

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de la calidad ambiental del suelo y su influencia en los  
habitantes del Centro Poblado Paragsha - Pasco, 2022**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Maria del Cielo CRUZ QUISPE**

**Asesor:**

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de la calidad ambiental del suelo y su influencia en los  
habitantes del Centro Poblado Paragsha - Pasco, 2022**

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

---

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO

**PRESIDENTE**

---

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

**MIEMBRO**

---

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N°185-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación de la calidad ambiental del suelo y su influencia en los habitantes del  
Centro Poblado Paragsha - Pasco, 2022**

Apellidos y nombres del tesista:

**Bach. CRUZ QUISPE, Maria del Cielo**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. ROJAS VITOR, Lucio**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**8 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 9 de setiembre del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA  
CAGERES Reynaldo FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 09.09.2024 01:50:51 -05:00

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Esther y mi padre Pompeyo quienes me brindan apoyo incondicional y gracias a cuyos esfuerzos se me permite obtener este logro profesional, a ustedes gracias por enseñarme con el ejemplo el desarrollo de la perseverancia y la valentía.*

*A mi hermana Andrea por ser mi bastón y escudo en un mundo lleno de demonios, finalmente a todos aquellos que han designado su tiempo para guiarme e instruirme en este camino que denominamos vida. Gracias al Tiempo que me han brindado ya que lo considero el recurso más agotable e imposiblemente renovable.*

## **AGRADECIMIENTO**

De manera primordial brindo agradecimiento a mi seno familiar, ellos son los que con su inmenso amor me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. Me siento enormemente agradecida con Dios por haberme permitido coincidir en tiempo y espacio con estos seres maravillosos a quien llamo familia.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, a todos y cada uno de ellos ofrezco mi agradecimiento por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder comenzar a formar mi patrimonio profesional, de igual manera a los profesionales que en mi camino me han orientado en todo aspecto, sin ser su obligación sino por el mero sentimiento de empatía y deseo de superación hacia los otros.

Agradezco a mi asesor asignado Mg. Lucio Rojas Vitor por su tiempo brindado y paciencia, sus palabras y correcciones fueron precisas para lograr llegar a esta instancia anhelada. Gracias por orientarme y así permitirme continuar en la senda del desarrollo profesional.

Direcciono mi sincero agradecimiento al ing. Antonio Colqui Huaman – Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, quien amable y desinteresadamente accedió apoyarme en relación a los recursos informativos bajo su jurisdicción.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, "Evaluación de la calidad ambiental del suelo y su influencia en los habitantes del Centro Poblado Paragsha - Pasco, 2022", tiene como objetivos específicos, determinar la calidad del suelo del centro poblado de Paragsha - Pasco, 2022 en relación de los monitoreos realizados por DIRESA-PASCO, determinar que actividades antropogénicas son los principales factores que afectarán la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022 y determinar cómo influye la calidad del suelo en los habitantes del Centro Poblado Paragsha -Pasco, 2022. Como materiales y herramientas se utilizaron, las informaciones proporcionadas por DIRESA – PASCO mediante sus oficinas de Salud Ambiental y Epidemiología. La metodología empleada fue de tipo descriptiva con un diseño no experimental, en la cual se procesó y comparo la información con las normativas vigentes. Los resultados mostraron que, en base a los metales evaluados y sus Estándares de Calidad Ambiental según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, se encontró la presencia de mercurio en el punto S18; arsénico en todos los puntos; bario en el punto S16; cadmio en los puntos S15, S16, S17 y S18; y plomo en todos los puntos, todos ellos por encima del límite permitido. El único parámetro que no sobrepasó los valores permitidos fue el cromo. Discusión, según los resultados, estos son concordantes con los obtenidos por la DIRESA Pasco- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental. Concluyendo en relación con los objetivos específicos que, la calidad del suelo del centro poblado Paragsha-Simón Bolívar, provincia de Pasco; no puede ser considerada optima, las actividades o fuentes que son perjudiciales para la calidad del suelo puede asociarse de manera directa a las prácticas mineras de la zona y a la presencia continua de pasivos ambientales (stockpiles), en relación al análisis desarrollado podemos apreciar que el mayor porcentaje en la categoría 1 es de 52.6% y corresponde a la población menor a 12 años (reciente generación), lo que indica que los

niños de la población de Paragsha son los más afectados.

Palabras clave: Calidad ambiental del suelo, Centro Poblado Paragsha, ECA  
suelos, metales, concentración alta, parámetros inorgánicos

## ABSTRACT

The present research work, "Evaluation of the environmental quality of the soil and its influence on the inhabitants of the Paragsha Population Center - Pasco, 2022", has the specific objectives of determining the quality of the soil of the Paragsha population center - Pasco, 2022 in relationship of the monitoring carried out by DIRESA-PASCO, determine which anthropogenic activities are the main factors that will affect the quality of the soil of the Paragsha-Pasco Population Center 2022 and determine how the quality of the soil influences the inhabitants of the Paragsha-Pasco Population Center, 2022 The information provided by DIRESA – PASCO through its Environmental Health and Epidemiology offices was used as materials and tools. The methodology used was descriptive with a non-experimental design, in which the information was processed and compared with current regulations. The results showed that, based on the metals evaluated and their Environmental Quality Standards according to Supreme Decree No. 011-2017-MINAM, the presence of mercury was found at point S18; arsenic at all points; barium at point S16; cadmium at points S15, S16, S17 and S18; and lead at all points, all of them above the allowed limit. The only parameter that did not exceed the allowed values was chromium. Discussion, according to the results, these are consistent with those obtained by DIRESA Pasco - Executive Directorate of Environmental Health. Concluding in relation to the specific objectives that, the quality of the soil of the Paragsha-Simón Bolívar town center, province of Pasco; cannot be considered optimal, the activities or sources that are detrimental to the quality of the soil can be directly associated with the mining practices in the area and the continuous presence of environmental liabilities (stockpiles). In relation to the analysis developed, we can see that the The highest percentage in category 1 is 52.6% and corresponds to the population under 12 years of age (recent generation), which indicates that children from the

population of Paragsha are the most affected.

Key words: Soil environmental quality, Paragsha Village Center, ECA soils, metals, high concentration, inorganic parameters.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación comprende en el Centro Poblado de Paragsha en distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco. El objetivo principal de la presente investigación es evaluar la calidad ambiental de suelo según el Estándar de Calidad ambiental (ECA) para el suelo y su influencia en los habitantes del Centro Poblado Paragsha.

Una de las ciudades más contaminadas dentro de América Latina y del mundo se encuentra la ciudad de Cerro de Pasco. Debido a los antecedentes problemas ambientales derivados del sector minero presente en la ciudad y a la falta de remediación, además de los ríos y laguna contaminadas, el suelo con presencia de metales pesados muy tóxicos para la salud como plomo, arsénico, u otros. (Pacheco, 2019)

La investigación realizada por Huamán (2019) menciona que el principal problema socio – ambiental y económico del distrito de Simón Bolívar de la provincia y departamento de Pasco, es la actividad minera. Debido a la intoxicación de los metales pesados que causan graves daños a la salud pública. Por ello en su investigación se realizó el estudio de los pobladores de Paragsha para identificar el grado de exposición ambiental que presentan los niños y niñas del centro poblado Paragsha frente a las sustancias toxicas producida por la actividad minera. Se identificaron diversos metales pesados, tales como arsénico, plomo, mercurio, entre otros. Los resultados de la investigación indicaron que los habitantes de esta zona estaban sometidos a una contaminación ambiental severa. Este problema tiene implicaciones importantes tanto para la salud de la población como para el entorno natural de la región.

En la investigación se recolectará la información sobre los monitoreos y planes de vigilancia desarrollados en el Centro Poblado de Paragsha en relación a la calidad ambiental del suelo realizados por la Dirección Ejecutiva de Salud – DIRESA PASCO. Además, se recopilará información acerca de tamizajes desarrollados a los habitantes del

Centro Poblado de Paragsha en relación a metales pesados. Este estudio se presenta como una oportunidad para concientizar y brindar información a la población de Paragsha acerca de la calidad del suelo en su entorno. La divulgación de esta información resultará beneficiosa para la comunidad, ya que permitirá tomar medidas informadas y promoverá prácticas que contribuyan a la preservación del medio ambiente y a la salud pública local.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE GRÁFICOS

INDICE DE TABLAS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	4
1.3. Formulación del problema .....	5
1.3.1. Problema general.....	5
1.3.2. Problemas específicos .....	5
1.4. Formulación de objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos .....	6
1.5. Justificación de la investigación .....	6
1.5.1. Justificación Teórica .....	6
1.5.2. Justificación Metodológica .....	7
1.5.3. Justificación Ambiental.....	7
1.5.4. Justificación Social.....	7

1.6. Limitación de la investigación .....	7
---	---

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	8
2.2. Bases teóricas - científicas .....	13
2.2.1. Concepto del suelo .....	13
2.2.2. Calidad ambiental del suelo .....	13
2.2.3. Índice de la calidad de suelo .....	14
2.2.4. Factores que afectan a la calidad del suelo .....	15
2.2.5. Monitoreo de suelos .....	16
2.2.6. Contaminación del suelo .....	16
2.2.7. Fuentes de contaminación de suelo .....	17
2.2.8. Vías de exposición de contaminantes de suelo .....	18
2.2.9. Metales pesados .....	19
2.2.10. Principales metales pesados .....	20
2.2.11. Efectos de los metales pesados en el suelo .....	22
2.2.12. Influencia de la Calidad del Suelo en la Salud Humana .....	23
2.2.13. Estándar de Calidad Ambiental Suelo .....	24
2.2.14. Regulaciones y Políticas Ambientales .....	27
2.3. Definición de términos básicos .....	30
2.3.1. Calidad del suelo .....	30
2.3.2. Muestra simple .....	31
2.3.3. Muestreo dirigido .....	31
2.3.4. Muestreo de Identificación .....	31
2.3.5. Muestreo de Detalle .....	31

2.3.6. pH del suelo.....	31
2.3.7. Patrón de muestreo .....	32
2.3.8. Plan de muestreo .....	32
2.3.9. Punto de muestreo .....	32
2.3.10. Riesgo.....	32
2.3.11. Suelo.....	33
2.3.12. Textura del suelo .....	33
2.4. Formulación de hipótesis .....	33
2.4.1. Hipótesis general .....	33
2.4.2. Hipótesis específicas .....	33
2.5. Identificación de variables .....	34
2.5.1. Variable independiente.....	34
2.5.2. Variable dependiente.....	34
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	35

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de Investigación.....	36
3.2. Nivel de investigación.....	36
3.3. Método de investigación .....	36
3.4. Diseño de la investigación .....	37
3.5. Población y muestra .....	37
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6.1. Técnicas.....	38
3.6.2. Instrumentos de recolección de Datos.....	38
3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	38

3.8. Tratamiento estadístico .....	39
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	39

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	40
4.1.1. Monitoreo de la calidad de suelo de uso residencial y parques .....	41
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados. ....	46
4.2.1. Resultado de la Calidad de Suelos .....	46
4.2.2. Parámetros que excedieron los límites del D.S. Nro. 011-2017-MINAM en todos los puntos.....	54
4.2.3. Identificar como la calidad del suelo influye sobre los habitantes.....	56
4.3. Prueba de hipótesis.....	60
4.4. Discusión de resultados.....	61

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Plano de Ubicación y Localización del Centro Poblado de Paragsha .....	4
<b>Ilustración 2:</b> Estándares de calidad ambiental (ECA) para el suelo .....	30
<b>Ilustración 3:</b> Plano de Ubicación de Actividades Extractivas y Productivas Cerro de Pasco.....	41
<b>Ilustración 4:</b> Mapa de Ubicación Puntos de Muestreo de Suelos C.P. Paragsha .....	43
<b>Ilustración 5:</b> Toma de muestra S-14 en Paragsha.....	45
<b>Ilustración 6:</b> Toma de Muestra en la S-13 -Paragsha.....	45
<b>Ilustración 7:</b> Mapa de Análisis de Plomo en el C.P de Paragsha .....	54
<b>Ilustración 8:</b> Mapa de Análisis de Arsénico en el C.P de Paragsha .....	55

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Concentraciones de Mercurio en los suelos del C.P. de Paragsha .....	48
<b>Gráfico 2:</b> Concentraciones de Arsénico en los suelos del C.P. de Paragsha .....	49
<b>Gráfico 3:</b> Concentraciones de Bario en los suelos del C.P. de Paragsha .....	50
<b>Gráfico 4:</b> Concentraciones de Cadmio en los suelos del C.P. de Paragsha .....	51
<b>Gráfico 5:</b> Concentraciones de Cromo en los suelos del C.P. de Paragsha.....	52
<b>Gráfico 6:</b> Concentraciones de Plomo en los suelos del C.P. de Paragsha .....	53
<b>Gráfico 7:</b> Gráfico de personas tamizadas por el metal pesado Plomo (Pb) según categoría en la localidad de Paragsha. ....	57
<b>Gráfico 8:</b> Gráfico de personas tamizadas por el metal pesado Arsénico (As) según categoría en la localidad de Paragsha .....	59

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorías del uso de suelo de la S.E. Paragsha II y S.E. Francoise.....	26
<b>Tabla 2.</b> Resultados de parámetros evaluados en suelos de usos residencial y parques .....	27
<b>Tabla 3:</b> Matriz de operaciones de variables e indicadores.....	35
<b>Tabla 4:</b> Parámetros y metodología.....	42
<b>Tabla 5:</b> Estaciones de monitoreo .....	42
<b>Tabla 6:</b> Profundidades de muestreo de suelo .....	44
<b>Tabla 7:</b> Resultados de parámetros evaluados en suelos de uso residencial y parques en el C.P. de Paragsha .....	47
<b>Tabla 8:</b> Tabla de porcentajes de personas tamizadas por metal pesado Plomo según categoría en la localidad de Paragsha, distrito Simón Bolívar .....	57
<b>Tabla 9:</b> Tabla de porcentajes de personas tamizadas por el metal pesado Arsénico según categoría en la localidad de Paragsha, distrito Simón Bolívar .....	58

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

Las problemáticas ambientales impactan la calidad de vida de las personas, pues influyen sobre la situación de éstas en una sociedad, ya que afectan su bienestar efectivo y sus posibilidades y perspectivas de vida (Pardo y Villavicencio, 1999, citado en Rojas y Moreno, 2022). Sin embargo, los suelos no son ajenas ni eximidas de esta problemática, ya que estas son la fuente de innumerables servicios y bienes esenciales para los seres humanos, incluyendo la provisión de alimentos y hábitat, la regulación del clima, la retención del agua, la detoxificación de contaminantes, la producción de sustancias bioactivas, como antibióticos y enzimas, entre otros. Por lo tanto, el suelo puede acarrear algunos efectos negativos para la salud humana y animal, ya sea indirectamente, por déficits de minerales que impactan, por ejemplo, sobre la calidad nutricional de los alimentos, o directamente, por la exposición a sus componentes abióticos y bióticos, como microorganismos y sus toxinas (Zabaloy, 2021).

En el Perú, la contaminación de los suelos surge por diversos factores. En la costa, los suelos suelen estar contaminados por altos niveles de salinidad, relaves mineros y erosión eólica e hídrica. En la sierra, la contaminación del suelo está relacionada con el sobrepastoreo y la minería informal. Por otro lado, en la selva, las principales causas de la degradación del suelo están vinculadas a la erosión hídrica. En 2018, se estimaron 22,248,100 hectáreas de áreas degradadas en el territorio peruano, lo que corresponde al 17.5% de la superficie del país (Rubiños, 2021). Además, se ha estimado la degradación del 15% del territorio peruano, y se proyecta que podría aumentar hasta un 64% para el 2100, según el Ministerio del Ambiente (Leveau et al., 2021).

A lo largo de los años, las actividades mineras en la provincia de Pasco han generado significativos impactos ambientales, observándose y registrándose consistentemente la contaminación del agua y del suelo por metales pesados. Mediante diversos estudios, se ha podido informar a las comunidades locales sobre el estado del impacto ambiental causado por estas actividades extractivas y sus efectos en la salud de las poblaciones expuestas. Además, con estudios sanitarios realizados a lo largo del tiempo, que incluyen el biomonitoreo de metales pesados en el cabello de los niños, la evaluación del coeficiente intelectual y la investigación sobre manifestaciones clínicas, se ha demostrado que los altos niveles de contaminación ambiental han tenido graves repercusiones en la salud de las personas que viven en Cerro de Pasco.

La exposición prolongada a los metales pesados está relacionada con la aparición de diversas enfermedades y manifestaciones clínicas que afectan la salud de los individuos expuestos. Los sistemas gastrointestinal, neurológico, hemático y renal son los principales afectados. Algunos ejemplos de los efectos

perjudiciales que puede provocar la exposición prolongada a metales pesados son: sangrado nasal, conjuntivitis, manchas en la piel, irritabilidad, y en casos más graves, cáncer, enfermedad renal crónica, neuropatías periféricas, demencia, derrame pleural, complicaciones cardiovasculares, daño o insuficiencia hepática, complicaciones óseas, hipertensión arterial, osteomalacia, diabetes, retinopatías, nefropatías, osteoporosis y polineuropatía periférica, entre otros.

En el Centro Poblado de Paragsha, se ha encontrado que los altos niveles de contaminación por metales pesados que afectan gravemente a los niños y a la población en general. Esta situación ha tenido un impacto negativo en el desarrollo de los residentes y en el rendimiento escolar de los niños. Ante esta problemática, es crucial que el a través del poder legislativo se promueva leyes que reivindique con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población afectada. (Reytuerto y Reytuerto, 2022).

La toxicidad del suelo por metales pesados no depende únicamente de su concentración total, sino también de su fracción biodisponible. Esta biodisponibilidad está influenciada por diversos factores como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica y la temperatura, lo que complica el monitoreo de las concentraciones de metales pesados en el suelo (Sánchez-Castro et al., 2023).

