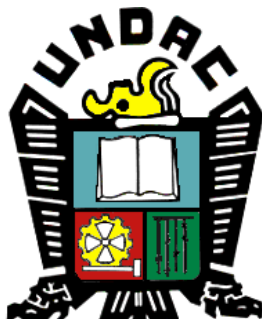


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha para determinar la incidencia probable de la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera - Distrito de Simon Bolivar- Cerro de Pasco – 2018**

**Para optar el título profesional de:**  
**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. Lucio Junior HUAMAN TORRES**

**Asesor: Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha para determinar la incidencia probable de la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera - Distrito de Simon Bolivar- Cerro de Pasco – 2018**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

\_\_\_\_\_  
**Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN**  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
**Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
**Mg. Lucio ROJAS VITOR**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mis padres Carlos y Beta quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque dios está siempre conmigo.

## **RECONOCIMIENTO**

A los docentes de la facultad de ingeniería ambiental, por la formación profesional desde primer semestre hasta el décimo semestre. Orientándome en la investigación científica.

A mis familiares, por las orientaciones y consejos a la mejora de la investigación.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron y harán de mí una mejor persona.

## RESUMEN

La actividad minera ejercida por las diversas empresas en el distrito de Simón Bolívar, se configuran en un problema socio-ambiental y económico para la provincia y el departamento de Pasco, y la intoxicación que derivan de los metales pesados se constituyen en un grave problema de salud pública. Por esta razón, nace el presente estudio, cuyo objetivo es evaluar el nivel de contaminación por metales pesados en muestras de cabello de la población infantil residente en el centro poblado de Paragsha para determinar el grado de incidencia probable a la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.

Las muestras de cabello fueron tomadas en niños y niñas del centro poblado de Paragsha, comunidad cercana a la planta minera de la compañía Cerro S.A.C, para analizar las concentraciones en el organismo, de veintiún (21) metales pesados previamente detectados en el ambiente: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, vanadio, talio y zinc. Se tomaron otras muestras del cabello de niños y niñas del distrito de Carhuamayo en la provincia y departamento de Junín, comunidad rural ubicada lejos del área minera, como muestra de control.

Como resultado se han encontrado altísimas concentraciones de metales pesados en los niños de Paragsha, respecto a las muestras de control: la concentración media de plomo encontrada es de 3,6 mg/Kg, es decir, cuatro veces superior al nivel medido en Carhuamayo y el 100% de los niños reportan altos niveles de este metal en su pelo. Manganeso (2,12 mg/Kg), aluminio (21,7 mg/Kg), cromo (0,27 mg/Kg), hierro (27,6 mg/ Kg), arsénico (0,39 mg/Kg), se

encontraron en altos niveles respecto a las muestras de control: síntoma de una severa contaminación ambiental que representa un riesgo severo para la salud de la población infantil y juvenil en una fase de crecimiento y desarrollo sensible. Algunos casos reportan bajas concentraciones de elementos esenciales como el selenio, cobre y sobre todo el zinc, los mismos que son síntomas de desnutrición que incrementan además la absorción de algunos metales tóxicos. El análisis de las muestras, fue posible gracias al apoyo, soporte técnico y logístico de la institución pasqueña Centro de Cultura Popular y al análisis de los estudios realizados por el equipo de Source International.

**Palabras clave:** Metales pesados, Población infantil, Actividades mineras.

## ABSTRACT

The mining activity carried out by the various companies in the district of Simón Bolívar, are configured in a socio-environmental and economic problem for the province and the department of Pasco, and the poisoning derived from heavy metals constitutes a serious problem of public health. For this reason, the present study was born, whose objective is to evaluate the level of heavy metal contamination in hair samples of the child population residing in the center of Paragsha to determine the degree of probable incidence of environmental exposure to substances. produced by mining activity. The hair samples were taken in children from the center of Paragsha, a community near the mining plant of the Cerro SAC company, to analyze the concentrations in the organism of twenty-one (21) heavy metals previously detected in the environment: aluminum, antimony, arsenic, barium, beryllium, boron, cadmium, cobalt, copper, chromium, tin, iron, manganese, mercury, molybdenum, nickel, lead, selenium, vanadium, thallium and zinc. Other hair samples were taken from boys and girls of the Carhuamayo district in the province and department of Junín, a rural community located far from the mining area, as a control sample. As a result, very high concentrations of heavy metals have been found in children in Paragsha, with respect to control samples: the average concentration of lead found is 3.6 mg / kg, that is, four times higher than the level measured in Carhuamayo and 100% of children report high levels of this metal in their hair. Manganese (2.12 mg / kg), aluminum (21.7 mg / kg), chromium (0.27 mg / kg), iron (27.6 mg / kg), arsenic (0.39 mg / kg), They were found at high levels with respect to the control samples: a symptom of severe environmental pollution that represents a severe risk to the health of children and young people in a phase of

sensitive growth and development. Some cases report low concentrations of essential elements such as selenium, copper and especially zinc, which are symptoms of malnutrition that also increase the absorption of some toxic metals. The analysis of the samples was made possible thanks to the support, technical and logistical support of the Pasqueña Institution Center of Popular Culture and the analysis of the studies carried out by the Source International team.

**Keywords:** Heavy metals, Child population, Mining activities.



## INTRODUCCIÓN

La ciudad minera de Cerro de Pasco está plagada de focos de contaminación que nadie se ha ocupado de mitigar, pues, existen lagunas de aguas envenenadas con residuos del procesamiento de los minerales y montañas de desechos mineros con restos de metales pesados, muchos de ellos se encuentran pegados a sitios poblados, como es el caso del desmonte de Paragsha. Esta herencia envenenada de la actividad minera se ha agravado desde que a mediados del siglo pasado se pasó de la explotación en socavón a la de tajo abierto. Un tajo que abarca una extensión de aproximadamente 7 hectáreas, con unos dos kilómetros de largo y hasta 400 metros de profundidad, ha engullido barrios enteros y ha partido en dos la ciudad.

En los últimos años ha aumentado considerablemente la preocupación por el riesgo para la salud que representa la exposición a metales pesados como el plomo mercurio, arsénico, aluminio, cobre, etc., ya que han demostrado tener efectos neurotóxicos, carcinogénicos y mutagénicos. La presencia de metales en el medio ambiente puede implicar un riesgo para la salud, especialmente en aquellos grupos de población más vulnerables entre los que se encuentran la población infantil, los ancianos y las gestantes.

La población infantil es especialmente susceptible a la exposición a tóxicos ambientales con respecto a los adultos, al poseer diferencias muy marcadas respecto de ellos; en primer lugar, los niños son más sensibles que los adultos a los efectos de dichos tóxicos debido a que presentan mecanismos de detoxificación más inmaduros. Otras características que aumentan la vulnerabilidad a este tipo de riesgos serían: físicas, de desarrollo (poseen determinadas etapas críticas de crecimiento), alimentarias (beben más volumen

de agua y consumen más alimentos) así como conductuales (contacto directo con el suelo y otras superficies, facilidad de llevarse todo a la boca, etc.). Es por ello que la población infantil constituye un grupo de estudio preferente en lo que concierne a exposición a contaminantes ambientales.

La exposición a bajas dosis de ciertos contaminantes en poblaciones no expuestas ocupacionalmente, especialmente niños y gestantes que residen en zonas mineras, como Paragsha, un barrio situado en la parte baja del tajo, constituye uno de los problemas más relevantes desde el punto de vista de la salud pública, ya que dicha exposición tiene lugar por vía respiratoria tras la inhalación de contaminantes procedentes de las emisiones, así como por vía digestiva a través del consumo de agua y alimentos contaminados.

A pesar de los planes elaborados por los gobiernos regionales y locales para mitigar los impactos ambientales derivados de la actividad minera de la zona, continúa la preocupación por parte de la población, derivada de la posible exposición a sustancias procedentes de la actividad minera.

## INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Identificación y determinación del problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Formulación del problema .....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos .....	4
<b>1.4. Formulación de objetivos.....</b>	<b>5</b>
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5
<b>1.5. Justificación de la investigación .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Limitaciones de la investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Antecedentes de estudio .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	13
<b>2.2. Bases teóricas – Científicas .....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Definición de metales pesados y características generales .....	18
2.2.2. Origen y distribución de los metales pesados estudiados .....	24
2.2.3. Fuentes de contaminación por metales pesados .....	25
2.2.4. Efectos de los metales en la salud.....	31
2.2.5. Matrices biológicas para medición de metales pesados .....	44
<b>2.3. Definición de términos básicos .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4. Formulación de Hipótesis .....</b>	<b>56</b>
2.4.1. Hipótesis General .....	56
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	56

<b>2.5. Identificación de variables .....</b>	<b>57</b>
2.5.1. Variable Independiente .....	57
2.5.2. Variable Dependiente.....	57
2.5.3. Variables intervinientes.....	57
<b>2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN....</b>	<b>66</b>
<b>3.1. Tipo de Investigación .....</b>	<b>66</b>
<b>3.2. Método de Investigación .....</b>	<b>66</b>
<b>3.3. Diseño de la Investigación.....</b>	<b>67</b>
<b>3.3. Población y Muestra .....</b>	<b>67</b>
3.3.1 Población.....	67
3.3.2. Muestra.....	68
3.3.3. Muestreo.....	69
<b>3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....</b>	<b>70</b>
<b>3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....</b>	<b>72</b>
<b>3.7. Tratamiento Estadístico .....</b>	<b>73</b>
<b>3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....</b>	<b>73</b>
<b>3.9. Orientación ética.....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>74</b>
<b>4.1. Descripción del trabajo de campo.....</b>	<b>74</b>
<b>4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>75</b>
4.2.1. Resultados promedio de las concentraciones de cada elemento en los niños de Paragsha y Carhuamayo.....	80
<b>4.3. Prueba de Hipótesis. ....</b>	<b>103</b>
<b>4.4. Discusión de resultados .....</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>RECOMENDACIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: <b>Características generales de los metales pesados</b> .....	18
TABLA N° 02: <b>Fuentes de contaminación de metales en los alimentos</b> ....	25
TABLA N° 03: <b>Efectos de los metales pesados en el ambiente y la salud</b>	40
TABLA N° 04: <b>Operacionalización de las variables</b> .....	59
TABLA N° 05: <b>Descripción de la muestra</b> .....	68
TABLA N° 06: <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	71
TABLA N° 07: <b>Estándares de referencia alemanes el laboratorio Micro Trace Minerals</b> .....	74
TABLA N° 08: <b>Porcentaje de sujetos de Paragsha que presentan concentraciones de metales por encima de los estándares de referencia.</b> .....	76
TABLA N° 09: <b>Porcentaje de sujetos de Carhuamayo que presentan concentraciones de metales por encima de los estándares de referencia.</b> .....	78
TABLA N° 10: <b>Concentraciones medias en los dos grupos de análisis Paragsha y Carhuamayo</b> .....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO N° 01: Porcentaje de niños de Paragsha que presentan concentración de metales mayores a los estándares de referencia. ....</b>	<b>77</b>
<b>GRÁFICO N° 02: Porcentaje de niños de Carhuamayo que presentan concentración de metales mayores a los estándares de referencia. ....</b>	<b>79</b>
<b>GRÁFICO N° 03: Comparación de la concentración de Aluminio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>82</b>
<b>GRÁFICO N° 04: Comparación de la concentración de antimonio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>83</b>
<b>GRÁFICO N° 05: Comparación de la concentración de arsénico en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>84</b>
<b>GRÁFICO N° 06: Comparación de la concentración de bario en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>85</b>
<b>GRÁFICO N° 07: Comparación de la concentración de berilio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>86</b>
<b>GRÁFICO N° 08: Comparación de la concentración de boro en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>87</b>
<b>GRÁFICO N° 09: Comparación de la concentración de cadmio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>88</b>
<b>GRÁFICO N° 10: Comparación de la concentración de cobalto en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>89</b>
<b>GRÁFICO N° 11: Comparación de la concentración de cromo en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>90</b>
<b>GRÁFICO N° 12: Comparación de la concentración de hierro en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>91</b>
<b>GRÁFICO N° 13: Comparación de la concentración de manganeso en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo .....</b>	<b>92</b>

<b>GRÁFICO N° 14: Comparación de la concentración de mercurio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>93</b>
<b>GRÁFICO N° 15: Comparación de la concentración de molibdeno en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>94</b>
<b>GRÁFICO N° 16: Comparación de la concentración de níquel en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>95</b>
<b>GRÁFICO N° 17: Comparación de la concentración de plomo en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>96</b>
<b>GRÁFICO N° 18: Comparación de la concentración de cobre en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>97</b>
<b>GRÁFICO N° 19: Comparación de la concentración de selenio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>98</b>
<b>GRÁFICO N° 20: Comparación de la concentración de estaño en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>99</b>
<b>GRÁFICO N° 21: Comparación de la concentración de talio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>100</b>
<b>GRÁFICO N° 22: Comparación de la concentración de vanadio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>101</b>
<b>GRÁFICO N° 23: Comparación de la concentración de zinc en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo.....</b>	<b>102</b>

## **CAPÍTULO I.**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La actividad minera ejercida por las diversas empresas en el distrito de Simón Bolívar, se configuran en un problema socio-ambiental y económico para la provincia y el departamento de Pasco, y la intoxicación que derivan de los metales pesados se constituyen en un grave problema de salud pública.

La historia no es reciente, desde el año 1900 llega la Cerro de Pasco Cooper Corporation, empresa norteamericana que inicia el arrojado de relave minero a la laguna de Quiulacocha e iniciando con ello su desaparición y el éxodo de especies de aves y roedores, así como la muerte de truchas y ranas. Luego de la nacionalización de empresas durante el gobierno militar, aparece CENTROMIN PERÚ, que, con una vorágine bestial, explota a tajo abierto el mineral cerreño destruyendo a la “Ciudad Real de Minas” y



dejando como triste recuerdo un inmenso forado y cerros artificiales de desmonte minero, dañando los ojos de agua de Champamarca y destruyendo la pequeña quebrada de Excelsior. En 1999, Volcan Cía. Minera, luego de un cuestionado proceso de licitación por el gobierno fujimorista, adquiere la unidad económica y productiva minera de Paragsha, explotando hasta la actualidad el Tajo Abierto “Raúl Rojas” y las minas del entorno, con la amenaza de desaparecer la antigua ciudad del Cerro de Pasco y los barrios añejos de Ayapoto y Champamarca, así como ampliar la relavera de Ocroyoc y continuar con la construcción de una planta para “tratar material oxidado” en el Cerro Shuco.

La contaminación que viene generándose en la ciudad del Cerro de Pasco, específicamente en Paragsha, tiene relación directa con el desarrollo de la actividad minera y por la presencia de los pasivos ambientales expuestos al aire libre. En el departamento de Pasco existen 453 pasivos ambientales mineros identificados, de los cuales, dentro del distrito de Simón Bolívar, se encuentran alrededor de veintitrés (23) pasivos ambientales (según Resolución Ministerial N°102-2015-MEM/DM, de fecha 09 de marzo del 2015), siendo los más relevantes el desmonte Excelsior y la Relavera de Quiulacocha.

Los metales pesados tienen efectos tóxicos en los seres humanos cuando hay exposiciones agudas a altos niveles de los mismos o exposiciones crónicas a bajos niveles durante períodos prolongados de tiempo. En la ciudad de Cerro de Pasco, la actividad minera para la extracción de estos

metales, ha generado la preocupación de que los habitantes de esta ciudad pudieran estar expuestos a niveles de plomo y otros metales pesados por encima del promedio.

Por esta razón, nace el presente estudio, cuyo objetivo es evaluar la presencia de metales pesados a través de un biomonitoreo en muestras de cabello de la población infantil del centro poblado de Paragsha para determinar el grado de incidencia probable de la exposición ambiental producida por la actividad minera. Los daños causados por la minería son evidentes e incuestionables, pero es necesario documentarlos con datos científicos, para denunciar los múltiples delitos ambientales que se están cometiendo en este territorio tan frágil y vulnerable y para hacer visible las docenas de violaciones a los derechos humanos fundamentales, que la población local sufre desde más de 100 años.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La delimitación de la investigación es buscar y evaluar el ambiente por metales pesados en la población infantil del centro poblado de paragsha para determinar la incidencia probable de la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.

Para investigar la situación de salud de los niños y niñas, se analizaron la concentración de los metales en el cabello (el pelo es el tejido analizado, porque es un bioindicador de la exposición crónica a los metales tóxicos incorporados durante el proceso de crecimiento), de lo cual determinar el grado de exposición humana, frente a estas sustancias producidas por la actividad minera, que alteran los procesos bioquímicos del organismo. Se

tomaron otras muestras del cabello de niños y niñas del distrito de Carhuamayo en la provincia y departamento de Junín, comunidad rural ubicada lejos del área minera, como muestra de control.

Todo esto, fue posible gracias al apoyo, soporte técnico y logístico de la institución pasqueña Centro de Cultura Popular y al análisis de los estudios realizados por el equipo de Source International.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

- ¿Qué relación existe entre la presencia de metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha y la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se puede determinar el grado de incidencia de la exposición ambiental producida por la actividad minera?
- ¿El nivel de la concentración de metales están dentro de los límites establecidos en los estándares de referencia?
- ¿El nivel de concentración de metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha presenta algún riesgo para la salud?
- ¿Qué información actualizada se tiene y que sirva de base para la evaluación y el ajuste de las políticas, programas, proyectos y

acciones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del centro poblado de Paragsha?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

- Evaluar el nivel de contaminación por metales pesados en muestras de cabello de la población infantil residente en el centro poblado de Paragsha para determinar el grado de incidencia probable a la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la diferencia entre dos grupos de estudio, con alta exposición a la actividad minera (Paragsha) y baja exposición a la actividad minera (Carhuamayo) para determinar si existe relación entre el nivel de contaminación por metales pesados y exposición ambiental producida por la actividad minera.
- Evaluar el nivel de concentración de metales pesados en los grupos de Paragsha y de Carhuamayo para determinar si cumplen con los Estándares de Referencia Alemanes del laboratorio alemán Micro Trace Mineral para niños.
- Evaluar los efectos que causan los metales pesados en la salud de la población infantil del centro poblado de Paragsha.

- Proporcionar una base de datos que permita generar información técnica para diseñar estudios complementarios y para que las autoridades implementen y fortalezcan acciones de control orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del centro poblado de Paragsha.

### **1.5. Justificación de la investigación**

En la ciudad de Cerro de Pasco, la actividad minera para la extracción de plomo, plata, zinc y otros metales, ha generado la preocupación de los habitantes del centro poblado de Paragsha, ya que posiblemente pudieran estar expuestos a niveles de metales pesados por encima de los límites máximos permisibles.

Los metales pesados al ingresar al cuerpo humano provocan efectos tóxicos independientemente de cuál sea la vía de exposición, para determinar la concentración de metales pesados la investigación se enfocará en evaluar la exposición de los infantes y adolescentes, como grupos más vulnerables a las sustancias tóxicas, considerando solamente un específico rango de edad entre los 5-14 años. En comparación con los adultos, los niños y preadolescentes, suelen estar más expuestos a las toxinas ambientales, como consecuencia de sus comportamientos y tienen mayores tasas de absorción y menor capacidad de desintoxicación. Por ello, son más vulnerables a la exposición del plomo, mercurio y otros agentes tóxicos, porque por unidad de peso, comen, beben y respiraran de tres a cuatro veces más que los adultos.

El presente estudio de investigación tiene como finalidad realizar una evaluación del nivel de concentración de metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha para determinar si la concentración de éstos tiene relación con el entorno en el que viven.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones de la presente investigación son las siguientes:

- Falta de recursos económicos para realizar análisis químico.
- Falta de información bibliográfica referente al tema.
- Algunas restricciones para el uso de análisis del cabello, pues, tiene algunas limitaciones ligadas a los contaminantes externos, como los productos cosméticos y farmacéuticos, los contaminantes aéreos, sebo y sudor, que se depositan arriba del cabello.
- Falta de conocimiento científico específico sobre la cinética de incorporación de los metales en el cabello; datos epidemiológicos insuficientes para predecir efectos en la salud ligados a una determinada concentración de cada elemento en el pelo.

A pesar de estas limitaciones, el cabello tiene una buena herramienta de detección, para evaluar la incidencia probable de la exposición ambiental y para justificar estudios más extensos. Tomando en cuenta todas las ventajas y desventajas de uso de muestras de cabello, este análisis es considerado como un primer paso en la evaluación del riesgo para la salud de la población de Paragsha.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Como referencia de la investigación se ha recurrido a estudios realizados a nivel internacional y nacional.

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

- a. Lisboa, Klarian, Campos e Iglesias (2016) “Proximidad de residencia a un sitio de almacenamiento de mineral antiguo en Chile y nivel de plomo en sangre en los niños”.**

##### **Resumen**

El objetivo es determinar la asociación entre la concentración de plomo en sangre y la distancia entre la vivienda actual y el antiguo sitio de acopio. Estudio de tipo transversal, con una población de

185 niños y niñas de 7 a 16 años de edad, la variable dependiente fue la concentración de plomo sanguínea, la variable de exposición fue la distancia entre la vivienda y antiguo sitio de acopio, la distancia fue medida en metros mediante el sistema de información geográfica (SIG). La concentración de plomo en sangre fue 3.3ug, con una relación inversa y significativa entre la distancia de la vivienda al antiguo sitio de acopio y la concentración de plomo sanguíneo. Los antiguos sitios de acopio de minerales siguen siendo una fuente de exposición al plomo.

**b. Flores, Rico, Núñez, García, Carrizales, Ilizaliturri, Díaz (2012)**  
**“Exposición Infantil al Plomo en sitios Contaminados” en México.**

**Resumen**

El objetivo es determinar el grado de la exposición infantil al plomo en diversos tipos de sitios contaminados en cuatro zonas de México. Estudio de tipo correlacional, se cuantificó plomo en polvo y se realizó un biomonitoreo humano en niños de la comunidad. Los valores de plomo en polvo exterior superaron el límite establecido de 400 mg/kg para suelos residenciales en un intervalo de valores para los cuatro sitios de 62 a 5 167 mg/kg. En cuanto al monitoreo biológico todas las poblaciones presentaron valores extremos desde los 22 ug/dL en Cedral, 31 ug/dL en Morales, 32 ug/dL en Avalos, hasta 52 ug/dL en Trinidad, siendo importante que se encontró una correlación significativa entre los valores de



plomo en polvo y en sangre en todos los sitios de estudio. Estos sitios son un ejemplo de los riesgos en la salud relacionados con la exposición a plomo.

