo, cuya exposición puede darse desde concentraciones muy

pequeñas a altas, tomando en cuenta el tiempo que viven en las y la edad de los mismos.

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda, excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos. (34)

- n. En el análisis de la Fuerza de relación presentado en la tabla 35, se tiene como resultado que, existe relación desde muy débil, débil, fuerte y perfecta, entre los factores ambientales y la presencia de metales en el organismo de los pobladores. Tomando en cuenta, lo ya mencionado en los puntos anteriores, los procesos sinérgicos juegan un papel importante para indicar que los problemas expuestos, permiten el incremento de la concentración de algunos metales en el ambiente repercutiendo en la salud de los pobladores, ya que, la exposición a estos metales pesados, pueden darse desde trazas (microgramos) e ir acumulándose con el tiempo en el organismo (bioacumulación) mostrando efectos de esta exposición en largos periodos de tiempo o confundiendo alguna sintomatología con otra enfermedad, según lo que indica las guías clínicas del MINSA o pasando desapercibidos.

Para algunos autores indican que, si este tipo de elementos se encuentran biodisponibles y se movilizan hacia poblaciones cercanas, pueden ocasionar problemas de intoxicación. En este sentido, la forma química de un elemento, tiene influencia directa en su solubilidad, movilidad y toxicidad en el suelo; esta, a su vez,

depende de la fuente de contaminación y de la química del suelo en el sitio contaminado. (38). La contaminación acuática originada por metales pesados proviene de diferentes fuentes como el desgaste geológico (debido a que los metales son un componente natural de la corteza terrestre), la actividad de explotación minera, el uso de metales y compuestos de metales para determinados procesos industriales y la lixiviación de metales pesados a partir de residuos domésticos y vertidos de residuos sólidos. (41). Los metales pesados resultan ser elementos químicos tóxicos para la salud, estos pueden entrar en el cuerpo humano a través de los alimentos, el agua, el aire, o absorción por la piel. En nuestro país la diversidad geográfica, geológica, política y etnocultural permite el desarrollo de una variedad de actividades económicas formales e informales que generan contaminación ambiental. (14 y 40).

- o. Los establecimientos de salud se encuentran ubicados en la zona de ámbito de las tres microcuencas, como se indica en la figura 118. Del 100% de los tamizados, el 72.8% presenta algún tipo de especie de metal pesado o metaloide en su organismo, siendo el arsénico el que se encuentra en mayor concentración en los 05 grupos etarios, por lo cual, está relacionada con la fuerza de correlación fuerte de la tabla 21, debido a que estos pobladores habitan en zonas de ámbito o dentro de áreas de los pasivos mineros y de otras fuentes de riesgo de acuerdo a la evaluación epidemiológica de exposición ambiental. En las figuras 116 y 117, indican la ubicación de las viviendas las cuales, se encuentran en gran mayoría dentro de la ubicación geográfica y a la vez en cercanías a fuentes hídricas.

El Arsénico en el organismo humano, son absorbidos y circulan unidos a la hemoglobina y otras proteínas, distribuyéndose en 24 horas por todo el organismo,

especialmente en el hígado, bazo, pulmones, intestino y piel, actúa inhibiendo el sistema inmune, provoca aberraciones cromosómicas en los linfocitos, más típicas en la exposición crónica. El tiempo de vida media del arsénico en el ser humano de 10 horas, se excreta la mayor parte por vía urinaria, heces, sudor y piel (descamación). En nuestro país, la exposición crónica por arsénico I está ligada principalmente a exposiciones originadas por la actividad minero metalúrgico. (9), los factores en el entorno creado por el hombre como la seguridad en la vivienda, el lugar de trabajo, la comunidad y el trazado de los caminos, también constituyen influencias importantes. Esto se debe a que la interrelación dinámica de los factores ambientales con el individuo. (55). Los efectos adversos a la exposición son la afectación a órganos y sistemas del cuerpo humano como son riñón, pulmón, hígado, sistema gastrointestinal y hematopoyético, pero principalmente, sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. La toxicidad de los metales pesados está relacionada con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular. (48)

- p. Los resultados mostrados en la tabla 119, las mujeres son las que presentan mayor porcentaje (69.9%) de metales en el organismo, seguido del sexo masculino (30.1%). Algunos autores mencionan que, considera que las mujeres en edad fértil tienden a acumular mayor cantidad de contaminantes, a causa de los cambios hormonales, procesos de gestación, ciclos menstruales y cantidad de grasa corporal. La neurotoxicidad de los metales pesados muchas veces pasa desapercibida, pues en ocasiones no se hace visible hasta pasados muchos años, y puede confundirse o malinterpretarse con algún desorden neurodegenerativo relacionado con la edad, la severidad y el daño dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la

persona, y además de la ruta por la cual ese metal sea absorbido y excretado, se incluyen otros factores y estresores ambientales. (48), siendo otro factor de riesgo los ambientes cerrados , centros educativos donde estén expuestos a metales pesados y metaloides, agravándose con el consumo de alimentos y aguas contaminadas. (58). La inhalación y la ingesta de alimentos, son dos de las causas más sobresalientes de contaminación. Los efectos tóxicos dependen del tipo de metal, de la concentración y en algunos casos de la edad de la población expuesta. Algunos estudios que evalúan la contaminación de metales pesados en alimentos, carne y leche, han encontrado que el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que por su impacto en la salud y concentración deben ser cuidadosamente evaluados y monitoreados. (24, 40 y 43).

## **CONCLUSIONES.**

Según los objetivos propuestos se tiene las siguientes conclusiones:

- Existe relación entre los factores sociales (edad, sexo, nivel de educación, hábitos de higiene, ubicación de viviendas y ocupación) con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.
- Existe relación entre los factores ambientales (tejido vegetal, suelo, agua superficial y de consumo humano) con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017.
- La relación de los factores socioambientales sobre la concentración de metales pesados en la población de la Provincia de Hualgayoc 2017, fueron valores superiores a los normales como para el arsénico, disminuyendo para el fierro, cobre, manganeso y zinc, para el cadmio se encuentra solo en adultos mayores, adulto y adolescentes y en mínima cantidad de plomo solo en niños.

## RECOMENDACIONES

- Al Ministerio de energía y minas, se recomienda realizar el cierre de los pasivos mineros que se encuentran activos, para mitigar la presencia de metales pesados en aguas superficiales y subterráneas, tejido vegetal y suelos.
- Al Ministerio de Salud, se recomienda realizar el seguimiento de las personas que se encuentran con niveles de metales pesados por encima de los límites permisibles, y ampliar el número de personas tamizadas, realizar capacitaciones a la población en general sobre hábitos adecuados de higiene, y desarrollar, fortalecer y ejecutar actividades en vigilancia epidemiológica para metales pesados.
- A la OEFA y MINAN, se recomienda realizar las inspecciones y fiscalizaciones a las empresas mineras que se encuentran operando en áreas aledañas a los centros poblados para que se cumpla con la normatividad ambiental.
- A la Municipalidad Provincial de Hualgayoc y Municipales distritales de Chugur y Bambamarca, se recomienda implementar sistemas de tratamiento de agua potable, para disminuir la presencia de metales pesados, como también, desarrollar tecnología casera o intradomiliaria que permitan disminuir los metales en el agua de consumo para animales y humanos.
- Al Ministerio de Educación – Dirección Regional de Educación, se recomienda que en coordinación con el sector salud, generen programas educativos para mejorar las prácticas de aseo e higiene, a la vez dar a conocer los efectos de los metales pesados en el organismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dirección Regional de Salud. Informe de niveles de Exposición a Metales Pesados en Pobladores de la Provincia de Hualgayoc - Cajamarca 2016. Cajamarca: DIRESA/DESA; 2016.
2. CENSOPAS. Informe técnico N° 01-2017-CENSOPAS/INS - Niveles de Exposición a Metales Pesados en Pobladores de la Provincia de Hualgayoc – Cajamarca. Lima: CENTRO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL Y PROTECCION DEL AMBIENTA PARA LA SALUD; 2017.
3. Álvarez Jaramillo R, Amancio Murrillo F. Bioacumulación de Metales Pesados en Peces y Análisis de Agua del Río Santa y de la laguna Chinancocha- Llanganuco período 2012 – 2013. 1.ª ed. Huaraz; 2013.
4. Cooperación, Instituto de Defensa Legal y Broederlijk Deln. Informe que toma como Base el Estudio “Diagnóstico de Salud Ambiental Humana en la Provincia de Espinar-Cusco. Lima: COOPERACION; 2016 p. 5 Y 7.
5. Londoño Muñoz F, Muñoz García T, Fabián García G. Los Riesgos de los Metales Pesados en la Salud Humana y Animal en los Riesgos de los Metales Pesados en la Salud Humana y Animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016;14(18684/BSAA).
6. Tirado Amador R, Gonzales Martínez D, Martínez Hernández L, Wilchez Vergara

- L, Celedón Suarez J. Niveles de Metales Pesados en Muestras Biológicas y su Importancia en Salud. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. 2015;14(10.16925):<http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>.
7. Ministerio de salud. RM N° 757 - 2013/ MINSA. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio. Lima: MINSA; 2013.
  8. Reyes Y, Reyes I, Torres o, Díaz M, González E. Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Ingeniería, Investigación y Desarrollo-Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. 2016;16(1900-771X).
  9. Ministerio de Salud R.M N° 389 - 2011/ MINSA. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Arsénico. Lima: MINSA, 2011.
  10. Ministerio de Salud. R.M N° 7579 - 2013/ MINSA. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Mercurio. Lima: MINSA; 2013.
  11. Bair C. Química Ambiental. 2.<sup>a</sup> ed. Barcelona-España: Editorial Reverté; 2013.
  12. Pérez Palacios P. Biotecnología Ambiental: Desarrollo de Estrategias Biotecnológicas para la Remediación de Metales Pesados [Licenciada]. Universidad de Sevilla-España; 2015.
  13. López Tevés L. Estudio de Complejos Metálicos con Ligandos de Interés Biológico [Doctor]. Universidad Nacional de la Plata - Argentina; 2016.

14. Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. Efectos de la Exposición Crónica a Metales Pesados y su Manejo Clínico: Revisión Rápida. Lima: Instituto Nacional de Salud-Unidad de Análisis y Generación de Evidencias en Salud Pública (UNAGESP) - Centro Nacional de Salud Pública (CNSP); 2013.
15. Peña C, Carter D. Toxicología Ambiental - Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental [Internet]. 1.<sup>a</sup> ed. Arizona - EE.UU; 2020. Disponible en: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>.
16. Díaz Díaz A. Concentración de Cadmio en Sangre en una Población Laboral Hospitalaria y su Relación con Factores Asociados [Doctor]. Universidad Complutense de Madrid - España; 2014.
17. Ramírez A. Toxicología del Cadmio Conceptos Actuales para Evaluar Exposición Ambiental u Ocupacional con Indicadores Biológicos. Anales de la Facultad de Medicina [Internet]. 2002 [citado 15 octubre 2020];63(1025 - 5583). Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477>
18. Diaz De Santos M. Toxicología avanzada. 1.<sup>a</sup> ed. Madrid-España: Diaz De Santos; 2020.
19. Vittori D. Actualización de la Interacción Metal-Organismo Humano en la era del Aluminio. Química Viva. 2014;13(1666-7948).
20. Ferrer D. Intoxicación por Metales. Anales Sis San Navarra. 2013;1(1137-6627).

21. Robles Osorio I, Sabath E. Medio Ambiente y Riñón: Nefrotoxicidad por Metales. Nefrología (Madrid). 2012;1(0211-6995).
22. Hernández Hernández L. Evaluación del Riesgo para la Salud en una Población de la Zona Rural de Bogotá D.C por la Presencia de Metales en Aguas de Consumo [Doctor]. Universidad Nacional de Colombia; 2020.
23. Molina Villalba I. Análisis de Arsénico y Metales Pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en Orina y Cabello de Población Infantil Residente en Huelva [Doctor]. Universidad de Granada; 2015.
24. Ministerio de Salud. R.M N° 400 - 2017/ MINSA. Manual de Atención de Personas Expuestas a Plomo. Lima: MINSA; 2017.
25. Chata Quenta A. Presencia de Metales Pesados (Hg, As, Pb y Cd) en Agua y Leche en la Cuenca del Río Coata [Licenciada en nutrición humana]. Universidad Nacional del Altiplano; 2015.
26. Díez Lázaro J. Fitocorrección de Suelos Contaminados con Metales Pesados [Doctor]. Universidad de Santiago de Compostela; 2008.
27. Lebel j. Salud, Un Enfoque Eco sistémico. Centro de Investigación para el Desarrollo. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo [Internet]. 2005;1(1-55250-174-4). Disponible en:  
<http://www.ecosad.org/phocadownloadpap/otrospublicaciones/jean-lebel-enfoque->

ecosistemico.pdf

28. Márquez A, Martínez G, Senior W. Distribución y Especiación de Metales Pesados en el Material en Suspensión de las Aguas Superficiales de la Pluma del Río Manzanares. Cumana - Venezuela. 1.<sup>a</sup> ed. Venezuela: Instituto Oceanográfico; 2005.
29. Marrufo Negrete J. Salud, Un Enfoque Eco sistémico. Centro de Investigación para el Desarrollo. Gestión y Ambiente [Internet]. 2019;22(75473). Disponible en: [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesadosEnLaBahiaCispataEnCo-7532554%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesadosEnLaBahiaCispataEnCo-7532554%20(1).pdf)
30. Insuasty Manrique M. Estudio sobre Captura Eficiente de Metales Pesados empleando Procesos de Biorremediación [Ingeniero ambiental]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia-Colombia; 2017.
31. Loaiza Choque L. Evaluación del Riesgo Ambiental por Metales Pesados, Generados por la Actividad Minera Artesanal en los Ríos Quiroz y Chira – Piura por el método de especiación secuencial [Magister en ciencias ambientales]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016.
32. Soriano Francia H. Saneamiento de Suelos por Fito remediación de los Cultivos de Plátanos en el Fundo San José del Distrito de Mala [Ingeniero Químico]. Universidad Nacional del Callao-Lima.; 2015.

33. Yarasca Bejarano J. Modelo Sistémico para Evaluar la Recuperación de Suelos Contaminados por Plomo en el Distrito de Concepción [Magister]. Universidad Nacional del Centro - Huancayo.; 2015.
34. López Corrales E. Alternativas de Disposición para la Fito remediación de suelos Contaminados por Actividades Mineras [Especialista en Gestión Integral de RR.SS y Peligrosos]. Universidad Lasallista-Colombia; 2014.
35. Turcios Pérez J. Determinación Cuantitativa de Arsénico, Cobre, Plomo y Cadmio en (Brasica oleracea) Brócoli que se Cultiva en la Parcela San José, Tecpán Municipio de Chimaltenango [Maestría]. Universidad de San Carlos - Guatemala; 2010.
36. Alcalino Concha G. Análisis y Comparación de Tecnologías de Remediación para Suelos Contaminados con Metales [Ingeniero civil químico e ingeniero civil en biotecnología]. Universidad de Chile; 2012.
37. Alcalá J, Sosa M, Moreno M, Quintana C, Quintana G, Miranda S. Metales Pesados en Vegetación Arbórea como Indicador de la Calidad Ambiental Urbana. Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas [Internet]. 2018;1(0327-9375). Disponible en:  
  
[https://www.redalyc.org/pdf/428/Resumenes/Resumen\\_42801705\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/428/Resumenes/Resumen_42801705_1.pdf)
38. Volke Sepúlveda T, Velasco Trejo J, De la Rosa Pérez D. Suelos Contaminados por

- Metales y Metaloides, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1.<sup>a</sup> ed. México: Raúl Marco del Pont Lalli; 2005.
39. De la Peña Cerda V. Evaluación de la Concentración de Plomo y Cadmio en Suelo Superficial de Parques y Plazas Públicas, en tres Municipios del Área Metropolitana de Monterrey. Monterrey - México [Magister en ciencias]. Universidad Autónoma de Nueva León - México; 2014.
40. Valls Llobet C. Contaminación Ambiental y Salud de las Mujeres. Barcelona-España. 2011;1(2171-6080).
41. Combariza Bayona D. Contaminación por Metales Pesados en el Embalse del Muña y su Relación con los Niveles en Sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y Alteraciones de Salud en los Habitantes del Municipio de Sibaté (Cundinamarca). [Magister en Toxicología]. Universidad Nacional de Colombia; 2009.
42. Prieto Mandes J, Gonzales Ramírez C, Román Gutiérrez A, Prieto Gracia F. Contaminación y Fito toxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelos y Agua Tropical y Subtropical Agro-ecosistemas. Yucatán - México [Internet]. 2009; 10(1870-0462). Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
43. Carrizales L, Batres L, Ortiz M, Mejía J, Yañez L, García E. Efectos en Salud Asociados con la Exposición a Residuos Peligrosos. 2.<sup>a</sup> ed. México; 1999.

44. Zorrilla Domenichi M. Estado del Arte sobre la Presencia de Metales Pesados en Tejidos y Agallas de Peces [Título de Administrador del Medio Ambiente]. 2011.
45. Cano Parrilla A. Contenidos Totales y formas cambiables de Zn, Cu, Pb y Cd, en Suelos Agrícolas de la zona Suroccidental de Madrid [Doctor]. Universidad Complutense de Madrid - España; 2011.
46. Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de Demarcación Territorial de la Provincia de Hualgayoc. Cajamarca: Dirección Nacional técnica de Demarcación Territorial; 2006.
47. Narváez D. Metodología de la investigación científica y bioestadística [Internet]. 2.<sup>a</sup> ed. Santiago de Chile- Chile: Rill Editores; 2009. Disponible en:  
<https://www.tagusbooks.com/leer?isbn=9789562846851&li=1&idsource=3001>
48. Tostado Martín E. Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio [Master en ciencias de la salud]. Universidad de Valladolid-España; 2014.
50. Galán Huertos E, Romero Baena A. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. [Internet]. 2008;13(1885-7264). Disponible en:  
[http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf).
51. María Tessy Torres Sánchez. Acciones realizadas por el OEFA en el marco de la declaratoria de emergencia ambiental en la provincia de Hualgayoc (2016-2017).