Asimismo, se ha demostrado que los metales pesados pueden persistir en el medio ambiente durante muchas décadas o incluso indefinidamente, siendo especialmente preocupante estos elementos no esenciales como el cadmio (Cd), el plomo (Pb) y el mercurio (Hg). Niveles tóxicos de estos metales obstaculizan el funcionamiento normal de las plantas, alterando sus procesos metabólicos, su permeabilidad y la actividad enzimática (Romdhane et al., 2021).

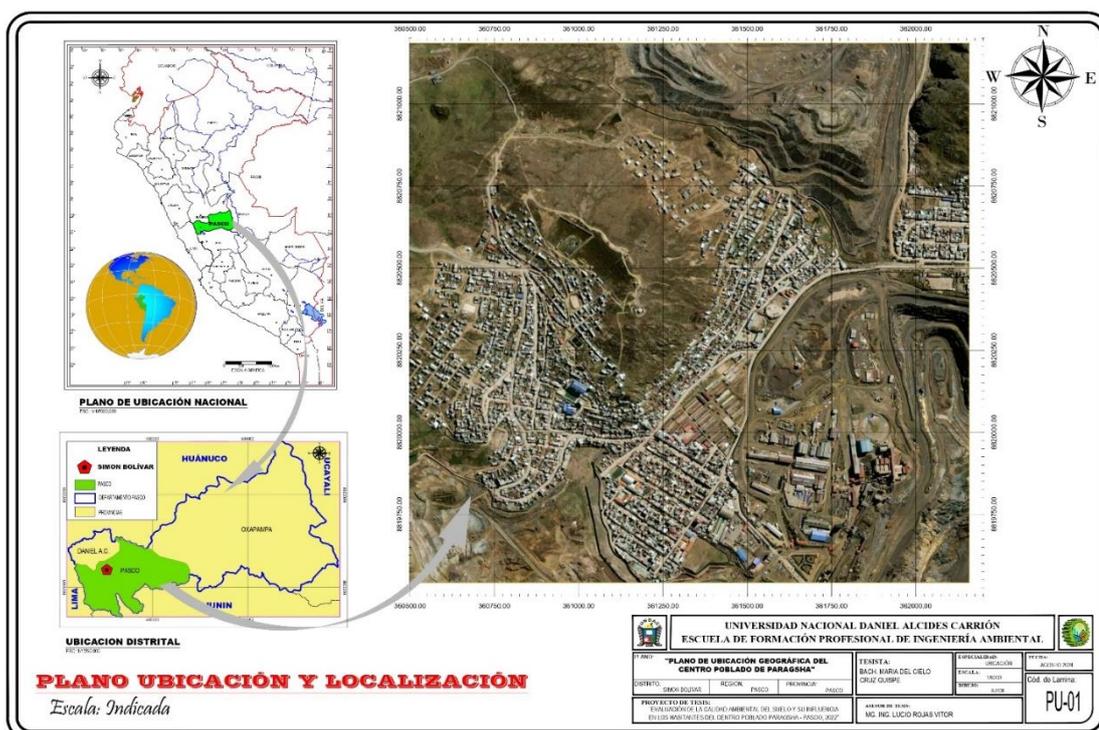
Evaluar la contaminación del suelo es crucial para entender los riesgos que esta representa para la salud humana. En áreas del Centro Poblado de Paragsha, las concentraciones de metales como Cd y As suelen ser motivo de preocupación. Por ello, es fundamental llevar a cabo esta investigación (Mohammadi et al., 2020).

## 1.2. Delimitación de la investigación

### A. Área Geográfica

El Centro Poblado de Paragsha está ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco, en la región de Pasco. La investigación se centrará en un área específica de aproximadamente 10 kilómetros cuadrados, alrededor de las zonas más afectadas por actividades mineras. En esta área, se ha identificado una preocupante contaminación por metales pesados, la cual ha afectado tanto a los niños como a la población en general, evidenciando problemas de desarrollo y un bajo rendimiento escolar en los niños.

**Ilustración 1:** Plano de Ubicación y Localización del Centro Poblado de Paragsha



## **B. Ubicación del Centro Poblado de Paragsha**

Distrito: Simon Bolivar

Provincia: Pasco

Región: Pasco

Ubigeo: 190109

Latitud Sur: 10° 40' 30.5" S (-10.67513130000)

Longitud Oeste: 76° 16' 4.6" W (-76.26794261000)

Altitud: 4232 m s. n. m.

Huso horario: UTC-5

## **C. Temporalidad:**

- Periodo de Estudio: Desde enero de 2023 hasta diciembre de 2023.
- Frecuencia de Muestreo: Se realiza el muestreo 1 vez al año en relación a lo dispuesto en el "Plan Multianual de Atención Integral de Salud a la población expuesta a Metales Pesados y Metaloides de los Distritos Priorizados, Pasco 2022".

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la calidad ambiental del suelo y que influencia genera en sus habitantes en el Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados en el suelo del Centro Poblado Paragsha -Pasco 2022?

- b) ¿Qué actividades antropogénicas son los principales factores que afectarán la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022?
- c) ¿Qué influencia genera la calidad del suelo en los habitantes del Centro Poblado Paragsha -Pasco 2022?

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

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad ambiental del suelo y su influencia en los habitantes del Centro Poblado Paragsha -Pasco 2022

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha -Pasco, 2022 en relación a los monitoreos realizados por DIRESA – PASCO.
- b) Determinar que actividades antropogénicas son los principales factores que afectarán la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022.
- c) Determinar cómo influye la calidad del suelo en los habitantes del Centro Poblado Paragsha -Pasco, 2022.

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

La presente investigación se justifica por la necesidad de generar información sobre la calidad del suelo en el Centro Poblado Paragsha, Pasco. Estos datos servirán como base teórica para futuros proyectos y acciones que podrán ser emprendidos por instituciones públicas y privadas.

##### **1.5.1. Justificación Teórica**

El motivo que induce a realizar la presente investigación se sustenta bajo la importancia de generar información precedente acerca de los niveles de la

calidad de suelo en el Centro Poblado Paragsha -Pasco que será utilizada como base teórica para el planteamiento o ejecución de proyectos posteriores por parte de instituciones tanto públicas como privadas.

#### **1.5.2. Justificación Metodológica**

En el proceso de ejecución de la investigación se hará uso de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Suelo) como punto de comparación y determinación de los niveles permitidos y excedidos en la concentración de suelos para el Centro Poblado Paragsha -Pasco.

#### **1.5.3. Justificación Ambiental**

El presente estudio pretende que los habitantes tomen un mayor conocimiento de los índices de contaminación que se vienen suscitando actualmente en su centro Poblado de Paragsha, a fin de evitar y tomar medidas que permitan erradicar posibles impactos ambientales negativos que causen daño directo o influyan en la población local.

#### **1.5.4. Justificación Social**

Con la presente investigación la población estará informada de la calidad de los suelos del Centro Poblado de Paragsha, de esta manera tomar acciones que favorezcan sus condiciones de vida y propondrán planes de recuperación de áreas degradadas.

### **1.6. Limitación de la investigación**

La limitación que presenta esta investigación es el excesivo costo que genera el realizar muestreos y/o análisis de laboratorio de manera individual para obtener resultados asertivos y verídicos, por lo que se usarán los resultados de monitoreos realizados por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DIRESA PASCO, constituyendo esta una fuente confiable.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **A. Internacionales**

En China los investigadores Guo et al., (2023) tuvieron como objetivo evaluar los riesgos y analizar las fuentes de contaminación por metales pesados en el suelo de la desembocadura del río Juanshui, para lo cual se aplicó un enfoque descriptivo y el análisis de 96 muestras de dos secciones de suelo. Los resultados evidenciaron que la contaminación del suelo alcanzó un nivel moderado, destacando la presencia de Hg y Cd con las principales contribuciones potenciales al riesgo ecológico, asimismo, se identificó que la quema de carbón y los productos químicos agrícolas fueron la fuente de contaminación predominante en el área de estudio.

En Uganda, Ssanyu et al., (2023) realizaron la investigación que tuvo como objetivo investigar las variables socioeconómicas que determinan la percepción de riesgo comunitario de contaminación por metales pesados a diferentes usos del suelo, para lo cual se aplicó un enfoque transversal con la

recopilación de datos mediante un cuestionario. Entre los resultados destacó que las personas con educación secundaria tenían más probabilidades de percibir el grado de contaminación, por otro lado, el 68 % y el 45 % de los encuestados coincidieron en que las actividades agrícolas industriales y comerciales, respectivamente, eran las principales fuentes de contaminación por metales pesados. Por lo tanto, se concluyó que las implicaciones relacionadas de la contaminación por metales pesados en la salud humana se atribuyeron a la baja conciencia del riesgo de contaminación entre los habitantes.

En China, Xiang et al., (2021) la investigación se realiza con el objetivo de evaluar los riesgos de metales pesados tanto en el suelo como en los cultivos, para lo cual, se empleó un enfoque correlacional y un análisis de 1815 muestras que contienen información sobre suelos y cultivos. Los resultados mostraron que el Hg era el metal pesado más contaminado del suelo, lo que generaba el mayor riesgo ecológico. Sin embargo, el As en los cultivos contribuyó más al riesgo para la salud en un 64,5%, lo cual indica que los contenidos del mismo metal pesado eran inconsistentes en el suelo y los cultivos. En conclusión, los metales pesados del suelo tenían la mayor influencia sobre el Zn en los cultivos, además, el Pb y el Cr en el suelo tuvieron efectos sinérgicos en la absorción de Zn por los cultivos, mientras que As, Hg y Cu desempeñaron papeles antagónicos en la absorción de Zn por los cultivos.

En Estados Unidos, Masri et al., (2021) tuvieron como objetivo examinar la distribución de las concentraciones de metales pesados en el suelo y las vulnerabilidades sociales a la exposición a metales pesados del suelo en las

zonas urbanas, para lo cual, se aplicó un enfoque descriptivo y análisis de 1528 muestras de suelo de ocho metales pesados, asimismo, se utilizaron datos de una encuesta para evaluar las variables sociales y económicas. Los resultados revelaron que en zonas con ingreso familiar inferior a \$50 000 tenían concentraciones de Pb, Zn, Cd y As 390%, 92,9%, 56,6% y 54,3% más altas en comparación con sus contrapartes de altos ingresos. Todos los sectores mostraron un índice de peligro  $>1$ , lo que implica potencial de efectos no cancerígenos para la salud, y casi todos los sectores mostraron un riesgo de cáncer superior a  $10^{-4}$ , lo que implica un riesgo mayor que aceptable. Por lo tanto, se concluyó que las concentraciones de metales en el suelo variaron según el tipo de uso del suelo y factores socioeconómicos.

En China, Hu et al., (2019) tuvieron como objetivo examinar la contaminación del suelo con metales pesados y su impacto en la seguridad alimentaria, para lo cual se realizó un enfoque descriptivo con aplicación de encuestas, obteniendo como resultados que más de 20 millones de hectáreas de tierra han sido contaminadas con metales pesados, lo que puede generar riesgos potenciales para la salud de los seres humanos y los ecosistemas del suelo, que a su vez, pone en peligro la seguridad alimentaria. Por lo tanto, se concluyó que la acumulación de metales pesados en suelos está estrechamente relacionada con actividades antropogénicas, como la aplicación de fertilizantes y pesticidas, el riego de aguas residuales, los vertidos de la minería, la eliminación inadecuada de desechos que contienen metales, la aplicación al suelo de estiércol animal, lodos de depuradora y residuos de la combustión del carbón.

En China, Yang et al., (2018) tuvieron como objetivo evaluar el estado de la

contaminación por metales pesados en el suelo y los vegetales y evaluar el riesgo para la salud de los habitantes, para lo cual se aplicó un enfoque descriptivo con el uso cuestionario como instrumento de recolección de datos. Los resultados demostraron que el riesgo para la salud de los residentes en el área de referencia estaba dentro del rango aceptable (índice de peligro  $<1$ , riesgo de carcinógeno  $<10^{-4}$ ). Sin embargo, en el área contaminada, el índice de peligro medio fue 2,25 para niños y 3,00 para adultos, y el riesgo medio de carcinógeno fue  $4,749 \times 10^{-4}$  para niños y  $0,587 \times 10^{-4}$  para adultos. Por lo tanto, se concluyó que existen riesgos potenciales para la salud de los habitantes cercanos al área de la mina, principalmente por los metales pesados de cadmio y arsénico como los más perjudiciales para la salud.

## **B. Nacionales**

En Lima, Olortegui (2022) tuvo como objetivo evaluar el riesgo a la salud humana por exposición a suelo agrícola con metales pesados, para lo cual se aplicó un enfoque descriptivo y análisis de 10 muestras de suelo. Los resultados mostraron que las concentraciones de As, Cd y Pb superaron los niveles para el ECA. Además, la evaluación del riesgo no cancerígeno determinó que para receptor adulto ( $IP = 2.58E+00$ ) representó un riesgo no aceptable. Del mismo modo, para el receptor niño se obtuvo un riesgo no aceptable. Mientras que, el riesgo cancerígeno obtuvo que para el receptor adulto ( $IR = 3.49E-04$ ) representó un riesgo no aceptable. Asimismo, se determinó un  $IR = 1.04E-03$  para el receptor niño que indica un nivel de riesgo cancerígeno no aceptable. Por lo tanto, se concluyó que solo el arsénico fue el parámetro que representó el riesgo no cancerígeno y cancerígeno no aceptable por exposición a suelo agrícola.

En Puno, Cano, (2021) tuvo como objetivo determinar la presencia de metales pesados, caracterización de suelos y percepción de los productores de la irrigación Canal N - Cupi, por la contaminación de los recursos naturales en el ámbito de la cuenca Llallimayo; para ello se recolectaron sistemáticamente muestras de suelos en dos zonas, A (bajo riego) con cultivos forrajeros Rye grass y avena, y B (no irrigada) con pastos naturales y avena. Interpretando los resultados de los análisis indican que, el Mercurio con 259 y 249 mg/kg correspondientes a ambas zonas superan los estándares de calidad ambiental (ECA); concluyendo que: el Mercurio Supera los ECA constituyendo un riesgo para el ambiente y la salud, suelos con fertilidad media, los productores perciben que las actividades mineras contaminan los recursos agua y suelos.

En Junín, Chira (2021) tuvo como objetivo determinar el impacto de los metales pesados del río Mantaro en la aptitud de los suelos agrícolas del sector Jauja, para lo cual, se realizó un muestreo por conveniencia de 30 muestras de agua, así como un muestreo sistemático alineado de 283 muestras de suelo. Entre los resultados, se identificó las fases biodisponibles de As, Pb, Cu, Cd y Zn que superaron los estándares de calidad ambiental para suelos de uso agrícola, lo que se concluyó que los metales pesados tienen un impacto negativo en el suelo, con la consecuente afectación al ciclo biótico y la salud humana.

En Madre de Dios, Soto et al., (2020) tuvieron como objetivo analizar las concentraciones de metales pesados y productos agrícolas en áreas abandonadas por minería aurífera, para lo cual se aplicó un enfoque descriptivo y se analizó la concentración y bioacumulación de metales

pesados, según órgano de la planta (raíz, tallo, hoja y fruto). Entre los resultados, se encontró que en yuca presentó una elevada acumulación de Pb y As en las raíces y tallos ( $> 2,9$  mg/kg), mientras que, en frutos de plátano se encontraron las concentraciones más bajas de todos los metales analizados ( $< 0,01$  mg/kg). Por lo tanto, se concluyó que el grado de bioacumulación de As y Pb fue intenso para la yuca en sitios contaminados, asimismo, las concentraciones de As y Pb en raíces de yuca superan los niveles recomendados por la FAO/OMS.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Concepto del suelo**

El suelo, en su esencia, se configura como un ambiente distintivo que engloba una combinación de componentes naturales e inorgánicos, abarcando estados vaporosos, acuosos y sólidos. Aunque los suelos difieren considerablemente en sus atributos hereditarios y naturales, mayormente funcionan como reservorios de agua y nutrientes que favorecen el crecimiento de plantas y microorganismos (Lee et al., 2020).

Esta diversidad en las características del suelo subraya su papel fundamental en sustentar la vida vegetal y microbiana, así como en influir en la disponibilidad de agua en los ecosistemas. La comprensión detallada de estas propiedades es esencial para abordar eficazmente cuestiones relacionadas con la agricultura, la ecología y la gestión sostenible de los recursos naturales.

### **2.2.2. Calidad ambiental del suelo**

La calidad del suelo se define como la capacidad de este para cumplir con un propósito específico a lo largo de un periodo continuo y sostenible. La idoneidad de un suelo puede variar según la función que se le asigne, siendo

considerado de alta calidad para ciertos usos y menos adecuado o incluso de baja calidad para otros (Doran y Parkin, 1994, citado en Vallejo et al., 2019). Se han propuesto diversas propiedades como indicadores de la calidad del suelo, y la evaluación de esta se presenta como una herramienta fundamental para determinar su funcionalidad en un momento dado. Esta evaluación proporciona información detallada sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Gómez y Hoyos, 2020).

Asimismo, se afirma que la calidad del suelo, al ser evaluada, se convierte en una herramienta valiosa para identificar no solo el rendimiento actual del suelo, equivalente a su capacidad de uso y salud, sino también para prever y preservar su funcionalidad futura (Doran y Parkin, 1994, citado en Gómez y Hoyos, 2020). No solo se relaciona con la productividad del suelo en términos de cultivos, sino que también afecta la salud de otros recursos como el agua, el aire, así como la flora y fauna asociada (Zabaloy, 2021).

### **2.2.3. Índice de la calidad de suelo**

Una estrategia para evaluar la degradación de los suelos implica el uso de índices de calidad del suelo (ICS), los cuales se basan en indicadores específicos vinculados a los suelos muestreados, el tipo de cultivo y su gestión. Estos indicadores pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que son mensurables y que influyen en su capacidad para desempeñar funciones específicas. Los indicadores físicos están asociados con el uso eficiente del agua, los nutrientes y la aplicación de agroquímicos; los indicadores químicos se relacionan con las condiciones químicas que afectan las interacciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad de amortiguación del suelo y la disponibilidad de nutrientes para plantas y otros organismos; mientras que los

indicadores biológicos son organismos o procesos que, mediante su presencia o abundancia, indican cambios o estados en ciertas propiedades o procesos del suelo (Núñez, Pérez y Prado, 2023).