**c. Rodríguez y Espinal (2008) “Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana”.**

**Resumen**

El objetivo es determinar los niveles de plomo en sangre en escolares en edades de 2 a 10 y su relación con los factores de riesgo asociados existentes en el Barrio Villa Francisca. El estudio fue de tipo descriptivo transversal, para la recolección de datos se aplicó el formulario diseñado para este estudio en donde se recogían las variables sociodemográficas, historia de enfermedad actual y anterior, historia de exposición a factores de riesgo, entre otras y para el análisis de sangre se tomó una muestra de 5cc de sangre, evaluada con la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica en horno de grafito. El estudio se realizó en los niños de 2 a 10 años, para la selección de la muestra se utilizó el muestreo aleatorio estratificado de asignación proporcional al tamaño y un nivel de confianza del 95%, una prevalencia esperada de contaminación por plomo del 30% y el peor resultado esperado de 40% y para la selección de las viviendas se utilizó un mapa cartográfico del sector de Villa Francisca de la Oficina Nacional de

Estadísticas (ONE). De las 80 muestras tomadas la media de los valores de Plomo en sangre de los niños fue de 16.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (mín. = 1.4 y máx. = 61.9), la desviación estándar 17.7 y la mediana 5.1; al evaluar los factores de Riesgo se evidenció que el 85.7 % de las viviendas tenían un taller de mecánica, desabolladora y/o pintura automotriz en un perímetro de 0-50 metros; de los factores de riesgo personales de exposición al plomo investigados en este estudio, el 54 % (34) de las madres refirió que sus niños juegan con tierra y juguetes de metal, el 23% (15) refirió que no se lavan las manos antes de comer; en relación al tipo de vivienda en que habitan los niños, el 71.4% (45) está en buen estado el 1.6% (1) está en regular estado y el 27% (17) vive en casas en mal estado. Niveles promedio de plomo en sangre elevados, 16.5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , la media de estos valores se coloca por encima de la norma establecida por los organismos reguladores de la salud 15 y 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  según la OMS y el CDC, los resultados de este estudio señalan la necesidad de reforzar la iniciativa de reducir la exposición de los niños a las fuentes de exposición conocidas, en especial a los talleres de mecánica y pintura con la finalidad de reducir los niveles de plomo en sangre en la población.

**d. González, Bedolla, Arrollo, y Manzanares (2008) “Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos”.**

**Resumen**

El objetivo es determinar la influencia de varios factores, tales como edad, sexo, dieta y contaminación del aire. La población total fue de 253 infantes que habitan en Vetagrande, se determinó un tamaño de muestra de 80 bajo los siguientes supuestos: Nivel de significancia 95 %, proporción de los niños afectados 5 %. La determinación de plomo en sangre se realizó mediante la técnica de Voltamperometría de redisolución anódica de plomo en sangre. De los 80 niños analizados, 36 tienen niveles inferiores a 10 µg/dL, es decir, 45% de los infantes están en la Categoría I, la cual se considera como aceptable. Los menores de 11 años son los más afectados, debido a que tienen mayor interacción con el suelo. De los 80 niños analizados, cuarenta y cuatro presentan niveles superiores a 10 µg/dL, es decir, 55% de los infantes están en la categoría II y III, las cuales se consideran tóxicas o de envenenamiento. La concentración promedio en general de plomo en sangre fue de  $13,6 \pm 7,7$  µg/dL. Con este dato podemos establecer que en promedio todos los niños presentan un nivel de intoxicación que los ubica en la categoría II, ya que superan los 10 µg/dL. Bajo la prueba de t-student, la diferencia encontrada entre el grupo de niños y niñas no es estadísticamente significativa ( $p=0.05$ ). La probable explicación de esta diferencia se atribuye a la ausencia de pavimentación y la concentración de plomo en suelo, son los causantes de la contaminación por este metal de los niños de Vetagrande, Zacatecas.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

a. **Laura Conklin MD, Carlos A. Sánchez MD. (2007):**

**“Exposiciones a metales pesados en niños y mujeres en edad fértil en tres comunidades mineras Cerro de Pasco, Perú. Cerro de Pasco 2007”.**

#### **Resumen**

Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente utilizando mapas del 2006 del Distrito de Chaupimarca, el Asentamiento Humano “Ayapoto” y el Centro Poblado Menor “Paragsha”. Se tomaron muestras biológicas (de sangre y orina) de participantes de cada comunidad. Se realizaron pruebas rápidas en gota de sangre seca para determinar los niveles de hemoglobina por espectrofotometría con equipos Hemocue®, así como para detectar la presencia de plomo por voltimetría de redisolución anódica (ASV) con equipos LeadCarell®

Los resultados de estos análisis de 14 metales pesados en las muestras de sangre, suelo y orina recogidas de participantes que viven en las comunidades de Chaupimarca, Ayapoto y Paragsha indican una alta prevalencia de intoxicación por metales pesados. Determinamos que el 53% de niños y el 9% de mujeres en edad fértil tenían niveles elevados de plomo en la sangre ( $=10\mu\text{g/dL}$ ). El 63% de niños y el 70% de mujeres en edad fértil tenían niveles elevados de cesio (superiores al percentil 95 de NHANES), y el 71% de ambos niños y mujeres en edad fértil tenían niveles elevados de talio (superiores al percentil 95 de NHANES). Además,

el 91% de niños y el 82% de mujeres en edad fértil tenían niveles más altos que lo normal de por lo menos algún metal pesado (plomo, cadmio, mercurio, bario, berilio, cobalto, molibdeno, arsénico total, antimonio, platino, tungsteno o uranio) en sangre u orina. Los resultados de tres metales pesados, el berilio, el platino y el uranio, estuvieron por debajo del límite de detección (LOD) del instrumento de medición tanto para los niños como para las mujeres en edad fértil. De 11 (79%) metales pesados analizados, la mayoría (>50%) de todos los participantes tenían concentraciones inferiores a los valores de referencia citados.

En el cohorte de los niños, residentes de Paragsha, el nivel de plomo en el suelo >400ppm, el grupo de edad (específicamente de 1-4 años), vivían con un familiar que trabajaba en la mina, la ingestión de tierra o pedazos de pintura (pica) y el ayudar con el lavado de ropa. Entre las mujeres en edad fértil, otros factores de riesgo para BLL =10µg/dL incluyen: ser residente de Paragsha, residir en viviendas con niveles de plomo en el suelo >400ppm, el grupo de edad (específicamente de 15-25 años), y lavar ropa también fueron factores de riesgo asociados a la presencia de niveles elevados de plomo en la sangre.

El análisis de 93 muestras de suelo, polvo y agua tomadas de 40 áreas públicas y 53 viviendas revela una contaminación generalizada de plomo en Chaupimarca, Paragsha y Ayapoto.

Aunque el plomo y otros metales pesados pueden existir naturalmente en los suelos de Cerro de Pasco, las actividades mineras pueden crear rutas de exposición adicionales para la exposición humana.

**b. Anticona, Bergdahl y San Sebastián (2012)” Exposición al plomo en niños de comunidades indígenas de la cuenca del Amazonas en el Perú”.**

**Resumen**

El objetivo es evaluar los posibles factores de riesgo asociados con los niveles de plomo en la sangre entre los niños de dos comunidades de la cuenca del río Corrientes en la Amazonia Peruana. Se estudiaron de manera sistemática los niveles de Plomo, la concentración de hemoglobina y las medidas antropométricas en niños de 0 a 17 años. A través de un cuestionario efectuado a los padres se recopiló datos sobre la vivienda, la familia y los niños. El análisis estadístico incluyó el análisis descriptivo y de dos variables. También se llevaron a cabo análisis de regresión logística y lineal múltiple usando ecuaciones predictivas generales para determinar los factores de riesgo asociados. Se trazó un mapa de cada comunidad para examinar la distribución espacial de los niveles de Plomo. De 208 niños (88 de 23 hogares de la comunidad de Peruanito y 120 de 28 hogares de Santa Isabel), 27,4% presentaron niveles de Plomo > 10 µg/dL. La media geométrica ( $\pm$  desviación estándar) de los niveles de PbS

fue  $8,7 \mu\text{g/dL} \pm 4,0$  (amplitud 3,0 a 26,8  $\mu\text{g/dL}$ ). En la población total, el análisis de regresión lineal indicó que la edad se asociaba de manera positiva con los niveles de plomo ( $P < 0,05$ ). El análisis de regresión logística demostró que los varones presentaron una probabilidad 2,12 veces mayor de tener niveles de plomo  $> 10 \mu\text{g/dL}$  que las niñas ( $P < 0,05$ ). En los niños de ambos sexos de 0 a 3 años, aquellos cuyas madres tuvieron niveles de plomo  $> 10 \mu\text{g/dL}$  presentaron 45,0% más probabilidades de exhibir niveles de plomo  $> 10 \mu\text{g/dL}$  que los niños cuyas madres tuvieron niveles de plomo  $< 10 \mu\text{g/dL}$  ( $P < 0,05$ ). **Conclusión:** La mayor edad, el sexo masculino y niveles maternos de plomo  $> 10 \mu\text{g/dL}$  fueron los principales factores de riesgo de presentar niveles elevados de plomo. El mayor riesgo en los varones de 7 a 17 años sugiere que en este grupo la exposición podría relacionarse con actividades específicas, como la pesca y la caza.

**c. Astete, Cáceres, Gastañaga, Iselle, Oblitas, Parí y Rodríguez (2009) “Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros”.**

**Resumen**

El objetivo es determinar los niveles de plomo y otros problemas de salud en menores de 10 años residentes en las comunidades de Quiulacocha y Champamarca - Pasco. Se incluyó a todos los niños de ambas comunidades altoandinas aledañas a relaves mineros. El estudio fue de tipo observacional transversal, se realizó

medición de los niveles de plomo y hemoglobina en sangre, así como la evaluación antropométrica y del desarrollo psicomotor. La población estuvo constituida por 236 niños, se incluyó a todos los niños menores de 10 años con un tiempo de residencia mayor a un año en ambas localidades. Para la evaluación de niveles de plomo se extrajo 5ml de sangre venosa para analizar usando el método de absorción atómica, se consideró como niño con intoxicación por plomo a aquellos que tenían valores mayores o iguales a 10  $\mu\text{g/dL}$ . Para determinar el estado nutricional se midió el peso y talla siguiendo las recomendaciones del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, se usó el indicador talla para la edad (T/E) por debajo de dos desviaciones estándar. Los datos fueron ingresados a una base de Excel y procesados con el paquete estadístico SPSS v. 12.0, se calcularon las medias y porcentajes según correspondían, se usó el  $\chi^2$  y la prueba exacta de Fisher para evaluar la asociación entre la presencia de intoxicación plúmbica y las otras variables medidas. Los valores de plomo son de  $15,79 \pm 4,85 \mu\text{g/dL}$ , con un valor mínimo de  $6,17 \mu\text{g/dL}$  y un máximo de  $34,53 \mu\text{g/dL}$ . La prevalencia de intoxicación por plomo fue en promedio de 85,8%, de 89,2% en Quiulacocha y 82,8% en Champamarca ( $p=0,17$ ). Las poblaciones aledañas a relaves mineros presentan altos niveles de intoxicación plúmbica en niños menores de 10 años, además de presentar desnutrición crónica, anemia, parasitosis y cierto retardo en el desarrollo psicomotor.



## 2.2. Bases teóricas – Científicas

### 2.2.1. Definición de metales pesados y características generales

Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn). En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, por ejemplo el organismo requiere de hierro, cobalto, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Otros en cambio no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre.<sup>1</sup>

TABLA N° 01: *Características generales de los metales pesados*

Metal	Características
<b>Aluminio</b>	El aluminio es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio, pero nunca como metal libre. Debido a su elevada proporción resistencia-peso es muy útil para construir aviones, vagones ferroviarios y automóviles, y para otras aplicaciones en las que es importante

<sup>1</sup>Londoño Franco Luis Fernando [et.Al]. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 14 No. 2 (145-153).2016

	la movilidad y la conservación de energía. Por su elevada conductividad térmica, el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna.
<b>Antimonio</b>	Es de color blanco azulado y frágil. Entre los compuestos importantes del antimonio están el tártaro emético, un tartrato doble de antimonio y potasio utilizado como agente medicinal; el sulfuro de antimonio rojo, utilizado en fósforos de seguridad y para vulcanizar caucho; el cristal de antimonio, una mezcla de sulfuro y óxido de antimonio, utilizado como pigmento amarillo en el vidrio y la porcelana, y la manteca de antimonio, tricloruro de antimonio, utilizada para broncear el acero, como mordiente en los tintes y como sustancia cáustica en medicina.
<b>Arsénico</b>	En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el arsenopirita y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel, anticorrosivos, vidrio, cerámica, pinturas, pigmentos, medicamentos. En alimentación animal como factor de crecimiento, gases venenosos de uso militar, etc.
<b>Bario</b>	Es un elemento blando, plateado y altamente reactivo. El bario metálico tiene pocas aplicaciones prácticas, aunque a veces se usa para recubrir conductores eléctricos en aparatos electrónicos y en sistemas de encendido de automóviles. El sulfato de bario ( $BaSO_4$ ) se utiliza también como material de relleno para los productos de caucho, en pintura y en el linóleo. El nitrato de bario se utiliza en fuegos artificiales, y el carbonato de bario en venenos para ratas. Una forma de sulfato de bario, opaca a los rayos X, se usa para examinar por rayos X el sistema gastrointestinal.
<b>Berilio</b>	Es un elemento metálico, gris y frágil, se le llama berilio por su mineral principal, el berilo, un silicato de berilio y aluminio. Muchas piezas de los aviones supersónicos están hechas de aleaciones de berilio, por su ligereza, rigidez y poca dilatación. Otras aplicaciones utilizan su resistencia a los campos magnéticos, y su capacidad para no producir chispas y conducir

	<p>la electricidad. El berilio se usa mucho en los llamados sistemas de multiplexado. El berilio y su óxido se utilizan cada vez más en la industria. También se usa en ordenadores o computadoras, láser, televisión, instrumentos oceanográficos y cubiertas protectoras del cuerpo.</p>
<b>Boro</b>	<p>En sus compuestos, el boro actúa como un no metal, pero a diferencia de casi todos los no metales, el boro puro es un conductor eléctrico, como los metales y el carbono (grafito). El boro tiene importantes aplicaciones en el campo de la energía nuclear. Se utiliza en los detectores de partículas, y debido a su alta absorción de neutrones se utiliza como absorbente de control en los reactores nucleares y como material constituyente de los escudos contra neutrones.</p>
<b>Cadmio</b>	<p>Es relativamente raro en la naturaleza se asocia al zinc. Es de color blanco ligeramente azulado. Naturalmente no se encuentra en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinado de los minerales de zinc. El cadmio se usa en pinturas, plásticos, pilas, baterías, abonos, soldaduras, asbestos, pigmentos, barras (reactores nucleares), farmacéutica, fotografía, vidrio, porcelana, etc.</p>
<b>Cobalto</b>	<p>Es un elemento metálico, magnético, de color blanco plateado, usado principalmente para obtener aleaciones. El cobalto aparece en forma de arseniuro (<math>\text{CoAs}_2</math>), conocido como esmaltita; como sulfoarseniuro de cobalto (<math>\text{CoAsS}</math>), también llamado cobaltina, y como arseniato hidratado de cobalto (<math>\text{Co}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}</math>), conocido como eritrita. El cobalto 60 se utiliza ampliamente en la industria y en la terapia radioisotópica. Las aleaciones resistentes a la temperatura, llamadas superaleaciones, contienen cobalto y se emplean en la industria y en las turbinas de los aviones. Una aleación con acero llamada acero de cobalto se utiliza para fabricar imanes permanentes.</p>
<b>Cromo</b>	<p>Es un elemento metálico de color gris, que puede presentar un intenso brillo. El cromo puede reemplazar en parte al aluminio o al hierro en muchos minerales a los que da sus exclusivos</p>

	<p>colores. Muchas de las gemas preciosas deben su color a la presencia de compuestos de cromo. Principalmente se utiliza en la creación de aleaciones de hierro, níquel o cobalto. Al añadir el cromo se consigue aumentar la dureza y la resistencia a la corrosión de la aleación.</p>
<b>Hierro</b>	<p>Es un elemento metálico, magnético, maleable y de color blanco plateado. El principal mineral de hierro es la hematites. También existen pequeñas cantidades de hierro combinadas con aguas naturales y en las plantas; además, es un componente de la sangre. La mayor parte del hierro se utiliza en formas sometidas a un tratamiento especial, como el hierro forjado, el hierro colado y el acero. Comercialmente, el hierro puro se utiliza para obtener láminas metálicas galvanizadas y electroimanes. Los compuestos de hierro se usan en medicina para el tratamiento de la anemia, es decir, cuando desciende la cantidad de hemoglobina o el número de glóbulos rojos en la sangre.</p>
<b>Manganeso</b>	<p>Es un elemento metálico, frágil, de aspecto blanco plateado. El metal manganeso se corroe en aire húmedo y se disuelve en ácidos. El manganeso puro se obtiene por la combustión de la pirolusita (dióxido de manganeso) con polvo de aluminio, o por la electrólisis del sulfato de manganeso. Este metal no se da en la naturaleza en estado puro, excepto en los meteoritos, pero se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo en forma de menas como la rodocrosita, la franklinita, la psilomelana y la manganita. El uso principal del manganeso es la formación de aleaciones de hierro, obtenidas mediante el tratamiento de pirolusita en altos hornos con hierro y carbono.</p>
<b>Mercurio</b>	<p>Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente. Forma soluciones- amalgamas con otros metales (oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio), se encuentra comúnmente como sulfuro, también como rojo de cinabrio, en menor abundancia metalcinabrio negro y el menos común cloruro de mercurio. Se usa en empastes dentales, fabricación de pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos (baterías, conmutadores), pinturas, catálisis, agricultura (fungicidas, pesticidas), productos farmacéuticos, pulpa, papel, cosméticos,</p>

	cremas y jabones para la piel y drogas herbales, termómetros clínicos. Y en minería de oro, cobre, plata y carbón cientos de toneladas, por su facilidad de formar amalgamas y así extraerlos fácilmente.
<b>Molibdeno</b>	Es un elemento metálico con propiedades químicas similares a las del cromo. El molibdeno no existe libre en la naturaleza, sino en forma de minerales, siendo los más importantes la molibdenita y la wulfenita. El metal se usa principalmente en aleaciones con acero. Esta aleación soporta altas temperaturas y presiones y es muy resistente, por lo que se utiliza en la construcción, para hacer piezas de aviones y piezas forjadas de automóviles.
<b>Níquel</b>	De aspecto blanco plateado, utilizado principalmente en aleaciones. El níquel aparece en forma de metal en los meteoritos. También se encuentra, en combinación con otros elementos, en minerales como la garnierita, milerita, niquelita, pentlandita y pirrotina, siendo estos dos últimos las principales menas del níquel. El níquel se usa principalmente en aleaciones, y aporta dureza y resistencia a la corrosión en el acero. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.
<b>Plomo</b>	De color azulado, Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. En la industria, los compuestos más importantes son óxidos y tetraetilo de plomo, forma aleaciones con estaño, cobre, arsénico, bismuto, cadmio y sodio. El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo. Se usa como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, en monitores de computadores y pantallas de televisión, joyería, latas de conserva, tintes para el pelo, grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, plomadas, armamento, radiación atómica, insecticidas, etc.

<p style="text-align: center;"><b>Cobre</b></p>	<p>Es un metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, eléctricas, físicas y mecánicas, además de su abundancia. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. El cobre se usa en equipo eléctrico, maquinaria industrial, construcción, en aleaciones de bronce: latón, níquel, clavos, pernos, objetos decorativos, tuberías, techos, monedas, utensilios de cocina, joyería, muebles, maquillaje, pinturas, instrumentos musicales y medios de transporte.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Selenio</b></p>	<p>Químicamente se asemeja al azufre y está relacionado con el telurio. El selenio gris es conductor de la electricidad; esta conductividad aumenta con la luz y disminuye en la oscuridad. Esta propiedad se aprovecha en el funcionamiento de diversos aparatos fotoeléctricos. En forma de selenio rojo o seleniuro de sodio, se utiliza para colorear de rojo escarlata vidrios, barnices y esmaltes. También se emplea a gran escala para eliminar colores en el vidrio, ya que neutraliza el tinte verdoso producido por compuestos de hierro (ferrosos). A menudo se añaden pequeñas cantidades de selenio al caucho vulcanizado para aumentar su resistencia a la abrasión. El seleniato de sodio se usa como insecticida para las plantas, especialmente para crisantemos y claveles, esparciéndose alrededor de las raíces para alcanzar toda la planta a través de la savia. El sulfuro de selenio se emplea en el tratamiento de la caspa, acné, eccemas, dermatitis seborreica y otras enfermedades de la piel.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Estaño</b></p>	<p>El mineral principal del estaño es la casiterita. El estaño es un metal muy utilizado en centenares de procesos industriales en todo el mundo. En forma de hojalata, se usa como capa protectora para recipientes de cobre, de otros metales utilizados para fabricar latas, y artículos similares. El estaño es importante en las aleaciones comunes de bronce (estaño y cobre), en la soldadura (estaño y plomo) y en el metal de imprenta (estaño, plomo y antimonio). También se usa aleado con titanio en la industria aeroespacial, y como ingrediente de algunos insecticidas.</p>

<b>Talio</b>	Es un elemento blando y maleable que adquiere un color gris azulado cuando se le expone a la acción de la atmósfera. Existe combinado en las piritas, la blenda de cinc y la hematites. El sulfato de talio que es inodoro, insípido y muy venenoso, se usa para exterminar roedores y hormigas. Las sales de talio, que arden con una llama verde brillante, se utilizan en cohetes y señales luminosas.
<b>Vanadio</b>	De color blanco plateado, el vanadio puede pulirse fácilmente y es uno de los metales más duros. Como catalizador, el vanadio ha sustituido en gran medida al platino en la fabricación de ácido sulfúrico y se utiliza a menudo como revelador fotográfico, como agente reductor y como agente desecante en varias pinturas.
<b>Zinc</b>	De color blanco azulado, tiene muchas aplicaciones industriales. El metal se usa principalmente como capa protectora o galvanizador para el hierro y el acero, y como componente de distintas aleaciones, especialmente del latón. También se utiliza en las placas de las pilas (baterías) eléctricas secas, y en las fundiciones a troquel.