- Jesús María -lima: Director de Evaluación Ambiental; 2018.
52. Carlos Diaz Arrobas. Informe de interpretación de resultados de la calidad de agua. Chota - Cajamarca: Calidad de RR. HH - ANA; 2017.
53. Ministerio de Salud. Factores Sociales de la Salud del Perú. Lima: César Lip Fernando Rocabado; 2005.
54. García Ramírez JA, Vélez Álvarez C. Determinantes sociales de la salud y la calidad de vida en población adulta de Manizales, Colombia. Rev Cubana Salud Pública [Internet]. 2017;43(0684-3466).
55. Romero Placeres M, Álvarez Toste M, Álvarez Pérez A. Los factores ambientales como factores del estado de salud de la población. Rev. Cubana Hig. Epidemiol. 2007; 45(1561-3003).
56. ETRAS: Equipo Técnico Regional de Agua y Saneamiento - [https://www.paho.org/blogs/etras/?page\\_id=994](https://www.paho.org/blogs/etras/?page_id=994)
57. Fernández Collado C, Hernández Sampieri R, Pilar Batista L. Metodología de la Investigación. 5.ª ed. México: Jesús Mares Chacón; 2010.
58. Ministerio de Salud. NTS N° 111-2014-MINSA/DGE-V.01, Norma Técnica de Salud que establece la vigilancia epidemiológica en salud pública de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides. Lima: MINSA; 2014.

59. Delgadillo A, González C, Priego F, Villagómez J, Acevedo O. Fitorremediación, una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2007;14(1870-0462).
- <https://www.redalyc.org/pdf/939/93918231023.pdf>
60. Cosme Calzada WO, Silva Ponce JL. Estudios en Poblaciones Afectadas por Metales Pesados en Pasco. 1.<sup>a</sup> ed. Cerro de Pasco - Perú: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor; 2018.
61. Reyes YC, Vergara I, Torres O, Díaz M, González E. Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 2016;16(2422-4324).
62. Vargas Marcos F. La contaminación ambiental como factor determinante de la salud [Internet]. Scielo. 2005.
- [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200001](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001)
63. Martínez Castillo, Róger. La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Educare*. 2010. E-ISSN: 1409-4258. Vol. XIV. Num. 1.
64. Orihuela JC, Hinojosa L, Huaroto C, Pérez 29/03/2019 Auspicio:CA. Los Costos de la Contaminación Minera: Género, Bienestar e Instituciones. Lima: PUCP; 2019.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Resultados de análisis de aguas superficiales de la Provincia de Hualgayoc

N	MICROCUCENCAS	Nombre	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Barío (Ba)	Berilio (Be)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Cobalto (Co)	Cromo (Cr)	Hierro (Fe)	Litio (Li)	Magnesio (Mg)	Manganeso (Mn)	Mercurio (Hg)	Niquel (Ni)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)	No Cumple
1	ARASCORGUE	Río Hualgayoc-Qda. Crona	0.25	0	0.02	< 0.00002	< 0.002	< 0.00001	0.0	< 0.00001	< 0.0001	0.2	< 0.0001	3.25	0.03	< 0.00003	0	0.0	0	< 0.0100	Cumple
2	ARASCORGUE	Río Hualgayoc-Qda. Meza	0.697	0.0	0.03	< 0.00002	< 0.002	0.006	0.1	0	< 0.0001	2.8	< 0.0001	3.59	1	< 0.00003	0	0.0	< 0.0004	1.22	Mn
3	ARASCORGUE	Río Hualgayoc-Minera Culquirumi	2,213	0.0	0.04	< 0.00002	< 0.002	0.019	0.2	0	< 0.0001	7	0	3.98	3	< 0.00003	0	0.1	0	3	Cd. Cu. Fe. Mn. Pb. Zn.
4	MAYGASBAMBA	Minera Coimolache S.A.	2,168	0.0	0.05	< 0.00002	< 0.002	< 0.00001	0.0	0	< 0.0001	0.2	0	0.21	0.01	< 0.00003	0	0	< 0.0004	0.02	Cumple
5	MAYGASBAMBA	Río Tingo - Minera Coimolache S.A.	1,069	0.0	0.02	< 0.00002	0.02	0.00	0.1	0.02	< 0.0001	0.9	0	3.14	1	0.002	0.01	0	0	0.3	Mn. Hg. Se.
6	ARASCORGUE	Río Tingo - Minera Gold Field	0.802	0	0.03	0	< 0.002	0.00	0.0	0.01	< 0.0001	0.9	0	2.68	0	0.0	0	0	0.01	0.13	Mn
7	ARASCORGUE	Río Tingo - Minra Gold Field.	0.934	0	0.03	< 0.00002	< 0.002	0.00	0.0	0.01	< 0.0001	1.0	0	2.49	0	0.0	0	0.0	0.01	0.1	Mn
8	MAYGASBAMBA	Río Tingo- Minera Corona S.A.	6,376	0.190	0.09	0	< 0.002	0.01	1	0.01	0	19	0.01	6	3	0.000	0.01	0.2	0	1.65	Al. As. Cu. Fe. Mn. Pb.
9	MAYGASBAMBA	Río Tingo - CP. Muya	1.74	0.1	0.04	< 0.00002	< 0.002	0.00	0	0	0	6	0	5	1	< 0.00003	0	0.05	0	0.69	Cu. Fe. Mn
10	MAYGASBAMBA	Qd. 3 amigos	1,706	0.0	0.03	< 0.00002	< 0.002	0.00	0.05	0.01	0.01	1	0	4.34	1	< 0.00003	0.01	0.01	0	0.22	Cumple
11	ARASCORGUE	Qda. Mesa de Plata	0.559	0.0	0.04	< 0.00002	< 0.002	0.01	0.11	0	< 0.0001	2	0	5.81	1	< 0.00003	0	0.3	0	1.48	Mn. Pb
12	ARASCORGUE	Río HualgayocQda. Mesa de Plata	3,535	0.1	0.03	< 0.00002	< 0.002	0.07	0.4	0.01	0	24	0	7.93	10	< 0.00003	0.01	0.2	0	13	Cd. Cu. Fe. Mn. Pb. Zn.
13	ARASCORGUE	Qda. Sinchao - Sinchao.	15	0	0.01	0	< 0.002	0.03	8	0.02	0	51	0.01	6.32	8	< 0.00003	0.04	0.1	0.01	7	Al. As. Cd. Cu. Fe. Mn. Pb. Zn.
14	MAYGASBAMBA	Qda de la Eme - Minera San Nicolás.	5,949	0.300	0.03	0	< 0.002	0.009	2	0.01	0	32	0.01	4.22	3	< 0.00003	0.01	0.1	0	1.68	Al. As. Cu. Fe. Mn. Pb.
15	PERLAMAYO	Qda Colorada - Sinchao.	17	0	0.02	0	< 0.002	0.038	9	0.04	0	47	0	3.52	6	< 0.00003	0.03	0.0	0	6	Al. As. Cd. Cu. Fe. Mn. Zn
16	PERLAMAYO	Qda Colorada - Sinchao.	6,771	0.1	0.02	0	< 0.002	0.012	3	0.02	< 0.0001	10	0	1.62	2	< 0.00003	0.01	0.0	< 0.0004	2	Al. Cd. Cu. Fe. Mn. Zn
17	PERLAMAYO	Qda Colorada - río Perlamayo.	1.81	0	0.04	< 0.00002	< 0.002	< 0.00001	0	0	0	1	0	2.11	0.04	< 0.00003	0	0.0	< 0.0004	0.02	Cumple
18	PERLAMAYO	Qda Colorada - Sinchao	4,794	0	0.03	< 0.00002	< 0.002	0.002	0	0.01	< 0.0001	1	0	1.09	0	< 0.00003	0.01	0.0	< 0.0004	0.4	Cu. Mn
19	PERLAMAYO	Qda. Las Gradás - Minera Coimolache S.A.	1,025	0	0.03	< 0.00002	< 0.002	0	0.2	0	< 0.0001	4	0	1.64	0	< 0.00003	0	0.0	< 0.0004	0.11	As. Mn
ECA- D.S. 004-2017-MINAN-			5	0.1	0.7	0.1	1	0.01	0.2	0.05	0.1	5	2.5	0	0.2	0.001	0.2	0.05	0.02	2	