#### **2.2.4. Factores que afectan a la calidad del suelo**

Los factores que afectan la calidad del suelo incluyen el cambio climático, el medio ambiente del suelo, las variables bióticas, los desequilibrios de nutrientes, el estado de fertilidad del suelo, las propiedades del suelo y los procesos microbianos. El cambio climático influye en las propiedades del suelo, como la materia orgánica, la estructura, la densidad aparente, las propiedades hidráulicas, la disponibilidad de nutrientes y la composición microbiana (Anil, 2019). Los factores ambientales del suelo, como el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de arena, afectan la multifuncionalidad del suelo, el índice de calidad y la variabilidad espacial (Yonggang et al., 2022). Los desequilibrios de nutrientes, la baja capacidad de intercambio catiónico y el bajo contenido de materia orgánica contribuyen al mal estado de fertilidad del suelo (Zuza, 2023).

Los procesos microbianos, por su parte, desempeñan un papel crucial en la dinámica del carbono del suelo y en el ciclo de nutrientes, respondiendo de manera significativa a los cambios globales (Amin et al., 2022). Esta interrelación de factores colectivamente impacta en la salud y la degradación del suelo, resaltando la imperiosa necesidad de adoptar prácticas sostenibles en la gestión de los nutrientes del suelo (Kumar et al., 2020).

En el contexto específico de la localidad de Paragsha, donde se focaliza la investigación, es esencial considerar las actividades antropogénicas que se llevan a cabo. Estas actividades pueden tener un impacto directo en los factores mencionados, contribuyendo así a la comprensión integral de la calidad del suelo

en la región y proporcionando información valiosa para la formulación de estrategias de gestión sostenible.

#### **2.2.5. Monitoreo de suelos**

Se considera a la recolección de datos en campo o muestras de campo, según la hipótesis presentada sobre la distribución se debe controlar la contaminación del área, la distribución y selección del punto de muestreo. Es conveniente dividir el área investigada en regiones de potencial interés basado en la probabilidad de detección de contaminación. Por ello se debe determinar el área de distribución por contaminación similar (zona de impacto ambiental y área donde no hay sospecha de contaminación). Por lo cual las áreas con alta probabilidad de contaminación debe ser estudiada. (Alvarado et al., 2018)

El informe de monitoreo ambiental de la DIRESA detalla que el método utilizado para la toma de muestras de suelos está relacionado con lo establecido en el Decreto Supremo N°002-2013-MINAM. Este protocolo proporciona pautas específicas respecto al tipo y técnica de muestreo para garantizar una recolección de muestras precisa y representativa. Asimismo, el personal de la Dirección de Ejecutiva de Salud Ambiental, llevó a cabo el monitoreo de vigilancia de la calidad de suelos, centrándose en la identificación y cuantificación de metales y metaloides. La evaluación de los resultados se basó en el valor establecido para zonas residenciales, conforme al Decreto Supremo N°011-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - Suelo Residencial (DIRESA Pasco, 2023).

#### **2.2.6. Contaminación del suelo**

La contaminación del suelo se refiere a la aparición de algunas sustancias en el suelo causadas por actividades humanas, que pueden cambiar la calidad y

función del suelo, provocar su degradación, dañar sus estructuras básicas y tener el potencial de dañar la salud humana y ambiental (Sun et al., 2019); suponiendo una grave amenaza para la salud humana y los ecosistemas (Yan et al., 2020).

La contaminación del suelo con metales tóxicos es un problema ambiental generalizado resultante de la industrialización global de los últimos años (Ashraf et al., 2019) representando una amenaza preocupante, ya que los metales no son biodegradables y solo pueden transferirse de un estado químico a otro, y son altamente persistentes en el suelo (Qin et al., 2021).

En Cerro de Pasco, la actividad minera ha dejado una huella de contaminación acumulativa desde el siglo XVII hasta la actualidad. Inicialmente, la explotación de yacimientos de plata se llevó a cabo mediante bocaminas precarias. Sin embargo, con la llegada de la Cerro de Pasco Corporation en el siglo XX, la minería experimentó una intensificación significativa, resultando en un aumento considerable de la producción y la contaminación asociada. La introducción del método de extracción a tajo abierto en 1956 amplió la huella de la contaminación. A lo largo de los años, las minas pasaron por diversas manos, desde la nacionalización en 1974 hasta la privatización en 1999. La disposición de relaves y desmonte de la actividad minera ha dejado áreas residenciales contaminadas, destacando los impactos acumulativos en el paisaje y la salud de la población a lo largo del tiempo (Ramírez Farías, 2019).

#### **2.2.7. Fuentes de contaminación de suelo**

Principalmente debido a las actividades humanas, los suelos pueden ser contaminados por diversos compuestos químicos, como ácidos, plaguicidas y metales pesados (MP). Aunque el término MP está empezando a caer en desuso, generalmente hace referencia a varios elementos conocidos por su toxicidad,

como arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), entre otros. Específicamente en el caso de los suelos agrícolas, la presencia de concentraciones elevadas de MP, superiores a las consideradas naturales, puede ocasionar toxicidad en los organismos del suelo, incluyendo los cultivos, lo que resulta en una disminución de la calidad y producción agrícola (Loyde et al., 2022).

La contaminación por metales pesados sigue siendo un gran problema, estos elementos son bien conocidos por su potencial toxicidad, persistencia y naturaleza bioacumulativa. Su fuente natural incluye la erosión de rocas que contienen metales y erupciones volcánicas, mientras que las fuentes antropogénicas incluyen la minería y diversas actividades industriales y agrícolas. Estos contaminantes afectan no sólo al medio ambiente sino también a los organismos vivos que interactúan, es decir, plantas, animales y microorganismos (Edgar et al., 2021).

Por otro lado, las principales actividades antropogénicas de contaminación por metales pesados incluyen la minería, la fundición, la refinación de petróleo, la producción de pesticidas, la producción petroquímica, el uso de pesticidas y fertilizantes y lodos de depuradora sin tratar, etc. Por lo tanto, la elevada concentración de metales pesados en el suelo inducida por el hombre merece una evaluación científica para la restauración de la salud del suelo (Shebanina et al., 2023).

#### **2.2.8. Vías de exposición de contaminantes de suelo**

Los metales pesados (MP) se encuentran de manera natural en los suelos, siendo la corteza terrestre la principal fuente natural de estos elementos. La corteza terrestre suministra el material parental, que es la roca que con el tiempo

geológico se descompone hasta formar el suelo. En este contexto, el material parental meteorizado determina la combinación de minerales predominantes en los suelos, siendo esta la principal fuente de nutrientes y, al mismo tiempo, de metales pesados disponibles para las plantas y los organismos del suelo. No obstante, en ciertos lugares también pueden ocurrir irregularidades naturales, manifestándose en concentraciones elevadas de algunos metales pesados y sus compuestos, lo que puede dar lugar a la degradación y contaminación del suelo (Loyde et al., 2022).

Según Pabón et al. (2020), definen a los metales pesados como elementos químicos de elevada densidad que se encuentra entre 4 y 7 g/cm<sup>3</sup>, cuyo peso y masa atómica superan los 20. Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente (2023) de España, señala que solo ciertos metales pesados son perjudiciales en una concentración ordinaria, siendo algunos, incluso, esenciales para la continuación de las capacidades funcionales de la vida humana, pero que en altas concentraciones pueden ser contraproducentes, otros son destructivos para el medio ambiente.

Asimismo, se reconoce que los riesgos de estos componentes residen en su característica que no pueden ser degradados por vías biológicas o químicas, ya que su proximidad implica efectos de bioacumulación en las formas de vida con concentración elevada, y que se expande entre la cadena alimenticia, con efectos negativos en el nivel físico y mental de los organismos que exhiben concentraciones altas de estos componentes (Mendoza et al., 2021)

### **2.2.9. Metales pesados**

Según Pabón et al. (2020), definen a los metales pesados como elementos químicos de elevada densidad que se encuentra entre 4 y 7 g/cm<sup>3</sup>, cuyo peso y

masa atómica superan los 20. Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente (2023) de España, señala que solo ciertos metales pesados son perjudiciales en una concentración ordinaria, siendo algunos, incluso, esenciales para la continuación de las capacidades funcionales de la vida humana, pero que en altas concentraciones pueden ser contraproducentes, otros son destructivos para el medio ambiente.

Asimismo, se reconoce que los riesgos de estos componentes residen en su característica que no pueden ser degradados por vías biológicas o químicas, ya que su proximidad implica efectos de bioacumulación en las formas de vida con concentración elevada, y que se expande entre la cadena alimenticia, con efectos negativos en el nivel físico y mental de los organismos que exhiben concentraciones altas de estos componentes (Mendoza et al., 2021).

#### **2.2.10. Principales metales pesados**

Los metales pesados se dividen en dos grupos. El primero, que incluye cadmio, plomo y mercurio, se caracteriza por una alta toxicidad para los humanos y los animales, pero una menor toxicidad para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En exceso, los metales del segundo grupo, es decir, cobre, zinc y níquel, son más tóxicos para las plantas que para los organismos animales y humanos (Latosińska et al., 2021).

##### **A. Arsénico (As)**

Se caracteriza como un elemento natural en la superficie del suelo con características naturales de disolverse en el agua que facilitan su ingreso de manera sencilla en los procesos metabólicos de microorganismos, generando una mayor biodisponibilidad y un efecto final mayor en las especies vivas (Rahaman et al. 2021). Por su lado, Chen y Costa (2021), reportan que el

arsénico es un elemento tóxico y cancerígeno, causando efectos tales como daños a la piel, deterioro de las capacidades cognitivas, y cáncer en pulmones, riñón e hígado.

#### **B. Cromo (Cr)**

Según Kapoor et al. (2022), es un químico natural entre las rocas, el suelo y los seres vivos, encontrándose comúnmente como Cromo (III), y Cromo (VI), donde el primero es vital para los organismos porque permite la metabolización de carbohidratos, proteínas y lípidos, sin embargo, concentraciones elevadas ocasionan problemas a la salud, al igual que el Cromo (VI), siendo identificado afectaciones de irritación en la mucosa de las vías respiratorias superiores, así como generar úlceras en la nariz, secreción nasal y otras consecuencias en el sistema respiratorio, estomacales, así como a nivel del intestino delgado y anemia.

#### **C. Mercurio (Hg)**

Se caracteriza como un elemento común de manera natural en la superficie del suelo, pero también es generado por diversas actividades humanas hacia la atmósfera, tras lo cual, puede ser transportado por largas distancias y ser contenido en reservorios naturales en sedimentos y aguas oceánicas profundas (Yang et al., 2020). Además, Gworek et al. (2020), indican que el metilmercurio es la forma más tóxica de este elemento, pudiendo inhibir el natural desarrollo del cerebro en el feto de los animales, causando alteraciones en la conducta de los individuos afectados y el compromiso de las habilidades cognitivas y motrices.

#### **D. Plomo (Pb)**

Según Shao et al. (2020), señalan que el plomo es un metal empleado por la humanidad desde la antigüedad, el cual se caracteriza por ser un metal blando, que presenta una coloración gris azulada, de alta estabilidad y resistencia a la corrosión. En este sentido, la Organización Panamericana de la Salud (2023), señala que el plomo es un elemento con múltiples efectos perjudiciales en los procesos que sostienen el organismo humano, causando daños al sistema nervioso, cardiovascular, al tejido sanguíneo, el sistema digestivo y renal, siendo especialmente peligrosa la exposición a este metal por parte de los niños debido a los efectos del mismo en el desarrollo neurológico en los más jóvenes, causando daños severos y hasta irreversibles en estos.

#### **2.2.11. Efectos de los metales pesados en el suelo**

Según Qin et al. (2021), indican que la acumulación de metales pesados en el suelo representa una situación problemática para los ecosistemas y el soporte de servicios ecológicos, pero su efecto más importante y directo en las fuentes de agua que se hallen en contacto con estos, tanto a nivel superficial como subterráneo, propagándose por su escorrentía e ingresando en los procesos metabólicos de microorganismos y otros seres vivos.

De la misma manera, Rasulov et al., (2020) indica que los metales pesados tóxicos se unen y acumulan fácilmente entre pH 8 y 14, pero la disminución del pH influye fuertemente en su especiación y, por tanto, en su biodisponibilidad, además no son biodegradables y su estructura persiste contra los efectos del desmontaje ambiental durante mucho tiempo.

El mayor contenido de metales pesados puede afectar negativamente a las propiedades biológicas del suelo, provocar cambios en la cadena alimentaria, tener efectos tóxicos en las plantas y contaminar las aguas subterráneas. Cuando se excede el nivel de contenido permitido, los metales pesados reducen la fertilidad del suelo, inhiben la actividad enzimática del suelo y cambian la acidez del suelo (Latosińska et al., 2021).

Una vez que los metales pesados se acumulan en el suelo, pueden avanzar gradualmente hasta las raíces y extenderse a los tallos, hojas y otras partes constituyentes de las plantas, lo que en consecuencia puede provocar daños en las estructuras lipídicas de las membranas plasmáticas (Rasulov et al., 2020).

#### **2.2.12. Influencia de la Calidad del Suelo en la Salud Humana**

Debido al consumo de cultivos ricos en metales pesados nocivos y a la exposición prolongada a metales pesados en las partículas del suelo, los ocho sistemas del cuerpo humano son difíciles de coordinar, lo que provoca cambios patológicos en los órganos, inclusive, los seres humanos corren el riesgo de sufrir enfermedades e incluso la muerte (Guo et al., 2023).

Asimismo, Pabón et al. (2020), reconoce a la bioacumulación de metales pesados en los organismos humanos como factor que provoca problemas de salud relacionados con cada uno de los metales pesados, particularmente estragos en el sistema nervioso son causados por el plomo, los efectos cancerígenos por el arsénico y múltiples daños metabólicos, respiratorios y anemia por el cromo.

Además, se han identificado otras como otras afectaciones en el estado del corazón, los huesos, asimismo, generan erupciones en la piel, malestares y úlceras estomacales, inmunodepresión, daño renal y hepático, e incluso fallos

orgánicos con consecuencias letales por el contacto metales pesados por la ingesta de alimentos contaminados (Zhou et al., 2020).

### **2.2.13. Estándar de Calidad Ambiental Suelo**

Es también conocido como ECA suelo, por cuanto es utilizado como una herramienta aplicada con el objetivo de determinar la calidad que tiene el territorio nacional que se efectúa en base a las diferentes concentraciones de diferentes elementos en el suelo y que pueden ser considerados como un riesgo para el ambiente y la salud (MINAM, 2019).

A nivel se ha establecido que existen cinco tipos de ECA que permiten el cumplimiento de metas relacionadas con la calidad ambiental de acuerdo a los parámetros evaluados de los elementos de medición como físico, biológico y químico; en los ECA's para el suelo se encuentra regulado por 21 parámetros de concentración medidos a través de los elementos químicos. Además, el ECA se encuentra conformado por los límites máximos permisibles (LMP) que son los límites que debe cumplir los parámetros evaluados para no ser considerado como potencial riesgo para el bienestar humano, ambiente y salud (Sotomayor, 2021).

El ECA permite medir el impacto que genera en el ambiente cualquier actividad humana vinculada a la naturaleza; en el Perú a partir del 2016 se han establecido los grupos encargados de medir el impacto ambiental para así generar medidas orientadas a la mejora de la calidad ambiental (Ayuda-Memoria.pdf, s. f.).

ECA Suelo surge como una obligación especificada en la carta magna que el Estado tiene la obligación de promover el uso sostenible de los recursos naturales para así disminuir la contaminación (Congreso, 2018); por ello, se tiene

como indicadores la medición de concentración de algunos elementos químicos que representan un riesgo significativo para las personas y el ambiente.

Los ECA tienen influencia en diferentes aspectos relacionado como el medio físico, biológico, cultural, social y económico; ya que, se realiza en el área geográfica donde se podrá tener una afectación negativa o positiva y se divide en una influencia directa e indirecta. Además, en los medios físicos se estudia la geología, geomorfología, sismicidad, suelos, clima y meteorología-

Para el desarrollo del ECA también se tiene en consideración las características particulares que tiene los suelos como la clasificación y uso de los mismos.

#### **A. Clasificación de suelos**

En primera clasificación se tiene los suelos según su origen en los que se determinan por el tipo de material, así como el posicionamiento que se tiene a nivel fisiográfico, que puede ser de origen fluvio aluvial y los suelos con área de influencia directa. En segundo lugar, se tiene la clasificación taxonómica que se realiza en función de los parámetros y niveles, de acuerdo al orden entisoles que se desarrollan por el tipo de humedad, temperatura y vegetación y estas se subclasifican en suborden orthents (LQ. Ambiental, 2019)

#### **B. Uso de suelos**

Los suelos actuales tienen diferentes usos que se puede determinar por la finalidad, por ello, se indica que puede ser comerciales en los que refieren que desarrollan actividades económicas o comerciales, también se tiene en el sector educativo, por cuanto se encuentran enfocados al desarrollo de este servicio y la recreación que se encuentra distribuidas por áreas encargadas de

esparcimiento como parques y jardines, las residencias que se encuentran ubicadas las viviendas particulares y otras clasificaciones determinadas por el sector en el que se desarrolló pudiendo ser agrícolas y otros.

**Tabla 1.**

Categorías del uso de suelo de la S.E. Paragsha II y S.E. Francoise

Área	Categoría	Subclases
S.E. Paragsha II	Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales o privadas	Terrenos con instalaciones privadas
	Terrenos con pasturas-terrenos sin uso y/o improductivos	- Terrenos con pastos naturales de pajonal - Terrenos con escasa vegetación
S.E. Francoise	Terrenos con pasturas-terrenos sin uso y/o improductivos	- Terrenos con pastos naturales de tundra - Terrenos con escasa vegetación

*Nota:* Adaptado de Resolución Directoral N° 0066-2021-MINEM/DGAAE (2021)

En la presente investigación mediante la dirección ejecutiva encargada de la salud ambiental ha incluido un Estudio de Caracterización Ambiental (ECA) del suelo en el centro poblado de Paragsha, centrándose específicamente en dos áreas de alto impacto social. El primer lugar examinado es el Estadio de Paragsha, el cual ha demostrado tener niveles por debajo de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para parámetros como pH, conductividad eléctrica (C.E.), cromo VI, cianuro libre, mercurio, bario y cromo. Sin embargo, se han encontrado concentraciones que exceden los valores permitidos por las regulaciones gubernamentales para arsénico, cadmio y plomo.