**Fuente:** Elaboración propia

### **2.2.2. Origen y distribución de los metales pesados estudiados**

Se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas A continuación se indican posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados.

TABLA N° 02: *Fuentes de contaminación de metales en los alimentos.*

<b>Origen contaminación</b>	<b>Metal pesado involucrado</b>
Natural, proveniente del suelo	Cadmio, bromo, flúor, cobre
Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos	Arsénico, cobre, plomo, mercurio
Del suelo arenoso y envase de vidrio	Silicio
Por el equipo de procesamiento	Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc
Debido al almacenamiento	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio
Por oxidación en el envase	Hierro y cobre
Debido al procesamiento	Cobre, cadmio, arsénico
Suplementos alimenticios en dietas de animales	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico

*Fuente: Londoño Franco Luis Fernando [et. Al]. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal.*

### **2.2.3. Fuentes de contaminación por metales pesados<sup>2</sup>**

Aunque los metales pesados se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, éstos pueden convertirse en contaminantes si su distribución en el medio ambiente se altera a consecuencia de actividades humanas. En general, esto puede ocurrir durante la extracción y refinado de productos mineros, por la liberación al ambiente de efluentes industriales, así como por las emisiones de los vehículos a motor. Además, el vertido incontrolado de residuos metálicos ha ocasionado la contaminación del suelo, el agua superficial y subterránea y los ambientes acuáticos en general. Si bien una fuente importante de exposición a los metales pesados es de carácter laboral u ocupacional (uso en actividades

<sup>2</sup> Molina Villalba, Isabel. Análisis de arsénico y metales pesados en orina y cabello de población infantil residente en Huelva. Universidad de Granada. 2015



industriales y agrícolas), logran dispersión de estos elementos hace que la población general esté expuesta a través de diferentes fuentes como pueden ser el agua, el aire, el suelo y/o muy especialmente los diferentes grupos de alimentos, siendo la ingesta alimentaria una de las principales vías de exposición para la población general.

Tanto las fuentes naturales como las antropogénicas pueden contribuir de forma notable a la emisión de elementos metálicos a la atmósfera. Cabe señalar que, al comparar las emisiones globales, la liberación de elementos como selenio, mercurio y manganeso, entre otros, deriva en su mayoría de fuentes naturales, sin embargo, las fuentes antropogénicas contribuyen de manera considerable y estos metales se convierten así en contaminantes con capacidad de generar un gran impacto ambiental.

### **A. Ambiental**

La exposición ambiental a los metales sigue siendo un problema mundial de salud pública. Las formas de contaminación ambiental y sus fuentes son muy variadas y están compuestas por sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Además, existen otras formas de contaminación física y química que deben tenerse en consideración, tales como el ruido o el calor y los olores. En este sentido es importante destacar el papel que desempeñan los metales pesados en la contribución de la misma, tanto del aire como del suelo y las aguas, la cual es generada, en gran medida, por la actividad humana, siendo la minería una fuente importante de contaminación.

## a. Aire

La contaminación atmosférica puede proceder tanto de fuentes naturales como antropogénica, siendo estas últimas las que exceden la capacidad de la atmósfera para procesarlas, dando lugar a su acumulación. Sin embargo, las fuentes de contaminación natural derivan de las actividades volcánicas o los incendios forestales, capaces de emitir gases y partículas que quedan en suspensión, aunque éstas suelen ser, por lo general, depuradas en la propia atmósfera. Las principales causas de la contaminación del aire están relacionadas con la combustión de carburantes fósiles, y se pueden clasificar en dos grupos según su procedencia:

- **Actividades industriales:** a través de los humos que expulsan las chimeneas industriales, las cuales liberan, entre sustancias, metales pesados como, por ejemplo, humos de plomo.
- **Incineración de residuos:** es una fuente muy importante de contaminación ambiental pues se emiten sustancias de elevada toxicidad a la atmósfera y generan cenizas tóxicas pues se emiten sustancias de elevada toxicidad a la atmósfera y generan cenizas tóxicas. entre las sustancias tóxicas destacan principalmente los metales pesados y los óxidos de nitrógenos y azufre, todos ellos extremadamente tóxicos, persistentes y acumulativos a lo largo de toda la cadena trófica. Son particularmente relevantes las emisiones de plomo o cadmio durante la combustión de plásticos siendo éstas influenciadas directamente por la temperatura y el tiempo de combustión. Así, por ejemplo, la combustión de

plásticos a 600 °C durante 5 minutos emite aproximadamente un 20% del plomo inicialmente presente, valor que puede aumentar hasta el 90% a 100 °C.

## **b. Suelo**

El suelo es uno de los elementos fundamentales que compone el medio ambiente, y tampoco está exento del problema de la contaminación, Ésta puede ocurrir de manera voluntaria o accidental, y los productos químicos más comunes que suelen depositarse incluyen derivados del petróleo, disolventes, plaguicidas y metales pesados, afectando de manera directa las características físico-químicas de éste y desencadenando innumerables efectos sobre el ecosistema. Se asocia principalmente:

- **Actividades agrícolas:** empleo de agroquímicos como plaguicidas, abonos o fertilizantes y agentes reguladores del crecimiento, algunos de los cuales contienen metales en su molécula.
- **Actividades industriales:** vertido de cantidades importantes de desechos procedentes de explotaciones mineras y fundiciones de metales.
- **Eliminación de residuos:** procedentes tanto de desechos domésticos como de elementos sólidos derivados del tratamiento de aguas residuales y desechos industriales. Por consiguiente, el suelo se contamina cada vez más con sustancias químicas que

pueden llegar hasta la cadena alimentaria, el agua superficial o subterránea, y, por último, ser incorporadas por los organismos integrantes del ecosistema, originando así un riesgo para la salud de la población, que, en algunos casos, ha desembocado en intoxicaciones por metales pesados.

### **c. Agua**

Es un elemento fundamental y determinante en el ecosistema. Las fuentes de contaminación de origen natural del agua pueden ser determinantes sustancias como metales, minerales, etc., que se encuentran en el medio ambiente y constituyen componentes habituales, o bien partículas como pueden ser las cenizas procedentes de las erupciones volcánicas. Además, en función de la geología del terreno, se pueden encontrar mayor o menor proporción de contaminantes. Las fuentes de origen antropogénico se pueden clasificar en dos grupos:

- **Actividad industrial:** el agua procedente de la actividad industrial es vertida al sistema de aguas residuales o directamente a las aguas superficiales. Por tanto, ésta pudiera verse contaminada por: subproductos originados en procesos industriales que no son adecuadamente controlados, el derramen accidental de productos químicos, etc.
- **Actividad agrícola-ganadera:** la utilización de productos químicos en agricultura, sobre todo plaguicidas, puede originar la contaminación del agua incluyendo las subterráneas. Algunos de

estos productos químicos que contienen metales, pueden llegar a persistir durante bastante tiempo.

## **B. Dieta**

El gran interés que tiene para la salud pública la presencia de metales pesados en los alimentos, procede del hecho que el margen de seguridad entre los niveles presentes en los alimentos de origen animal (carnes y pescados), vegetal e incluso en el agua de bebida, y los que dan lugar a efectos tóxicos es muy estrecho. El estudio a nivel internacional de la exposición de diversas poblaciones humanas a metales pesados por vía digestiva es muy amplio. Para la población general no fumadora y, especialmente la población infantil, la principal exposición a Cd, tiene lugar a través de la alimentación (cereales, legumbres, etc.) y de las aguas contaminadas, debido a que muchos alimentos tienden a absorberlo y retenerlo, encontrándose los niveles más altos en mariscos, bivalvos, hígado y riñones. El Hg, se acumula en los tejidos de los animales produciendo un aumento de la concentración a través de la cadena alimentaria.

## **C. Industrial**

Los metales pesados se encuentran en la naturaleza, pero son la actividad humana, y más concretamente los procesos industriales, la mayor fuente de contaminación por dichos tóxicos; cobrando importancia en la actualidad la procedencia de éstos a través de la incineración de basuras.

## **2.2.4. Efectos de los metales en la salud<sup>3</sup>**

### **a. Aluminio**

El Aluminio es uno de los metales ampliamente usado y frecuentemente lo encontramos en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero cuando está expuesto a altas concentraciones, puede causar problemas de salud. La absorción de este metal puede darse a través de la comida, al respirarlo y por contacto en la piel. Concentraciones significativas puede causar efectos en la salud, como daños al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía, temblores severos. El aluminio presenta un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se puede encontrar en el agua. El aluminio se encuentra en altas concentraciones en lagos ácidos, en el aire, en aguas subterráneas y suelos ácidos.

### **b. Cadmio.**

El Cadmio se acumula en los riñones, donde causa un daño en el mecanismo de filtración. Esto causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones. Lleva bastante tiempo antes de que el Cadmio que se ha acumulado en los riñones sea excretado del cuerpo humano. Otros efectos sobre la salud que pueden ser causados por el Cadmio son:

---

<sup>3</sup> LONDOÑO-FRANCO, LUIS FERNANDO (et.AI). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, debilidad a los huesos con aumento de la posibilidad de tener fractura de huesos, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmune, desordenes psicológicos. Además, puede causar daños en el ADN y favorecer el desarrollo de cánceres de varios tipos.

#### **c. Cromo**

La gente puede estar expuesta al Cromo al respirarlo, comerlo o beberlo y a través del contacto de la piel con este metal o compuestos del Cromo. El Cromo es un peligro para la salud de los humanos. El Cromo es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cromo puede causar irritación de la nariz y sangrado de la nariz. Otros problemas de salud que son causado por el Cromo son: malestar del estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte.

#### **d. Cobre**

El cobre es una sustancia esencial para la vida humana, pero en altas dosis puede causar anemia, daño al hígado, riñón, y la irritación del estómago y del intestino. La gente con la enfermedad de Wilson tiene mayor riesgo para los efectos en su salud por la sobre exposición al cobre. El cobre aparece normalmente en agua

potable de las tuberías de cobre y su concentración puede aumentar mucho si el agua es ácida.

**e. Hierro**

El hierro puede ser peligroso para el ambiente. Lo encontramos en la carne, productos integrales, papas y vegetales; el cuerpo humano absorbe hierro de animales más rápido que el hierro de las plantas. El hierro es parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos. En altas dosis puede provocar conjuntivitis, corioretinitis y retinitis, se contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede generar neumoconiosis benigna, llamada siderosis. Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares.

**f. Manganeso.**

Es un compuesto muy común que puede ser encontrado en todas partes de la tierra. El manganeso no es necesario para la supervivencia de los humanos, es tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones cerca de las personas. Cuando los humanos no cumplimos con la ración diaria recomendada su salud disminuirá. Pero cuando la toma en demasía, los problemas de salud aparecerán. Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por



envenenamiento con manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El manganeso puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis. Cuando los hombres se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante. Un síndrome que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio.

#### **g. Plomo**

El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es el por qué los sistemas de tratamiento de aguas públicas requieren llevar a cabo un ajuste de pH en el agua que sirve para el uso del agua potable. El Plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser tomado en la comida, aire o agua. El Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son: perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. El saturnismo es una intoxicación crónica de plomo; ocurre por la inspiración o la absorción por vía cutánea y mucosa o por el aparato digestivo de plomo metálico y orgánico. El plomo se adhiere a los glóbulos rojos en la sangre y luego se deposita, desplazando el calcio en los huesos, el cual puede circular nuevamente en situaciones de estrés, en caso de infecciones o acidosis. Se deposita también en el hígado y en los riñones. En una breve fase inicial, caracterizada por una elevada cantidad de plomo en círculo, son presentes señales de anemia saturnina por la alterada síntesis de la hemoglobina y los glóbulos rojos a causa de la inactivación de las enzimas del metabolismo porfirinico. Siguen síntomas a nivel del sistema nervioso central como encefalopatía y parálisis, síntomas de la circulación periférica, con encarnado térreo, la así llamada tez saturnina, del aparato osteomuscular, con dolor articular, la gota saturnina y lesiones óseas. Causa enfermedades de los riñones, con lesión renal y riñón saturnino atrófico. El estadio final es el caquessia.

#### **h. Vanadio**

El Vanadio puede tener un número de efectos sobre la salud humana, cuando su ingesta es muy alta. Cuando el Vanadio es acumulado a través del aire, puede causar bronquitis y neumonía. Los efectos graves del Vanadio son irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales. Otros efectos sobre la salud

cuando se toma Vanadio son: daño cardiaco y vascular, inflamación del estómago e intestinos, daño en el sistema nervioso, sangrado del hígado y riñones, irritación de la piel, temblores severos y parálisis, sangrado de la nariz y dolor de cabeza, mareos y cambios de comportamiento.

**i. Zinc**

El zinc es un elemento traza que es esencial para la salud humana. Cuando los humanos absorben demasiado zinc, estos pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor, pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. La acumulación del zinc puede incluso producir defectos de nacimiento. Incluso los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de este metal; altas cantidades de zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia, de igual manera pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arteriosclerosis. Exposiciones permanentes intensivas de zinc, pueden causar desordenes respiratorios.

**j. Estaño**

El estaño se aplica principalmente en varias sustancias orgánicas. Los enlaces orgánicos de estaño son las formas más peligrosas del estaño para los humanos. Los efectos de las sustancias orgánicas de estaño pueden variar. Dependen del tipo de sustancia que está

presente y del organismo que está expuesto a ella. El estaño trietilico es la sustancia orgánica del estaño más peligrosa para los humanos. Tiene enlaces de hidrógeno relativamente cortos. Cuantos más largos sean los enlaces de hidrógeno, menos peligrosa para la salud humana será la sustancia del estaño. Los humanos podemos absorber enlaces de estaño a través de la comida y la respiración y a través de la piel. La toma de enlaces de estaño puede provocar efectos agudos, así como efectos a largo plazo. Los efectos agudos son: irritaciones de ojos y piel, dolores de cabeza, dolores de estómago, vómitos y mareos, sudoración severa, falta de aliento, problemas para orinar. Los efectos a largo plazo son: depresiones, daños hepáticos, disfunción del sistema inmunitario, daños cromosómicos, escasez de glóbulos rojos, daños cerebrales (provocando ira, trastornos del sueño, olvidos y dolores de cabeza).

#### **k. Arsénico.**

El Arsénico es uno de los elementos más tóxicos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga arsénico. La exposición al arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos,

disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel e irritación de los pulmones. Es conocido que tomar cantidades significativas de arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa. A exposiciones muy altas de arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el arsénico inorgánico puede dañar el ADN (OMS; 2006). Un caso particular ha sido observado en Iowa, en los Estados Unidos. Los autores han apuntado la atención justo sobre la asociación entre el melanoma cutáneo y la exposición al arsénico en voluntarios de mediana edad. Fueron monitoreados 368 casos de melanoma y este grupo fue comparado con otro grupo de 373 sujetos con tumor colon rectal, diagnosticados entre el 1999 y el 2000. Los autores han encontrado que el riesgo de melanoma aumentó el doble en los sujetos con elevadas concentraciones de arsénico.

#### **I. Níquel**

El níquel es tomado cuando la gente consume grandes cantidades de vegetales procedentes de suelos contaminados. Es conocido que las plantas acumulan níquel y como resultado la toma de níquel de los vegetales será eminente. Los humanos pueden ser expuestos al níquel al respirar el aire, beber agua y comer. El contacto de la piel

con suelo contaminado por níquel o agua puede también resultar en la exposición al níquel. En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades este puede ser peligroso para la salud humana. La toma de altas cantidades de níquel tienen las siguientes consecuencias: elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata, enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel, embolia de pulmón, fallos respiratorios, defectos de nacimiento, asma y bronquitis crónica, reacciones alérgicas como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas, desordenes del corazón.

#### **m.Selenio.**

La exposición al selenio puede provocar mareos, fatiga e irritaciones de las membranas mucosas. Cuando la exposición es extremadamente elevada, puede ocurrir retención de líquido en los pulmones y bronquitis. Los efectos sobre la salud de las diversas formas del selenio pueden variar de pelo quebradizo y uñas deformadas, a sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos. El envenenamiento por selenio puede volverse tan agudo en algunos casos que puede incluso causar la muerte. La sobreexposición a vapores de selenio puede producir acumulación de líquido en los pulmones, mal aliento, bronquitis, neumonía, asma bronquítica, náuseas, escalofríos, fiebre, dolor de cabeza, dolor de garganta, falta de aliento, conjuntivitis, vómitos, dolores abdominales, diarrea y agrandamiento del hígado. El selenio es

irritante y sensibilizador de los ojos y del sistema respiratorio superior. La sobre-exposición puede resultar en manchas rojas en las uñas, dientes y pelo. El dióxido de selenio reacciona con la humedad para formar ácido selénico, que es corrosivo para la piel y ojos.

TABLA N° 03: *Efectos de los metales pesados en el ambiente y la salud*

Elemento	Impactos sobre el medio ambiente	Impactos sobre la salud
<b>Aluminio</b>	Agente tóxico para los organismos acuáticos y terrestres. Interfiere en los procesos metabólicos en los mamíferos. En los invertebrados y peces reduce el plasma y reduce la capacidad de osmorregulación. En las plantas actúa como agente inhibidor de la asunción de nutrientes.	Según la OMS, la exposición al aluminio es un factor de riesgo para el desarrollo o aparición temprana de la enfermedad de Alzheimer en el ser humano.
<b>Arsénico</b>	Las plantas absorben arsénico así que altas concentraciones de este elemento pueden estar presentes en la comida. Las concentraciones en las aguas superficiales, aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Si las aves comen peces, que contienen eminentes cantidades de arsénico, lo acumulan en sus tejidos y esto los puede llevar a la muerte.	Los humanos pueden ser expuestos al arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga arsénico. Puede desarrollar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritación del estómago e intestinos.</li> <li>- Disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos.</li> <li>- Cambios en la piel.</li> <li>- Irritación de los pulmones;</li> <li>- Cáncer de piel, pulmón, hígado.</li> <li>- Infertilidad y abortos.</li> <li>- Daña el ADN.</li> </ul>
<b>Cadmio</b>	Tóxico para organismos acuáticos y algas. Reduce el crecimiento de las plantas	Problemas respiratorios, pulmonitis. No cancerígeno. Enfermedad del riñón. Reducción en espermatozoides. Produce efectos en los fetos: malformaciones; defectos;

		reducción en el desarrollo del cerebro.
<b>Cobre</b>	El cobre no se degrada en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando están en el suelo. En suelos ricos en cobre, sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Cuando los suelos de las granjas están contaminados con cobre, los animales pueden absorber concentraciones de cobre que dañan su salud.	En altas dosis puede causar anemia, daño al hígado, riñón, y la irritación del estómago y del intestino. El cobre aparece normalmente en agua potable de las tuberías de cobre y su concentración puede aumentar mucho si el agua es ácida.
<b>Cromo</b>	Altas concentraciones de cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido. En animales, el cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores	El ser humano puede estar expuesto al cromo a través de la respiración, comiéndolo o bebiéndolo, y a través del contacto con la piel. Puede causar reacciones alérgicas, como son sarpullidos cutáneos. Después de ser respirado, puede causar irritación de la nariz y sangrado de la misma. Otros problemas de salud: erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte.
<b>Hierro</b>	En altas concentraciones el hierro puede dañar la respiración de los peces y de allí afectar toda la cadena alimenticia.	Puede causar: conjuntivitis, corioretinitis, y retinitis si entra en contacto con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede generar neumoconiosis benigna, llamada siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares.



<b>Estaño</b>	Agente tóxico para los organismos acuáticos y terrestres. Tóxico para algas, fungi, phytoplankton.	No es cancerígeno, ni teratógeno. La irritación gástrica aguda ha sido el principal efecto adverso. Irritación de ojos. Dolor de cabeza, estomago. Depresión, afecciones vías urinarias y malfuncionamiento del sistema inmune.
<b>Manganeso</b>	Es un agente tóxico para los organismos acuáticos. Reducción de clorofila, proteínas y azúcar en plantas con altas concentraciones de manganeso.	Efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral. Irritaciones de piel, defectos de nacimientos, impotencia, insomnio, dolor de cabeza, anemia. El manganeso puede causar: Parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.
<b>Mercurio</b>	El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos, puede ser convertido en metil mercurio y absorbido así rápidamente por la mayoría de los organismos dañando al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias. Los efectos del mercurio en los animales son: daños en los riñones, trastornos en el estómago, daños en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.	Daños del sistema nervioso y funciones del cerebro. Daña ADN y cromosomas. Reacciones alérgicas, irritaciones de la piel, cansancio, dolor de cabeza. Defectos de nacimiento.
<b>Plomo</b>	El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar, incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de plomo presente. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en	El plomo puede causar: perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de

	organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias y afectar a los seres humanos.	los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad. El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. Causa enfermedades de los riñones, con lesión renal y riñón saturnino atrófico. El estado final es el caquessia.
<b>Talio</b>	El Talio es muy tóxico par las ratas y es aplicado como raticida por esta cualidad. El Talio también tiene efectos negativos sobre las plantas, como el cambio de color en las hojas y la disminución del crecimiento. Mamíferos, como los conejos, son susceptibles a los efectos tóxicos del Talio como los humanos.	El talio puede afectar el sistema nervioso, los pulmones, el corazón, el hígado y los riñones si se consumen o beben grandes cantidades durante períodos cortos de tiempo. También puede ocurrir pérdida temporal del cabello, vómito y diarrea, así como la muerte después de la exposición a grandes cantidades de talio por períodos cortos de tiempo. El talio puede ser mortal a dosis tan bajas como 1 gr.
<b>Zinc</b>	El zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, sino también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de zinc que sus sistemas no pueden manejar, debido a la acumulación de zinc en el suelo. En suelos ricos en zinc, sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir.	Cuando los humanos absorben demasiado zinc, pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, pequeñas llagas y erupciones cutáneas. La acumulación del zinc puede producir defectos de nacimiento. Altas cantidades de zinc pueden también causar úlceras en el estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia, de igual manera pueden dañar al páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arteriosclerosis. Exposiciones permanentes intensivas de zinc, pueden causar desordenes respiratorios.