## ANEXO 2

### Resultados de análisis de tejido vegetal de la Provincia de Hualgayoc

Nº	MICROCUCENCA	Nombre	Aluminio Total	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Berilio Total	Boro Total	Cadmio Total	Cobalto Total	Cobre Total	Cromo Total	Estaño Total	Estroncio Total	Hierro Total	Litio Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Molibdeno Total	Níquel Total	Plata Total	Plomo Total	Selenio Total	Titanio Total	Vanadio Total	Zinc Total	No Cumple
1	MAYGASBAMBA	Minera Colorada - San Nicolás	24	0.57	2.27	3.25	< 0,02	< 0,2	0.031	0.03	5.8	0.432	< 0,01	7.29	>50	< 0,025	0.143	< 0,01	< 0,01	0.653	<0,05	1.29	< 0,050	0.41	0.05	47.5	As
2	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancones	47	1.88	4.76	2.33	< 0,02	< 0,2	0.637	0.04	7.4	0.471	< 0,01	5.31	>50	0.04	0.193	0.02	< 0,01	0.674	0.08	>20,0	< 0,050	0.38	0.22	>50,0	As, Pb
3	MAYGASBAMBA	Microcuenca Río Sinchao	>50	1.24	16.5	7.54	0.03	< 0,2	0.026	0.14	32	1.11	< 0,01	11.7	>50	0.288	0.205	< 0,01	< 0,01	1.18	< 0,05	4.88	< 0,050	6.26	0.75	>50,0	As
4	MAYGASBAMBA	Microcuenca Río Sinchao	23	<0,01	3.82	2.01	< 0,02	< 0,2	0.173	0.03	9.7	0.392	< 0,01	6.4	>50	< 0,025	0.543	< 0,01	< 0,01	1.11	< 0,05	0.975	< 0,050	0.25	0.05	>50,0	As
5	MAYGASBAMBA	Tres Mosqueteros	48	0.73	>20,0	1.42	< 0,02	< 0,2	< 0,010	0.07	37	0.544	< 0,01	2.62	>50	0.072	0.417	< 0,01	< 0,01	2.33	<0,05	2.41	< 0,050	0.84	0.16	>50,0	As
6	ARASCORGUE	Tumbacucho	>50	0.52	7.31	10.9	< 0,02	< 0,2	0.906	0.25	9.2	0.633	0.02	13.2	>50	0.219	1.14	0.01	< 0,01	1.46	0.10	14.7	0.074	1.44	0.53	>50,0	As, Pb
7	ARASCORGUE	Tahona	38	0.19	2.96	3.34	< 0,02	< 0,2	0.059	0.05	4.1	1.10	< 0,01	10.1	>50	0.029	0.042	< 0,01	< 0,01	1.52	< 0,05	1.15	< 0,050	0.07	0.10	16.9	As
8	ARASCORGUE	Tahona Baja	34	0.18	2.90	2.85	< 0,02	< 0,2	0.051	0.05	3.7	1.04	< 0,01	8.74	>50	0.027	0.038	< 0,01	< 0,01	1.32	< 0,05	1.00	< 0,050	0.14	0.10	16.1	As
9	ARASCORGUE	Qda. Honda	>50	0.42	8.57	7.94	< 0,02	< 0,2	0.349	0.22	24	1.70	0.08	3.56	>50	0.117	0.377	< 0,01	< 0,01	0.880	0.13	14.4	0.089	1.94	0.64	>50,0	As, Pb
10	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	>50	0.92	4.31	>20,0	< 0,02	< 0,2	0.148	0.11	7.5	1.34	0.03	5.73	>50	0.155	0.195	< 0,01	< 0,01	0.883	0.28	18	0.079	3.13	0.47	45.8	As, Pb
11	MAYGASBAMBA	Minera Colorada	>50	0.45	5.71	13.5	0.02	< 0,2	0.093	0.14	23	0.961	< 0,01	>20,0	>50	0.249	0.152	< 0,01	< 0,01	1.2	< 0,05	2.96	< 0,050	4.61	0.69	>50,0	As
12	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	47	0.83	2.53	>20,0	< 0,02	< 0,2	0.142	0.06	9	0.329	< 0,01	>20,0	>50	0.042	0.109	< 0,01	< 0,01	0.959	< 0,05	6.96	< 0,050	0.51	0.11	>50,0	As
13	PERLAMAYO	Qda. Río Colorado	>50	0.62	13.3	6.91	< 0,02	< 0,2	0.069	0.25	17	0.711	< 0,01	7.29	>50	< 0,025	1.25	< 0,01	< 0,01	1.03	< 0,05	5.55	< 0,050	0.59	0.15	45.1	As
	Real Decreto 465/2003-España		---	---	2	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	0.1	---	---	---	10	---	---	---	---	---

## ANEXO 3

### Resultados de análisis de tejido vegetal de la Provincia de Hualgayoc

Nº	MICROCUENCA	NOMBRE	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Berilio	Bismuto Total	Boro	Cadmio Total	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata Total	Plomo	Vanadio	Wolframio	Zinc Total	NO CUMPLEN
1	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- San	712	635.4	1,718	17.5	0.039	59.72	0.290	33.32	295	10	3.45	5.67	57.5	3,194	17	1.272	6,288	As, Cd, Hg, Pb
2	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- Eloy	1,187	461.0	1,752	12.2	0.164	47.57	0.486	62.07	>10 000	8	2.89	10.9	55.6	2,581	17	1.178	5,981	As, Cd, Hg, Pb
3	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- Eloy	6,324	655.1	>2000	29.7	0.292	68.11	2.25	12.470	2,543	12	8.47	9.47	56.4	3,282	32	1.056	2,683	As, Cd, Hg, Pb
4	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- Eloy	5,612	644.0	>2000	18.4	0.160	98.05	2.45	6,629	698	18	10.1	6.63	68.9	3,979	33	1.515	1,486	As, Cd, Hg, Pb
5	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- Eloy	9,594	888.9	>2000	34.3	0.448	86.96	1.30	16,500	869	23	8.89	7.21	50.0	4,849	38	0.8258	3,724	As, Cd, Hg, Pb
6	MAYGASBAMBA	Minera Colorada- Eloy	4,660	950.4	>2000	13.1	0.338	188.7	2.32	39.52	>10 000	41	8.77	14.9	61.1	>5000	34	1.387	7,345	As, Cd, Hg, Pb
7	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	33,703	74.03	328	139	2.35	16.88	3.30	43.25	>10 000	3.1	1.22	21.3	21.1	2,195	48	0.1083	9,112	As, Cd, Pb
8	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	47,315	12.47	115	97.8	2.89	2,558	5.30	5,352	3,241	0.72	1.01	24.7	4.67	299	54	0.1075	1,662	As, Cd, Pb
9	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	34,737	17.23	129	113	2.18	2,311	3.71	2,321	2,012	1.5	1.95	16.7	5.35	195	42	0.1022	642	As, Cd, Pb
10	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	33,061	13.82	107	109	2.03	2,035	5.27	4,106	2,892	1.3	1.75	17.3	5.01	213	40	0.1183	1,055	As, Cd, Pb
11	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	25,784	12.49	104	93.6	1.47	1,848	4.01	3,242	2,030	1.3	2.21	10.3	3.40	170	28	0.1764	665	As, Cd, Pb
12	MAYGASBAMBA	Minera Carolina	>50 000	13.57	73	105	3.18	1,649	2.23	1,744	1,778	0.92	0.914	22.2	4.26	176	62	0.1010	401	As, Cd, Pb
13	MAYGASBAMBA	Minera Corona	21,379	39.91	194	103	0.359	7,535	0.576	0,5533	428	1.2	1.11	0,962	27.9	675	52	0.0191	177	As, Pb
14	MAYGASBAMBA	Minera Corona	24,612	64.12	133	85.7	0.649	12.16	0.560	0,3251	1,042	1.7	5.22	1.18	41.8	485	61	0.0291	162	As, Pb
15	MAYGASBAMBA	Minera Corona	18,537	98.93	143	123	0.614	13.38	0.824	0,9750	1,136	1.9	0.824	1.78	44.6	735	49	0.0212	260	As, Pb