Por otro lado, el segundo lugar evaluado es la Institución Educativa N° 31774 San Andrés de Paragsha. En este caso, se ha determinado que cumple con los estándares establecidos para pH, C.E., cromo VI, cianuro libre, mercurio y cromo. No obstante, se han registrado concentraciones que superan los límites permitidos para arsénico, bario, cadmio y plomo según las normativas gubernamentales (DIRESA Pasco, 2023).

Asimismo, se pueden apreciar los valores obtenidos en cada uno de los parámetros de los puntos examinados en la tabla 2.

**Tabla 2.**

Resultados de parámetros evaluados en suelos de usos residencial y parques

Cod.	Punto de muestreo	pH	C.E.	Cr-L	CN	Hg	Ar	Ba	Cd	Cr	Pl
S-15	Estadio de Paragsha	7.37	1.29	<20	<0.08	5	542.9	410.1	27.78	17.19	4528
S-16	I. E. N°31774 San Andrés de Paragsha	7.51	<.001	<20	<0.08	1.6	444.3	546.3	22.86	10.02	4326

*Nota:* Adaptado de DIRESA Pasco, 2023

#### **2.2.14. Regulaciones y Políticas Ambientales**

En el marco legislativo se tiene las siguientes normas para evaluar el control y mantenimiento de la calidad que tiene el suelo:

Primero mediante el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM (D-S-N-002-2013-MINAM.pdf, s. f.), se aprueban los estándares de calidad ambiental para el suelo que se ha determinado como ámbito de aplicación en los diferentes proyecto y actividades que puede tener influencia o impacto a través de la contaminación del suelo; por eso, son considerados como un instrumento de gestión ambiental que debe ser aprobado por la autoridad competente que es determinado por el marco legislativo especializado. Además, se especifica que el

incumplimiento de lo expuesto es considerado como una infracción administrativa que es sancionada por la entidad designada para la fiscalización ambiental.

Además, mediante el D.S. N° 002-2014-MINAM (2014), se especifica la fase que se deben considerar para la aplicación del ECA dentro del ámbito de aplicación; la primera fase es de identificación donde se determina si un lugar cumple o incumple con el ECA para suelos en el cual desarrolla la investigación histórica, levantamiento a nivel técnico y la identificación del muestreo a través de la determinación del interés toxicológico y eco-toxicológico.

De acuerdo a la norma estudiada, la segunda fase es la caracterización que se continua ante la superación de los límites del ECA y se realiza con el fin de identificar la extensión y profundidad de la contaminación, así efectuar un plan de acción para la descontaminación de los suelos. La última fase se considera de remediación ya que el propósito se enfoca en la ejecución de las acciones para reparar los daños ocasionados al medio ambiente. En la norma se indica que el obligado de aplicar las fases expuestas es el titular del proyecto nuevo y cuando el proyecto se encuentra en curso la fase de caracterización y de remedio es desarrollado por la autoridad competente.

Mediante la R.M. N° 085-2014-MINAM (2014) se aprueba la Guía para Muestreo de Suelos y Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos, en el que se expone los diferentes tipos de muestreo en que se considera la identificación, de detalle, de nivel fondo y comprobación de la remediación, así también se considera la especificación del número de muestra, la medida para la toma y el manejo de las muestras de suelo.

En mencionada guía se indica que para la planeación y los procedimientos del muestreo se tiene que considerar el tipo de muestreo, así como la localización, distribución y número de punto de muestreo, para lograr la profundidad del muestreo, tipo de muestras (puede ser simple, compuesta, de profundidad o superficial), se incluye la estimación del número de muestras, los parámetros de campo, equipo de muestreo, medidas entre otras consideraciones.

En la R.M. N° 125-2014-MINAM, se expone un protocolo de muestreo de emergencia para la recolección de la muestra de suelos en un territorio que se encuentran declarados en emergencia ambiental y esto con el objetivo determinar los lugares de impacto, así como los potenciales sitios contaminado para el desarrollo de medidas adicionales que permita la reducción y control de los riesgo e impacto ambiental.

El Decreto Supremo 011-2017-MINAM establece la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo. De acuerdo con esta normativa, dichos estándares son considerados como una referencia obligatoria para la elaboración y aplicación de instrumentos de gestión ambiental. Estos están destinados a ser aplicados específicamente a los parámetros relacionados con las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Asimismo, en las disposiciones complementarias finales, el decreto supremo define los criterios para la gestión de sitios contaminados. Estos criterios se aplicarán en situaciones en las que se excedan los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para el suelo. A continuación, se exponen en la Tabla 3 los estándares de calidad ambiental para suelo.

## Ilustración 2: Estándares de calidad ambiental (ECA) para el suelo

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(1) y (6)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(2)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(6)</sup>	Suelo Comercial <sup>(2)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(6)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(12)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fración de hidrocarburos F1 <sup>(13)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F2 <sup>(14)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F3 <sup>(15)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(16)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(18)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(19)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ó ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

### 2.3. Definición de términos básicos

#### 2.3.1. Calidad del suelo

Se refiere a las propiedades del activo con las capacidades esenciales para su uso como son la generación de biomasa, la seguridad de las personas y el medio ambiente, el depósito patrimonial, la premisa física del ejercicio humano, la fuente de materias primas y el legado social geológico (Petrescu et al., 2020).

### **2.3.2. Muestra simple**

Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. Estas muestras siempre se aplicarán para compuestos orgánicos volátiles (COV's), Hidrocarburos y Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (BTEX).

### **2.3.3. Muestreo dirigido**

Es la actividad mediante la cual se recolectan muestras representativas en puntos específicos, previamente determinados. Esto se realiza cuando se dispone de información previa del sitio, se conoce el producto derramado y/o la extensión de la afectación es evidente.

### **2.3.4. Muestreo de Identificación**

Se trata de un proceso destinado a determinar si el suelo está contaminado. Todas las referencias al muestreo exploratorio en el D.S. N° 002-2013-MINAM deben entenderse como referidas al muestreo de identificación.

### **2.3.5. Muestreo de Detalle**

Se trata de un proceso enfocado en determinar el área y el volumen del suelo impactado, y, de ser necesario, identificar otros medios afectados por las sustancias mencionadas en el D.S. N°002-2013-MINAM.

### **2.3.6. pH del suelo**

Es una medida que indica la acidez o alcalinidad del suelo, influyendo en el comportamiento y desarrollo de los componentes vitales, la liberación de nutrientes y la actividad microbiana del suelo (Zhang et al., 2019).

### **2.3.7. Patrón de muestreo**

Se refiere a la distribución espacial de los puntos de muestreo en el plano horizontal, adaptada a cada sitio específico en función de sus características y del objetivo del muestreo. Los patrones pueden clasificarse en:

- Distribución uniforme: Incluye rejillas regulares, rejillas triangulares, rejillas circulares, sobre una línea, y diagonales múltiples.
- Distribución aleatoria: Comprende puntos aleatorios, aleatorios en una rejilla regular, y aleatorios desalineados en una rejilla regular.
- Muestreo con distribución heterogénea: Incluye la diagonal simple y las diagonales cruzadas rotantes.

### **2.3.8. Plan de muestreo**

Documento que detalla la información y programación relacionada con cada una de las etapas del muestreo, estableciendo los criterios para la toma de muestras.

### **2.3.9. Punto de muestreo**

Lugar específico (punto o área determinada) del suelo donde se recolectan las muestras, ya sean superficiales o de profundidad.

### **2.3.10. Riesgo**

Probabilidad o posibilidad de que un contaminante cause efectos adversos a la salud humana, a los organismos que constituyen los ecosistemas, o a la calidad de los suelos y del agua. Esto depende de las características y la cantidad del contaminante que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que podrían verse afectados tanto en el presente como en el futuro.

### **2.3.11. Suelo**

El suelo se considera un entorno característico que comprende una mezcla de componentes naturales e inorgánicos dentro de los estados vaporosos, acuosos y fuertes. Los suelos contrastan esencialmente en sus características hereditarias y naturales, pero en su mayor parte trabajan como suministros de agua y suplementos que refuerzan el desarrollo de plantas y microorganismos (Lee et al., 2020).

Según Maldonado et al., 2018 el suelo se define como un conjunto de partículas dentro de la capa superior del casco de la Tierra que tiene propiedades particulares del desarrollo fundamental de la roca madre como resultado de la integración de condiciones climáticas

### **2.3.12. Textura del suelo**

Es una propiedad que afecta el comportamiento del suelo, como su capacidad para retener agua y suministrar nutrientes. Los suelos con textura más gruesa tienen menor capacidad para retener nutrientes (McClellan, 2021).

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La calidad ambiental del suelo influirá de manera negativa en la calidad de vida de los habitantes del centro poblado Paragsha-Pasco 2022

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) El suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco, presenta altos niveles de contaminación por metales pesados, 2022.
- b) Las actividades antropogénicas serán los principales factores que afectarán la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022.

- c) La calidad del suelo influirá de manera negativa en la población del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022.

**2.5. Identificación de variables**

**2.5.1. Variable independiente**

Calidad ambiental del suelo

**2.5.2. Variable dependiente**

Calidad de vida de los habitantes del Centro Poblado Paragsha

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 3:**

Matriz de operaciones de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable independiente:</b>  <b>Calidad ambiental del suelo</b>	La calidad ambiental del suelo hace referencia al nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentran presentes en el suelo.	Se usarán los resultados de monitoreos realizados por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DIRESA PASCO.	Parámetros químicos	pH	--
			Parámetros Físicos	Conductividad eléctrica.	μS/m
			Metales pesados	Cromo IV Mercurio Arsénico Bario Cadmio Cromo Plomo	mg/K
<b>Variable dependiente:</b>  <b>Calidad de vida de los habitantes del Centro Poblado Paragsha</b>	La calidad de vida de los habitantes hace referencia al estado situacional de un grupo de seres humanos que habitan en un determinado espacio territorial. Dicho estado situacional se enmarca en las condiciones de salud para la presente investigación.	Se usarán los resultados de tamizajes por metales pesados realizados por la Dirección de Epidemiología – DIRESA PASCO.	Metales pesados	Plomo Arsénico	Categorización en relación al grado de concentración

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Según los criterios expuestos por Sampieri (2010) la investigación de acuerdo al objetivo que se plantea es de tipo transeccional o transversal, debido a que “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

#### **3.2. Nivel de investigación**

En base a este tipo de investigación y a los criterios expuestos, se determinó clasificar la presente investigación como en el nivel descriptiva, ya que tiene como propósito “especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. (Sampieri, 2010, pág. 151)

#### **3.3. Método de investigación**

La investigación se define por tres procesos importantes:

- A. Trabajo de gabinete: recolección de la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

- B. Cotejo de información–campo: verificación y evaluación en campo de las fuentes de impacto en el centro poblado de Paragsha.
- C. Trabajo de gabinete: consolidar y analizar los resultados obtenidos para informe final.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se considera como No Experimental, ya que como nos explica (Sampieri, 2010) “en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos”.

### **3.5. Población y muestra**

#### **A. Población**

Está comprendida por el espacio territorial ocupado por el centro poblado Paragsha que engloba 10 km<sup>2</sup> y un total de 6330 habitantes según los datos de la INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

#### **B. Muestra**

La muestra consta de 7 puntos de estaciones de monitoreo, para lo cual se ha empleado la metodología de muestreo en base a la Guía de Muestreo de Suelos establecida en el D.S. 002-2013-MINAM, teniendo en cuenta el tipo y la técnica de muestreo. Para la toma de muestra se ha empleado un muestreo aleatorio simple consiste en seleccionar un subconjunto de una población mayor de manera tal que cada estación de toma de muestra tiene la misma probabilidad de ser escogido en cada etapa del proceso y de la misma manera

se realizó tamizajes a 333 habitantes, por parte de la Dirección de Epidemiología – DIRESA PASCO, comprendidos entre niños, mujeres gestantes y población de otras edades.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **A. Recopilación de información**

Se recolecta la información sobre los monitoreos y planes de vigilancia desarrollados en el Centro Poblado de Paragsha en relación a la calidad ambiental del suelo. También se recopilará información acerca de tamizajes desarrollados a los habitantes del Centro Poblado de Paragsha en relación a metales pesados.

##### **B. Cotejo de información**

Se realizará el cotejo de información de las fuentes de impacto en el Centro Poblado de Paragsha, para la veracidad de los resultados que se presentan mediante un informe final.

#### **3.6.2. Instrumentos de recolección de Datos**

- GPS
- Informes técnicos y resúmenes ejecutivos
- Cotejo en campo
- Laptop
- El Excel y el Word para recolección de datos

### **3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos**

- Clasificación de la información
- Cotejo de datos
- Análisis e interpretación

- El Excel y Word, para el procesamiento y análisis de datos

### **3.8. Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico de la investigación se llevó a cabo de manera exhaustiva y rigurosa. En una primera etapa, la información recolectada fue organizada meticulosamente en una hoja de cálculo Excel, lo que permitió su posterior análisis de manera efectiva.

La aplicación de técnicas de estadística descriptiva fue fundamental para comprender la realidad ambiental del área geográfica en estudio; tales como medidas de variabilidad, siendo usados el rango y la desviación estándar como herramientas básicas para el análisis e interpretación de datos. A través de la elaboración de tablas y gráficos, se logró una clara visualización y explicación de los fenómenos y situaciones que afectan a dicho territorio. Además, se recurrió a fuentes secundarias confiables para respaldar y contextualizar los hallazgos obtenidos, brindando así una perspectiva más completa y objetiva de la situación.

Uno de los aspectos destacados del análisis fue la identificación de las locaciones más afectadas por la presencia de metales pesados, como el plomo y el arsénico. Mediante el uso de gráficos específicos, se pudo visualizar de manera precisa la distribución espacial de estos contaminantes y su impacto en el entorno y en la salud de los habitantes.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

La investigación se desarrolla cumpliendo enteramente los Reglamentos de Grados y Títulos de la UNDAC, así mismo doy fe que la información generada fue procesada de manera ética y respetando a los autores vinculados a mi estudio.

## **CAPITULO IV**

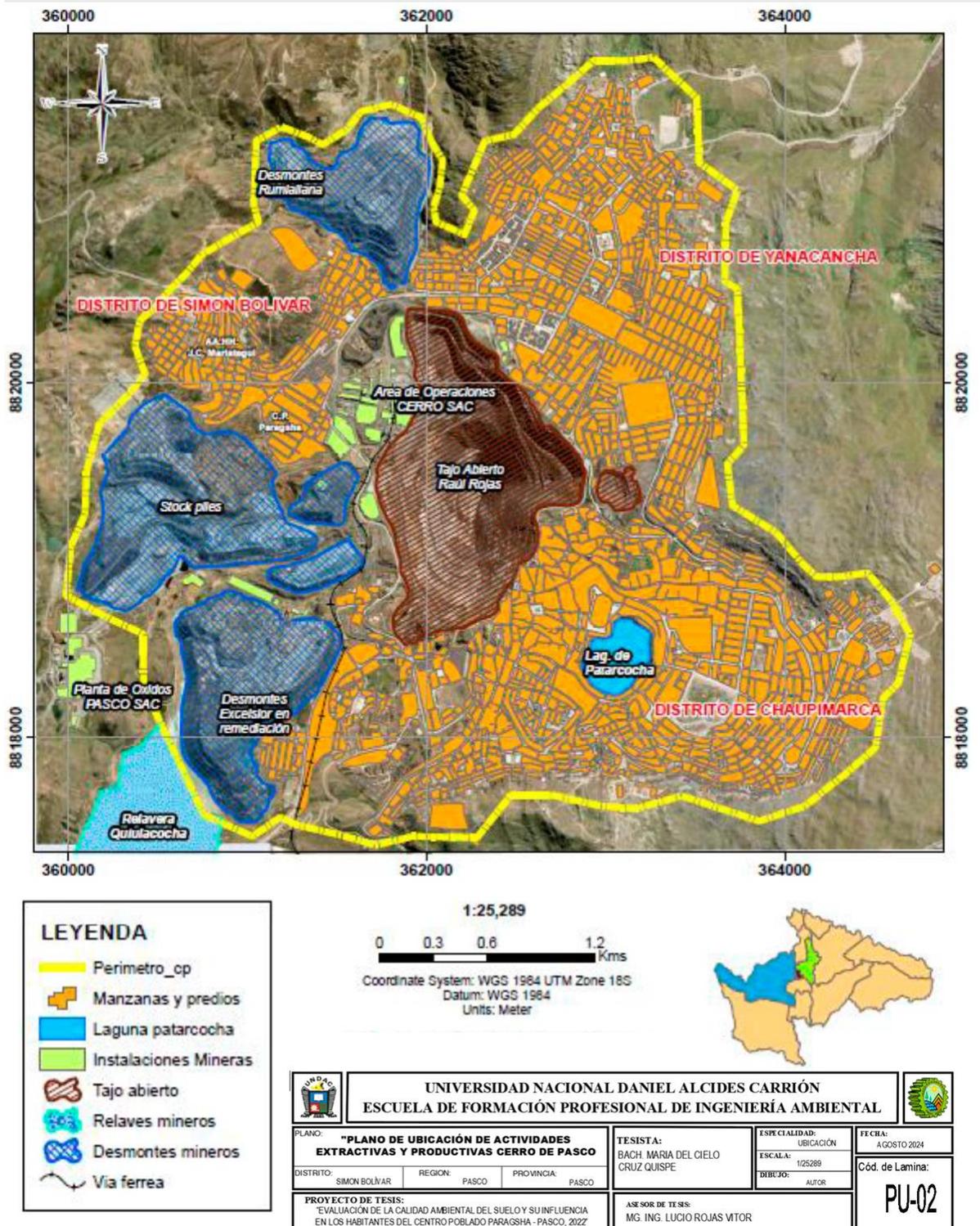
### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

La provincia de Pasco, ha sido históricamente una de las primeras en el Perú, en desarrollar actividades extractivas y también de operaciones minero-metalúrgicas. Estas actividades han generado residuos mineros que, en la actualidad, producen impactos ambientales significativos y afectan la salud de las personas, ya que las poblaciones se han asentado y desarrollan sus actividades en torno a estas actividades mineras.