**Fuente:** Asociación civil centro de cultura popular Labor. Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco.2018

## **2.2.5. Matrices biológicas para medición de metales pesados**

### **a. Saliva**

La saliva es un fluido que tiene diversas funciones relacionadas con el mantenimiento de la homeostasis en el medio bucal, ayuda a la digestión mecánica de los alimentos por medio de la alfa-amilasa salival y otras enzimas para permitir la conformación del bolo alimenticio; además, contribuye con el sistema inmunológico del organismo mediante una serie de proteínas específicas y no específicas.<sup>4</sup>

La saliva tiene una composición que le otorga unas propiedades reológicas, que son las responsables de las diferencias entre los tipos de saliva serosa, mucosa o mixta. La cantidad de flujo salival varía por diversas condiciones fisiológicas en los individuos, tales como la edad, la presencia de alguna enfermedad, la ingesta de algunos medicamentos, el momento específico del día, entre otras, por lo que es necesario considerar que la secreción varía entre los individuos. Este fluido bucal ha sido considerado una matriz biológica para la determinación de algunas sustancias en el cuerpo, lo cual ha incrementado el interés diagnóstico por medio del análisis salival, ya que como muestra permite la aplicación de un método seguro, simple y no invasivo para su recolección que beneficia al operador y al

---

<sup>4</sup> Amerongen AV, Veerman EC. Saliva—The Defender of the Oral Cavity. Oral Dis. 2002. Pág. 12-22.

paciente; además, su almacenamiento es fácil y los costos son muy asequibles. Estas características le confieren la posibilidad de ser utilizada para determinar y monitorear biomarcadores y ciertas sustancias químicas de interés particular, cuando otros fluidos como la sangre y la orina no se encuentran disponibles, sin embargo, algunos limitantes en esta muestra impiden que sea seleccionada como matriz por excelencia; entre estos es posible considerar que el flujo de iones en la saliva varía significativamente durante el transcurso del día y en la saliva pueden estar presentes otras sustancias, tales como restos de comida, bacterias y células epiteliales que pueden alterar las mediciones de algunas sustancias. También es posible que durante la recolección se contamine la saliva con otros fluidos como sangre o por la manipulación inadecuada durante el procedimiento; además, no existen protocolos ni materiales de referencia estándar o certificados ni valores de referencia fiables para la población humana.<sup>5</sup>

A pesar de estas limitaciones, es preciso mencionar que en las últimas décadas el análisis salival ha tenido gran auge al ser utilizado en la determinación de abuso de drogas, en el seguimiento a individuos fumadores y para determinar trazas de metales pesados. Algunos de los metales que han sido aislados en saliva son: cadmio, plomo, zinc, mercurio, titanio, cromo, hierro y cobalto; sin embargo, es necesario

---

<sup>5</sup> Tirado Amador, Lesbia Rosa.[et.Al]. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>

tener presente que en la saliva las concentraciones de estos compuestos metálicos son bajas.<sup>6</sup>

Siempre que se utilice la saliva como matriz biológica es necesario indagar por la fiabilidad de los reportes que se pueden obtener y considerar el control de factores locales que puedan influirlos; por ejemplo, en caso de estimaciones de plomo y cadmio en saliva existe potencial confusión, ya que si están presentes restauraciones intraorales, puede existir liberación de trazas de estos metales; además, existe la probabilidad de contaminación no intencional; sin embargo, para el caso del plomo, sea sugerido que la concentración salival se relaciona con exposición reciente a este metal y por esto puede constituir un indicador útil y no invasivo para valorar el estado del metal en el organismo. En el caso del mercurio, Zimmer<sup>7</sup> considera que los niveles en saliva no se correlacionan con las concentraciones en sangre y orina, pero sí con el número de amalgamas o de las superficies dentales restauradas, por lo que el monitoreo de mercurio no se recomienda en saliva.<sup>i</sup> La recolección de muestra salival implica tomar en cuenta algunas consideraciones generales como la hora del día en que se realiza y la higiene bucal, por lo que es recomendable que los sujetos de estudio no ingieran alimentos ni bebidas, ni realicen actividades como fumar y masticar gomas de mascar durante 30

---

<sup>6</sup> Tirado Amador, Lesbia Rosa. [et.Al]. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>

<sup>7</sup> Zimmer H, Ludwig H, Bader M, Bailer J, Eickholz P, Staehle HJ, Triebig G. Determination of Mercury in Blood, Urine and Saliva for the Biological Monitoring Of an Exposure From Amalgam Fillings in a Group with Self-Reported Adverse Health Effects. *Int J Hyg Environ Health*. 2002;205(3):205-11

minutos previos a la obtención de las muestras, con el fin de evitar la contaminación. Para uso en ciencias de la salud, se comercializan diferentes dispositivos de toma de muestras de saliva, que consisten en un kit que contiene un tubo de ensayo y un tampón con un conservante que permite estabilizar las muestras y evita la degradación microbiológica. Es relevante establecer las condiciones ambientales y del sujeto para la toma de la muestra, ya que la cantidad del fluido requerido variará dependiendo de los analitos que sean considerados; también el transporte y el almacenamiento serán diferentes según cada caso.

#### **b. Cabello**

El uso de cabello como muestra biológica para la determinación de la presencia de algunas trazas de elementos ha sido controversial y se remonta a 1960, cuando algunos científicos reactivaron el uso de cabello para valoraciones asociadas con nutrición; sin embargo, la posibilidad de utilizarlo para el análisis químico ha generado gran interés y motivación por demostrar en qué casos se puede utilizar y la importancia de conocer el comportamiento de las trazas de elementos para lograr unirlos al cabello, ya que muchas veces este mecanismo es desconocido.<sup>8</sup>

El uso de cabello ha sido justificado por su fácil obtención y por reflejar información más antigua en comparación con la orina, la sangre y la

---

<sup>8</sup> Tirado Amador, Lesbia Rosa. [et. Al]. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>

saliva, por lo que resulta útil en caso de determinar la exposición crónica a cierta sustancia; además, el cabello es fácil de transportar y tiene buena estabilidad durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Algunas aplicaciones en las que se utiliza cabello como muestra son: monitoreo de exposiciones ambientales, control de abuso de drogas, exposición a compuestos organofosforados, identificación de algunas trazas de elementos de interés biológico como aluminio, cobre, hierro, estroncio y zinc. Con respecto al este último metal (Zn), la determinación en cabello puede informar del historial de ingesta; pero existe un inconveniente en la correlación de los niveles de zinc en cabello y zinc plasmático, ya que el zinc del cabello no se recambia. En el cabello también es posible realizar determinación de elementos que pueden ser potencialmente dañinos, pues se consideran causantes de efectos cancerígenos como arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel y plomo. En caso de exposición a metales pesados, es necesario considerar que, debido a que el cabello crece aproximadamente 10 mm por mes, sirve como muestra para hacer un seguimiento a largo plazo de exposiciones pasadas y recientes, reflejando concentraciones medias de exposición en los meses anteriores. Los niveles de metales presentes en el cabello pueden variar en virtud de algunos factores como la edad, el sexo, el color y el cuidado del cabello, el hábito de fumar y los factores étnicos. La toma de muestras de cabello varía según los investigadores, por ejemplo,

Blaurock<sup>9</sup> plantea que se realiza cerca del cuero cabelludo de la zona occipital. La longitud de las hebras a obtener oscila entre 4-5 cm y se procede al corte con tijeras de acero inoxidable previamente enjuagadas en etanol para remover los contaminantes externos.

Luego, las muestras requieren lavado en repetidas ocasiones utilizando un detergente desionizado y tres (3) enjuagues posteriores con agua desionizada. El secado de las muestras se realiza a 60 °C durante 4 horas en un horno eléctrico previamente designado. Para la digestión de la muestra, se utilizan ácidos certificados como libres de metal. Pese a esta breve descripción, existen diferencias en los reportes de la literatura, por lo que falta estandarización de procesos y protocolos para recolección de muestra, transporte y almacenamiento, así como procesamiento de cabello.

### **c. Sangre**

La sangre es el fluido que circula por el sistema vascular; está compuesta por plasma, el cual incluye sustancias inorgánicas como agua, sales minerales o electrolitos y sustancias orgánicas como proteínas plasmáticas, sustancias nutritivas, gases, productos del metabolismo proteico, hormonas y anticuerpos; además, contiene grupos celulares como eritrocitos, leucocitos y plaquetas. La cantidad de sangre en el cuerpo humano varía en cada individuo dependiendo de la edad, el tipo corporal y el sexo; pese a esto se ha establecido que

---

<sup>9</sup> Blaurock E, Amin OR, Rabah T. Heavy Metals and Trace Elements in Hair and Urine of a Sample of Arab Children with Autistic Spectrum Disorder. *Maedica (Buchar)*. 2011;6(4):247-57.



una persona adulta sana en promedio posee 71 ml de sangre por kilo de peso corporal ( $71 \text{ ml} \times 70 \text{ Kg} = 4970 \text{ ml}$  o 5 litros). La sangre es una matriz biológica que se emplea con frecuencia para evaluar la exposición a plomo y cadmio. Entre las ventajas de su uso, se encuentra la posibilidad de evaluar intoxicaciones agudas debido a la eficiencia y sensibilidad, ya que nos ofrece la dosis promedio de estos metales que ha sido recibida durante las semanas inmediatamente anteriores al día en que se obtiene la muestra; también, posibilita obtener la cantidad suficiente de la muestra y repetición de las pruebas en caso de algún error. En caso de intoxicación crónica por plomo, no es tan efectivo el uso de sangre, ya que no ofrece el valor real acumulado en el organismo a largo plazo.<sup>10</sup>

La Scientific American ha definido una medida límite del valor de plomo; esta es el índice de exposición biológica conocido en inglés como BEIha, cuyo valor es de 30 microgramos/100 ml de sangre; las concentraciones superiores a 50 microgramos/100 ml de sangre se asocian con alteraciones clínicas, mientras que las intoxicaciones graves se han reportado con concentraciones superiores a 120 microgramos/100 ml de sangre<sup>11</sup>.

Dependiendo de la medición que se vaya a realizar, la cantidad de sangre requerida como muestra variará. Se ha reportado que 30 ml pueden ser suficientes; además, el contenido de los tubos en los que

---

<sup>10</sup> Tirado Amador, Lesbia Rosa.[et.Al]. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>

<sup>11</sup> Kamal A, Qayyum M, Cheema I, Rashid A. Biological Monitoring of Blood Apathalene Levels as a Marker of Occupational Exposure to Pahs among Auto-Mechanics and Spray Painters in Rawalpindi *bmc Public Health*. 2011;11:467. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/14712458-11-467.pdf>

se almacenará que puede o no contener anticoagulante; estos requerimientos serán diferentes según el objetivo del examen, por lo que resulta útil revisar los protocolos. Todas las muestras se deben identificar con su etiqueta; ese mismo día, se debe realizar la centrifugación, la preparación y el traslado hacia el laboratorio de referencia para que finalmente se proceda con las determinaciones analíticas. En todo el proceso es preciso no romper la cadena de frío, la conservación se recomienda a una temperatura de -20 °C.

#### **d. Orina**

La orina es un desecho metabólico que proviene del ultrafiltrado del plasma a nivel renal; se encuentra constituida por un 95% de agua y 5% de solutos, aunque puede haber variaciones considerables en las concentraciones de estos solutos debido a la influencia de diversos factores como el aporte dietético, la actividad física, el metabolismo corporal, las funciones endocrinas e incluso la posición del cuerpo, por lo que la orina ha sido utilizada para analizar biomarcadores de diferentes enfermedades; además, el uso de esta matriz ofrece una cantidad disponible abundante, si se considera que un adulto puede expulsar un volumen promedio de 1200-1500 ml de orina en un periodo de 24 horas. Los solutos que conforman la orina pueden ser orgánicos e inorgánicos; los primeros son principalmente la urea y la creatinina, aunque en procesos patológicos como la diabetes se puede hallar glucosa en muestras de orina. En tanto que los solutos inorgánicos son cloro, potasio, sodio y, en menor cantidad, se encuentran metales pesados como zinc, cadmio, cobre, mercurio y plomo. La obtención de

la muestra de aproximadamente 100 ml se realiza en horas de la mañana utilizando un recipiente de polietileno estéril. Las muestras se almacenan a -20 °C hasta que se realiza el análisis. Para este último se descongelan a 4 °C, se homogenizan y filtran, y se dividen en alícuotas, en tubos de polietileno pretratados con ácido nítrico y lavados con agua ultrapura.

#### **e. Uñas**

Las uñas están compuestas de queratina, la cual se une fuertemente al formar enlaces disulfuros junto con moléculas de cisteína, siendo estos los responsables de la alta durabilidad y resistencia de las fibras de las uñas. Dichas estructuras carecen de actividad metabólica y, en términos generales, constituyen una matriz biológica cuya muestra es fácil de coleccionar, ya que no requiere de método invasivo y existe facilidad para el almacenamiento, por lo cual son útiles en caso de determinar exposición crónica a ciertos contaminantes. Una aplicación muy reportada es la identificación de cadmio en personas fumadoras y en aquellas que se dedican a realizar actividades de minería; así como cuando se van a identificar partículas de metales pesados de gran toxicidad como mercurio, cadmio y plomo en personas que han estado expuestas por un tiempo prolongado. En uñas también se han medido niveles de zinc, ya que ofrecen información sobre el historial de ingesta, pero se presenta un inconveniente en la correlación de los niveles de zinc en uñas y zinc plasmático, ya que, como se mencionó antes, las uñas carecen de actividad metabólica, entonces el zinc no se recambia. Con respecto a la recolección de esta muestra, existe la

posibilidad de que los mismos individuos corten las uñas utilizando un cortaúñas limpio, retirando los sucios visibles por medio de pinzas recubiertas con teflón. Después, personal capacitado se encarga de someter la muestra a tres lavados con detergente no iónico (1% v/v Triton X-100) y luego a tres enjuagues con agua desionizada. Luego del lavado, las muestras de uñas se someten a secado en un horno eléctrico a 60 °C y luego la muestra se almacena en bolsas de polietileno.<sup>12</sup>

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Agua potable.** Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para el consumo humano, según las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. El agua potable es aquella que debe cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, es apta para consumo humano se utiliza en bebidas directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.
- **Cierre de Pasivos Ambientales Mineros:** Se refiere al conjunto de actividades a ser implementadas a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de identificación y aprobación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros. El cierre de pasivos ambientales mineros

---

<sup>12</sup> Tirado Amador, Lesbia Rosa.[et.Al]. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>

requiere del diseño e implementación de diferentes medidas como desmantelamiento, demolición, estabilización física y química e hidrológica, tratamiento de drenaje ácido de mina y lixiviación de metales, recuperación o rehabilitación de terrenos, revegetación y rehabilitación de hábitats acuáticos.

- **Contaminación.** Es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). Es una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.
- **Depósito de desmonte:** Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a tajo abierto, que no contiene valores extraíbles u/o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación.
- **Depósito de relave o relavera:** Es el área ocupada por los materiales (de grano fino) sin valor, que se obtiene, como producto de los procesos de concentración de minerales, estos relaves se han dispuesto en forma de pulpa, eliminando el agua después de la sedimentación de los sólidos. Su disposición exige generalmente la construcción de una presa de sostenimiento, la misma que por lo general se construye con el mismo material grueso que está contenido en la pulpa.

- **Edificaciones e instalaciones:** Son las construcciones tales como: planta concentradora, laboratorios, campamentos, oficinas, talleres, almacenes, suministro de energía y agua.
- **Factores de riesgo:** Un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión. A la existencia de características que aumentan la probabilidad de que aparezca un daño o una enfermedad en el individuo expuesto (edad, sexo, ocupación, estado nutricional, lactancia, embarazo, etc.).
- **Metal pesado.** Es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad (mayor a 6,0 g cm<sup>3</sup>), otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad.
- **Monitoreo ambiental.** Es la observación del medio ambiente para recoger información relacionada con la contaminación. Por lo general se establecen estaciones fijas que registran a diario los niveles de agentes extraños en la atmósfera, y unidades móviles que se encargan de tareas tales como la vigilancia y la inspección de diversas zonas.
- **Plan de Cierre:** Es un instrumento de gestión ambiental que comprende todas las acciones técnicas y legales requeridas para garantizar el logro de los objetivos de remediación de alguna área con pasivos ambientales mineros. Incluye la rehabilitación de las áreas utilizadas o perturbadas por la actividad minera, para que éstas alcancen características de

ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la conservación del paisaje.

- **Rajo:** Es el área de explotación superficial, por lo general de los afloramientos de minerales de veta ya que tienen dimensiones pequeñas. Consisten en cortes alargados.
- **Riesgo ambiental:** Referido a la identificación de factores de riesgo con probabilidad de contaminación del ambiente con plomo (en el suelo, agua y aire) por fuente natural o antropogénica.
- **Riesgo:** Riesgo es la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversa. Se entiende también como la combinación de la frecuencia o probabilidad que puedan derivarse de la materialización de un peligro.
- **Tajo abierto:** Es la depresión o cavidad dejado por la explotación de minerales desde la superficie del suelo.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

- Existe presencia de metales pesados en las muestras de cabello de la población infantil del centro poblado de Paragsha debido a la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- Los niños de Paragsha presentan metales en concentraciones mayores respecto a los niños de Carhuamayo, lo que refleja la elevada presencia de algunos metales en el ambiente.

- Los niños de Paragsha presentan metales en concentraciones que superan los Estándares de Referencia Alemanes del laboratorio alemán Micro Trace Mineral.
- La anemia, perturbación del sistema nervioso, cáncer, problemas respiratorios y visuales son los efectos principales en la salud de la población infantil del centro poblado de Paragsha causados por la presencia de metales pesados en el organismo.
- Se cuenta con una base de datos que permiten generar información técnica para diseñar estudios complementarios y para que las autoridades implementen y fortalezcan acciones de control orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del centro poblado de Paragsha.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

X: Nivel de contaminación por metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha

### **2.5.2. Variable Dependiente**

Y: Exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.

### **2.5.3. Variables intervinientes**

- Contaminantes del agua
- Actividades formales e informales
- Condiciones sanitarias
- Población



- Enfermedades que afectan a la población
- Estrato social
- Nivel de educación ambiental
- Política municipal de gestión.
- Participación de la ciudadanía.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

TABLA N° 04: Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Categoría de la variable
<b>Independiente</b> Nivel de contaminación por metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha	Es la cantidad de metales que se encuentran en la muestra de cabello medida en mg/Kg.	Resultado del análisis químico de las muestras.	Valor permisible	Concentración de metales por debajo de los estándares de referencia.	Concentración baja
		Resultado de la comparación entre dos poblaciones con condiciones ambientales distintas.	Valor no permisible	Concentración de metales por encima de los estándares de referencia.	Concentración alta
<b>Dependiente</b> Exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera.	Condición que cause exposición frente a metales pesados para deteriorar la salud de la persona.	Resultado de la comparación de resultados entre dos grupos diferentes, con alta exposición a la actividad minera (Paragsha) y baja exposición a la actividad minera (Carhuamayo)	Riesgo en la salud de la población infantil.	Nivel de concentración de metales	Factor de riesgo alto
				Hábitos alimenticios	
				Hábitos de higiene	Factor de riesgo bajo
				Ubicación de la vivienda	
Enfermedades					

Fuente: Elaboración propia

### **CAPÍTULO III.**

#### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. Tipo de Investigación**

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el fundamento de la investigación descriptiva – correlacional, ya que describe características de un conjunto de sujetos o áreas de interés para determinar la variación en unos factores en relación con otros, es decir, busca conocer la relación o grado de asociación que existe entre las dos variables de estudio.

##### **3.2. Método de Investigación**

La presente tesis adopta la metodología descriptiva, inductiva, e hipotético-deductiva, se adopta este tipo de metodología, con el fin de desarrollar una descripción de los hechos habituales, el ambiente y demás factores que intervienen en las variables, para determinar generalizaciones, las que constituyen punto de partida para definir o confirmar formulaciones

teóricas, y para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis planteada, que después se pueden comprobar experimentalmente.

### 3.3. Diseño de la Investigación

El diseño aplicado es de tipo no experimental transversal correlacional, ya que se buscará la relación de las dos variables en un momento determinado y conocer la relación o grado de asociación que existe entre ellas.

#### DIAGRAMA:



#### Dónde:

**M:** Muestra de niños

**X:** evaluación de la concentración de metales pesados en niños

**Y:** incidencia probable de la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera

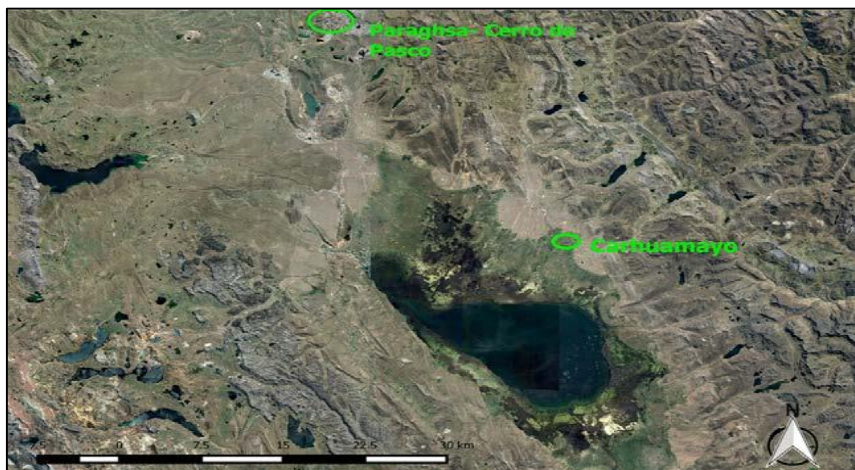
### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1 Población

- Centro poblado de Paragsha, perteneciente al distrito de Simón Bolívar departamento de Pasco.
- Distrito de Carhuamayo, perteneciente a la provincia y departamento de Junín.

La investigación se enfoca en evaluar la exposición de los infantes, como grupos más vulnerables a las sustancias tóxicas.

FIGURA N° 01: *Mapa de ubicación de la población de estudio*



Fuente: Google maps

### 3.3.2. Muestra

Se tomaron en total 102 muestras de cabello de niños y adolescentes del centro poblado de Paragsha y de la comunidad de Carhuamayo. Por cada muestra se analizaron 21 metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, vanadio, talio y zinc.