16	MAYGASBAMBA	Minera Corona	41,531	18.90	149	60.6	0.503	6.183	0.563	0,6587	1,075	0.77	1.15	2.08	30.0	488	66	0.0116	199	As, Pb
17	MAYGASBAMBA	Minera Corona	44,475	21.17	84	48.6	0.435	3,941	< 0,180	0,5916	811	0.51	1.13	2.25	18.4	376	79	0.0077	246	As, Pb
18	MAYGASBAMBA	Minera Corona	25,030	58.22	129	86.7	0.413	16.78	0.542	1,706	2,693	1.7	1.02	1.70	69.0	1,464	54	0.0166	297	As, Cd, Pb
19	MAYGASBAMBA	Minera Corona	31,825	24.52	78	48.6	0.612	6,339	0.281	0,4943	2,043	0.71	1.03	1.72	33.3	564	68	0.0089	193	As, Pb
20	MAYGASBAMBA	Minera Corona	31,688	19.86	47	80.8	0.633	3,321	<0,180	1,124	1,349	0.78	0.633	2.16	14.6	539	63	0.0071	306	As, Hg
21	MAYGASBAMBA	Minera Corona	25,160	31.60	67	126	0.521	7,393	0.331	0,7784	1,901	0.75	0.713	1.90	42.5	987	67	0.0058	341	As, Hg
22	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	8,913	216.2	1,212	428	0.624	52.57	3.39	29.38	>10 000	7.8	6.84	16.4	65.0	>5000	73	0.2921	6,058	As, Cd, Hg, Pb
23	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	20,881	124.2	352	437	1.77	30.56	1.57	47.03	>10 000	1.6	4.96	29.0	33.2	3,041	127	0.1778	>10 000	As, Cd, Pb
24	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	12,177	204.1	825	294	0.944	57.31	0.708	31.54	>10 000	5.2	5.76	13.9	45.2	4,488	81	0.2174	4,459	As, Cd, Pb
25	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	9,684	188.7	796	318	0.442	37.44	2.59	25.57	5,178	5.7	4.56	13.2	42.7	3,344	70	0.2526	5,972	As, Cd, Pb
26	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	7,688	197.2	761	137	0.888	40.73	2.92	101.3	>10 000	6.3	5.06	27.0	53.7	>5000	53	0.3016	>10 000	As, Cd, Pb
27	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	11,116	212.2	781	165	1.20	25.77	2.16	95.33	>10 000	5.1	4.64	19.0	26.0	>5000	91	0.1989	>10 000	As, Cd, Pb
28	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	12,241	116.5	822	389	1.27	24.78	1.81	59.82	>10 000	3.7	9.91	40.1	34.9	3,304	137	0.1805	>10 000	As, Cd, Pb
29	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	9,665	332.2	1,709	300	0.520	48.37	2.09	34.34	>10 000	12	13.5	18.5	76.1	>5000	119	0.4337	6,045	As, Cd, Hg, Pb
30	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	20,026	123.8	371	390	2.26	53.03	3.47	35.60	>10 000	4.2	11.5	59.2	25.4	2,875	163	0.1597	5,417	As, Cd, Pb
31	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	8,251	334.1	1,007	62.3	0.901	61.80	2.01	153.4	>10 000	9.2	4.67	33.4	80.3	>5000	54	0.4113	>10 000	As, Cd, Hg, Pb
32	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	12,421	238.4	514	250	1.14	40.10	1.81	104.4	>10 000	6.2	6.71	46.7	54.8	>5000	83	0.2281	>10 000	As, Cd, Pb
33	MAYGASBAMBA	Comunidad Pílancoes	8,849	328.9	1,110	37.2	1.17	50.45	1.10	147.0	>10 000	11	4.21	26.0	47.5	>5000	44	0.4257	>10 000	As, Cd, Hg, Pb
34	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	35,453	11.71	208	26.6	1.2	2,234	2.86	0,2877	1,046	0.29	2.86	11.3	0.124	189	58	<0,0017	272	As, Pb
35	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	17,489	65.85	668	25	0.805	7,528	1.95	0,9848	2,356	0.34	6.47	11.8	2.17	418	53	0.0744	663	As, Pb
36	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	34,562	52.22	941	45.9	1.78	6,365	3.12	1,784	2,781	0.62	6.67	27.6	4.09	461	94	0.2445	1,091	As, Cd, Pb
37	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	25,905	62.41	1,709	110	1.1	9.56	3	69.12	>10 000	0.42	4.26	40.7	19.5	931	24	0.1627	8,843	As, Cd, Pb
38	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	6,384	12	576	38.9	0.274	1,254	2.56	8,895	5,581	0.24	0.69	12.4	0.74	85.4	2.1	<0,0017	4,683	As, Cd, Pb
39	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	3,481	1,743	1,134	58.6	0.121	0,1785	1.74	6,172	3,315	0.18	0.82	5.23	<0,006	8,98	1.2	<0,0017	2,678	As, Pb
40	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	3,802	1,569	31	9.87	0.077	0,2117	0.426	7,861	273	0.22	0.414	7.05	<0,006	13.6	<0,60	<0,0017	1,643	Cd
41	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	5,839	3,185	274	51	0.213	0,4791	1.02	14.7	1,825	0.14	0.199	16	<0,006	46.3	0.6	<0,0017	5,005	As, Cd
42	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	5,460	3,105	503	47	0.145	0,2605	0.708	1,512	1,587	0.19	0.384	9.6	<0,006	17.1	0.7	<0,0017	4,278	As, Cd
43	MAYGASBAMBA	Río Sinchao	3,870	101.4	1,774	45.3	0.113	6,604	5.96	2,352	310	0.68	2.59	2.69	3.76	366	15	0.3683	789	As, Cd, Pb
44	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	3,925	169.7	>2000	47.6	<0,001	11.56	0.249	4,424	705	0.29	5.57	7.62	4.87	543	36	3.241	2,425	As, Cd, Pb
45	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	6,949	113.3	>2000	21	0.16	4,792	0.433	5,216	678	0.27	5.08	4.22	0.685	366	28	1.651	1,686	As, Cd, Pb
46	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	4,590	57.71	>2000	30.2	0.106	2,027	0.63	1,139	831	0.24	3.45	2.32	1.18	144	17	0.2388	446	As, Pb
47	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	2,417	41.05	>2000	20.9	0.032	2,785	1.15	1,556	149	0.52	2.33	3.27	4.62	99.2	11	0.2787	181	As, Cd, Pb
48	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	1,562	90.3	>2000	27.3	<0,001	4,188	0.719	1.12	79.8	0.39	4.16	1.85	1.16	167	30	0.4789	102	As, Pb
49	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	1,255	23.13	>2000	21.7	<0,001	1,225	0.592	0,998	77.2	0.42	1.62	1.78	0.303	50.1	7.8	<0,0017	58	As
50	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	2,723	15.78	1,806	94.7	0.083	0,4743	0.722	10,09	229	0.22	0.65	7.47	<0,006	39.4	4.8	<0,0017	373	As, Cd
51	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	4,959	32.61	1,272	68.2	0.191	0,7473	0.578	7,799	537	0.32	1.34	7.61	0.344	56.6	6.6	<0,0017	511	As, Cd