En la ilustración 3 se muestran las fuentes de actividades extractivas y productivas, incluyendo residuos metálicos, pilas de minerales, botaderos y relaveras. El área de estudio comprende el Centro Poblado de Paragsha, incluyendo el Asentamiento Humano de José Carlos Mariátegui con sus respectivos sectores y el Campamento Minero de San Andrés.

**Ilustración 3:** Plano de Ubicación de Actividades Extractivas y Productivas Cerro de Pasco



#### 4.1.1. Monitoreo de la calidad de suelo de uso residencial y parques

##### A. Parámetros evaluados y método de análisis

**Tabla 4:**  
Parámetros y metodología

Parámetros	Detalle	Responsable del Análisis	Metodología empleada
Parámetros Anexo I D.S. N°011-2017- .MINAM	Inorgánicos: Plomo, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo	Laboratorio Inspectorate Services Perú SAC Reg. N° LE-031-INACAL	EPA 3050B
	Mercurio		EPA 6020B
	Cianuro Libre		EPA 9013A
	Cromo Hexavalente		EPA 3060A

FUENTE: Informe N° 070-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

**B. Puntos de muestreo**

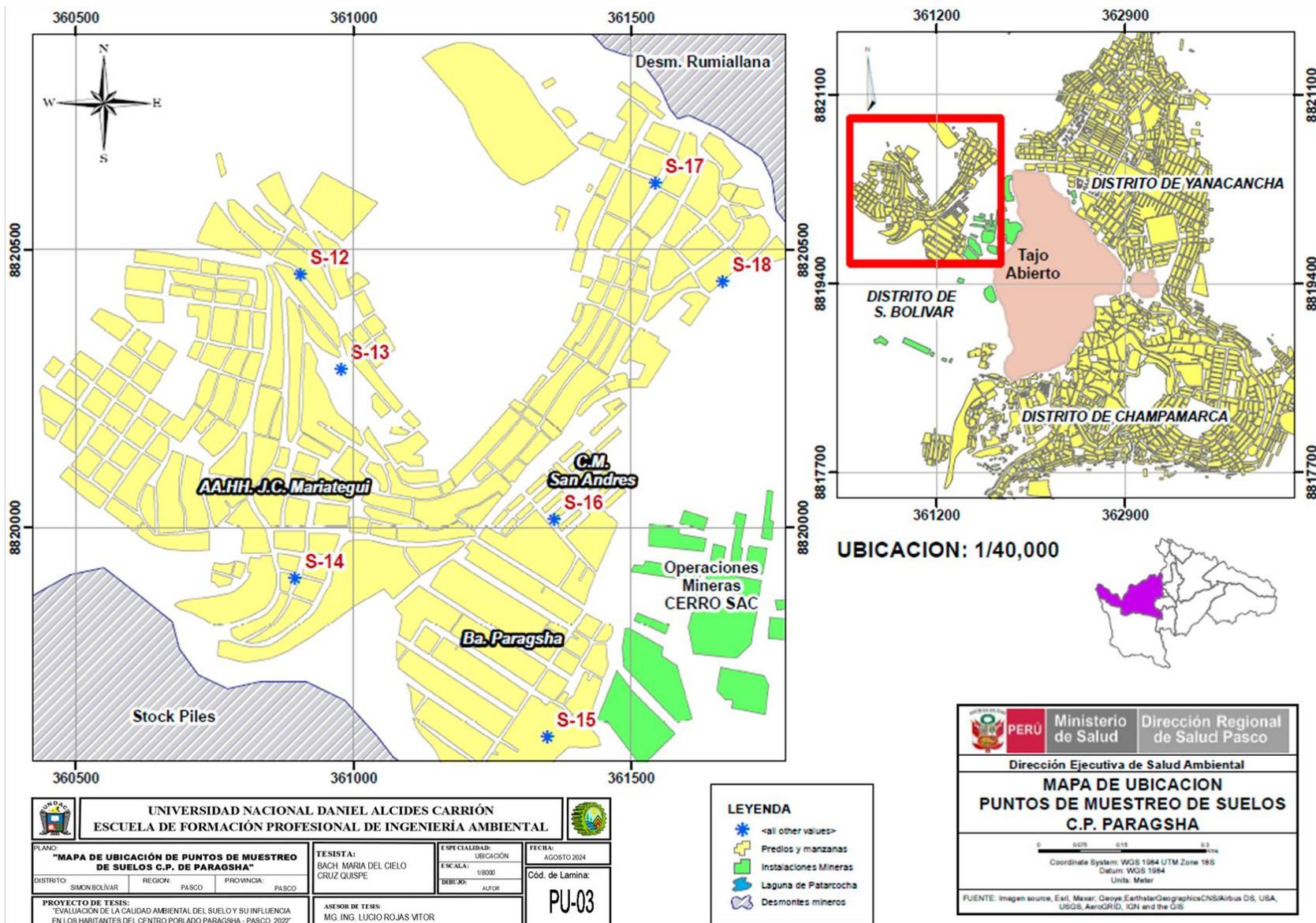
En la tabla 5 se presentan los puntos de muestreo de suelo en áreas residenciales y parques del Centro Poblado de Paragsha, ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco.

**Tabla 5:**  
Estaciones de monitoreo

Cód.	Punto de Muestreo	Distrito	Localidad	Coordenadas UTM WGS84	
				ESTE	NORTE
S-12	Jr. Gamaniel Blanco s/n a 200 m de curva a Yanahuanca	S. Bolívar	AA.HH. JC Mariátegui	360904	8820455
S-13	Calle S/N costado de reservorio de agua CERRO SAC	S. Bolívar	AA.HH. JC Mariátegui	360977	8820284
S-14	Calle Víctor Arias Vicuña	S. Bolívar	AA.HH. JC Mariátegui	360894	8819908
S-15	Estadio de Paragsha	S. Bolívar	C.P. Paragsha	361348	8819622
S-16	I.E. N° 31774 San Andrés de Paragsha	S. Bolívar	C.P. Paragsha	361361	8820015
S-17	Calle de la Mz 1 a 200 ms. de desmonte de Rumiallana	S. Bolívar	AA.HH. JC Mariátegui	361543	8820620
S-18	Av. El Minero S/N entrada a Paragsha, costadode grifo	S. Bolívar	AA.HH. JC Mariátegui	361664	8820442

FUENTE: Informe N° 070-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

**Ilustración 4:** Mapa de Ubicación Puntos de Muestreo de Suelos C.P. Paragsha



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN</b> <b>ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>			
<b>PLANO:</b> <b>"MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS C.P. DE PARAGSHA"</b>		<b>TESISTA:</b> BACH. MARIA DEL CIELO CRUZ QUIRSE	<b>ESPECIALIDAD:</b> UBICACIÓN
DISTRITO: SIMÓN BOLÍVAR	REGION: PASCO	ESCALA: 1/8000	FECHA: AGOSTO 2024
PROYECTO DE TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN LOS HABITANTES DEL CENTRO POBLADO PARAGSHA - PASCO, 2022"		DIBUJO: ALFOR	Cod. de Laminas: <b>PU-03</b>
ASesor de Tesis: MG. ING. LUCIO ROJAS VITOR			

<b>LEYENDA</b>
<all other values>
Predios y manzanas
Instalaciones Mineras
Laguna de Patarcocha
Desmontes mineros

<b>PERÚ</b>	Ministerio de Salud	Dirección Regional de Salud Pasco
	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental	
<b>MAPA DE UBICACION PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS C.P. PARAGSHA</b>		
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S Datum: WGS 1984 Units: Meter		
FUENTE: Imagen source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar/Geographics/CNSA/Airbus DS, USA, USGS, AeroGRID, IGN and the GIS		

### C. Metodología de Muestreo

La metodología de muestreo utilizada se basa en la Guía de Muestreo de Suelos establecida en el D.S. 002-2013-MINAM, teniendo en cuenta el tipo y la técnica de muestreo. Para determinar el tipo de muestreo, se consideraron los siguientes aspectos:

- Área potencial de interés: Identificada mediante información de investigaciones históricas e inspección del sitio.
- Actividades y procesos: Incluyendo los principales, secundarios y auxiliares que se llevan a cabo o se llevaron a cabo en el área de estudio, así como los parámetros o sustancias químicas de interés toxicológico o biotoxicológico generados por estas actividades.
- Profundidad de muestreo: Está estrechamente relacionada con el riesgo para la salud humana y se centrará en la capa superficial del terreno. Por esta razón, se realizarán apiques en esta capa de suelo utilizando herramientas adecuadas para alcanzar la profundidad requerida, tal como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 6:**

Profundidades de muestreo de suelo

Uso del suelo	Profundidad de muestreo
Suelo de uso residencial y de recreación sin vegetación.	0 – 3 cm (óptimo)
Superficies de uso residencial y de recreación con vegetación (jardines o parques)	0 – 5 cm (máximo)

**Ilustración 5:** Toma de muestra S-14 en Paragsha



**Ilustración 6:** Toma de Muestra en la S-13 -Paragsha



La técnica de muestreo utilizada para muestreos superficiales considera los siguientes aspectos:

- Para la toma de muestras superficiales, se permite el uso de muestras compuestas. Estas están formadas por un conjunto de muestras simples, mezcladas de manera proporcional para obtener un valor medio de las variables a evaluar.
- Las muestras compuestas deben ser sometidas a partición para reducir su volumen y obtener una muestra representativa. Para ello, se recomienda dividir la muestra mezclada y repetir el proceso hasta alcanzar la cantidad necesaria de material.
- La Guía de Muestreo de Suelos aprobada en el D.S. 002-2013-MINAM recomienda el uso de muestras superficiales compuestas para la evaluación de riesgos a la salud humana.

#### **D. Parámetros a Evaluar**

Los parámetros a evaluar se basan en los establecidos en el Anexo I del D.S. N.º 011-2017-MINAM y en el numeral 33.3 del artículo 33 de la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente. Estos parámetros se determinarán en función de la actividad predominante en la zona de estudio y la posible afectación del suelo, teniendo en cuenta los riesgos potenciales para el medio ambiente y la salud humana.

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

#### **4.2.1. Resultado de la Calidad de Suelos**

Para determinar la calidad del suelo del Centro Poblado Paragsha-Pasco 2022, se hizo un análisis del suelo para diferentes parámetros, lo cuales fueron el

mercurio, arsénico, bario, cadmio, cromo y plomo. para diferentes puntos de muestreo que estarán representados por S12-S18 (Ver anexo 1).

**Tabla 7:**

Resultados de parámetros evaluados en suelos de uso residencial y parques en el C.P. de Paragsha

<b>Código</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Arsénico</b>	<b>Bario</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Cromo</b>	<b>Plomo</b>
S12	0.8	195.88	205.48	1.8	1	385.35
S13	1.6	167	119.89	0.8	2.41	274.06
S14	1.2	203.04	331.74	2.6	2.2	1064.15
S15	5	542.97	410.07	27.78	17.19	4528.18
S16	1.6	444.27	546.31	22.86	10.02	4326.58
S17	0.8	263.13	105.41	241	2.2	641.68
S18	20.53	348.68	195.77	10.77	4.39	2000.8
<b>ECA PARA SUELOS - D.S. 011- 2017-MINAM</b>	<b>6.6</b>	<b>50</b>	<b>500</b>	<b>10</b>	<b>400</b>	<b>140</b>

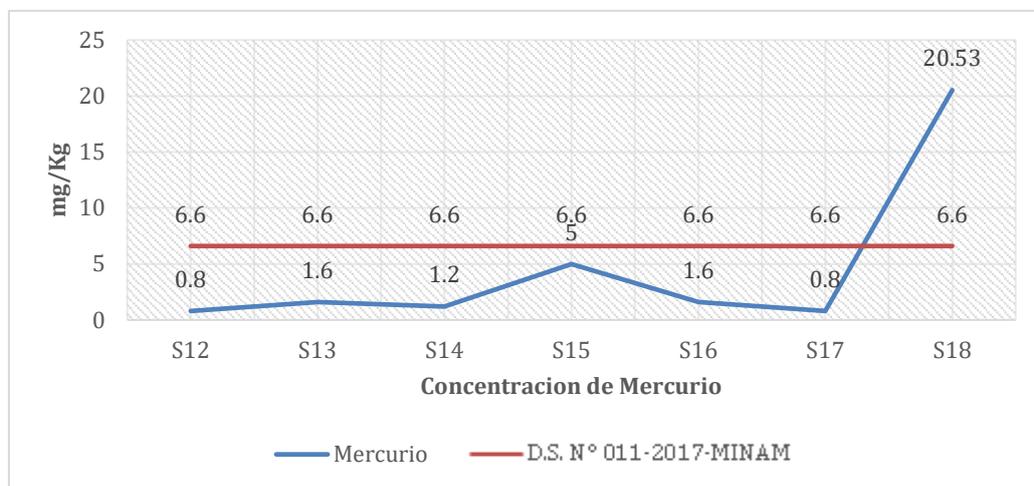
Nota. Datos obtenidos del Informe N° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

En la tabla 7, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de suelo, junto con los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, que define los estándares de calidad ambiental para suelos.

## A. Resultado del parámetro Mercurio

**Gráfico 1:**

Concentraciones de Mercurio en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

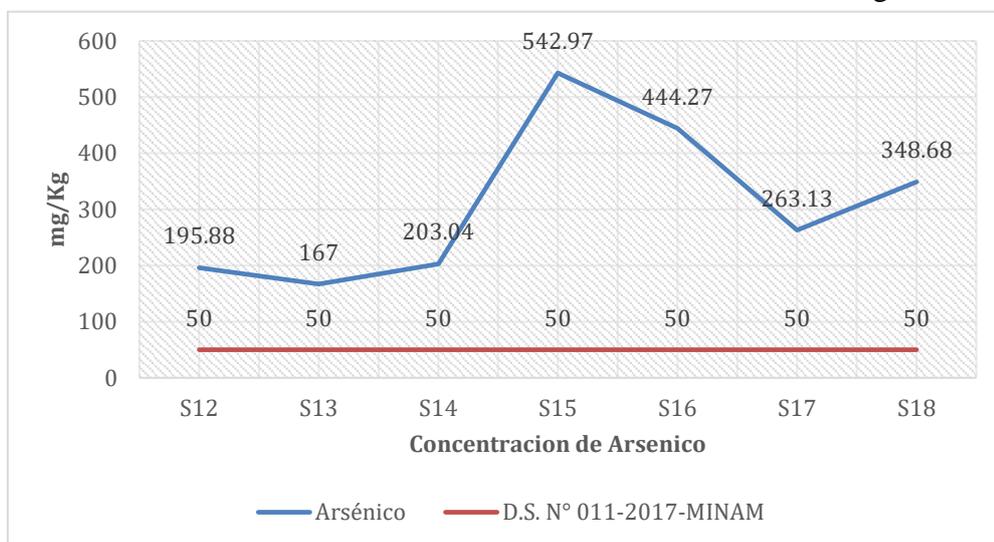
### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Mercurio

En el Gráfico 1, se muestra el contenido de mercurio encontrado en los distintos puntos de muestreo del C.P. de Paragsha. La mayoría de los puntos de muestreo presentan valores por debajo del límite máximo establecido por el DS 011-2017-MINAM (< 6.6 mg/Kg), excepto la estación S-18, que registra un valor de 20.53 mg/Kg. Esto puede deberse a la proximidad de este punto a una zona de extracción de mercurio.

## B. Resultado del parámetro Arsénico

**Gráfico 2:**

Concentraciones de Arsénico en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

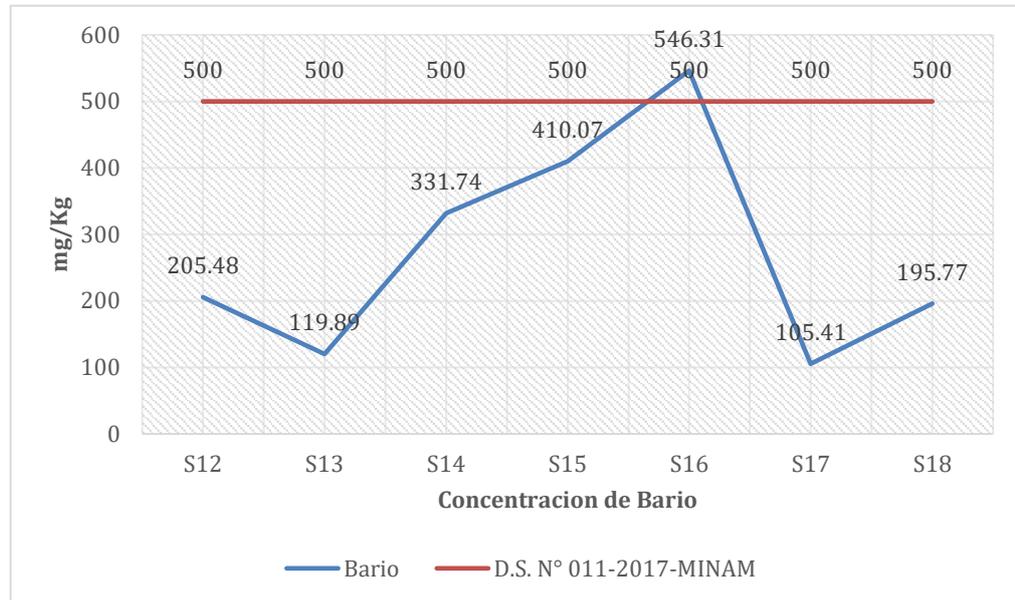
### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Arsénico

En el gráfico N° 2, se observa el contenido de arsénico encontrado en los diferentes puntos de muestreo del C.P. de Paragsha, encontrándose todos estos por encima del límite dispuesto por el Decreto Supremo Nro. 011-2017-MINAM (< 50 mg/Kg), de esa forma la estación S-15 obtiene la mayor proporción de contenido de arsénico con un valor 542.97 unidades. Todo esto refleja que los suelos no se encuentran en las condiciones mínimas establecidas por la norma, afectando de esa manera a la población.