TABLA N° 05: *Descripción de la muestra*

Población	Descripción de la muestra	N° de muestras
Paragsha	Niños afectados directamente por la actividad minera	82
Carhuamayo	Representa la muestra de control porque está ubicada lejos de las plantas mineras, a 34 Km. en línea recta al sur-oeste de Cerro de Pasco.	20
Total		102

Fuente: Elaboración propia

### **3.3.3. Muestreo**

Muestreo no probabilístico por conveniencia. El muestreo se realizó durante dos días. Para lo cual, se cortó un gramo de pelo cerca del cuero cabelludo en la zona occipital; se conservó en contenedores de plástico con su código de registro. En general, como parte de la validación de los resultados del análisis del cabello, se utilizaron estándares certificados y calculados sobre investigaciones a poblaciones no contaminadas, sanas y estándares internos de laboratorios médicos que analizan muestras de cabello. A razón que a la fecha no existe, a nivel internacional, una norma que regule y fije un límite para los metales tóxicos en el pelo, así que se harán referencia a los estándares internos del laboratorio alemán Micro TraceMineral, especializado en análisis de minerales y metales tóxicos.

#### **Criterios de inclusión:**

- Niños y adolescentes entre la edad de 5 a 14 años de edad.
- Niños y adolescentes de ambos géneros.
- Niños que presentaron bajo rendimiento escolar.

#### **Criterios de exclusión:**

- Niños que radican menos de un año en la localidad.
- Niños y adolescentes menores de 5 años y mayores de 14 años.

### 3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### a. Técnicas

Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Observación Directa:** Esta técnica nos permitió analizar como espectador las diferentes actividades llevadas a cabo por la población para conocer mejor su entorno.

#### **Pasos:**

- Determinar y definir aquello que se va observar.
  - Estimar el tiempo necesario de observación.
  - Explicar a las personas que van a ser observadas lo que se va hacer y las razones para ello.
- **La entrevista:** es una técnica de recolección de información verbal, que nos permitirá obtener información de fuentes primarias.

#### **Preparación**

- Determinar la posición que ocupa el futuro entrevistado (Investigación).
  - Preparar las preguntas que van a plantearse (organización).
  - Fijar un límite de tiempo.
  - Elegir un lugar donde se puede conducir la entrevista.
  - Hacer la cita con debida anticipación (Planeación).
- **Encuestas:** para recolectar la información que permita cumplir los objetivos de la investigación, mediante un conjunto de preguntas dirigidas a la muestra representativa de la población con el fin de conocer estados de opinión o hechos específicos.

**b. Instrumentos:** Para la recolección de los datos se utilizará los siguientes instrumentos de investigación:

- Guía de Observación.
- Ficha de observación
- Registro anecdótico
- Guía de entrevista.
- Cuestionario.
- Hojas de registro (Check list)
- Cuaderno de notas.
- Fichas de registro de datos.
- Notas de campo.
- Análisis de documentos

TABLA N° 06: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Indicador</b>
<b>Observación</b>	Ficha de observación Hoja de registro (Check List)	Condiciones del medio, factores de riesgo, alimentación, contaminación, etc.
	Ficha de registro Registros documentarios existentes de la zona.	Condiciones en las que se encuentra el lugar donde viven las personas
<b>Encuesta</b>	Cuestionario	Criterios u opiniones que la población tiene respecto a la actividad minera y su posible contaminación.
		Compromiso de participación
<b>Entrevista</b>	Guía de entrevista Cuaderno de notas	Descripción y opiniones que tiene la población frente al problema



	Registro anecdótico	Vivencias y anécdotas de la población
--	---------------------	---------------------------------------

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

**a. Técnica de procesamiento de datos:** Las respuestas o datos obtenidos se transfieren a una matriz de datos y se preparan para su análisis, para ello se utilizaron las siguientes técnicas de procesamiento:

- Codificación
- Almacenamiento de datos.

**b. Análisis de datos:** Con toda la información obtenida de los resultados se creó una base de datos, en los programas de Microsoft Office para manejar la información completa de la investigación. Para el análisis de datos se realizarán:

- Creación de una base de datos en Microsoft Excel.
- Ordenamiento y codificación de datos.
- Tabulación.
- Organizadores visuales: tablas, listas, gráficos.
- Análisis e interpretación: Utilizando la descomposición de los datos más frecuentes y relevantes se procede a interpretar los resultados.
- Discusión de Hallazgos.

### **3.7. Tratamiento Estadístico**

Los registros tomados durante la fase de campo fueron procesados con programas estadísticos diseñados para este tipo de investigación, con el que se pudo elaborar los cuadros de análisis de promedios y gráficos necesarios para la interpretación de cada una de las variables.

Se utilizó el programa Microsoft Excel. En donde se realizaron:

- Tablas de frecuencia simple para interpretación de los resultados obtenidos.
- Se procederá a convertir los datos analizados en números, porcentajes y gráficos construyéndose cuadros estadísticos.

### **3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

En la selección del instrumento se usaron: guía de observación, ficha de observación, registro anecdótico, guía de entrevista, cuestionario, hojas de registro (Check list), cuaderno de notas, fichas de registro de datos, notas de campo, análisis de documentos.

Con la validación y confiabilidad es gracias al apoyo de la institución pasqueña Centro de Cultura Popular y el equipo de Source International.

### **3.9. Orientación ética**

La presente investigación cumple con la ética ambiental, considerando en el cuidado de las personas intervinientes, el medio ambiente e instalaciones donde se desarrolló el trabajo de la investigación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

La investigación se enfoca en evaluar la exposición de los infantes y adolescentes, como grupos más vulnerables a las sustancias tóxicas, considerando solamente un específico rango de edad entre los 5-14 años. En general, como parte de la validación de los resultados del análisis del cabello, se utilizan estándares certificados y calculados sobre investigaciones a poblaciones no contaminadas, sanas y estándares internos de laboratorios médicos que analizan muestras de cabello.

A razón que a la fecha no existe, a nivel internacional, una norma que regule y fije un límite para los metales tóxicos en el pelo, así que se hizo referencia a los estándares internos del laboratorio alemán Micro Trace Mineral, especializado en análisis de minerales y metales tóxicos.

*TABLA N° 07: Estándares de referencia alemanes el laboratorio Micro Trace Minerals*

Elemento	Estándares de referencia (mg/Kg)	
	Niños	Adultos
Aluminio (Al)	< 8	< 8
Antimonio (Sb)	< 0.2	< 0.3
Arsénico (As)	< 0.2	< 0.2
Bario (Ba)	< 2.65	< 4.64
Berilio (Be)	< 0.03	< 0.1
Boro (B)	< 0.84	< 0.84
Cadmio (Cd)	< 0.2	< 0.2
Cobalto (Co)	< 0.15	0.01 - 0.3
Cromo (Cr)	0.02 - 0.15	0.02 - 0.21
Hierro (Fe)	7.7 - 15	4.6 - 17.7
Manganeso (Mn)	0.07 - 0.5	0.05 - 0.92
Mercurio (Hg)	< 0.3	< 0.6
Molibdeno (Mo)	0.02 - 1	0.03 - 1.1
Níquel (Ni)	< 0.85	< 1
Plomo (Pb)	< 0.1	< 0.1
Cobre (Cu)	6.7 - 37	10 - 41
Selenio (Se)	0.4 - 1.7	0.4 - 1.7
Estaño (Sn)	0.93	0.7
Talio (Tl)	< 0.01	< 0.01
Vanadio (V)	0.01 - 0.15	0.01 - 0.2
Zinc (Zn)	110 - 227	150 - 272

**Fuente:** Micro Trace Minerals; <https://microtraceminerals.com/en/home/>

[com/en/home/](https://microtraceminerals.com/en/home/)

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los resultados de la investigación fueron posible gracias al apoyo, soporte técnico y logístico de la institución pasqueña Centro de Cultura Popular y al análisis de los estudios realizados por el equipo de Source International.

Los análisis fueron realizados en un laboratorio italiano certificado, con el método ICPMS de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, respetando los métodos: EPA3051 A2007—EPA6020 B 2014.

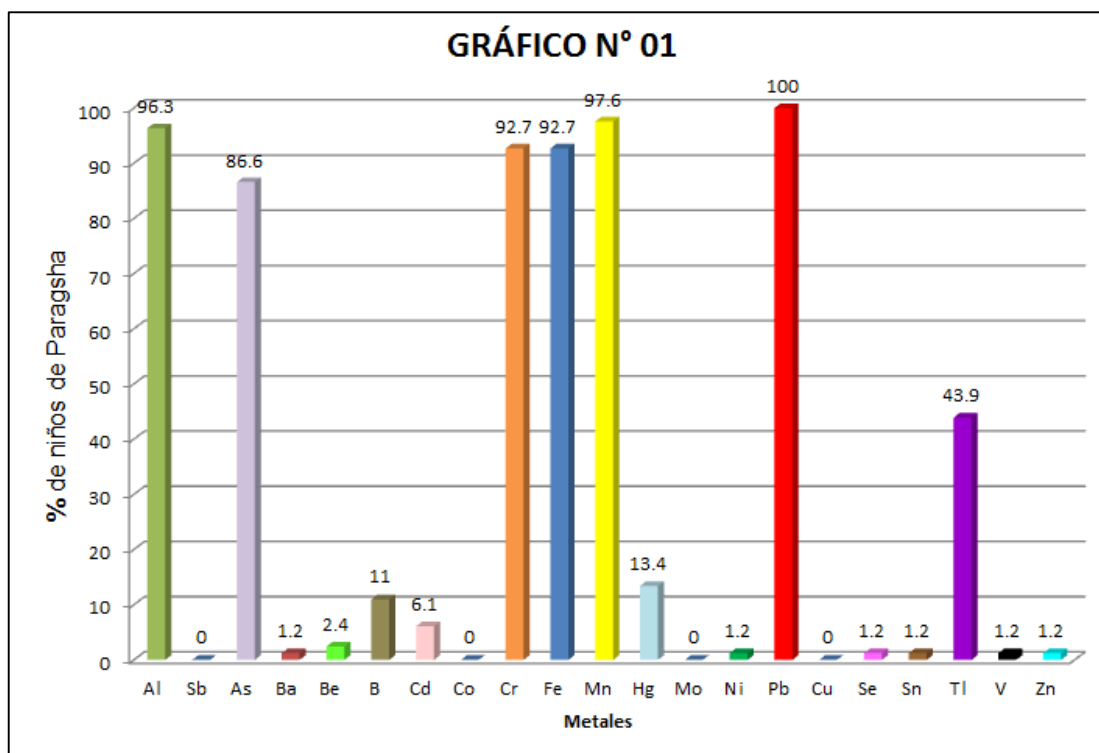
*TABLA N° 08: Porcentaje de sujetos de Paragsha que presentan concentraciones de metales por encima de los estándares de referencia.*

<b>Metal</b>	<b>N° de sujetos que superan los ER</b>	<b>N° de sujetos que presentan minerales esenciales por debajo de los ER</b>	<b>% de niños que presentan metales tóxicos en altas concentraciones</b>
Al	79	-	96.3
Sb	0	-	0
As	71	-	86.6
Ba	1	-	1.2
Be	2	-	2.4
B	9	-	11
Cd	5	-	6.1
Co	0	-	0
Cr	76	-	92.7
Fe	76	-	92.7
Mn	80	-	97.6
Hg	11	-	13.4
Mo	0	-	0
Ni	1	-	1.2
Pb	82	-	100
Cu	0	11	0
Se	1	1	1.2
Sn	1	-	1.2
Tl	36	-	43.9
V	1	-	1.2
Zn	1	17	1.2

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 08 se puede observar que 17 niños presentan concentraciones de zinc por debajo del límite mínimo.

GRÁFICO N° 01: *Porcentaje de niños de Paragsha que presentan concentración de metales mayores a los estándares de referencia.*



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 01 se observa que los niños y niñas del centro poblado de Paragsha presentan concentraciones elevadas de metales pesados, especialmente de los siguientes: Pb, Mn, Al, Cr, Fe, As, Tl, Hg y B. El 100% de los niños y niñas del centro poblado de Paragsha, presentan concentraciones elevadas de plomo. Respectivamente el 97.6% y el 96.3% de ellos presenta manganeso el aluminio, por encima de los estándares de referencia. El 92.7% presenta niveles extremadamente elevados de cromo y hierro, así como para el arsénico (86.6%). El 43.9% tiene el talio sobre los niveles de referencia y un porcentaje menor presenta mercurio (13.4%), boro (11%), cadmio (6.1 %), berilio (2.4%); solo el 1.2% de los sujetos tiene bario, níquel, selenio, estaño, vanadio

y zinc sobre los estándares de referencia (ER). Ningún niño tiene niveles altos de cobalto, cobre, antimonio, molibdeno.

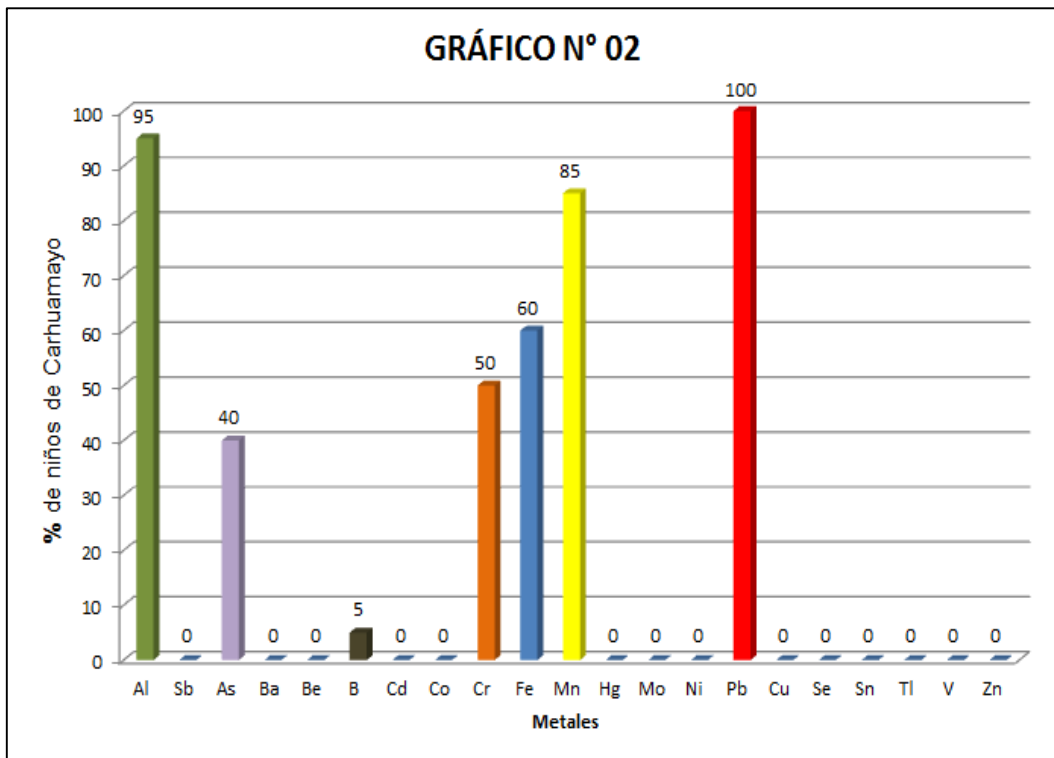
**TABLA N° 09: Porcentaje de sujetos de Carhuamayo que presentan concentraciones de metales por encima de los estándares de referencia.**

Metal	N° de sujetos que superan los ER	N° de sujetos que presentan minerales esenciales por debajo de los ER	% de niños que presentan metales tóxicos en altas concentraciones
Al	19	-	95
Sb	0	-	0
As	8	-	40
Ba	0	-	0
Be	0	-	0
B	1	-	5
Cd	0	-	0
Co	0	-	0
Cr	10	-	50
Fe	12	-	60
Mn	17	-	85
Hg	0	-	0
Mo	0	-	0
Ni	0	-	0
Pb	20	-	100
Cu	0	1	0
Se	0	-	0
Sn	0	-	0
Tl	0	-	0
V	0	-	0
Zn	0	2	0

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 09 se puede observar que solo un niño de los veinte muestreados presenta niveles de cobre bajo el límite mínimo, y dos niños tienen niveles de zinc bajo el estándar de referencia mínimo a indicar la escasez de minerales esenciales en el organismo.

**GRÁFICO N° 02: Porcentaje de niños de Carhuamayo que presentan concentración de metales mayores a los estándares de referencia.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En el gráfico N° 02 se observa con gran sorpresa que los niños y niñas de Carhuamayo presentan concentraciones elevadas de metales como el Pb, Al Mn, Fe, Cr As y B. A pesar de no estar expuestos a fuentes conocidas de contaminantes por actividades mineras, presentan también metales tóxicos por encima de los ER. El 100% de ellos presenta plomo en el cabello; el 95% tiene aluminio, seguido por el 85% con el manganeso. Hierro (60%), cromo (50%), arsénico (40%), boro (5%) están por encima de los niveles de referencia. Ningún niño tiene en el cabello los demás metales.



#### **4.2.1. Resultados promedio de las concentraciones de cada elemento en los niños de Paragsha y Carhuamayo.**

El promedio (mediana) de las concentraciones se expresa en miligramos (mg) de elemento sobre kilogramos (Kg) de cabello analizado. El promedio refleja la situación con una mirada más amplia, ya que en los datos observamos valores mínimos y máximos extremos: algunos individuos presentan muchos metales en concentraciones muy elevadas y otros no presentan ningún elemento. También en este último caso, esto puede ser debido al hecho que el sujeto no pueda excretar los metales, razón por el cual, no los encontramos en el pelo, y es considerado el caso más grave, porque el sujeto retiene en su organismo las sustancias tóxicas. Al mismo tiempo, cuando un individuo presenta muchos metales en altas concentraciones significa que su organismo tiene una buena capacidad de excretar las toxinas y que está expuesto a grandes cantidades de contaminantes ambientales.

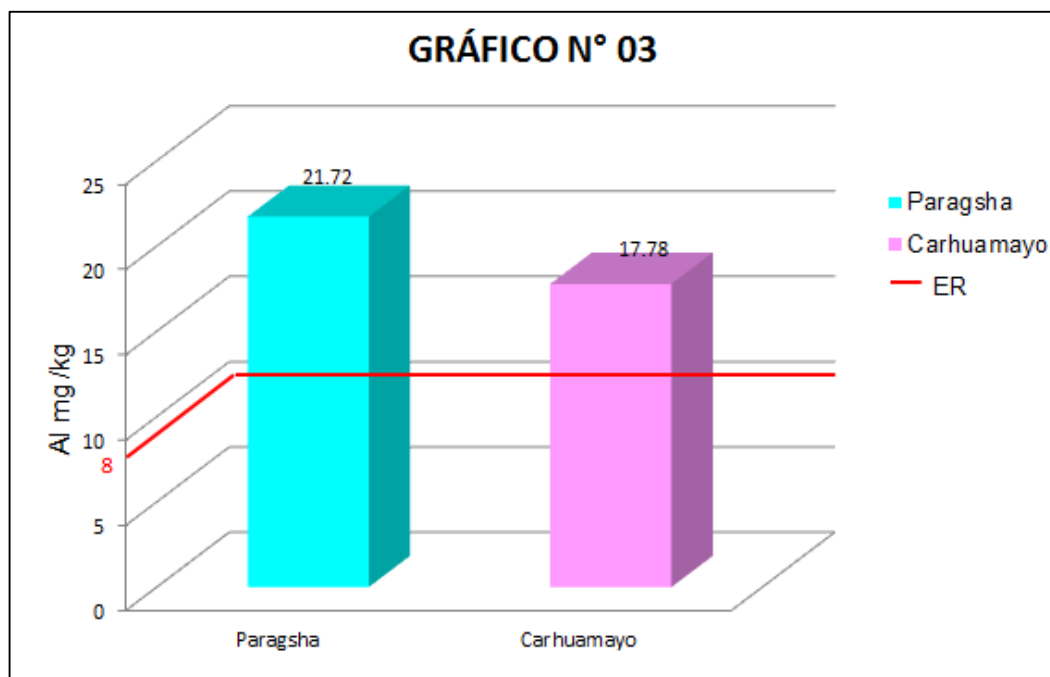
**TABLA N° 10: Concentraciones medias en los dos grupos de análisis Paragsha y Carhuamayo**

Elemento	ER	Paragsha	Carhuamayo
	(Niños) mg/Kg	Mediana mg/Kg	Mediana mg/Kg
Al	< 8	21.72	17.78
Sb	< 0.2	0.06	0.03
As	< 0.2	0.39	0.2
Ba	< 2.65	0.67	0.68
Be	< 0.03	0.04	0.02
B	< 0.84	7.56	5.2
Cd	< 0.2	0.07	0.03
Co	< 0.15	0.03	0.02
Cr	0.02 - 0.15	0.27	0.15
Fe	7.7 - 15	27.36	17.8
Mn	0.07 - 0.5	2.12	1.06
Hg	< 0.3	0.25	0.14
Mo	0.02 - 1	0.06	0.05
Ni	< 0.85	0.2	0.15
Pb	< 0.1	3.66	0.92
Cu	6.7 -37	8.25	8.07
Se	0.4 -1.7	0.72	0.69
Sn	0.93	0.14	0.12
Tl	< 0.01	0.01	0.01
V	0.01 - 0.15	0.03	0.03
Zn	110 - 227	126.33	128.6

**Fuente:** Elaboración propia

**Leyenda:**  Valor que no se encuentra dentro del rango establecido en los ER.  
 Valor que parcialmente no se encuentra dentro del rango establecido en ER.