52	MAYGASBAMBA	PAM Tres Mosqueteros	2,880	42.34	>2000	28.2	<0.001	1.572	0.699	0.1291	583	0.22	4.93	2.43	0.356	85.1	14	0.1321	286	As, Pb	
53	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	20,870	31.20	457	220	1.48	7.303	0.240	4.396	6,352	0.94	2.99	10.4	3.31	1,695	61	0.1661	1,348	As, Cd, Pb	
54	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	19,267	19.26	646	236	1.82	2.792	0.347	19.82	8,724	1.0	3.06	16.6	3.05	712	55	0.1477	3,033	As, Cd, Pb	
55	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	9,136	73.46	691	224	0.452	6.459	0.337	5.464	2,081	4.9	3.58	4.58	14.5	1,400	42	0.2795	981	As, Cd, Pb	
56	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	12,679	39.05	801	275	1.02	3.755	0.706	4.099	2,754	2.7	1.02	2.13	8.53	8.24	848	47	0.2684	861	As, Cd, Pb
57	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	6,242	46.19	1,838	174	0.541	4.715	1.11	3.053	755	2.1	2.40	4.97	10.9	1,302	45	0.4413	899	As, Cd, Pb	
58	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	14,530	30.64	516	155	1.99	2.687	0.814	11.09	5,554	4.7	2.06	13.0	5.88	498	42	0.1728	1,150	As, Cd, Pb	
59	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	14,004	49.89	655	325	1.50	3.689	0.836	13.12	6,274	6.9	3.27	12.5	7.53	670	50	0.1481	1,478	As, Cd, Pb, Hg	
60	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	19,489	60.04	661	293	1.56	5.997	1.03	19.89	8,683	9.1	3.80	13.0	10.4	1,289	55	0.1305	1,486	As, Cd, Pb, Hg	
61	ARASCORGUE	El Dordo - Sector	18,261	53.88	902	360	1.34	5.171	0.665	13.50	8,423	4.3	3.57	10.1	10.3	1,508	49	0.1702	1,447	As, Cd, Pb	
62	ARASCORGUE	Sector Tahona	10,975	125.8	1,010	89.9	0.193	3.690	2.86	0.9866	170	2.1	1.90	0.992	21.0	1,332	89	0.1479	168	As, Pb	
63	ARASCORGUE	Sector Tahona	27,944	97.15	309	83.0	0.478	4.063	0.970	1.016	919	1.7	1.75	1.98	10.9	1,453	66	0.1308	232	As, Pb	
64	ARASCORGUE	Sector Tahona	29,896	59.28	262	90.2	0.567	3.260	1.27	2.049	936	1.1	1.68	2.75	6.55	1,753	68	0.1382	326	As, Cd, Pb	
65	ARASCORGUE	Sector Tahona	12,925	100.6	398	153	0.304	5.120	1.38	3.504	509	3.0	1.49	2.08	13.3	3,573	45	0.1721	597	As, Cd, Pb	
66	ARASCORGUE	Sector Tahona	15,464	11.06	141	111	0.803	1.112	2.76	0.3727	315	1.1	0.903	3.77	1.56	167	46	0.1140	209	As, Pb	
67	ARASCORGUE	Sector Tahona	15,241	33.53	247	183	0.866	1.385	1.76	1.714	1,003	0.96	0.915	5.77	3.99	1,176	43	0.1945	468	As, Cd, Pb	
68	ARASCORGUE	Sector Tahona	22,967	43.52	161	141	2.16	1.094	2.18	7.699	9,451	0.79	2.16	1.58	30.1	6.63	2,468	47	0.1399	1,187	As, Cd, Pb
69	ARASCORGUE	Sector Tahona	13,869	96.54	439	307	0.786	2.404	0.890	4.447	5,339	5.1	1.52	5.57	29.6	1,745	56	0.1154	901	As, Cd, Pb	
70	ARASCORGUE	Sector Tahona	17,238	67.79	256	172	0.878	2.588	1.74	2.871	1,782	2.2	1.06	7.05	16.2	2,890	43	0.1316	543	As, Cd, Pb	
71	ARASCORGUE	Sector Tahona	25,993	13.12	74	362	3.08	0.8732	2.44	6.882	8,004	0.98	1.21	32.8	1.42	191	27	0.0764	1,172	As, Cd, Pb	
72	ARASCORGUE	Sector Tahona	22,517	21.84	85	119	2.06	1.437	2.96	1.537	2,478	1.6	2.12	17.9	2.45	257	43	0.0838	501	As, Cd, Pb	
73	ARASCORGUE	Sector Tahona	16,446	51.54	177	149	1.47	1.791	2.80	2.684	1,972	1.2	1.09	11.7	4.89	1,211	42	0.1454	740	As, Cd, Pb	
74	ARASCORGUE	Sector Tahona	18,852	110.9	268	166	1.28	3.495	2.02	3.484	1,020	3.3	1.53	9.29	16.8	3,301	46	0.1793	753	As, Cd, Pb	
75	ARASCORGUE	Sector Tahona	7,706	18.56	135	146	0.878	0.4383	3.00	8.975	2,570	0.80	1.19	9.51	1.73	1,169	11	0.2249	1,279	As, Cd, Pb	
76	ARASCORGUE	Sector Tahona	19,507	28.91	128	177	1.61	0.6771	2.80	3.351	1,513	1.0	0.861	9.98	3.27	1,013	20	0.2606	873	As, Cd, Pb	
77	ARASCORGUE	Sector Tahona	14,109	26.08	118	111	0.919	0.7603	3.64	1.300	1,293	1.0	0.829	9.09	3.08	1,053	21	0.1770	444	As, Cd, Pb	
78	ARASCORGUE	Sector Tahona	28,299	13.45	72	80.1	2.91	0.7297	2.16	2.0480	1,132	0.75	1.07	22.5	1.50	667	35	0.1327	476	As, Cd, Pb	
79	ARASCORGUE	Sector Tahona	18,934	11.51	231	174	1.34	0.5751	2.42	1.663	1,607	0.60	0.762	13.4	0.976	736	28	0.1805	748	As, Cd, Pb	
80	ARASCORGUE	Sector Tahona	22,560	19.12	121	171	1.49	0.6162	1.48	28.19	3,430	0.88	0.731	10.6	2.39	1,062	27	0.1337	2,009	As, Cd, Pb	
81	ARASCORGUE	Sector Tahona	13,950	20.16	174	412	0.939	0.6163	1.37	27.07	7,294	0.83	0.754	6.29	2.14	1,717	21	0.1205	2,021	As, Cd, Pb	
82	ARASCORGUE	Sector Tahona	16,817	18.50	131	226	0.999	0.6549	0.975	11.89	4,194	0.68	0.844	5.95	1.48	955	21	0.0988	1,204	As, Cd, Pb	
83	ARASCORGUE	Sector Tahona	25,136	17.81	101	229	0.564	0.9269	0.885	2.872	2,508	1.4	0.706	2.65	2.41	842	30	0.0554	580	As, Cd, Pb	
84	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	18,483	37.92	432	293	2.97	0.2872	4.18	13.37	8,292	3.2	3.81	35.2	0.55	1347	56	<0.0017	1,574	As, Cd, Pb	
85	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	19,514	27.42	263	216	3.68	0.4187	2.68	9.748	5,040	1.3	3.93	38.2	1.25	855	78	<0.0017	1,421	As, Cd, Pb	
86	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	24,300	92.43	1,486	86.3	3.06	0.3097	3.16	1.935	3,351	1.6	1.50	19.3	0.560	155	39	0.3859	410	As, Cd, Pb	
87	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	19,991	188.7	>2 000	202	2.34	0.2102	3.98	6.405	7,527	5.1	4.69	33.1	2.08	260	42	0.1884	776	As, Cd, Pb	
88	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	23,592	93.27	1,200	558	4.09	0.3333	2.87	28.02	>10 000	3.6	4.09	20.0	40.1	1.61	2678	66	0.1919	2,960	As, Cd, Pb
89	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	18,343	31.54	254	71.1	1.95	0.2003	5.04	4.149	918	13	7.16	47.1	0.340	34.8	106	<0.0017	254	As, Cd, Pb, Hg	
90	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	14,460	152.1	1,756	304	2.44	0.2867	3.52	15.13	6,605	5.7	2.49	32.8	1.97	974	38	0.1528	1,482	As, Cd, Pb	
91	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	19,658	89.13	>2 000	210	2.34	0.3043	2.50	6.144	6,247	2.7	3.64	32.8	0.807	413	59	0.2037	868	As, Cd, Pb	
92	ARASCORGUE	Tahona Baja y Alta	12,772	14.65	293	66.6	2.36	0.3711	2.81	5.386	1,318	0.78	5.49	36.8	1.19	113	50	<0.0017	565	As, Cd, Pb	
93	ARASCORGUE	La Pastora	23,322	10.08	338	264	1.53	1.333	2.60	28.62	7,059	0.99	2.75	16.8	1.54	166	40	0.2944	4,720	As, Cd, Pb	
94	ARASCORGUE	La Pastora	7,758	16.27	>2000	1,160	0.378	1.089	1.55	67.08	>10 000	0.25	86.2	19.3	0.691	63.0	16	0.5002	>10 000	As, Ba, Cd	
95	ARASCORGUE	La Pastora	27,282	13.78	551	11.5	0.973	0.3009	0.860	3.015	1,372	0.53	8.34	2.97	0.705	92.7	27	0.1283	1,153	As, Cd, Pb	
96	ARASCORGUE	La Pastora	48,110	7.120	274	317	2.10	0.2661	3.72	65.20	>10 000	0.69	9.26	49.2	0.731	39.8	7.7	0.0600	>10 000	As, Cd	
97	ARASCORGUE	La Pastora	21,233	8.241	387	61.4	1.58	3.740	0.920	2.387	1,712	0.30	2.77	9.24	0.302	116	70	0.0790	1,218	As, Cd, Pb	
98	ARASCORGUE	La Pastora	11,965	11.23	177	74.7	0.732	0.5835	2.27	20.11	1,170	1.3	1.56	11.0	1.51	94.6	18	0.0648	4,714	As, Cd, Pb	
99	ARASCORGUE	La Pastora	7,211	116.1	>2000	215	0.572	2.242	1.22	31.71	>10 000	1.7	6.10	9.66	5.64	1,268	40	1.081	5,713	As, Cd, Pb	
100	ARASCORGUE	La Pastora	5,064	9.379	1,672	47.8	0.229	0.1070	0.228	18.92	47.7	0.21	2.25	1.55	3.63	1,567	23	0.0751	382	As, Cd, Pb	
101	ARASCORGUE	Qda. Mesa de la Plata	13,201	231.7	732	521	0.539	15.18	1.23	16.51	6,548	5.4	5.97	5.25	64.3	2,506	29	0.1662	3,195	As, Cd, Pb	
102	ARASCORGUE	Qda. Mesa de la Plata	4,432	175.7	598	545	0.261	14.83	0.946	33.69	5,448	4.7	3.43	3.25	52.4	3,004	19	0.1473	5,984	As, Cd, Pb	
103	ARASCORGUE	Qda. Mesa de la Plata	4,813	271.6	611	328	0.246	21.29	0.732	9.084	1,002	3.4	1.81	2.11	32.5	1,611	21	0.1562	2,199	As, Cd, Pb	
104	ARASCORGUE	Qda. Mesa de la Plata	3,581	202.2	617	119	0.231	27.13	0.446	44.76	>10000	3.0	2.23	7.09	29.6	3,053	17	0.3218	9191	As, Cd, Pb	
105	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	14,851	92.28	295	891	0.976	5.488	1.27	10.42	8,397	4.1	3.64	13.1	31.9	1,433	38	0.1308	2,562	As, Cd, Pb	
106	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	10,320	85.65	288	771	0.822	2.719	1.11	11.78	>10 000	1.5	3.00	12.4	15.7	1,342	33	0.1507	2,208	As, Cd, Pb, Ba	
107	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	13,260	52.12	284	445	1.22	3.267	0.780	18.41	>10 000	1.9	3.61	21.4	10.6	1,714	35	0.1867	3,344	As, Cd, Pb, Ba	
108	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	3,822	31.20	141	122	0.077	1.342	<0.180	0.1165	26.0	0.42	2.78	0.119	6.62	134	15	<0.0017	10.9	As, Pb	
109	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	12,729	165.0	352	504	0.691	8.859	1.04	8.890	5,536	19	2.91	8.15	40.3	1,410	33	0.1794	2,291	As, Ba, Cd, Hg, Pb	
110	ARASCORGUE	Ciudad Hualgayoc	7,699	103.2	250	449	0.392	4.672	2.03	3.231	1,191	7.3	8.06	4.26	23.4	1,258	20	0.3630	643	As, Cd, Hg, Pb	