### C. Resultado del parámetro Bario

**Gráfico 3:**

Concentraciones de Bario en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

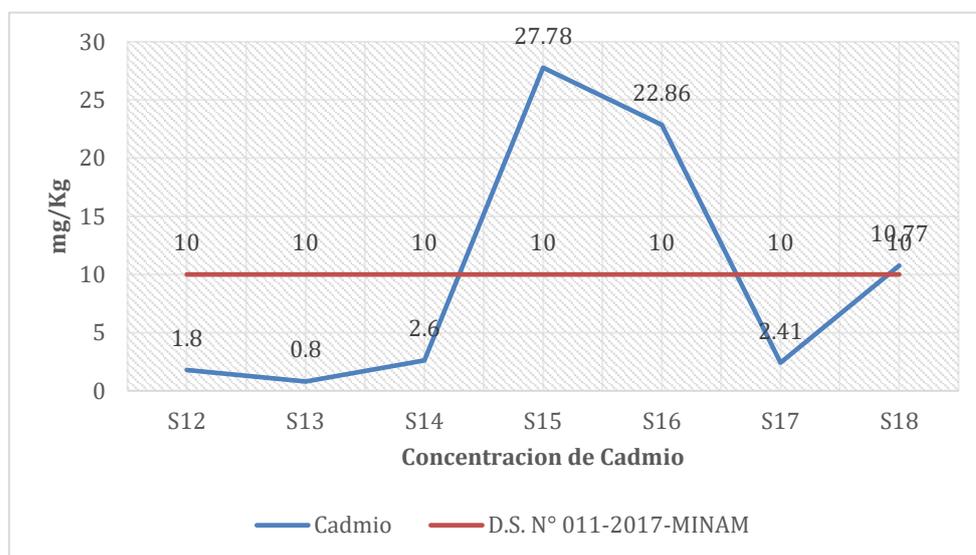
#### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Bario

En el gráfico 3, se observa el contenido de Bario encontrado en los diferentes puntos de muestreo del C.P. de Paragsha, encontrándose la mayoría debajo del límite máximo dispuesto por el Decreto Supremo Nro. 011-2017-MINAM (< 500 mg/Kg), exceptuando la estación S-16, la cual obtiene la mayor proporción de contenido de Cadmio con un valor 546.31 mg/Kg., ubicándose por encima del límite.

## D. Resultado del parámetro Cadmio

**Gráfico 4:**

Concentraciones de Cadmio en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

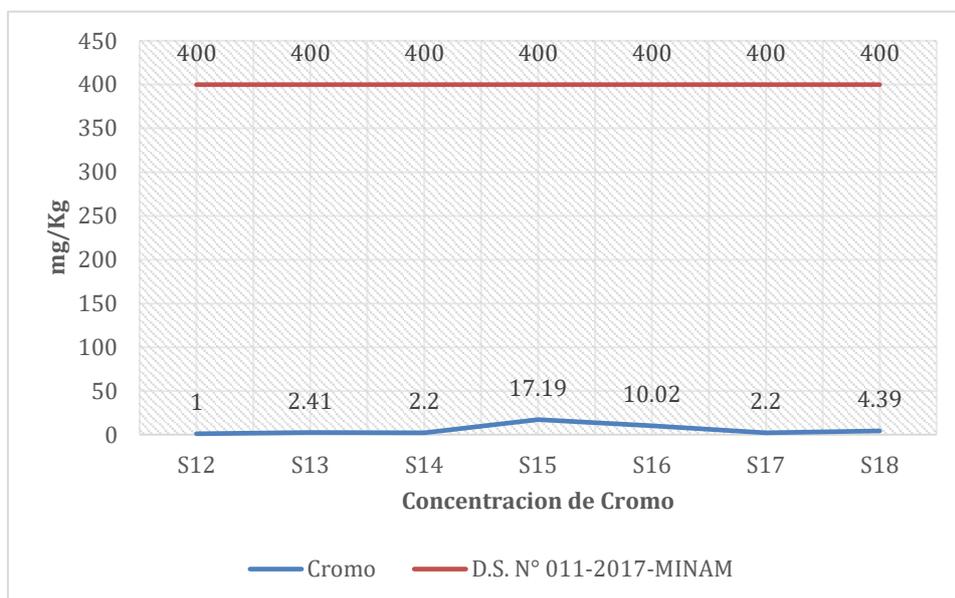
### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Cadmio

En el gráfico N° 4, se observa el contenido de Cromo encontrado en los diferentes puntos de muestreo del C.P. de Paragsha, encontrándose toda la mayoría por debajo del límite dispuesto por el Decreto Supremo Nro. 011-2017-MINAM (< 10 mg/Kg), exceptuando por la estación S-15 y S-16 las cuales obtuvieron valores de 27.78 y 22.86 mg/Kg, ubicándose por encima de límite máximo, obtiene la mayor proporción de contenido de arsénico con un valor 542.97 unidades. Todo esto refleja que esos puntos los suelos no se encuentran en las condiciones mínimas establecidas por la norma, siendo un problema potencial a futuro para la salud de la población.

## E. Resultado del parámetro cromo

**Gráfico 5:**

Concentraciones de Cromo en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

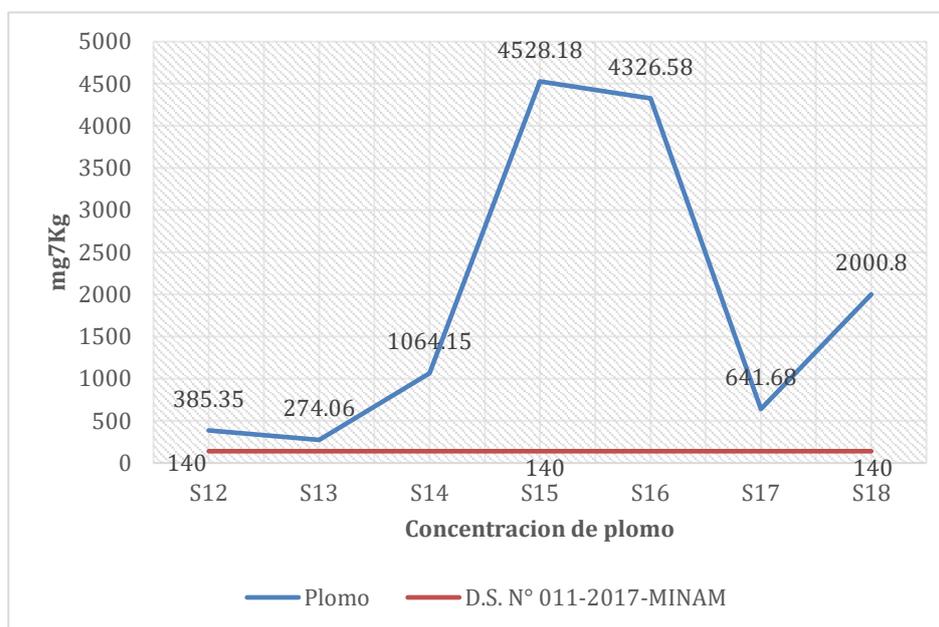
### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Cromo

En el gráfico 5, se obtienen los contenidos de cromo, encontrado para los diferentes puntos de muestreo del C.P. de Paragsha, valores por debajo del límite dispuesto por el Decreto Supremo Nro. 011-2017-MINAM ( $< 400$  mg/Kg), de esa forma ninguna de las muestras del suelo sobrepasa el límite máximo permisible.

## F. Resultado del parámetro Plomo

**Gráfico 6:**

Concentraciones de Plomo en los suelos del C.P. de Paragsha



Nota. Datos obtenidos del Informe N ° 011-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA

### ❖ Interpretación del gráfico de resultados para Plomo

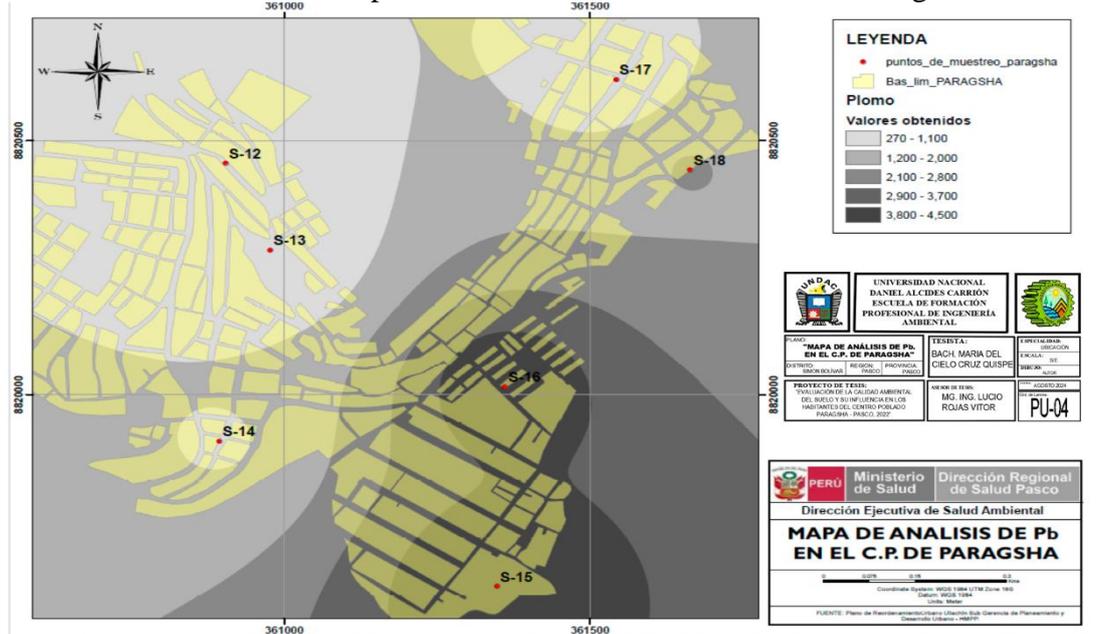
En la Grafico 6, se observa el contenido de plomo encontrado en los diferentes puntos de muestreo del C.P. de Paragsha, encontrándose todos estos por encima del límite dispuesto por el Decreto Supremo Nro. 011-2017-MIN AM (< 140 mg/Kg), de esa forma la estación S-15 y S-16 obtienen la mayor proporción de contenido de plomo en los suelos con valores 4528.18 y 4326.58 unidades, respectivamente. Todo esto refleja que los suelos no se encuentran en las condiciones mínimas establecidas por la norma, llegando a generar ciertos problemas de salud en la población.

#### 4.2.2. Parámetros que excedieron los límites del D.S. Nro. 011-2017-

##### MINAM en todos los puntos.

Se hizo un especial énfasis en los metales de plomo (Pb) y Arsénico (As) debido a que, en todos los puntos, los valores de cada estación salieron por encima de lo permitido del límite de D.S. Nro. 011-2017-MINAM.

**Ilustración 7:** Mapa de Análisis de Plomo en el C.P de Paragsha



#### ❖ Interpretación de la ilustración 7

En la ilustración 7 se pueden apreciar los puntos de muestreo, los cuales muestran valores que superan los Estándares de Calidad Ambiental, siendo las zonas más oscuras donde se ubica mayor concentración de plomo. La presencia de una alta concentración de metales en el suelo puede atribuirse a varias prácticas mineras, como la extracción de minerales que naturalmente contienen plomo, la liberación de partículas de plomo durante el proceso de trituración y molienda de minerales, así como el drenaje ácido de minas, un fenómeno común en áreas mineras que puede liberar metales pesados en el suelo y en las aguas subterráneas; la contaminación del suelo con plomo y otros metales pesados tiene serias implicaciones para la salud humana y el



En la ilustración 8, se pueden apreciar los puntos de muestreo, donde los puntos más oscuros representan mayor concentración del parámetro arsénico, de esa forma, hay puntos con valores que superan los Estándares de Calidad Ambiental de arsénico. Esta situación sugiere una seria contaminación por arsénico en la zona, con implicaciones importantes para la salud pública y el medio ambiente. Las razones detrás de esta alta concentración de arsénico pueden ser variadas. En primer lugar, la actividad minera intensiva en la región podría ser una causa primordial, ya que el arsénico está frecuentemente asociado con los depósitos minerales y su liberación durante el proceso de extracción y procesamiento de minerales podría contaminar el entorno. Asimismo, el uso indiscriminado de agroquímicos, como pesticidas y herbicidas que contienen arsénico, en la agricultura cercana a la zona urbana, podría contribuir a la contaminación del suelo y el agua. La exposición prolongada al arsénico puede ocasionar diversos problemas de salud, desde trastornos cutáneos hasta enfermedades cardiovasculares y cáncer. Además, esta contaminación también podría tener impactos adversos en el medio ambiente, incluida la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, y la alteración de los ecosistemas acuáticos.

#### **4.2.3. Identificar como la calidad del suelo influye sobre los habitantes.**

A través de la información accedida por la Oficina de Epidemiología, la cual proporcionó el resultado de tamizajes realizados en el 2022 a una muestra seleccionada de la población de Paragsha en relación a Plomo y Arsénico, en cantidades que indica el resumen detallado a continuación.

**Tabla 8:**

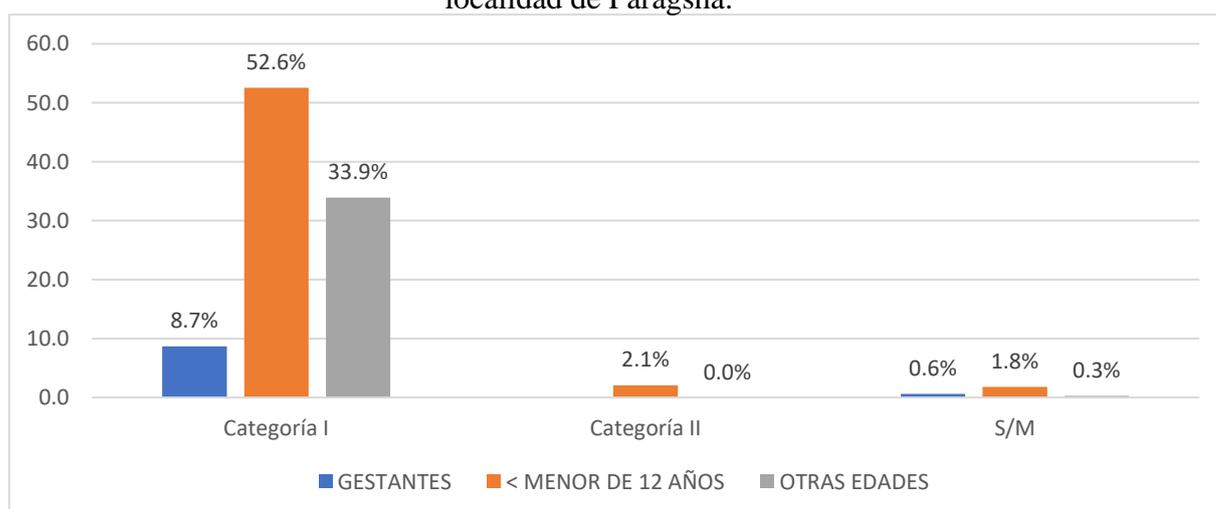
Tabla de porcentajes de personas tamizadas por metal pesado Plomo según categoría en la localidad de Paragsha, distrito Simón Bolívar

ITEMS	Categoría I	Categoría II	S/M	TOTAL
GESTANTES	8.7%	0.0	0.6%	9.3%
< MENOR DE 12 AÑOS	52.6%	2.1%	1.8%	56.5%
OTRAS EDADES	33.9%	0.0%	0.3%	34.2%
TOTAL	95.2%	2.1%	2.7%	100.0%

Fuente: Sistema Notiweb aplicativo metales pesados y elaborado por equipo técnico de la oficina epidemiología DIRESA - Pasco. Nota: CAT. I= 1-9.9 µg/dL, y CAT. II= 10-19.9 µg/dL

**Gráfico 7:**

Gráfico de personas tamizadas por el metal pesado Plomo (Pb) según categoría en la localidad de Paragsha.



En el gráfico 7, se muestran los resultados del tamizaje realizado para determinar la concentración del metal pesado Plomo en el organismo humano, el cual se determina mediante análisis de sangre. De 333 personas muestreadas (que conforman el total de la muestra seleccionada), se encontró que el 95.2% se encontraba en la categoría I (1-9.9 µg/dl), el 2.1% se encontró en la categoría II teniendo niveles de plomo de 10 a 19.9 µg/dL en su sangre y por último el 2.7 % se ubicó en casos probables. De esa manera dentro de la categoría I, el 52.6% fueron niños menores de 12 años, el 33.9% fueron personas de otras edades y el

8.7% fueron madres gestantes. En la categoría II, los que se encontraron con niveles entre 10-19.9  $\mu\text{g/dL}$  fueron los niños menores de 12 años. Si estos niveles de plomo no se controlan adecuadamente, podrían ocurrir varios escenarios negativos y perjudiciales. En primer lugar, existe un riesgo significativo de efectos adversos para la salud, tanto a corto como a largo plazo, incluyendo daño cerebral, trastornos del desarrollo, problemas de comportamiento y disminución del coeficiente intelectual, especialmente en niños. Además, la exposición continua al plomo puede tener efectos adversos en la salud reproductiva y aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y renales en adultos.