GRÁFICO N° 03: Comparación de la concentración de Aluminio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

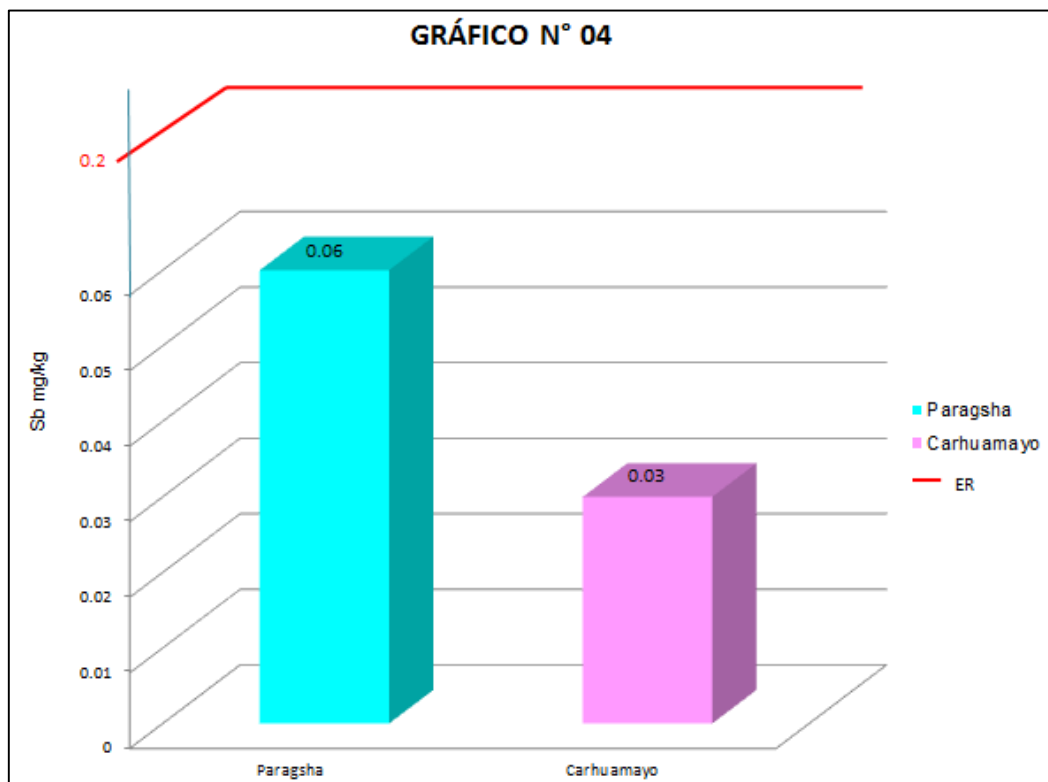


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 03 se puede observar que la concentración de aluminio en ambos grupos sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 8$  mg/Kg. Los niños residentes en Paragsha presentan un valor promedio de 21.72 mg/Kg de Al y los niños residentes en Carhuamayo presentan concentraciones de aluminio con un valor promedio de 17.78. mg/Kg.

**GRÁFICO N° 04: Comparación de la concentración de antimonio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo**

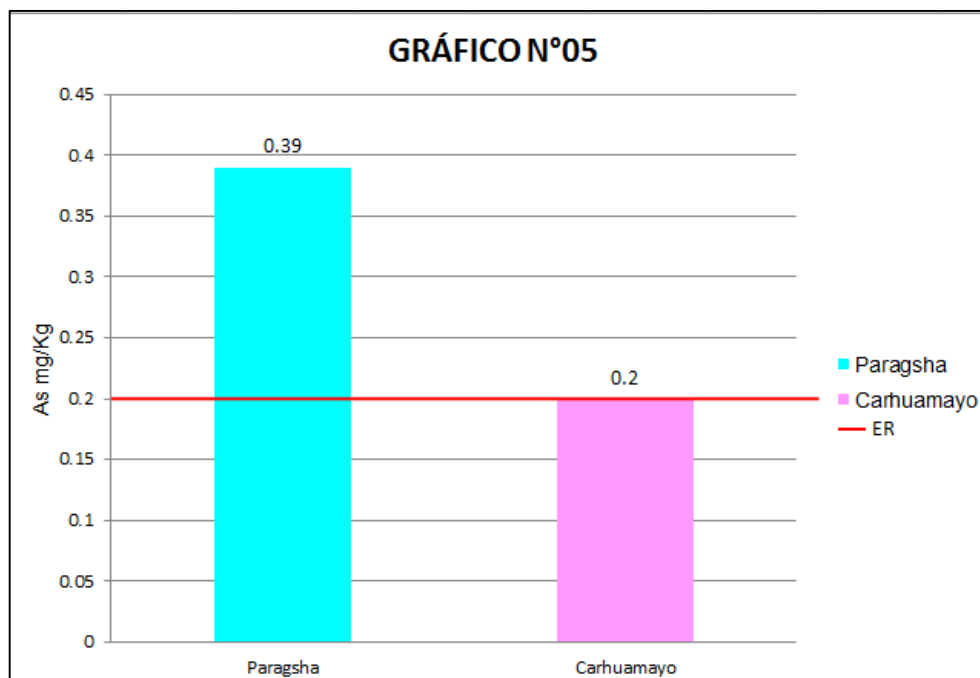


**Fuente:** Elaboración propia

### **Interpretación**

En el gráfico N° 04 se puede observar que la concentración de antimonio en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.2$  mg/Kg, si comparamos los valores promedios, se puede observar que los niños de Paragsha presentan un valor promedio más elevado de antimonio que los niños de Carhuamayo.

GRÁFICO N° 05: Comparación de la concentración de arsénico en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

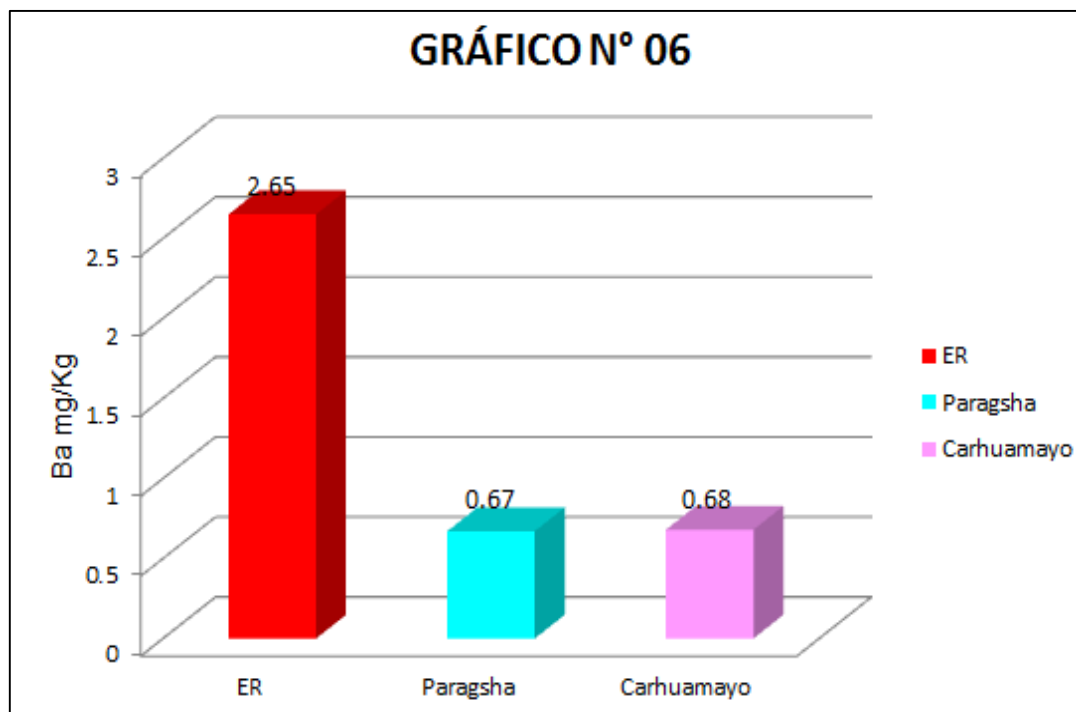


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 05 se puede observar que la concentración de arsénico en los niños residentes en Paragsha sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.2$  mg/Kg., mientras que los niños residentes en Carhuamayo presentan concentraciones de aluminio con un valor promedio de 0.2 mg/Kg el cual es igual al estándar de referencia.

GRÁFICO N° 06: *Comparación de la concentración de bario en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo*

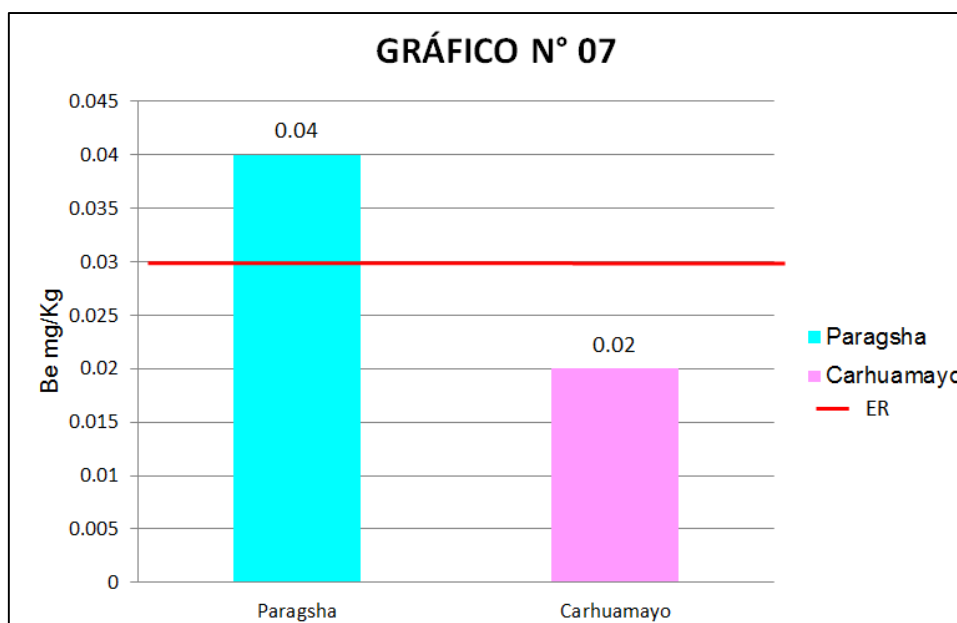


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 06 se puede observar que la concentración de bario en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 2.65$  mg/Kg. Los niños residentes en Carhuamayo presentan concentraciones de bario ligeramente mayor al de los niños de Paragsha, con valores promedio de  $0.68$  mg/Kg y  $0.67$  mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 07: *Comparación de la concentración de berilio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo*

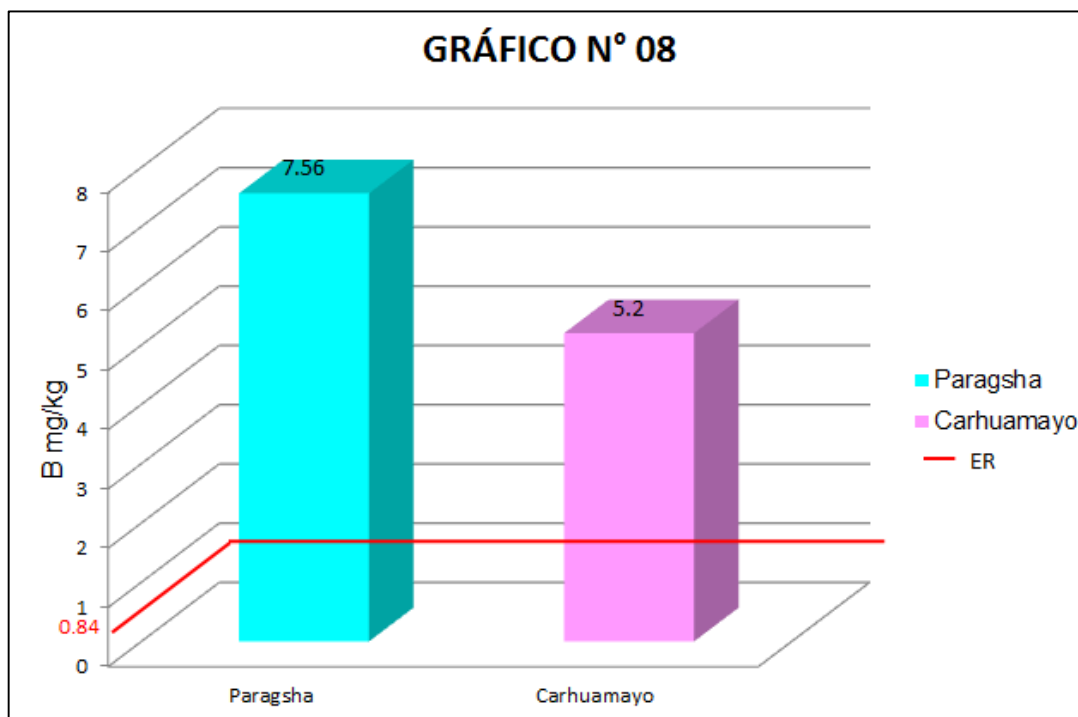


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 07 se puede observar que la concentración de berilio en los niños residentes en Paragsha es de 0.04 mg/Kg el cual sobrepasa el estándar de referencia que es de  $< 0.03$  mg/Kg, mientras que los niños residentes en Carhuamayo presentan concentraciones de berilio con un valor promedio de 0.02 mg/Kg el cual no sobrepasa los estándares de referencia.

GRÁFICO N° 08: *Comparación de la concentración de boro en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo*



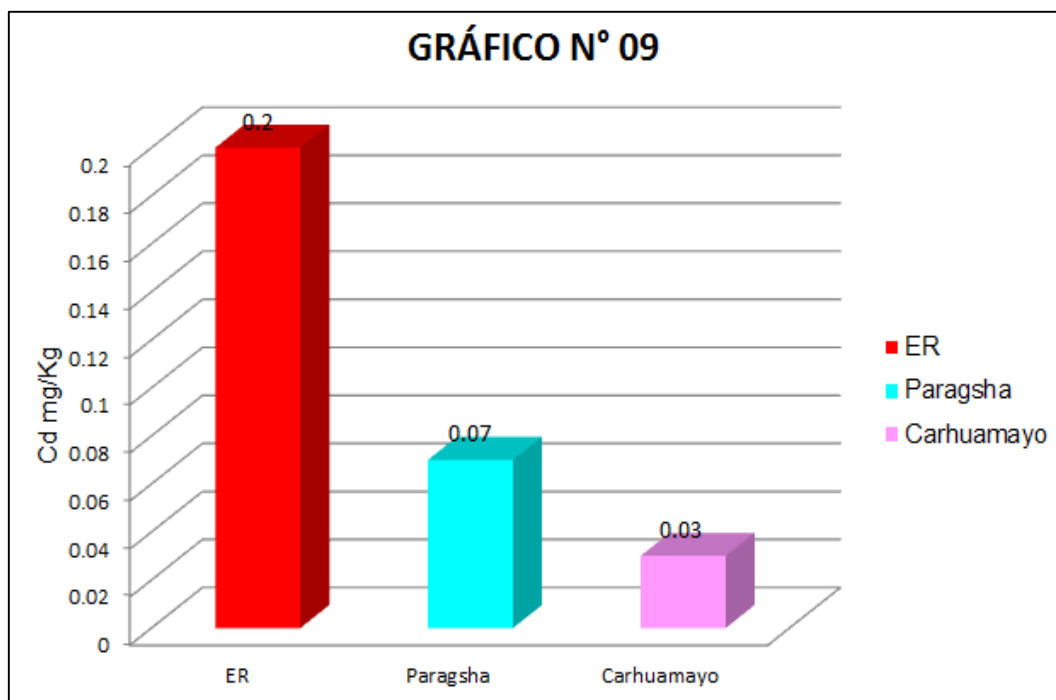
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 08 se puede observar que la concentración de boro en ambos grupos sobrepasa el estándar de referencia que es de  $< 0.84$  mg/Kg, los niños residentes en Paragsha presentan concentraciones de boro mayores que los niños de Carhuamayo, con valores promedio de 7.56 mg/Kg y 5.2 mg/Kg respectivamente.



**GRÁFICO N° 09: Comparación de la concentración de cadmio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo**

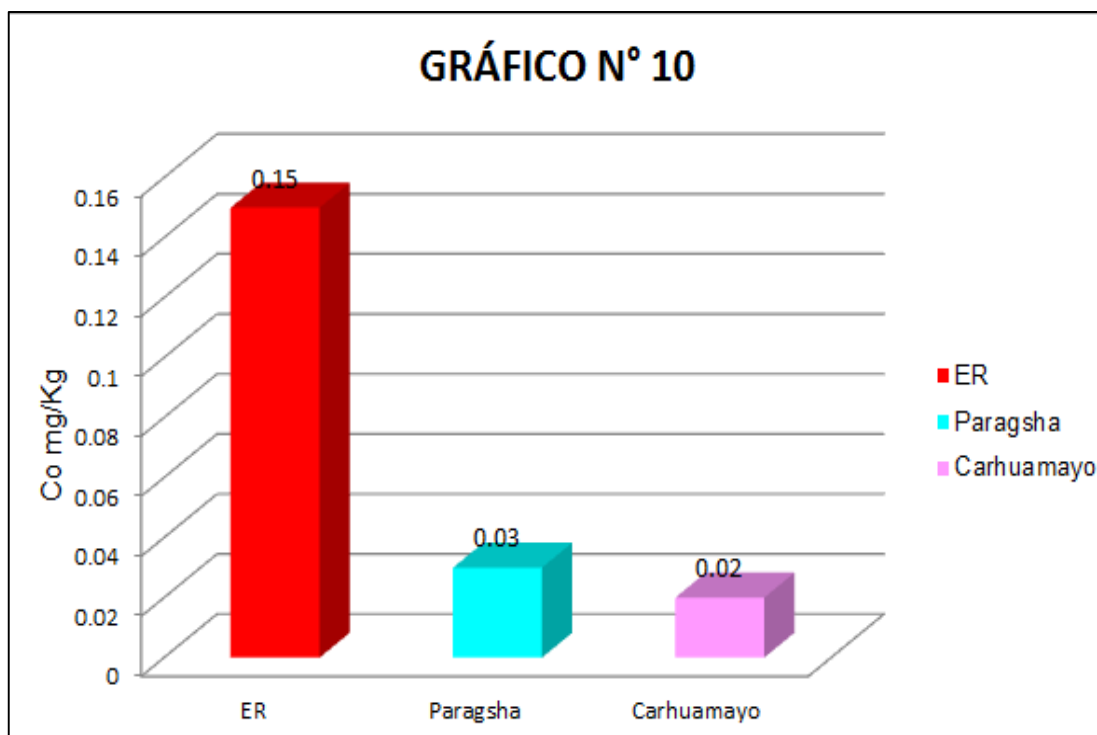


**Fuente:** Elaboración propia

### **Interpretación**

En el gráfico N° 09 se puede observar que la concentración de cadmio en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.2$  mg/Kg., sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan concentraciones de cadmio mayores a los niños de Carhuamayo, con valores promedio de 0.07 mg/Kg y 0.03 mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 10: *Comparación de la concentración de cobalto en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo*

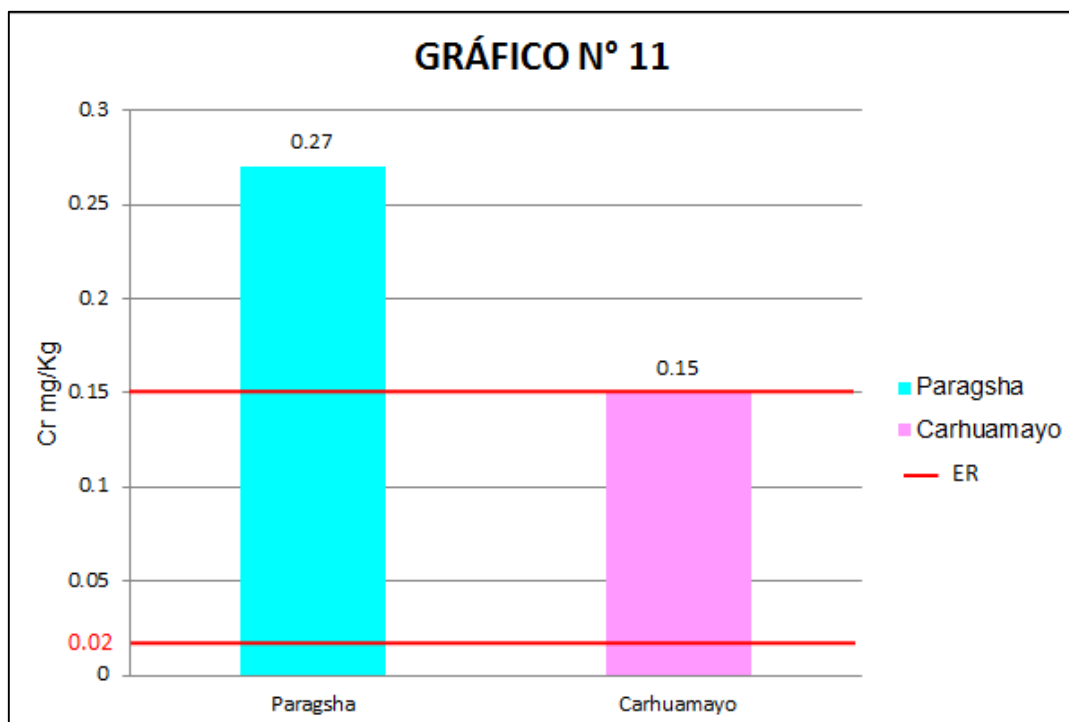


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 10 se puede observar que la concentración de cobalto en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.15$  mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan concentraciones de cobalto ligeramente mayores a los niños de Carhuamayo, con valores promedio de 0.03 mg/Kg y 0.02mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 11: *Comparación de la concentración de cromo en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo*

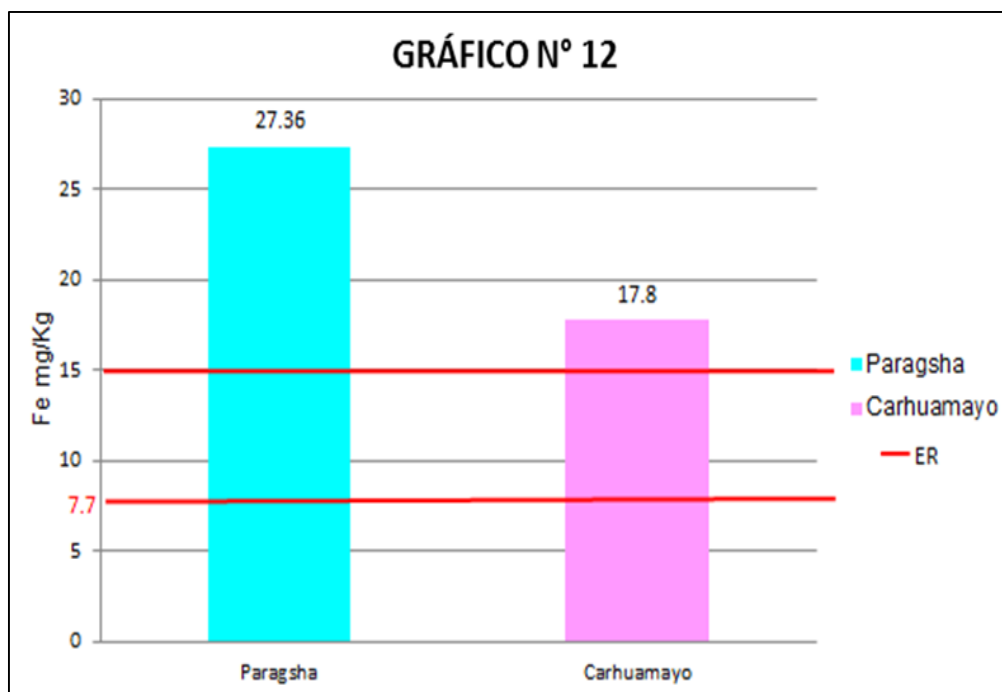


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 11 se puede observar que la concentración de cromo en el cabello de los niños de Paragsha presenta un valor promedio de 0.27 mg/Kg el cual sobrepasa el estándar de referencia que es 0.02 – 0.15 mg/Kg y los niños residentes en Carhuamayo presentan un valor promedio de 0.15 mg/Kg, el cual está igual al estándar de referencia.