111	ARASCOERGUE	Ciudad Hualgayoc	5,777	236.1	410	508	0.365	6.917	0.858	4.138	2,255	3.2	8.07	3.47	45.5	1,925	16	0.3187	902	As, Ba, Cd, Hg, Pb
112	ARASCOERGUE	Qda. Honda	16,175	42.67	>2000	266	0.750	10.55	0.421	20.64	>10000	0.48	5.37	27.8	6.15	569	104	1.107	3,019	As, Cd, Pb
113	ARASCOERGUE	Qda. Honda	10,667	29.85	>2000	178	0.559	6.070	1.34	2.420	8,794	1.3	3.96	9.29	9.94	927	80	0.3884	1,010	As, Cd, Pb
114	ARASCOERGUE	Qda. Honda	13,054	34.92	800	139	0.598	5.381	0.860	4.673	1,623	2.9	4.12	2.79	30.0	2,731	45	0.6153	1,316	As, Cd, Pb
115	ARASCOERGUE	Qda. Honda	12,083	31.75	701	410	0.428	4.038	1.16	7.703	>10000	3.6	3.65	9.22	12.5	1,040	49	0.2937	1,494	As, Cd, Pb
116	ARASCOERGUE	Qda. Honda	19,336	36.39	576	249	0.641	2.980	0.244	10.84	1,046	5.4	1.42	6.58	5.92	3,644	45	0.1173	1,817	As, Cd, Pb
117	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	30,986	27.43	852	257	1.47	4.652	1.51	24.89	>10 000	2.5	4.10	14.6	11.6	1,726	50	0.1932	1,727	As, Cd, Pb
118	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	34,196	26.77	987	68.8	2.19	2.040	2.25	5.367	1,184	0.95	2.37	11.8	14.6	1,171	52	0.2316	849	As, Cd, Pb
119	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	28,750	43.50	1,163	210	2.71	4.939	1.28	20.15	>10 000	1.7	6.74	19.6	12.4	1,647	55	0.2048	2,105	As, Cd, Pb
120	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	17,636	31.01	343	69.3	0.368	2.395	1.04	0.5587	709	1.1	0.815	1.35	2.13	457	9.6	0.0533	213	As, Pb
121	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	32,738	25.63	787	55.2	3.22	2.589	1.36	39.92	1,477	1.2	2.79	12.2	8.82	786	51	0.1716	1,041	As, Cd, Pb
122	ARASCOERGUE	Sector Molinopmapa	32,112	18.48	469	98.7	3.17	1.596	1.52	5.323	1,218	0.50	3.04	15.6	3.18	485	59	0.1068	961	As, Cd, Pb
123	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	13,731	488.7	1,034	468	1.01	40.76	0.822	4.932	1,497	12	3.01	12.5	38.3	1,981	27	0.3050	898	As, Cd, Pb, Hg
124	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	11,435	504.2	1,179	373	0.941	41.43	1.64	16.86	3,938	12	3.91	14.0	60.7	2,167	26	0.3257	2,324	As, Cd, Pb, Hg
125	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	16,172	310.4	850	289	1.06	24.23	2.24	7.733	2,620	9.3	3.33	15.0	47.1	1,282	29	0.3424	1,487	As, Cd, Pb, Hg
126	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	19,426	206.7	701	386	1.33	19.24	2.00	6.967	1,856	6.4	3.26	18.3	52.6	1,165	35	0.2922	1,361	As, Cd, Pb
127	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	22,107	14.32	83	55.3	1.51	2.385	2.00	2.122	924	0.66	1.73	3.42	8.91	158	33	0.0785	170	As, Cd, Pb
128	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	27,144	3.871	62	119	1.05	0.6260	0.714	0.8184	636	0.27	1.80	4.26	2.19	120	51	0.0498	176	As, Pb
129	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	24,839	9.447	89	56.5	1.06	1.815	1.83	1.310	502	0.42	1.30	5.54	8.03	208	46	0.0572	225	As, Pb
130	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	17,276	29.02	80	90.8	0.600	2.667	1.33	1.817	688	0.64	1.51	3.04	24.7	1,510	40	0.0695	337	As, Cd, Pb
131	MAYGASBAMBA	Qda. Sinchao	18,208	33.51	81	90.4	0.626	3.932	1.73	1.764	309	0.88	1.37	2.87	29.0	1,604	39	0.0931	301	As, Cd, Pb
132	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	8,817	258.7	>2000	3.55	<0.001	0.354	<0.180	0.1396	33	0.05	2.35	0.821	<0.006	121	139	<0.0017	118	As, Pb
133	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	27,125	131.4	>2000	10	0.193	0.6235	0.305	0.2723	55.3	0.27	1.59	1.83	1.18	130	83	<0.0017	138	As, Pb
134	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	38,812	5.949	1,057	333	1.59	0.3137	1.1	4.313	>10 000	0.28	7.67	7.79	0.912	121	14	0.4639	341	As, Cd, Pb
135	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	24,719	9.392	119	66.9	0.841	0.6528	1.86	2.354	4,223	0.37	2.06	3.83	1.84	105	18	<0.0017	332	As, Cd, Pb
136	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	20,238	39.12	330	102	0.647	5.26	4.66	2.51	1,713	0.92	2.73	9.34	9.49	267	33	0.1334	708	As, Cd, Pb
137	MAYGASBAMBA	Minera San Nicolas	20,178	95.41	>2000	93.2	1.09	3.123	2.2	6.971	1,616	1.2	2.48	12.1	10.3	303	33	0.269	1,652	As, Cd, Pb
138	PERLAMAYO	Rio Colorado	19,168	18.75	298	14.8	0.167	2.541	1.29	0.3958	97	0.27	3.29	2.82	2.78	254	13	0.0439	134	As, Pb
139	PERLAMAYO	Rio Colorado	3,248	234.6	>2000	21	<0.001	0.3394	<0.180	0.232	16	<0.03	29.3	0.546	<0.006	520	207	<0.0017	159	As, Pb
140	PERLAMAYO	Rio Colorado	4,068	131.4	1,673	83.7	0.056	20.48	1.69	2.303	213	0.81	13.9	2.73	13.5	927	29	1.295	804	As, Cd, Pb
141	PERLAMAYO	Rio Colorado	24,081	83.4	>2000	71.9	0.494	3.051	0.519	8.65	2,260	0.07	13.5	6.16	1.88	500	91	0.274	2,188	As, Cd, Pb
142	PERLAMAYO	Rio Colorado	10,707	67.2	1,245	77.1	0.29	13.21	2.1	1.253	218	0.85	9.36	1.9	15.6	858	26	0.806	512	As, Pb
143	PERLAMAYO	Rio Colorado	27,722	94.41	1,340	66.3	0.997	22.94	2.43	3.562	562	1.2	10.9	5.23	28.7	1,639	27	1.8	1,136	As, Cd, Pb
144	PERLAMAYO	Rio Colorado	36,614	105.9	1,300	111	1.39	16.02	1.99	8.394	9497	0.93	11.9	15.5	22.9	895	24	1.429	4,537	As, Cd, Pb
145	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	8,023	4.949	149	97.8	0.245	2.296	0.630	0.8641	55.8	0.57	9.78	0.912	2.18	170	16	<0.0017	160	As, Pb
146	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	5,874	6.491	159	64.7	0.119	1.932	0.771	0.4250	51.1	0.47	7.75	0.957	1.71	148	15	<0.0017	69.9	As, Pb
147	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	7,758	4.529	144	87.5	0.175	1.822	<0.180	0.5111	271	0.39	8.95	0.901	1.78	125	18	0.2017	97.6	As, Pb
148	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	10,082	5.412	165	109	0.201	2.314	0.566	0.6681	54.2	0.57	10.6	2.61	8.34	329	21	<0.0017	114	As, Pb
149	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	13,948	6.875	424	55.3	0.180	1.750	<0.180	<0.0007	15.8	0.30	5.63	0.533	2.41	122	26	<0.0017	11.0	As, Pb
150	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	13,223	11.43	591	63.9	0.175	2.378	<0.180	<0.0007	20.6	0.31	8.84	0.806	3.54	135	34	<0.0017	16.4	As, Pb
151	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	10,312	9.901	485	60.5	0.121	2.273	<0.180	<0.0007	11.8	0.35	7.74	0.601	4.74	198	28	<0.0017	11.4	As, Pb
152	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	8,957	20.24	613	39.9	0.082	1.966	<0.180	<0.0007	13.0	0.19	6.43	0.505	1.10	252	30	<0.0017	9.57	As, Pb
153	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	9,916	9.547	400	38.3	0.076	1.606	<0.180	<0.0007	9.36	0.21	5.73	0.481	2.10	147	26	<0.0017	7.60	As, Pb
154	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	10,779	8.046	263	50.3	0.111	1.709	<0.180	<0.0007	11.9	0.21	3.35	0.787	2.72	155	33	<0.0017	12.1	As, Pb
155	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	10,031	3.844	184	57.8	0.106	1.587	<0.180	<0.0007	12.2	0.21	2.10	0.916	3.31	166	24	<0.0017	12.7	As, Pb
156	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	12,481	7.041	366	68.6	0.132	2.104	<0.180	<0.0007	12.5	0.20	5.02	0.806	3.35	180	34	<0.0017	12.6	As, Pb
157	PERLAMAYO	Minera Tantahuatay	14,537	3.080	132	50.3	0.188	1.259	<0.180	<0.0007	59.4	0.19	2.65	1.32	2.62	94.0	43	<0.0017	20.9	As, Pb
ECA D.S. N°011-2017-MINAM.- Uso agricola			-----	-----	50	750	-----	-----	-----	1.4	-----	6.6	-----	-----	-----	70	-----	-----	-----	-----