**Tabla 9:**

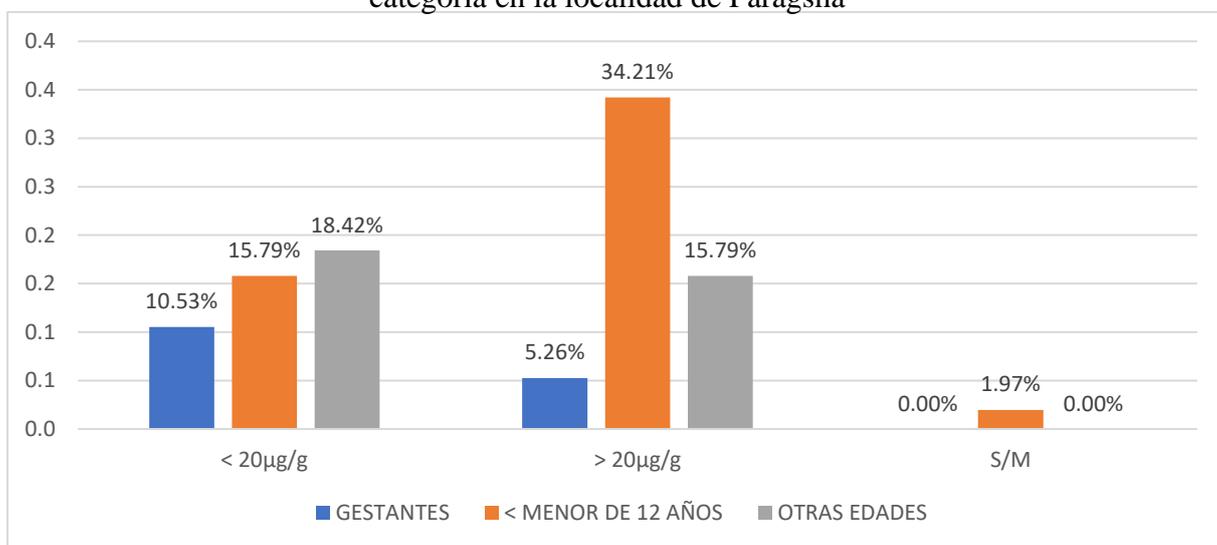
Tabla de porcentajes de personas tamizadas por el metal pesado Arsénico según categoría en la localidad de Paragsha, distrito Simón Bolívar

<b>ITEMS</b>	<b>&lt; 20 <math>\mu\text{g/g}</math></b>	<b>&gt; 20 <math>\mu\text{g/g}</math></b>	<b>S/M</b>	<b>TOTAL</b>
GESTANTES	10.5%	5.3%	0.0%	15.8%
< MENOR DE 12 AÑOS	15.8%	34.2%	2.0%	52.0%
OTRAS EDADES	18.4%	15.8%	0.0%	34.2%
TOTAL	44.7%	55.3%	0.0%	100.0%

Fuente: Sistema Notiweb aplicativo metales pesados y elaborado por equipo técnico de la oficina epidemiología – DIRESA Pasco.

**Gráfico 8:**

Gráfico de personas tamizadas por el metal pesado Arsénico (As) según categoría en la localidad de Paragsha



En el gráfico 8, se obtienen los resultados de las personas tamizadas para determinar la concentración del metal pesado Arsénico en el organismo humano, el cual se determina mediante análisis de orina. De esa manera se observa que el 44.7% se encuentran dentro de los límites de arsénico permitido (<20 µg/g en creatinina), de los cuales se encuentran dentro de esta categoría el 15.79% eran niños(as) menores de 12 años, el 10.53% fueron madres gestantes y el 18.42% eran personas de diferentes edades. Por otro lado, el 55.3% tuvo niveles por encima de los 20 µg/g creatinina, dentro de ello se encontró que el 34.21% eran menores de 12 años, el 15.79% eran personas de otras edades y por último el 5.26% eran madres gestantes.

Las causas de esta exposición elevada al arsénico pueden ser diversas y abarcan desde la contaminación ambiental por actividades industriales, agrícolas o mineras, hasta el consumo de agua o alimentos contaminados con este metal pesado. En términos actuales, esta exposición al arsénico plantea un riesgo inmediato de efectos adversos para la salud, como problemas gastrointestinales, cutáneos y neurológicos. Además, la exposición crónica está asociada con un

mayor riesgo de enfermedades crónicas, como diversos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. Si esta exposición persiste sin control, es probable que los problemas de salud se agraven con el tiempo, afectando especialmente el desarrollo infantil y aumentando el riesgo de enfermedades crónicas en la población adulta.

Por lo tanto, es crucial implementar medidas urgentes para reducir la exposición al arsénico, como mejorar la calidad del agua potable, regular las actividades industriales para minimizar la contaminación ambiental y promover prácticas agrícolas seguras. Además, se debe brindar atención médica y seguimiento adecuados a las personas afectadas para prevenir y tratar los efectos adversos para la salud asociados con la exposición al arsénico.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

Para este actual trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis general: “La calidad ambiental del suelo influirá de manera negativa en la calidad de vida de los habitantes del centro poblado Paragsha-Pasco 2022”, los metales analizados no cumplen con los Estándares de Calidad según el D.S. N° 011 – 2017 MINAM como mínimo en un punto monitoreado, a excepción del cromo que si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en todos los puntos monitoreados. Después de todos los análisis se finaliza con que la hipótesis es válida y se concentra mucho más con respecto a los analitos de arsénico y plomo en los cuales las concentraciones excedían en todos los puntos estudiados a causa de contaminación por actividades mineras que existen en la región, esta exposición a largo plazo puede provocar problemas de salud.

#### **4.4. Discusión de resultados**

En el presente estudio de investigación se detalla lo siguiente:

Se observan altas concentraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles en comparación al DS N° 011-2017-MINAM de los parámetros de mercurio en el punto S18; Arsénico en los puntos S12, S13, S14, S15, S16, S17 y S18; Bario en el punto S16; Cadmio en los puntos S15, S16, S17 y S18; y plomo en todos los puntos S12, S13, S14, S15, S16, S17 y S18. El único parámetro que no sobrepasó los valores permitidos fue el cromo. Todos los puntos monitoreados fueron evaluados en base a lo dispuesto en el D.S. 011-2017 MINAM siendo esta una disposición nacionalmente válida y vigente, estos resultados son concordantes con los obtenidos por la DIRESA Pasco- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental descritos en el Informe N° 070-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/USB-UEPA.

## CONCLUSIONES

- La calidad del suelo del centro poblado Paragsha-Simón Bolívar, provincia de Pasco; no puede ser considerada óptima ya que dos de los metales en estudio no cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental basados en el D.S. N° 011 – 2017 – MINAM para Suelos en relación a los monitoreos realizados por DIRESA – PASCO, estos son plomo y arsénico, dichos metales son de carácter perjudicialmente acumulativo en el cuerpo; por lo que se concluye que la exposición a largo plazo a estos suelos con niveles contaminantes por incidencia de estos metales es negativa para la salud de los pobladores y su desarrollo social.
- Con respecto a las actividades o fuentes que podrían ser perjudiciales para la calidad del suelo, se determina que la presencia de metales en el suelo podría asociarse de manera directa a las prácticas mineras de la zona y a la presencia continua de pasivos ambientales (stockpiles) ya que se generó un factor acumulativo debido a la larga trayectoria en la que desarrollaron actividades mineras en constante interacción con la población expuesta; esta contaminación no solo afecta al suelo, sino a la calidad de agua y los ecosistemas presentes debido a la interrelación permanente de estos factores. Y de manera indirecta al uso indiscriminado de agroquímico por parte de actividades de los pobladores de la zona, así como un mal tratamiento de sus residuos.
- Por medio de la información obtenida a través de la Oficina de Epidemiología de un total de muestreo de 333 personas en la evaluación del metal pesado plomo, el 95.2 % se encontraba dentro de la categoría 1 (1 – 9.9 µg/dl) lo cual aparenta indicar que no se tiene impacto perjudicial a la salud en la mayoría de la población, pero en relación al análisis desarrollado podemos apreciar que de la suma de este porcentaje el 52.6% es población menor a 12 años (reciente generación), lo que indica que los

niños de la población de Paragsha son los más afectados, esto se verá reflejado en los años venideros mostrando un notorio impacto en la salud de la población, a que a menos que dicha población cambie de habitabilidad y limite su exposición a estos suelos o se tome medidas de manera inmediata a fin de reducir la concentración de plomo en el suelo del centro poblado de Paragsha.

- De la información obtenida a través de la Oficina de Epidemiología de un total de muestreo de 333 personas en la evaluación del metal pesado plomo, el 2.1 % estuvo determinado por la categoría II con niveles de plomo en un rango de 10 a 19.9  $\mu\text{g}/\text{dl}$  lo cual sobrepasa los niveles permitidos en sangre, lo más sorprendente de esto y que en relación al párrafo anterior es que este 2.1% solo corresponde a la población menor a 12 años, reforzando así el notorio perjuicio a la salud de la generación que ahora se encuentra en desarrollo y en último caso se tuvo un valor de 2.7 %.
- Por medio de la información obtenida a través de la Oficina de Epidemiología de un total en la evaluación del metal pesado arsénico, el 44.7 % se encontraba dentro de los límites permitidos de arsénico ( $<20 \mu\text{g}/\text{g}$  en creatinina) siendo el 15.8 % niños menores de 12 años, el 10.5 % estuvo determinado por madres gestantes y en último caso se tuvo un valor de 18.4 % personas de otras edades. Nuevamente podemos notar que la cantidad de población de niños que ahora no sobrepasan el nivel permitido no es insignificante y presentaran problemas en su salud a largo plazo si no se reducen las concentraciones de arsénico en esta localidad.
- Por medio de la información obtenida a través de la Oficina de Epidemiología de un total en la evaluación del metal pesado arsénico, el 55.3 % se encontraba por encima de los límites permitidos de arsénico ( $>20 \mu\text{g}/\text{g}$  en creatinina) lo que nos indica que la mayoría de la población se encuentra actualmente perjudicada en el ámbito de salud, siendo el 34.2 % niños menores de 12 años (reciente generación), el 5.3 %

determinado por madres gestantes y en último caso se tuvo un valor de 15.8 %  
personas de otras edades.

## **RECOMENDACIONES**

- Se deben implementar por parte de las autoridades o empresas competentes medidas y estrategias de concientización a la población, en relación a lo riesgoso que puede ser la exposición a estos metales y puedan tomar las precauciones respectivas.
- Realizar por parte de las autoridades competentes un plan de concientización y acción dirigido a las empresas y factores locales que generan impactos negativos significativos en la zona para que encaminen el adecuado manejo de residuos peligrosos y/o componentes contaminantes provenientes de su actividad.
- Realizar constantemente fiscalizaciones por parte de las entidades correspondientes con la intención de alinear los indicadores que ahora son contaminantes a los niveles aceptados por la normativa nacional. Difundir por los medios de comunicación dichos resultados a la población.
- Como parte de los compromisos ambientales de las empresas mineras de la zona, realizar monitoreos de suelos de forma trimestral a fin de evaluar la eficacia de los controles ambientales implementados en su organización.
- Promover monitoreos participativos en la zona y difundir los resultados obtenidos a la población afectada, de manera que se genere una sensación de inclusión y los pobladores promuevan buenas prácticas ambientales en sus hogares a fin de mejorar la calidad ambiental de la localidad con esfuerzos conjuntos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z. A., Ashraf, S., & Asghar, H. N. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174, 714-727. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068>
2. Ayuda-Memoria.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2023, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/376852/Ayuda-Memoria.pdf?v=1603161859>
3. Cano, J. W. (2021). Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú. *Manglar*, 18(4), Article 4. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.054>
4. Chen, Q. Y., & Costa, M. (2021). Arsenic: A Global Environmental Challenge. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 61(1), 47-63. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-030220-013418>
5. Chira Fernández, J. E. (2021). Impacto de los metales pesados del río Mantaro en la aptitud de los suelos agrícolas del sector Jauja-Huancayo, Junín, 2020. Repositorio de Tesis - UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17054>
6. Congreso. (2018). Constitución Política del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/informes-publicaciones/196158-constitucion-politica-del-peru>
7. DIRESA Pasco. (2023). Resumen ejecutivo de los resultados de la calidad de suelos de uso residencial y parques en el Centro Poblado de Paragsha (Informe 070-2023-GRP-GGR-GRDS-DRS/DESA/UEPA; p. 16). DIRESA.
8. DS-002-2014-MINAM.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2023, de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/03/DS-002-2014->

[MINAM.pdf](#)

9. D-S-N-002-2013-MINAM.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2023, de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>
10. Edgar, V.-N., Fabián, F.-L., Mario, P.-C. J., & Ileana, V.-R. (2021). Coupling Plant Biomass Derived from Phytoremediation of Potential Toxic-Metal-Polluted Soils to Bioenergy Production and High-Value by-Products—A Review. *Applied Sciences*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/app11072982>
11. Evaluacion-ambiental-preliminar.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2023, de <https://www.munlima.gob.pe/images/evaluacion-ambiental-preliminar.pdf>
12. Guo, S., Chen, X., Wei, W., Li, T., Yin, F., & Xu, L. (2023). Risk assessment and source analysis of heavy metal contamination in the soil of the Juanshui River Mouth. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 35(1), 2212127. <https://doi.org/10.1080/26395940.2023.2212127>
13. Gworek, B., Dmuchowski, W., & Baczevska-Dąbrowska, A. H. (2020). Mercury in the terrestrial environment: A review. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 128. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00401-x>
14. Hoque, M. M., Islam, A., Islam, A. R. M. T., Pal, S. C., Mahammad, S., & Alam, E. (2023). Assessment of soil heavy metal pollution and associated ecological risk of agriculture dominated mid-channel bars in a subtropical river basin. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38058-0>
15. Hu, Z., Li, J., Wang, H., Ye, Z., Wang, X., Li, Y., Liu, D., & Song, Z. (2019). Soil Contamination with Heavy Metals and Its Impact on Food Security in China. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7(5), Article 5.

<https://doi.org/10.4236/gep.2019.75015>

16. Kapoor, R. T., Bani Mfarrej, M. F., Alam, P., Rinklebe, J., & Ahmad, P. (2022). Accumulation of chromium in plants and its repercussion in animals and humans. *Environmental Pollution*, 301, 119044. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119044>
17. Latosińska, J., Kowalik, R., & Gawdzik, J. (2021). Risk Assessment of Soil Contamination with Heavy Metals from Municipal Sewage Sludge. *Applied Sciences*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/app11020548>
18. Lee, S.-H., Kim, M.-S., Kim, J.-G., & Kim, S.-O. (2020). Use of Soil Enzymes as Indicators for Contaminated Soil Monitoring and Sustainable Management. *Sustainability*, 12(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/su12198209>
19. Leveau, M., Dumler, S., Rosa, R. A. D. L., Alegre, J., & Ladd, B. (2021). Uso de biocarbón en el balance de nitrógeno en suelos aluviales de San Ramón, Chanchamayo, Perú. *Ecología Aplicada*, 20(2), 179-188.
20. Maldonado, R. A. (2018). Contaminación De Aguas Subterráneas Por Efluentes Generados En El Campus Universitario De La Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez De La Ciudad De Juliaca En El Año 2018. 1-20.
21. Masri, S., W. LeBrón, A. M., D. Logue, M., Valencia, E., Ruiz, A., Reyes, A., & Wu, J. (2021). Risk assessment of soil heavy metal contamination at the census tract level in the city of Santa Ana, CA: Implications for health and environmental justice. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23(6), 812-830. <https://doi.org/10.1039/D1EM00007A>
22. McClellan, T. (2021). Soil Texture and Soil Structure. Universidad de Hawai'i. [https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a\\_factor\\_ts.aspx](https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_factor_ts.aspx)

23. Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., García-Orellana, Y., Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., & García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51), 4-15. <https://doi.org/10.22430/22565337.1738>
24. MINAM. (2018). Identificación Y Caracterización De Suelos.
25. MINAM. (2017). Decreto Supremo No 011-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. | FAOLEX. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC176755/>
26. MINAM. (2019). Estándar de Calidad Ambiental. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>
27. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). Metales pesados. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales\\_pesados.html](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.html)
28. Mohammadi, A. A., Zarei, A., Esmailzadeh, M., Taghavi, M., Yousefi, M., Yousefi, Z., Sedighi, F., & Javan, S. (2020). Assessment of Heavy Metal Pollution and Human Health Risks Assessment in Soils Around an Industrial Zone in Neyshabur, Iran. *Biological Trace Element Research*, 195(1), 343-352. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01816-1>
29. Olortegui, D. (2022). Evaluación de riesgos a la salud por exposición a suelo agrícola con metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en Carapongo, Lurigancho—Chosica. Universidad Ricardo Palma.