GRÁFICO N° 12: Comparación de la concentración de hierro en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

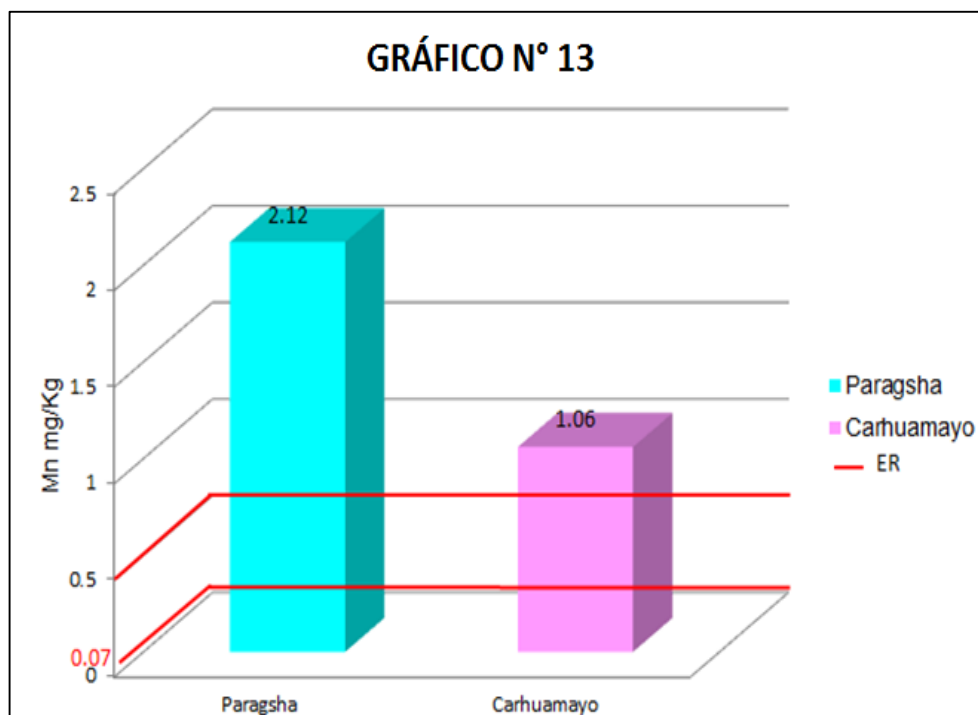


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 12 se puede observar que la concentración de hierro en ambos grupos sobrepasa los estándares de referencia que es 7.7 - 15 mg/Kg, los niños residentes en Paragsha presentan valores mayores a los niños de Carhuamayo, con una concentración promedio de 27.36 mg/Kg y 17.8 mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 13: Comparación de la concentración de manganeso en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

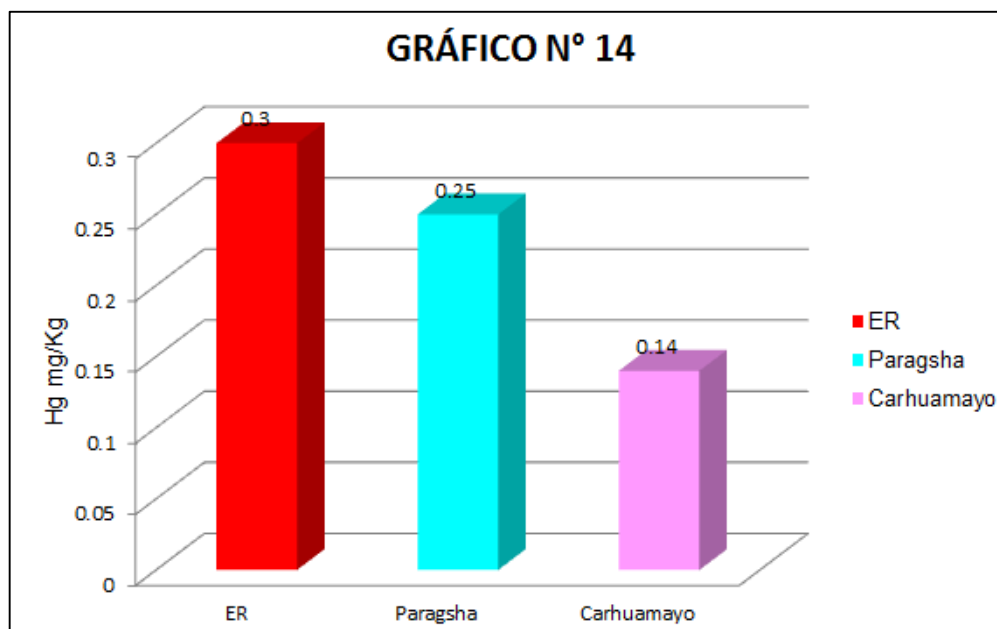


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 13 se puede observar que la concentración de manganeso en el cabello de los niños de Paragsha sobrepasa el estándar de referencia que es de 0.07 – 0.5 mg/Kg con un valor promedio de 2.12 mg/Kg, mientras que los niños residentes en Carhuamayo presentan concentraciones de manganeso con un valor promedio de 1.06 mg/Kg, que excede también los estándares de referencia.

**GRÁFICO N° 14: Comparación de la concentración de mercurio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo**

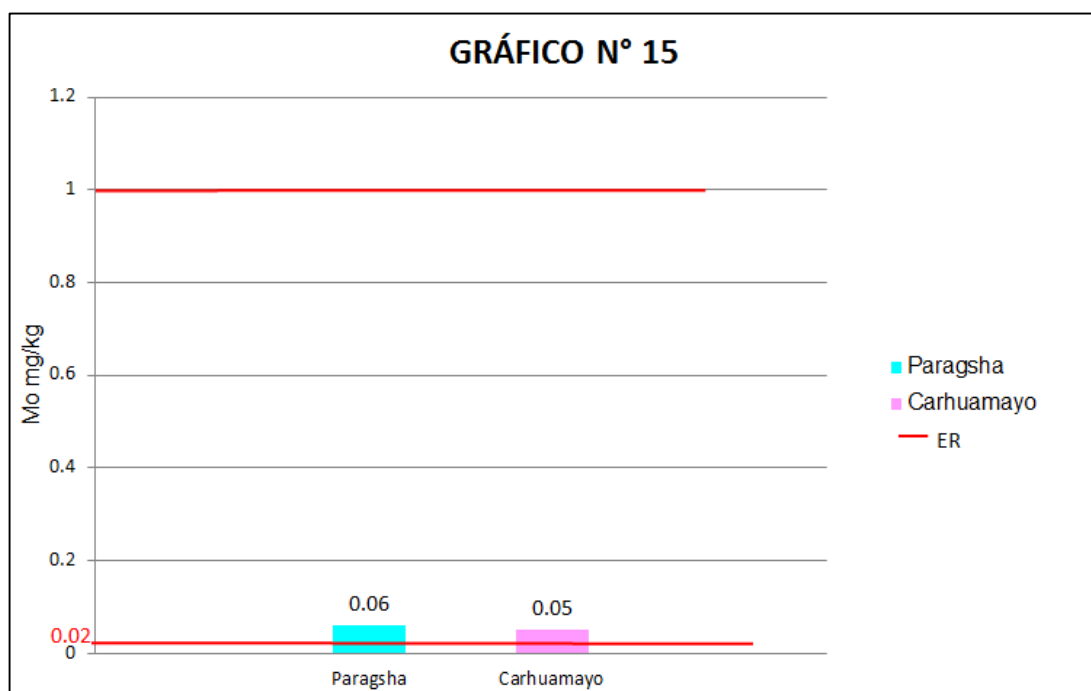


**Fuente:** Elaboración propia

### **Interpretación**

En el gráfico N° 14 se puede observar que la concentración de mercurio en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.3$  mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan concentraciones de mercurio mayores a los niños de Carhuamayo, con valores promedio de 0.25 mg/Kg y 0.14 mg/Kg respectivamente.

**GRÁFICO N° 15: Comparación de la concentración de molibdeno en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo**

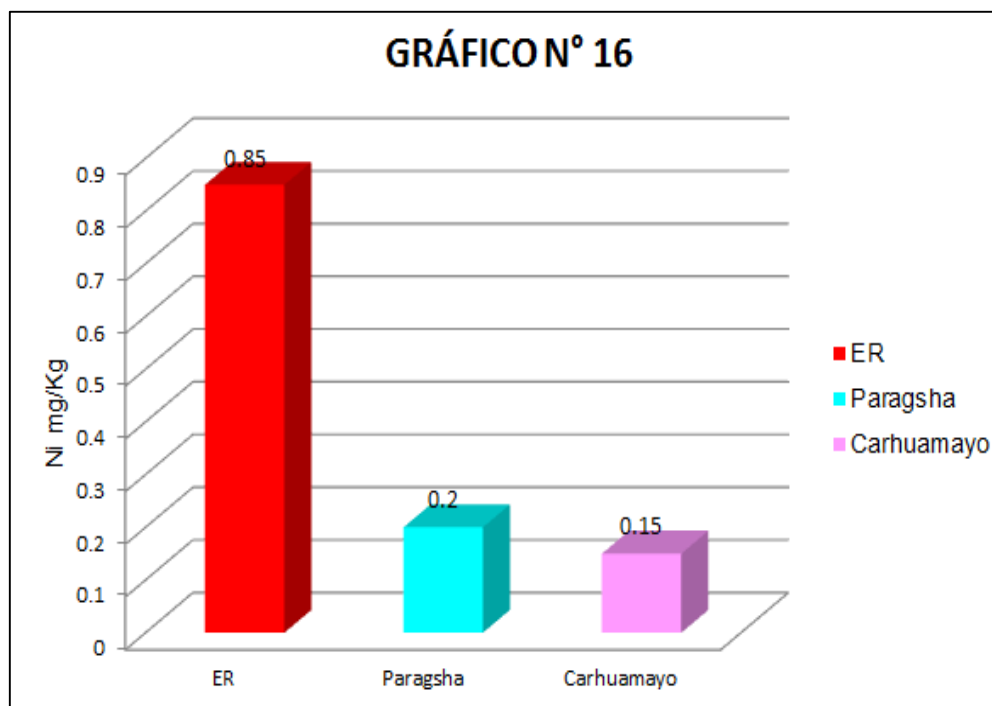


**Fuente:** Elaboración propia

### **Interpretación**

En el gráfico N° 15 se puede observar que la concentración de molibdeno en ambos grupos no sobrepasa los estándares de referencia que es de 0.02 – 1 mg/Kg . Los niños residentes en Paragsha presentan ligeramente mayor concentración de molibdeno con respecto a los niños de Carhuamayo, con un valor promedio de 0.06 mg/Kg y 0.05 mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 16: Comparación de la concentración de níquel en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo



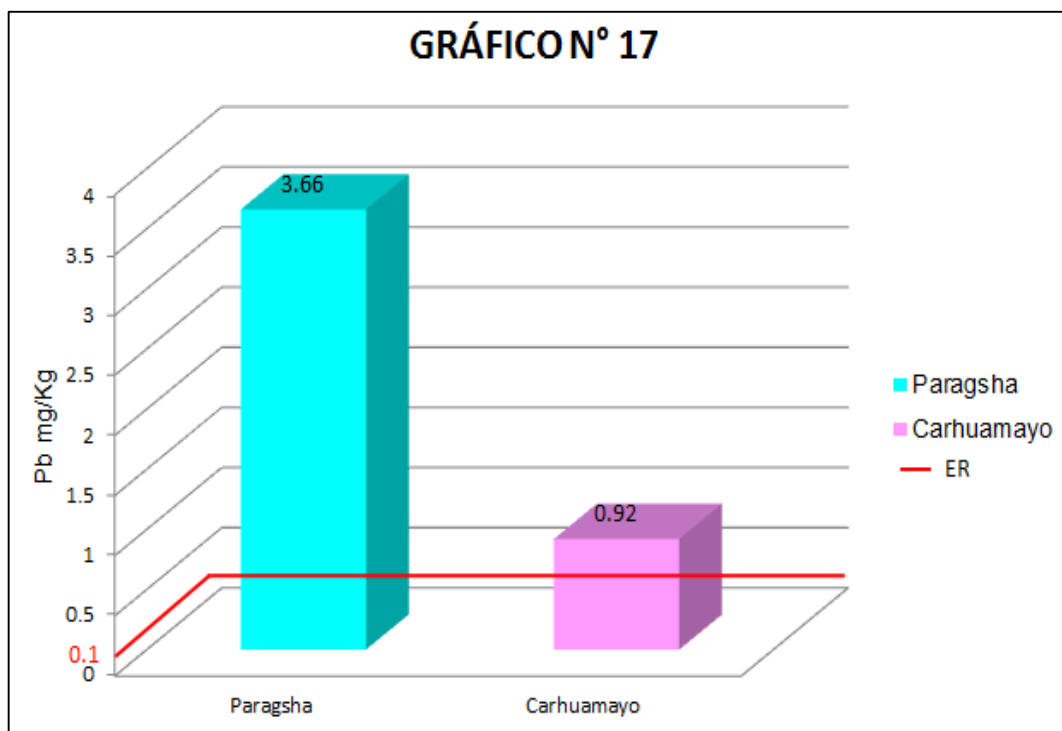
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 16 se puede observar que la concentración de níquel en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es  $< 0.85$  mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan concentraciones de níquel en el cabello en mayor cantidad que los niños de Carhuamayo, con un valor promedio de 0.2 mg/Kg y 0.15 mg/Kg respectivamente.



GRÁFICO N° 17: Comparación de la concentración de plomo en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

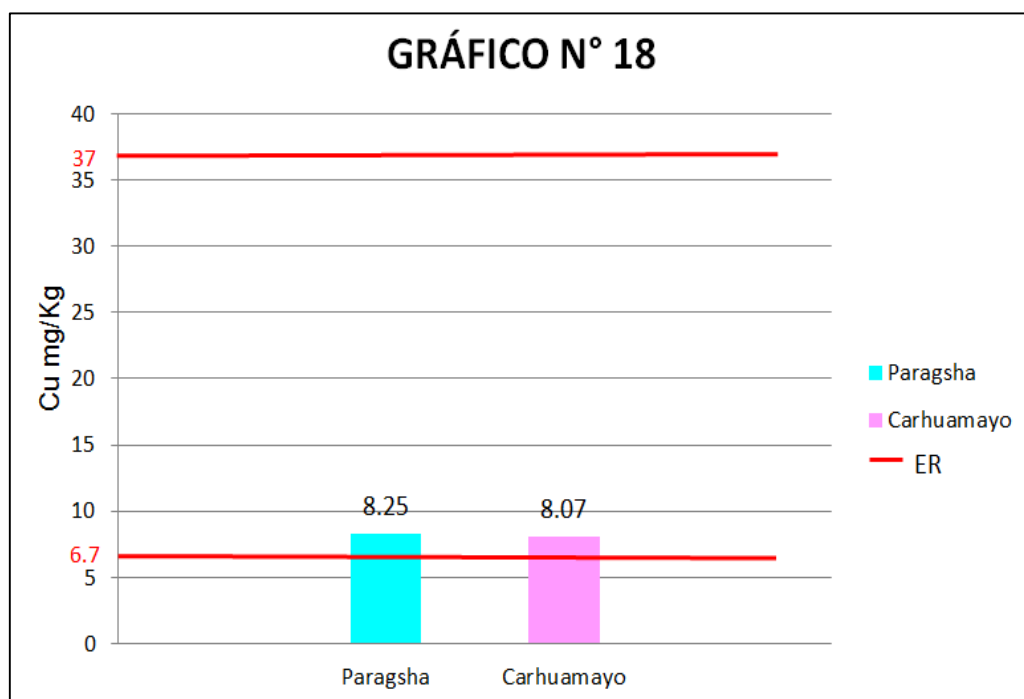


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 17 se puede observar que la concentración de plomo en el cabello de los niños de Paragsha sobrepasa 36 veces el estándar de referencia que es  $< 0.1$  mg/Kg y 9 veces en los niños residentes en Carhuamayo.

GRÁFICO N° 18: Comparación de la concentración de cobre en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

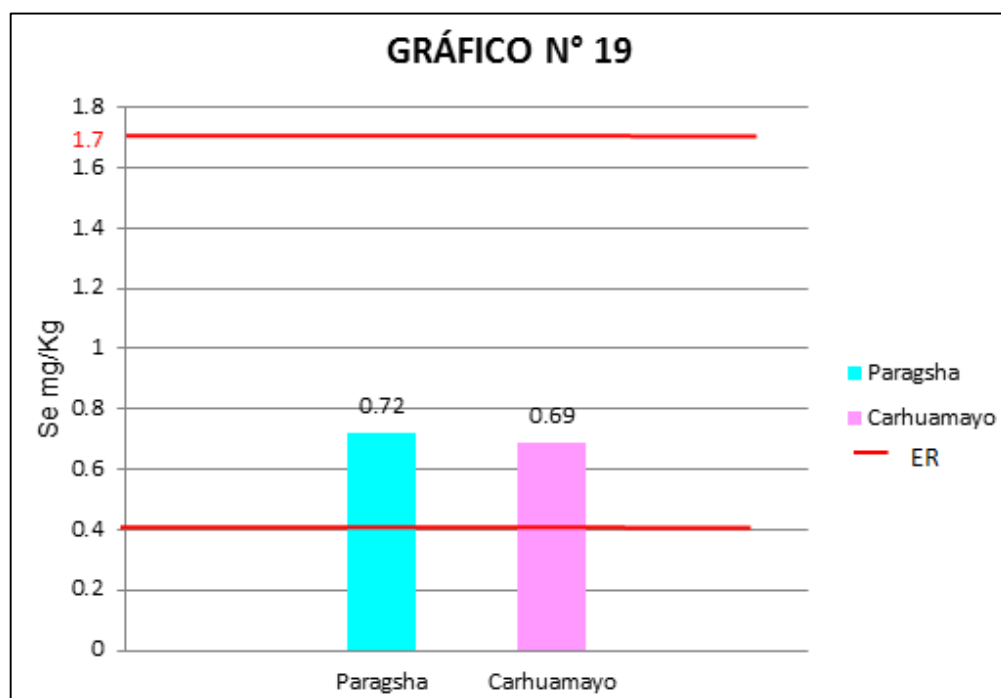


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 18 se puede observar que la concentración de cobre en ambos grupos no sobrepasa los estándares de referencia que es de 6.7 – 37 mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan mayor concentración de cobre con respecto a los niños de Carhuamayo, con un valor promedio de 8.25 mg/Kg y 8.07 mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 19: Comparación de la concentración de selenio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

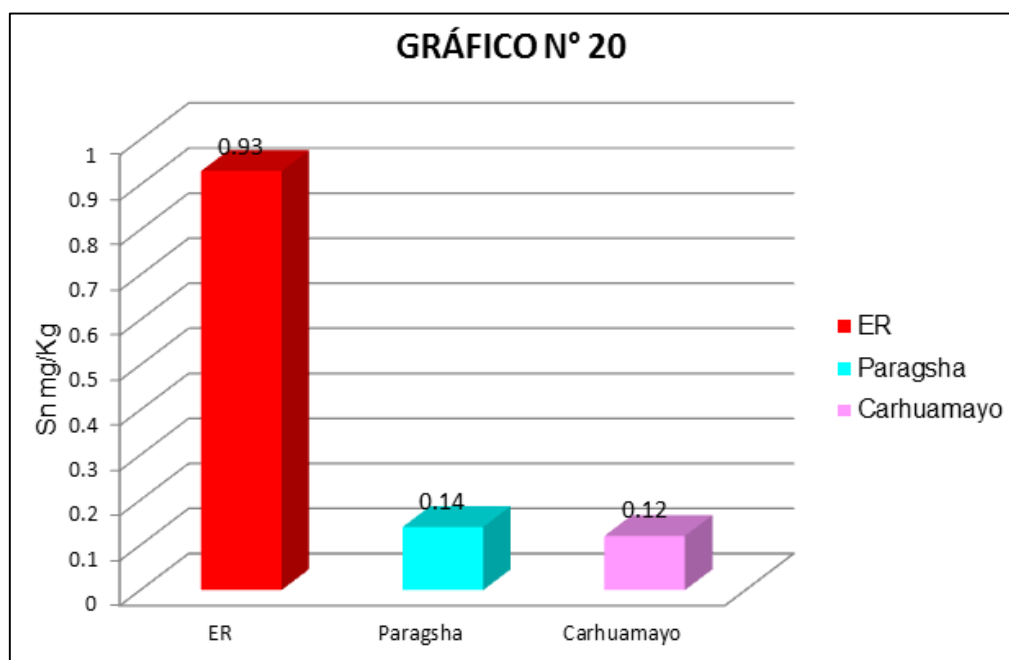


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 19 se puede observar que la concentración de selenio en ambos grupos no sobrepasa los estándares de referencia que es de 0.4 – 1.7 mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan mayor concentración de cobre con respecto a los niños de Carhuamayo, con un valor promedio de 0.72 mg/Kg y 0.69 mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 20: Comparación de la concentración de estaño en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

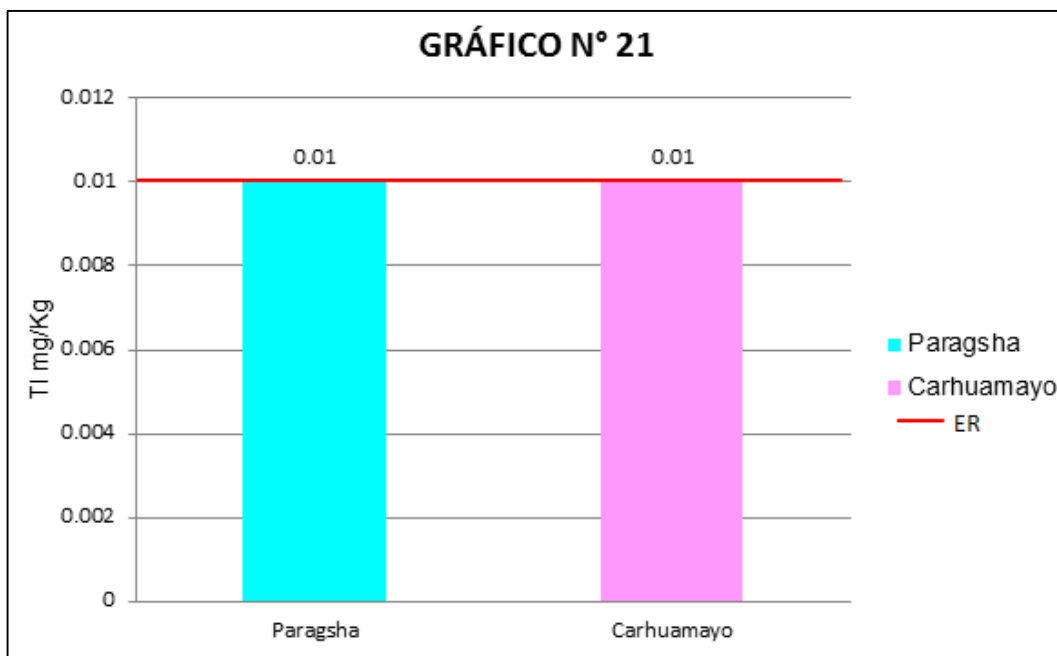


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 20 se puede observar que la concentración de estaño en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es de 0.93 mg/Kg, sin embargo, los niños residentes en Paragsha presentan mayor concentración de estaño con respecto a los niños de Carhuamayo, con un valor promedio de 0.14 mg/Kg y 0.12mg/Kg respectivamente.