## ANEXO 4

### Resultados de análisis de agua para consumo humano de la Provincia de Hualgayoc

N°	Microcuencas	Localidad	Distrito	Provincia	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	V	Zn
1	MAYGASBAMBA	COIMOLACHE ALTO	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.15	<0.001	0.02	0.03	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.07	<0.01	2.75	0	<0.002	5.9	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.02
2	MAYGASBAMBA	EL TÍNGO	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.12	<0.001	0.03	0.05	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.05	<0.01	7.6	0.01	<0.002	8.94	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.03
3	MAYGASBAMBA	PILANCONES	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.88	0.0021	0.03	0.02	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.09	<0.01	1.55	0.01	<0.002	2.96	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.05
4	ARASCORGUE	TAHONA ALTA	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.14	<0.001	0.02	0.03	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.03	<0.01	3.94	0	<0.002	6.01	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.02
5	ARASCORGUE	HUALGAYOC	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.04	<0.001	0.03	0.02	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.04	<0.01	5.6	0	<0.002	5.1	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.03
6	ARASCORGUE	HUALGAYOC	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.13	0.0014	0.02	0	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.03	<0.01	1.37	0	<0.002	5.83	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.03
7	MAYGASBAMBA	TAHONA	HUALGAYOC	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.07	<0.001	0.13	0.02	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.04	<0.01	0.95	0	<0.002	6.49	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.01
8	MAYGASBAMBA	LUCMA ALTA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.06	<0.001	0.13	0.01	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.04	<0.01	1.23	0	<0.002	3.99	<0.005	0.008	<0.02	<0.002	0.01
9	MAYGASBAMBA	LA MULLA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.55	<0.001	0.02	0.03	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.03	<0.01	0.96	0.07	<0.002	9.08	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.05
10	MAYGASBAMBA	LA MULLA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.05	0.0012	0.16	0.02	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.04	<0.01	2.28	0	<0.002	2.44	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.02
11	MAYGASBAMBA	CUMBE CHONTABAMBA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.06	<0.001	0.02	0.03	<0.002	0.001	<0.003	<0.001	0.01	0.03	<0.01	0.9	0	<0.002	4.38	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.02
12	ARASCORGUE	LA JALQUILLA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.1	0.0019	0	0.02	<0.002	0.001	<0.003	<0.001	0.01	0.06	<0.01	6.09	0	<0.002	4.83	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.03
13	ARASCORGUE	BAMBAMARCA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.07	<0.001	0.02	0.03	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.05	<0.01	1.46	0	<0.002	5.25	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.02
14	ARASCORGUE	BAMBAMARCA	BAMBAMARCA	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.09	<0.001	0.11	0.02	<0.002	0.001	<0.003	<0.001	0.01	0.08	<0.01	2.61	0	<0.002	3.13	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.02
15	PERLAMAYO	CHUGUR	CHUGUR	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.05	0.0077	0.13	0.03	<0.002	0.016	<0.003	<0.001	0.02	0.1	<0.01	2.05	0	<0.002	2.23	<0.005	0.01	<0.02	<0.002	0.08
16	PERLAMAYO	EL CHENCHO	CHUGUR	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.05	0.0019	0.01	0.01	<0.002	0.001	<0.003	<0.001	0.01	0.03	<0.01	0.45	0	<0.002	3.27	<0.005	<0.007	<0.02	<0.002	0.04
17	PERLAMAYO	C.P. RAMIREZ	CHUGUR	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.04	<0.001	0.18	0.05	<0.002	0.006	<0.003	<0.001	0.01	0.02	<0.01	5.45	0	<0.002	7.69	<0.005	0.045	<0.02	<0.002	0.02
18	PERLAMAYO	C.P. PAMPA GRANDE	CHUGUR	HUALGAYOC - BAMBAMARCA	0.04	0.0012	0.03	0.05	<0.002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.01	0.04	<0.01	7.69	0.01	<0.002	8.21	<0.007	<0.02	<0.02	<0.002	0.19
<b>LMP D.S. 031-2010-S.A.</b>					<b>0.2</b>	<b>0.010</b>	<b>1500</b>	<b>0.70</b>	<b>0</b>	<b>0.003</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.07</b>	<b>200</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

# ANEXO 5.


**Ministerio de Salud** | Instituto Nacional de Salud | Centro Nacional de Salud Ocupacional y Promoción del Ambiente para la Salud

"AÑO DEL BUEN SERVIDO AL CIUDADANO"

**INFORME DE RESULTADOS N° 2017 - CENSOPAS**

**1. DATOS DEL SOLICITANTE**

Entidad de Salud : DENISA CALAMARCA  
 Dirección : Av. Mario Urbino 399 - Casapampa  
 Expediente/Fecha : 164 N° 272-2016-AMNAM - 2016/09/08

**2. IDENTIFICACION PACIENTE/ MUESTRA**

Nombre :  
 Edad : 51  
 Código de muestra : L501 - B-17  
 Presentación/ Cantidad de muestra : 81 tubo con aproximadamente 2ml. de sangre, 01 tubo con aproximadamente 5ml. de suero y 01 frasco con aproximadamente 45ml. de orina  
 Lugar de muestra : P. S. Cuzco  
 Fecha de muestra : 2017-01-16  
 Fecha de ingreso al laboratorio : 2017-01-16  
 Fecha de inicio de análisis : 2017-01-16  
 Fecha de término de análisis : 2017-01-20

**3. RESULTADO DE LOS ANALISIS**

MUESTRA	RESULTADO DE ANALISIS			MÉTODO DE ANALISIS	VALOR DE REFERENCIA	LÍMITE DE TOLERANCIA BIOLÓGICA
	µg/L	µg/L	µg/g de creatinina			
Plasma en Sangre	<LOM			MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	< 20 µg Pb/L 99.9µg Pb/L 1000-10 µg Plomo (Pb) (µmol/L)	40 µg Pb/L (Orina) Adulterio : 80 µg Pb/L (Muestra < 2000 µmol/L)
Plasma de Orina	22.42	45.76		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L (Creat)	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L
Suero de Orina	<LOM	<LOM		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L (Creat)	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L
Muestra de Orina	<LOM	<LOM		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L (Creat)	< 10 µg Pb/L < 10 µg Pb/L

Las Antepápas N° 319 Urbanización San Eugenio-Lima, Teléfono 740000

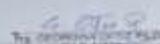
Informe de ensayo de resultados de análisis de metales en muestras biológicas de los pobladores de la Provincia de Hualgayoc


**Ministerio de Salud** | Instituto Nacional de Salud | Centro Nacional de Salud Ocupacional y Promoción del Ambiente para la Salud

Elemento de Orina	U/L	U/L	MÉTODO DE ANALISIS	LÍMITE DE TOLERANCIA BIOLÓGICA
Plasma en Orina	15.9		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	< 10 µg Pb/L
Suero de Orina	48.1		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	40-100 µg Pb/L
Suero de Suero	102.7		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	40-100 µg Pb/L
Suero de Suero	104.76		MT100000000 Tecnología de Inmunoensayo de Fluorescencia Indirecta (ELISA) con anticuerpos monoclonales de origen murino	40-100 µg Pb/L

L501 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L502 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L503 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L504 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L505 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L506 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L507 Analisis : 0.50 µg (µg/L)  
 L508 Analisis : 0.50 µg (µg/L)

M : Muestra individual  
 M1 : Muestra individual para análisis de metales  
 M2 : Muestra individual  
 S : Muestra de Creatinina de los tubos adicionales. Rango : 10-20 g/L a 12.00 µg/L (0.0000001200)

  
**DR. JUAN CARLOS GARCÍA**  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO  
 CENTRO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL Y PROMOCIÓN DEL AMBIENTE PARA LA SALUD  
 (CENSOPAS)

Lima, 02 de febrero de 2017

**VALORES DE REFERENCIA:**  
 1. Guía Práctica de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico por Imágenes del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica (INDEPRE) - 2012  
 2. Guía de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) - 2012  
 3. Guía de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) - 2012  
 4. Guía de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) - 2012  
 5. Guía de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) - 2012  
 6. Guía de Referencia de Laboratorio de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) - 2012

Las Antepápas N° 319 Urbanización San Eugenio-Lima, Teléfono 740000



## ANEXO 7.

Foto 01. Presentación de resultados de análisis de: metales en personas, agua, suelo y tejido vegetal a representantes del Congreso de la República – Comisión de pueblos indígenas



Foto 02. Presentación y exposición de resultados a representantes del Congreso de la República, MINSA, MINEM, ANA y OEFA



Foto 03 Y 04. Presentación de resultados a representantes del Congreso de la República, MINSA ANA, MINEM, OEFA y alcaldes distritales de Bambamarca, Hualgayoc y Chugur



## ANEXO 8.

### Catálogo de Fotos de toma de muestras para laboratorio e inspección de zonas de ámbito de pasivos mineros.

Foto 05. Lectura de parámetros de campo



Foto 06. Toma de muestras de agua para consumo



Foto 07. Inspección a SAPs



Foto 08. Toma de muestras de agua en reservorio



Foto 09. Pasivos mineros-campo de cultivo de pastos



Foto 10. Pasivos mineros-inspección de áreas: suelos desnudos, degradados



Foto 11. Pasivos mineros-socavón activo



Foto 12. Pasivos mineros-socavón activo drenando agua



Foto 13. Pasivos mineros-aguas acidas drenando a canal



Foto 14. Pasivos mineros-suelos degradados y presencia de aguas acidas



Foto 15. Pasivos mineros-socavón y suelo degradados



Foto 16. Pasivos mineros-aguas acidas en pequeños canales



Foto 17. Pasivos mineros-zonas de criaderos de ganado



Foto 18. Puesto de Salud el Tingo – zona de tamizaje



Foto 19. Georeferenciación de viviendas-  
presencia de aguas acidas cerca de vivienda



Foto 20. Georeferenciación de viviendas-socavón activo en zona  
de cultivo de pastos



Foto 21. Georeferenciación de viviendas-Rio con  
aguas color anaranjados muy cercanos a viviendas



Foto 22. Georeferenciación de viviendas-criadero de cerdos  
cercano a socavón



Foto 23. Visitas a familias tamizadas para Georeferenciación de viviendas-áreas de cultivo de pastos



Foto 24. Georeferenciación de viviendas-socavón clausurado al filo de carretera



Foto 25. Georeferenciación de viviendas-áreas de cultivo de pastos



Foto 26. Georeferenciación de viviendas-áreas de cultivo de papas.



Foto 27. Georeferenciación de viviendas-cultivo de hortalizas



Foto 28. Georeferenciación de viviendas-áreas de cultivo y suelos degradados



Foto 29. Georeferenciación de viviendas-áreas de cultivo las que son regadas con aguas de color rojo



Se puede observar aguas de color rojo drenando por la baja del terreno donde cultivan y riegan con estas mismas aguas.