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5597>

30. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Un informe lanza la alarma sobre la contaminación del suelo. FAO - Noticias. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1127218/icode/>
31. Organización Panamericana de la Salud. (2023). Plomo. <https://www.paho.org/es/temas/plomo>
32. Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
33. Peng, J., Zhang, S., Han, Y., Bate, B., Ke, H., & Chen, Y. (2022). Soil heavy metal pollution of industrial legacies in China and health risk assessment. *Science of The Total Environment*, 816, 151632. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151632>
34. Petrescu-Mag, R. M., Petrescu, D. C., & Azadi, H. (2020). A social perspective on soil functions and quality improvement: Romanian farmers' perceptions. *Geoderma*, 380(June), 114573. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114573>
35. Qin, G., Niu, Z., Yu, J., Li, Z., Ma, J., & Xiang, P. (2021a). Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. *Chemosphere*, 267, 129205. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>
36. Qin, G., Niu, Z., Yu, J., Li, Z., Ma, J., & Xiang, P. (2021b). Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. *Chemosphere*, 267, 129205. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>
37. Rahaman, Md. S., Rahman, Md. M., Mise, N., Sikder, Md. T., Ichihara, G., Uddin, Md. K., Kurasaki, M., & Ichihara, S. (2021). Environmental arsenic exposure and

- its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. *Environmental Pollution*, 289, 117940. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117940>
38. Rasulov, O., Schwarz, M., Horváth, A., Zoirov, F., & Fayz, N. (2020). Analysis of soil contamination with heavy metals in (the three) highly contaminated industrial zones. *SN Applied Sciences*, 2(12), 2013. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03813-9>
39. reytuerto, & reytuerto. (2022, marzo 18). Según estudio: Niños de Cerro de Pasco respiran hasta 15 tipos de metales pesados | SPDA Actualidad Ambiental. <https://www.actualidadambiental.pe/cerro-de-pasco-metales-pesados/>, <https://www.actualidadambiental.pe/cerro-de-pasco-metales-pesados/>
40. RM-N°-085-2014-MINAM.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2023, de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/RM-N%C2%B0-085-2014-MINAM.pdf>
41. Romdhane, L., Panozzo, A., Radhouane, L., Dal Cortivo, C., Barion, G., & Vamerali, T. (2021). Root Characteristics and Metal Uptake of Maize (*Zea mays* L.) under Extreme Soil Contamination. *Agronomy*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010178>
42. Rubiños, C. (2021, junio 17). La Desertificación y sequía: Una consecuencia directa en nuestras vidas [Análisis]. <https://ciup.up.edu.pe/analisis/la-desertificacion-y-sequia-una-consecuencia-directa-en-nuestras-vidas/>
43. Sánchez-Castro, I., Molina, L., Prieto-Fernández, M.-Á., & Segura, A. (2023). Past, present and future trends in the remediation of heavy-metal contaminated soil—Remediation techniques applied in real soil-contamination events. *Heliyon*, 9(6),

- e16692. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16692>
44. Shao, Y., Yan, T., Wang, K., Huang, S., Yuan, W., & Qin, F. G. F. (2020). Soil heavy metal lead pollution and its stabilization remediation technology. *Energy Reports*, 6, 122-127. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.074>
45. Shebanina, O., Kormyshkin, I., Bondar, A., Bulba, I., & Ualkhanov, B. (2023). Ukrainian soil pollution before and after the Russian invasion. *International Journal of Environmental Studies*, 0(0), 1-8. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2245288>
46. Soto-Benavente, M., Rodriguez-Achata, L., Olivera, M., Arostegui Sanchez, V., Colina Nano, C., Garate Quispe, J., Soto-Benavente, M., Rodriguez-Achata, L., Olivera, M., Arostegui Sanchez, V., Colina Nano, C., & Garate Quispe, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 49-59. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>
47. Sotomayor, A. (2021, diciembre 4). ¿Qué son los ECA y los LMP? *Conexion Ambiental*. <https://conexionambiental.pe/que-son-los-eca-y-los-lmp/>
48. Ssanyu, G. A., Kiwanuka, M., Lunkuse, I., & Mutekanga, N. M. (2023). Community perception of heavy metal pollution and related risks in Lake Victoria Wetlands, Uganda. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 17(5), 99-111. <https://doi.org/10.5897/AJEST2023.3186>
49. Su, Q., Zhang, X., Zhang, Y., Sun, G., Li, Z., Xiang, L., & Cai, J. (2023). Risk assessment of heavy metal pollution in agricultural soil surrounding a typical pharmaceutical manufacturing complex. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1105910>

50. Sun, Y., Li, H., Guo, G., Semple, K. T., & Jones, K. C. (2019). Soil contamination in China: Current priorities, defining background levels and standards for heavy metals. *Journal of Environmental Management*, 251, 109512. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109512>
51. Xiang, M., Li, Y., Yang, J., Lei, K., Li, Y., Li, F., Zheng, D., Fang, X., & Cao, Y. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops. *Environmental Pollution*, 278, 116911. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116911>
52. Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00359>
53. Yang, J., Ma, S., Zhou, J., Song, Y., & Li, F. (2018). Heavy metal contamination in soils and vegetables and health risk assessment of inhabitants in Daye, China. *Journal of International Medical Research*, 46(8), 3374-3387. <https://doi.org/10.1177/0300060518758585>
54. Yang, L., Zhang, Y., Wang, F., Luo, Z., Guo, S., & Strähle, U. (2020). Toxicity of mercury: Molecular evidence. *Chemosphere*, 245, 125586. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125586>
55. Zhang, Y. Y., Wu, W., & Liu, H. (2019). Factors affecting variations of soil pH in different horizons in hilly regions. *PLoS ONE*, 14(6), 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218563>
56. Zhou, Z., Liu, J., Zeng, H., Zhang, T., & Chen, X. (2020). How does soil pollution risk perception affect farmers' pro-environmental behavior? The role of income

- level. *Journal of Environmental Management*, 270, 110806.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110806>
57. Alvarado Ochoa, A. C. (2018). Evaluación de parámetros inorgánicos establecidos en los estándares de calidad ambiental para suelo (d.s. n° 011 – 2017 minam); distrito de Simón Bolívar – provincia de Pasco.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/520>
58. Huaman Torres, L. J. (2019). 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.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1663>
59. Pacheco Salinas, K. K. (2018). Determinación de los niveles de concentración de plomo en la sangre y problemas en la salud en el poblador del Distrito de Chaupimarca, Provincia y Región Pasco, año 2018.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1000>
60. Nuñez-Peñaloza, Jorge Luis, Joel Pérez-Nieto, y Jorge Víctor Prado-Hernández. 2023. «Análisis De Indicadores E índices De Calidad De Suelos En México». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 14 (6). México, ME:e3148.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3148>.
61. Rojas García, L. & Moreno Velasco, S. (2022). Impacto de la contaminación ambiental y la calidad de vida de la comunidad del Municipio Padilla. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 3019-3036.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i2.2072](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2072)
62. Yonggang Li, Yunjie Huang, Yongxing Lu, Benfeng Yin, Ye Tao, Xiaobing Zhou

- & Yuanming Zhang. (2022). Factors affecting soil quality index and spatial variability of multifunction in dryland: Climate and biological soil crust development. doi: 10.21203/rs.3.rs-2217900/v1
63. Zuza, E., Maseyk, K., Bhagwat, S., Chemura, A., Brandenburg, R., Emmott, A., Rawes, W., Hancock, W., Mnthambala, F. & Araya, Y. (2023). Factors affecting soil quality among smallholder macadamia farms in Malawi. *Agriculture & food security*, doi: 10.1186/s40066-023-00421-9
64. K., S., Anil, Kumar., K., S., Karthika. (2019). Abiotic and Biotic Factors Influencing Soil Health and/or Soil Degradation. doi: 10.1007/978-3-030-44364-1\_9
65. Zabaloy, M. (2021). Una sola salud: la salud del suelo y su vínculo con la salud humana. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4), 275-276. DOI: 10.1016/j.ram.2021.11.001
66. Vallejo Quintero, V. E., Afanador-Barajas, L. N. ., Coca Peña, D. A. ., Vargas Giraldo, A. F. ., Bautista Murcia, M. F. ., y Mendoza Hernández, A. . (2020). Evaluación de la calidad de suelos en agroecosistemas de Colombia a través de la selección de un conjunto mínimo de datos . *Colombia forestal*, 23(1), 35–50. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14856>
67. Amin Bhat, M., Yousuf, A. & Singh Sandhu, P. (2022). Soil Quality vis-à-vis Climatic Upheaval. En CRC Press (Eds.), *Climate Change Alleviation for Sustainable Progression* (pp. 30). CRC Press. doi: 10.1201/9781003106982-9
68. Adem, Dreshaj., Bedri, Millaku., A., Shala, Abazi., Arian, Gashi. (2022). Soil Pollution Factors Affecting the Quality of Crops (*Solanum Tuberosum* L.). *Journal of Ecological Engineering*, doi: 10.12911/22998993/145469
69. Kumar, K.S.A., Karthika, K.S. (2020). Abiotic and Biotic Factors Influencing Soil

- Health and/or Soil Degradation. In: Giri, B., Varma, A. (eds) Soil Health. Soil Biology, vol 59. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_9)
70. Gómez Ávila, A. & Hoyos Rojas, W. (2020). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN SUELO SOMETIDO A DIFERENTES USOS [Tesis de Grado, Universidad de los Llanos]. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1629>
71. Loyde De La Cruz, Luis Antonio, González Méndez, Blanca, Cruz Avalos, Ana Martha, & Loredó Portales, René. (2022). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. *Epistemus* (Sonora), 16(33), 93-98. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.228>
72. Ramírez Farías, L. (2019). Estrategias de vida y respuestas a la contaminación en Simón Bolívar, Pasco. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14642>
73. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. *Docencia Universitaria*, 11, 169-172. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistadocencia/article/download/1921/2295>

## ANEXOS

### ANEXO 1.

Tabla 10. Puntos de muestreo tomados para la investigación.

Código	Punto de muestreo
S12	Jr. Gamaniel Blanco s/n a 200 mts de curva a Yanahuanca
S13	Calle S/N costado de reservorio de agua CERRO SAC
S14	Calle Victor Arias Vicuña
S15	Estadio de Paragsha
S16	I.E. N° 31774 San Andrés de Paragsha
S17	Calle de la Mz 1 a 200 mts de desmonte de rumiallana
S18	Av. El Minero s/n entrada a paragsha, costado de grifo

### ANEXO 2

Ilustración 9: Valores del tamizaje por metal pesado de plomo (Nivel-categoría)

#### VALORES DE INTOXICACIÓN POR PLOMO

NIVEL DE PLOMO(ug/dL)	CATEGORIA	VALOR EN LAB
1 - 9.9	Categoría I	C-1
10 - 19.9	Categoría II	C-2
20 - 44.9	Categoría III	C-3
45 - 69.9	Categoría IV	C-4
70 y más	Categoría V	C-5

Fuente: Registro y codificación de la atención en la consulta externa

## ANEXO 3

Ilustración 10: Valores del tamizaje por metal pesado de Arsénico (Nivel-categoría)

### 6.2.1 CRITERIO DIAGNÓSTICO

**a. Epidemiológico:** exposición ocupacional, personal y ambiental de fuentes contaminantes (fuentes industriales y actividades minero metalúrgicas) y natural.

**b. Clínico:** manifestaciones compatibles con intoxicación por arsénico.

**c. Laboratorio:** los indicadores biológicos de exposición que se consideran son:

Concentraciones de Arsénico en orina de 24 hrs (valores referenciales):

- Expuestos no ocupacionalmente: 10 a 50  $\mu\text{g/L}$  de orina ó menor de 20  $\mu\text{g As/g}$  creatinina; debiendo ser investigada la procedencia de dicho arsénico para su control inmediato y determinar el estado de intoxicación de la persona. (2, 26,27, 32)
- Expuestos ocupacionalmente: hasta 100  $\mu\text{g/L}$  ó menor de 50  $\mu\text{g As/g}$  creatinina; concentraciones mayores deben ser investigadas, tomar medidas oportunas en el trabajo, evitar la exposición y determinar el estado de intoxicación del trabajador. (27,35,37)

Fuente: Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por arsénico (MINSa-2012)

## ANEXO 4

### Resultados de Análisis de Laboratorio del Monitoreo de Suelos\_Paragsha 2022



**BUREAU  
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

#### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 01774L/22-MA

Pag. 1 / 11

ORGANISMO ACREDITADO	:	INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C
REGISTRO DE ACREDITACIÓN	:	N° LE - 031
CLIENTE	:	DIRECCION REGIONAL DE SALUD PASCO
DIRECCIÓN	:	JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI NRO. 81N SAN JUAN (COSTADO DEL MERCADO DE YANACANCHA)
PRODUCTO	:	SUELOS
MATRIZ	:	SUELOS
NÚMERO DE MUESTRAS	:	215
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS	:	FRASCOS DE PLÁSTICO (BOCA ANCHA), FRASCOS DE PLÁSTICO OSCURO (BOCA ANCHA)
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	:	MUESTRAS ENVIADAS POR EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	NO DECLARADO POR EL CLIENTE
FECHA DE MUESTREO	:	05/09/2022, 07/09/2022, 09/09/2022, 10/09/2022
LUGAR DE MUESTREO	:	PASCO - PASCO - YANACANCHA
REFERENCIA DEL CLIENTE	:	PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS	:	14/09/2022
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO	:	14/09/2022
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	:	27/09/2022
SOLICITUD DE SERVICIO	:	88-09022-22 - LMA

Callao, 27 de Septiembre de 2022

Inspectorate Services Perú S.A.C  
A Bureau Veritas Group Company



Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.  
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de esta).  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).  
\* "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.  
\* "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.  
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.  
Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú



BUREAU  
VERITAS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO Nº LE - 031



Registro Nº LE - 031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 01774U/22-MA

Pag. 4 / 11

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15
Fecha de Muestreo	07/09/2022	07/09/2022	07/09/2022	07/09/2022	07/09/2022
Hora de Muestreo	10:33	14:27	14:40	14:10	15:10
Código de Laboratorio	009335-0011	009335-0012	009335-0013	009335-0014	009335-0015
Matriz	SU	SU	SU	SU	SU

Ensayos Medio Ambiente

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15
Cianuro libre	mg/Kg	0,08	0,05	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Conductividad eléctrica(*)	dSm	0,001	-	0,220	0,911	0,322	0,888	1,285
Cromo hexavalente (VI)	mg/Kg	0,20	0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
pH	Unidad de pH	-	-	7,49	7,53	7,53	7,48	7,37

Metales en suelo ICP-MS

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15
Litio (Li)	mg/Kg	0,09	0,05	6,01	3,00	3,21	3,60	8,19
Boro (B)	mg/Kg	0,12	0,07	5,40	3,20	2,61	2,60	5,00
Berilio (Be)	mg/Kg	0,05	0,03	0,40	0,40	0,20	0,20	0,80
Aluminio (Al)	mg/Kg	2,00	1,09	7 437,55	3 820,73	5 661,39	5 359,31	6 804,96
Fósforo (P)	mg/Kg	1,85	1,06	2 037,03	1 120,25	1 508,42	2 296,16	2 229,02
Titanio (Ti)	mg/Kg	0,30	0,16	42,03	33,61	45,91	41,37	62,75
Vanadio (V)	mg/Kg	0,50	0,33	20,42	14,81	20,45	15,79	25,18
Cromo (Cr)	mg/Kg	0,08	0,04	5,40	1,00	2,41	2,20	17,19
Manganeso (Mn)	mg/Kg	0,70	0,40	1 458,77	1 170,47	650,56	889,69	9 445,44
Cobalto (Co)	mg/Kg	0,03	0,02	4,00	3,80	2,21	2,00	4,80
Níquel (Ni)	mg/Kg	0,07	0,04	7,21	5,80	3,61	2,80	11,59
Cobre (Cu)	mg/Kg	0,23	0,13	170,34	143,86	151,97	124,30	731,82
Zinc (Zn)	mg/Kg	0,50	0,33	903,92	688,08	221,53	708,23	8 329,14
Arsénico (As)	mg/Kg	0,50	0,27	160,13	195,88	167,00	203,04	542,97
Selenio (Se)	mg/Kg	0,09	0,06	3,20	2,00	0,80	2,00	3,20
Estroncio (Sr)	mg/Kg	0,30	0,15	65,85	47,22	48,72	82,53	110,51
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0,05	0,03	1,20	1,80	1,80	1,60	1,80
Plata (Ag)	mg/Kg	0,06	0,03	92,87	47,82	23,26	71,54	380,10
Cadmio (Cd)	mg/Kg	0,05	0,03	3,00	1,80	0,80	2,60	27,78
Estaño (Sn)	mg/Kg	0,08	0,04	3,80	5,00	4,61	4,20	13,79
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0,07	0,04	12,41	8,20	5,61	10,39	73,34
Bario (Ba)	mg/Kg	0,05	0,03	112,49	205,48	119,89	331,74	410,07
Cerio (Ce)	mg/Kg	0,06	0,03	11,81	18,61	19,05	19,38	12,39
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0,03	0,02	9,41	0,80	1,60	1,20	5,00
Talio (Tl)	mg/Kg	0,04	0,02	1,20	0,40	0,20	0,40	7,79
Piombo (Pb)	mg/Kg	0,50	0,30	771,02	385,35	274,06	1 084,15	4 528,18
Bismuto (Bi)	mg/Kg	0,04	0,02	14,21	13,41	9,42	22,18	82,13
Torio (Th)	mg/Kg	0,13	0,07	0,20	1,80	0,20	0,60	0,80
Uranio (U)	mg/Kg	0,03	0,02	0,80	0,40	0,60	0,80	2,00
Sodio (Na)	mg/Kg	6,00	3,46	132,51	194,88	123,30	307,75	365,71
Magnesio (Mg)	mg/Kg	2,00	1,19	3 376,50	3 036,82	1 202,49	1 883,51	6 963,83
Potasio (K)	mg/Kg	2,00	1,15	531,83	896,76	585,41	1 623,90	718,83
Calcio (Ca)	mg/Kg	4,50	2,75	38 696,16	23 054,62	19 502,61	31 569,54	42 200,44
Hierro (Fe)	mg/Kg	2,00	1,17	25 264,01	35 892,78	27 130,74	35 761,39	81 012,19

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).  
 \* "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado.  
 \* "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.  
 \* "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.  
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.  
 Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú  
 Central : 51 (1) 3105100 Anexo 8056 / www.bureauveritas.com



BUREAU VERITAS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE - 031



Registro N° LE - 031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 01774U/22-MA

Pag. 5 / 11

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Table with 6 columns: Estación de Muestreo, Fecha de Muestreo, Hora de Muestreo, Código de Laboratorio, Matriz. Rows include S-16, S-17, S-18, S-19, S-20.

Ensayos Medio Ambiente

Table with 5 columns: Ensayo, Unidad, L.C, L.D. Rows include Cianuro libre, Conductividad eléctrica, Cromo hexavalente, pH.

Metales en suelo ICP-MS

Table with 6 columns: Ensayo, Unidad, L.C, L.D. Rows include Lítio, Boro, Berilio, Aluminio, Fósforo, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Arsénico, Selenio, Estroncio, Molibdeno, Plata, Cadmio, Estaño, Antimonio, Bario, Cerio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Torio, Uranio, Sodio, Magnesio, Potasio, Calcio, Hierro.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Servicios Perú S.A.C. Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este). Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo). < "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado. > "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable. A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo. Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú. Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com

Ilustración 11: Toma de Muestra en la S-14 -Paragsha



Ilustración 12: Toma de Muestra en la S-16 -Paragsha



Ilustración 13: Toma de Muestra en la S-16 -Paragsha



Ilustración 14: Toma de Muestra en la S-17 -Paragsha