GRÁFICO N° 21: Comparación de la concentración de talio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

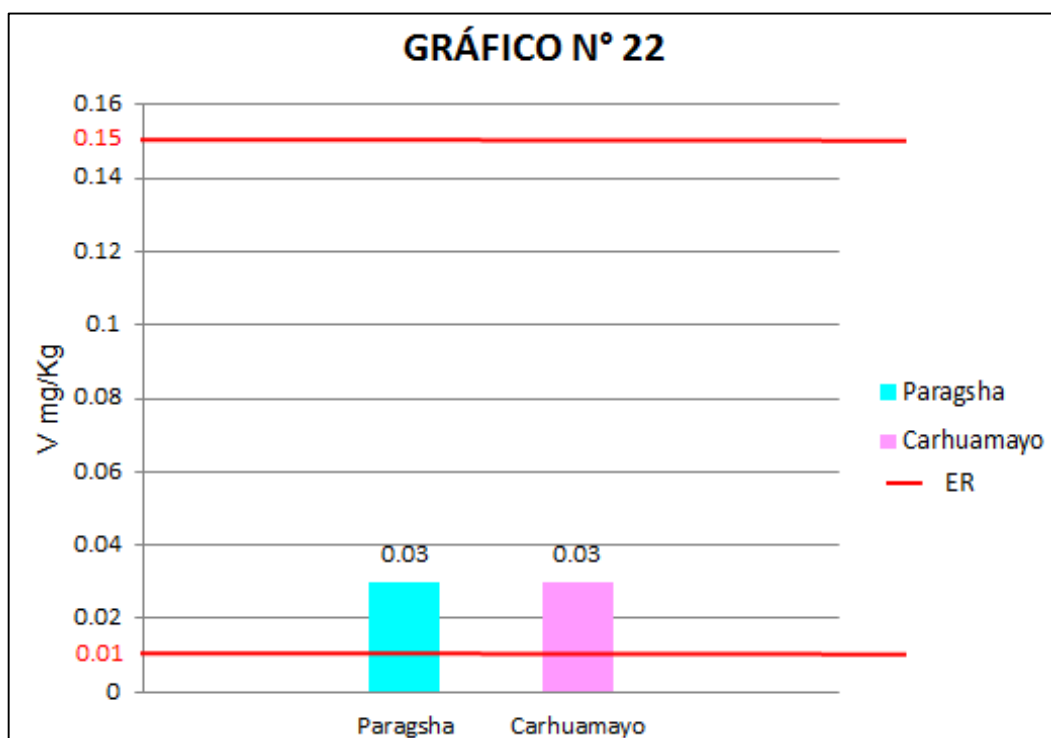


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 21 se puede observar que la concentración de talio en ambos grupos es igual al estándar de referencia que es de 0.01 mg/Kg.

GRÁFICO N° 22: Comparación de la concentración de vanadio en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo

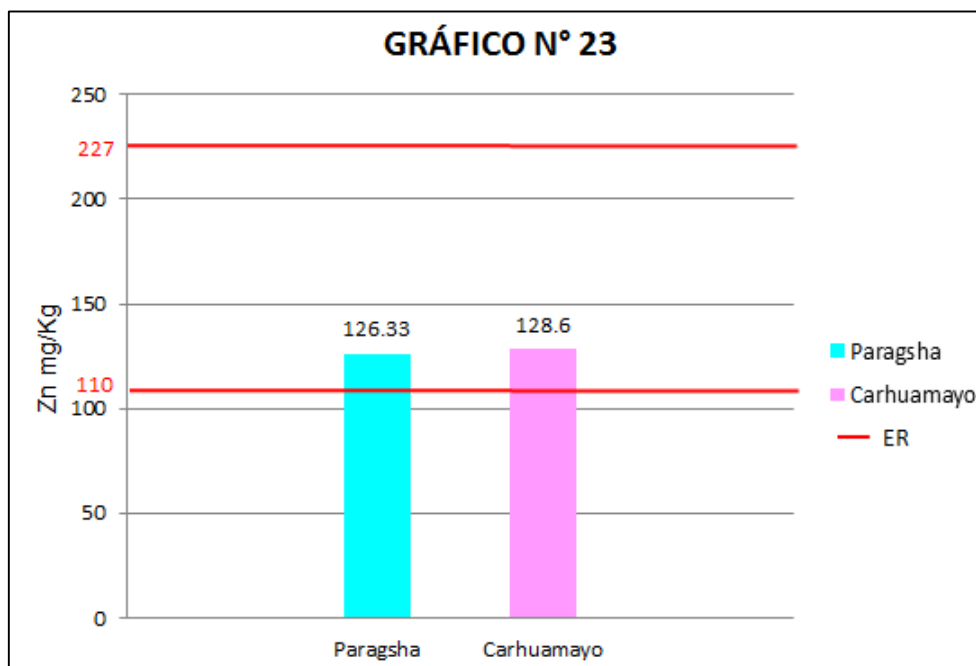


Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 22 se puede observar que la concentración de vanadio en ambos grupos no sobrepasa el estándar de referencia que es de 0.01 – 0.15 mg/Kg, los niños residentes en Paragsha y los niños residentes en Carhuamayo presentan igual concentración de vanadio con un valor promedio de 0.03 mg/Kg.

GRÁFICO N° 23: Comparación de la concentración de zinc en el cabello de los niños de Paragsha y Carhuamayo



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el gráfico N° 23 se puede observar que la concentración de zinc en ambos grupos no sobrepasa los estándares de referencia que es de 110 – 227 mg/Kg. Los niños residentes en Carhuamayo presentan mayor concentración de zinc en el cabello con respecto a los niños de Paragsha, con un valor promedio de 128.6 mg/Kg y 126.33 mg/Kg respectivamente.

### **4.3. Prueba de Hipótesis**

La hipótesis planteada fue que: “Existe presencia de metales pesados en las muestras de cabello de la población infantil del centro poblado de Paragsha debido a la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera”

La cual la hipótesis es aceptada. Por los resultados obtenidos mencionados en la tabla 10 que menciona las Concentraciones medias en los dos grupos de análisis Paragsha y Carhuamayo, y analizada en el grafico 01 y 02 del Porcentaje de niños de Paragsha y Carhuamayo que presentan concentración de metales mayores a los estándares de referencia.

### **4.4. Discusión de resultados**

- Los niños de Paragsha presentan diferentes metales en su cabello, lo que refleja la elevada presencia de algunos metales en el ambiente en lugar que otros. Los metales encontrados en la mayoría de los niños del grupo de Paragsha son: plomo, manganeso aluminio, cromo, hierro, arsénico, talio; mercurio, boro, sólo una pequeña parte de los niños tiene, cadmio, berilio, bario, níquel, selenio, estaño, vanadio y zinc.
- Los niños de Paragsha presentan metales en concentraciones mayores respecto a los niños de Carhuamayo.
- La mayoría de los niños de Carhuamayo presentan plomo, aluminio, manganeso, hierro, cromo, arsénico, y sólo una pequeña parte de ellos tiene boro.



- El plomo, aluminio, manganeso, hierro, cromo y arsénico están presentes en altas concentraciones en los niños de Paragsha y en los niños de la muestra de control (Carhuamayo).
- Comparando los valores de los elementos, en los dos grupos de niños y niñas, observamos que: las concentraciones de Al, As, B, Fe, Mn y Pb en los niños de Paragsha son muy elevadas en termino numérico, a las concentraciones en el grupo de control.
- El Pb en el grupo del Paragsha es 4 veces más que el de control.
- Comparando las concentraciones de metales en los niños y niñas de Paragsha y de Carhuamayo con los estándares alemanes de referencia (ER) evidenciamos que el Al, B, Fe, Mn y Pb superan en ambos grupos los ER.
- La concentración de aluminio en los niños de Paragsha es casi 3 veces por encima de los estándares de referencia; en los niños de Carhuamayo la concentración es más del doble; en el grupo de Paragsha, el As, Mn, Cr y Fe son el doble que el nivel de referencia, mientras en el grupo de control las concentraciones de As y Cr son iguales a los estándares.
- El nivel de B en el grupo de Paragsha es 9 veces superior al estándar y 6 veces más en el grupo de control; el Pb sobrepasa de 36 veces el estándar de referencia por Paragsha y 9 veces por el control.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de metales en el cabello de los 82 niños residentes en Paragsha evidencian la presencia de diferentes metales, lo que refleja la elevada presencia de algunos metales en el ambiente, por lo tanto, si existe relación entre la concentración de metales y el entorno ambiental a la que se encuentran expuestos. Los metales encontrados en la mayoría de los niños del grupo de Paragsha son: aluminio, arsénico, boro, cromo, hierro, manganeso, talio y plomo; sólo una pequeña parte de los niños tiene bario, berilio cadmio, mercurio, níquel, selenio, estaño, vanadio y zinc, por otra parte, el estudio muestra además niños con un estado nutricional ineficiente por escasez de elementos esenciales (zinc, selenio, entre otros.), que implica y refuerza la absorción de algunos metales tóxicos.
- Utilizando una muestra de 82 niños de Paragsha, residentes cerca de las plantas y/o operaciones mineras y 20 niños de Carhuamayo, como muestra de control no directamente afectados por la minería; se ha logrado identificar que, si existe relación entre la exposición humana a los metales tóxicos en un territorio dedicado al sector extractivo minero, pues existe presencia de los mismos en el cabello de la población expuesta. Se encontró una mayor concentración de metales en el organismo de niños y niñas expuestos, respecto al grupo de control.
- El nivel de concentración de metales en las muestras de cabello de los niños residentes en Paragsha superan los estándares de referencia en los siguientes elementos: Al, As, Be, B, Cr, Fe, Mn y Pb. El 100% de los niños presentan concentraciones elevadas de plomo, encima de 0,1 mg/Kg el cual es el límite de referencia según los estándares de referencia (ER) alemanes.

El 97% y el 96% de ellos presenta respectivamente manganeso y aluminio por encima de los estándares de referencia (Mn 0.07-0,5 mg/Kg- Al 8 mg/Kg); y el 92% de ellos presenta niveles extremadamente elevados de cromo y hierro, y arsénico (86%). Aunque si en medida diferente y menor, en el grupo de control (Carhuamayo) se encontró metales tóxicos por encima de los estándares: el 100% de ellos presenta plomo en el cabello; el 95% tiene aluminio, seguido por el 85% con el manganeso.

- Los metales pesados encontrados en el cabello de los niños de Paragsha, son sustancias tóxicas, teratogénicas y cancerígenas, cuyos daños son relacionados a la concentración y duración a las cuales están expuestos. Las informaciones médicas recolectas demuestran que los principales efectos en la salud ocasionados por los metales en la población infantil de Paragsha son las siguientes: enfermedades del sistema digestivo (32%), seguidas por las enfermedades del sistema respiratorio (18%) y el tercer lugar está ocupado por traumatismos y envenenamientos (6,6%), cabe señalar que también existen casos de problemas osteomusculares y reumatismo, así como efectos en la salud mental.
- La escasez de algunos minerales esenciales, define la falta de acceso a alimentos que proporcionen el justo balance de elementos indispensables para un correcto desarrollo de cada niño, sobre todo para tejidos y órganos, y/o define también una escasa capacidad de absorción por parte del sujeto. Además, como muchos estudios científicos demuestran, los bajos niveles de elementos esenciales influyen en la absorción y almacenamiento de metales tóxicos.

- Este estudio permitió proporcionar una base de datos sobre la concentración de metales pesados en la población infantil de Paragsha, así mismo nos permitió disponer de evidencia que permita precisar de mejor manera esta relación en entornos ambientales cuya situación de contaminación está influenciada por la actividad, para poder diseñar estudios complementarios y para que las autoridades implementen y fortalezcan acciones de control orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del centro poblado de Paragsha.

## RECOMENDACIONES

- Se debería evaluar la calidad ambiental del entorno del distrito de Carhuamayo, para entender y averiguar cuáles son las fuentes de contaminación a las cuales la población local está inconscientemente expuesta.
- Brindar alimentos principales y refrigerios a los niños que contengan alto contenido en proteínas y vitaminas para minimizar la absorción del plomo.
- Realizar capacitaciones en temas de identificación de factores de riesgo para los niños que viven en zonas mineras.
- Realizar evaluación clínica periódicamente y exhaustivamente a toda la población en general de Paragsha priorizando a niños y gestantes por ser una población vulnerable.
- Fortalecer el conocimiento sobre la promoción de la salud en temas de minimización de factores de riesgo tal modo orientar adecuadamente sobre estos temas, a la población en general de Paragsha para poder reducir el riesgo de intoxicación por algunos metales pesados.
- Organizar talleres orientados a fortalecer la minimización de los factores de riesgo presentes en la población y en temas de viviendas saludables.
- Desarrollar actividades de extensión universitaria y proyección social, para fortalecer la promoción de la salud.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Anticona C, Bergdahl A, San Valentin M. Exposición al plomo en niños de comunidades indígenas de la cuenca del Amazonas en el Perú. Revista Panamericana de Salud Pública. 2012.
- ✓ Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor. (2009). Evaluación de la calidad de los recursos hídricos en la provincia de Pasco y de la salud en el centro poblado de Paragsha. SONIMAGENES S.C.R.L. 97pp.
- ✓ Astete, Cáceres W, Gastañaga MdC, Lucero M, Sabastizagal I, Oblitas T, et al. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. Artículo científico. lima: Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud; 2009.
- ✓ Centro nacional de salud ocupacional y protección del medio ambiente para la salud. Determinación de Plomo en Sangre. Informe de Resultado. Huancavelica: Dirección regional de salud de Huancavelica,
- ✓ Conklin MD, Laura (et.Al). Exposiciones a metales pesados en niños y mujeres en edad fértil en tres comunidades mineras Cerro de Pasco, Perú. (2008). Centro Nacional para la Salud Ambiental. Atlanta.
- ✓ Enríquez Rubio E. Norma oficial mexicana de salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.2002. (En línea). Disponible en:

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html>. [Revisado el 03 de julio del 2018].

- ✓ Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, Baptista Lucio. Metodología de la investigación. Sexta ed. Mares Chacon J, editor. México: Mc Graw Hill; 2014.
- ✓ Hernández Sampieri, Roberto (et. Al.). Metodología de la investigación científica. (Segunda edición). Mc GRAW-HILL: México. 487 pp.
- ✓ Londoño-Franco, Luis Fernando (et.Al). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Colombia. 2015. (En línea). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf> [Revisado el 02 de julio del 2018].
- ✓ Ministerio de Salud. Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones ambientales infantiles con plomo. Primera ed. Fernández R, García SI, Haas AI, Saracco AS, Swiecky CA, editors. Buenos Aires: Presidencia de la Nación; 2013.
- ✓ Ministerio de Salud. 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. 2015 (En línea). Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/normas/2015/RM006-2015MINSAs.pdf>. [Revisado el 02 de julio del 2018].

- ✓ Molina Villalba, Isabel. Análisis de arsénico y metales pesados en orina y cabello de población infantil residente en Huelva. Universidad de Granada. 2015.
  
- ✓ OMS. Organización Mundial de la Salud. 2015. [En línea]. Revisado el 2 de julio 2018. Disponible en:  
[www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/s/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/s/).
  
- ✓ Rodríguez A, Espinal. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. Tesis. República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Departamento Ciencias y Sociedad; 2008.
  
- ✓ Tirado LR, González-Martínez FD, Martínez LJ, Wilches LA, Celedón-Suárez JN. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. Rev Nac Odontol. 2015;11(21):83-99. (En línea). Disponible en: doi: <http://dx.doi.org/> [Revisado el 05 de julio del 2018].
  
- ✓ Van Geen A, Bravo C, Gil, Sherpa S, Jack D. OMS – Boletín epidemiológico 2012. [En línea]. Revisado el 1 julio del 2018. Disponible: [www.who.int/bulletin/volumes/90/12/12-106419-ab/es/](http://www.who.int/bulletin/volumes/90/12/12-106419-ab/es/).



# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01:

### PROCESAMIENTO DE DATOS

*Bajo el procesamiento de datos, nos enfocamos en la parte descriptiva y correlacional de esta representación, comparamos con **Estándares de referencia alemanes** el laboratorio **Micro Trace Minerals** de la tabla 07:*

Elemento	Estándares de referencia (mg/Kg)	
	Niños	Adultos
Aluminio (Al)	< 8	< 8
Antimonio (Sb)	< 0.2	< 0.3
Arsénico (As)	< 0.2	< 0.2
Bario (Ba)	< 2.65	< 4.64
Berilio (Be)	< 0.03	< 0.1
Boro (B)	< 0.84	< 0.84
Cadmio (Cd)	< 0.2	< 0.2
Cobalto (Co)	< 0.15	0.01 - 0.3
Cromo (Cr)	0.02 - 0.15	0.02 - 0.21
Hierro (Fe)	7.7 - 15	4.6 - 17.7
Manganeso (Mn)	0.07 - 0.5	0.05 - 0.92
Mercurio (Hg)	< 0.3	< 0.6
Molibdeno (Mo)	0.02 - 1	0.03 - 1.1
Níquel (Ni)	< 0.85	< 1
Plomo (Pb)	< 0.1	< 0.1
Cobre (Cu)	6.7 - 37	10 - 41
Selenio (Se)	0.4 - 1.7	0.4 - 1.7
Estaño (Sn)	0.93	0.7
Talio (Tl)	< 0.01	< 0.01
Vanadio (V)	0.01 - 0.15	0.01 - 0.2
Zinc (Zn)	110 - 227	150 - 272

**Fuente:** Micro Trace Minerals; <https://microtraceminerals>.

Procesamos estos datos de la tabla 7 en la comparación (correlación) por lo cual se identificó las concentraciones de los metales pesado.

Elemento	ER	Paragsha	Carhuamayo
	(Niños) mg/Kg	Mediana mg/Kg	Mediana mg/Kg
Al	< 8	21.72	17.78
Sb	< 0.2	0.06	0.03
As	< 0.2	0.39	0.2
Ba	< 2.65	0.67	0.68
Be	< 0.03	0.04	0.02
B	< 0.84	7.56	5.2
Cd	< 0.2	0.07	0.03
Co	< 0.15	0.03	0.02
Cr	0.02 - 0.15	0.27	0.15
Fe	7.7 - 15	27.36	17.8
Mn	0.07 - 0.5	2.12	1.06
Hg	< 0.3	0.25	0.14
Mo	0.02 - 1	0.06	0.05
Ni	< 0.85	0.2	0.15
Pb	< 0.1	3.66	0.92
Cu	6.7 -37	8.25	8.07
Se	0.4 -1.7	0.72	0.69
Sn	0.93	0.14	0.12
Tl	< 0.01	0.01	0.01
V	0.01 - 0.15	0.03	0.03
Zn	110 - 227	126.33	128.6

**Fuente:** Elaboración propia

**Leyenda:**  Valor que no se encuentra dentro del rango establecido en los ER.

Valor que parcialmente no se encuentra dentro del rango establecido en ER.

## ANEXO 02

### Procedimientos realizados en gabinete:

**De los datos:** Las respuestas o datos obtenidos se transfieren a una matriz de datos y se preparan para su análisis, para ello se utilizaron las siguientes técnicas de procesamiento:

- Codificación
- Almacenamiento de datos.



**Análisis de datos:** Con toda la información obtenida de los resultados se creó una base de datos, en los programas de Microsoft Office para manejar la información completa de la investigación.

Para el análisis de datos se realizó:

- Creación de una base de datos en Microsoft Excel.

1. Creación de una base de datos en Microsoft Excel.

2. Ordenamiento y codificación de datos.

3. Tabulación.

4. Organizadores visuales: tablas, listas, gráficos.

5. Análisis e interpretación: Utilizando la descomposición de los datos más frecuentes y relevantes se procede a interpretar los resultados.

6. Discusión de Hallazgos

## ANEXO 03

### Espacio Geográfico De Paragsha



#### FUENTE: GOOGLE MAPS

<https://www.google.com/maps/place/Paragsha,+Cerro+De+Pasco+19001/@-10.6742746,-76.2678975,607m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x910812aac54e96a3:0x9b4fbc21e5e705eb!8m2!3d-10.674518!4d-76.2685491>

## ANEXO 04

### Panel fotográfico

**FOTO N° 01:** Permiso para el Muestreo del cabello de menor de edad por el personal de Source International en el centro de salud de Paragsha.



**FOTO N° 02:** Muestreo del cabello por el personal de Source International en el centro de salud de Paragsha.

