

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TRANSPORTE DE CONTAMINANTES DEBIDO A LA  
PRESENCIA DE UN BOTADERO DE RESIDUOS  
SÓLIDOS EN DISTINTOS TIPOS DE SUELOS, LUYA,  
AMAZONAS, PERÚ**

**Autor: Bach. Angel Francisco Alvis Chuquizuta**

**Asesor: M.Sc. Elí Pariente Mondragón**

Registro: (.....)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

## **DATOS DEL ASESOR**

M Sc. Elí Pariente Mondragón

DNI N° 45670572

Registro ORCID N° 0000-0002-9197-0218

<https://orcid.org/0000-0002-9197-0218>

**Campo de la investigación y desarrollo, según la organización para la  
Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):**

4.00.00—Ciencias agrícolas

4.01.00—Agricultura, silvicultura, pesquería

4.01.02--Forestal

## **Dedicatoria**

### ***A mis padres:***

Antenor Alvis Poquioma y Basilia Chuquizuta Gomes, por su paciencia y abnegación, el apoyo moral y la gran confianza brindada; más que mis padres, son mis mejores amigos.

### ***A mis hermanos:***

Enilcer, Royver y Lleyson, por su presencia, compañía y sus apoyos incondicionales, son fuente de fortalezas para alcanzar mi propósito soñado.

### ***A mi abuela:***

María Tomanguilla Guimac, por estar siempre apoyándome y por sus buenos consejos para lograr mis propósitos establecidos.

## **Agradecimiento**

**Al Dios del cielo**, que ha permitido llegar a este momento de mi vida, por darme la fuerza necesaria y superar todos los obstáculos presentados a lo largo de mi formación académica.

**A mis Asesores de Tesis** Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón y Mg. Lenin Quiñones Huatangari, por las horas de tolerancia, esfuerzo, perseverancia, su valiosa y desinteresada orientación y guía en la elaboración de la presente tesis de investigación. Así mismo agradecerles por compartir su conocimiento y experiencias como investigadores.

**A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental** porque recibí el conocimiento intelectual, en sus prestigiosas aulas con cada uno de los docentes que laboran allí.

**Al personal que laboran en el área de medio ambiente de la Municipalidad Distrital de Luya** por la hospitalidad brindada durante el tiempo de ejecución.

**Tíos y primos** por el apoyo incondicional en la obtención de muestras de suelos, en el trabajo de campo desarrollado.

**Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de  
Amazonas**

Dr. Policarpio Chauca Valqui  
**Rector**

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón  
**Vicerrector Académico**

Dra. Flor Teresa García Huamán  
**Vicerrectora De Investigación**

MSc. Rosalynn Jhoana Rivera Lopez  
**Decana de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental**

## Visto Bueno del Asesor de la Tesis

Yo Elí Pariente Mondragón, docente de la UNTRM-A, pongo de conocimiento que he asesorado la ejecución de la tesis titulada **“Transporte de contaminantes debido a la presencia de un botadero de residuos sólidos en distintos tipos de suelos, Luya, Amazonas, Perú”**, elaborado por el tesista Angel Francisco Alvis Chuquizuta, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza quien suscribe, da Visto Bueno al informe final de la tesis en mención.

Chachapoyas, 03 de agosto del 2020



---

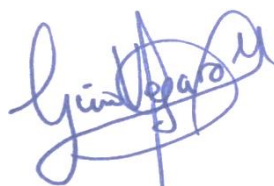
**Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón**  
ASESOR

**Jurado Evaluador de la Tesis**



---

Mg. Erick Stevinsonn Arellanos Carrión  
**Presidente**



---

M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina  
**Secretario**



---

Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje  
**Vocal**

## Constancia de Originalidad de la Tesis



### ANEXO 3-D

#### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Transporte de contaminantes debido a la presencia de un batidora  
de residuos sólidos en distintos tipos de suelos Luya Amazonas, Perú  
presentada por el estudiante (  )egresado (  ) Angel Francisco Alvis Chiquizota  
de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  
con correo electrónico institucional Francis\_19\_r@hotmail.com

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (  ) / igual (  ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene ..... % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 14 de mayo del 2021



SECRETARIO



PRESIDENTE



VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



# Acta de Sustentación de la Tesis



## ANEXO 3-Q

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 05 de Junio del año 2021, siendo las 15:30 horas, el aspirante: Angel Francisco Aluis Chquizuta, defiende en sesión pública presencial ( ) / a distancia (x) la Tesis titulada: Transporte de contaminantes debido a la presencia de un botadero de residuos sólidos en distintos tipos de suelos Luya Amazonas Perú, teniendo como asesor a M.Sc. ETC Pariente Mondragón, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mg. Erick Steimberg Arribas Corión

Secretario: M.Sc. Gino Alpeño Vergara Medina

Vocal: Ing. Jefferson Fitzgerald Rojas Farjo

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (x)      Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 18:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## Índice

Datos del Asesor.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas .....	v
Visto Bueno del Asesor de la Tesis .....	vi
Jurado Evaluador de la Tesis.....	vii
Constancia de Originalidad de la Tesis.....	viii
Acta de Sustentación de la Tesis.....	ix
Índice.....	x
Índice de Tablas .....	xii
Índice de Figuras.....	xiii
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>II. MATERIAL Y METODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Ubicación del área del proyecto .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Características Fisiográficas y Geográficas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. Suelos.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4. Clima .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5. Metodología.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.1. Procedimiento y selección del sitio.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.2. Muestreo de suelo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.3. Metodología para determinar metales pesados .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.4. Métodos para el análisis de caracterización del suelo.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.5. Aplicación del modelo de simulación de contaminantes .....</b>	<b>25</b>

<b>III. RESULTADOS</b> .....	26
<b>3.1. Resultados del análisis mecánico y textural del suelo</b> .....	26
<b>3.2. Resultados del análisis de metales pesados</b> .....	26
<b>3.3. Resultados del método utilizado en MATLAB con escritura de código en la migración de contaminantes</b> .....	27
<b>3.4. Resultados de la aplicación del modelo de programación en el área de estudio</b> .....	28
<b>3.4.1. Resultados de la simulación de contaminantes</b> .....	29
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	32
<b>4.1. Análisis mecánico y textural del suelo</b> .....	32
<b>4.2. Análisis de metales pesados</b> .....	32
<b>4.3. Modelo de programación en la migración de contaminantes</b> .....	33
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35
<b>Anexos</b> .....	38

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Técnicas empleadas para el análisis de caracterización del suelo .....	25
<b>Tabla 2.</b> Análisis mecánico y de textura del suelo.....	26
<b>Tabla 3.</b> Resultados de concentraciones de metales pesados.....	26

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del área del proyecto (Luya). .....	20
<b>Figura 2.</b> Vista panorámica del botadero a cielo abierto de residuos sólidos.....	23
<b>Figura 3.</b> Muestreo de suelo superficial y subsuperficial .....	24
<b>Figura 4.</b> Perfil de la calicata en la obtención de las muestras de suelos .....	27
<b>Figura 5.</b> Gráfico en 3D sobre la evolución de contaminantes lixiviados.....	29
<b>Figura 6.</b> Gráfico de concentraciones de contaminantes retenidas y su evolución en 3D.....	30
<b>Figura 7.</b> Gráficas de Cortes al inicio y al final del medio poroso en 3D. ....	31

## **Resumen**

La presente investigación tuvo lugar en el distrito de Luya - Provincia de Luya, Departamento de Amazonas, en las áreas del botadero a cielo abierto de residuos sólidos municipales. Se consideraron como objetivos específicos: Identificar que procesos intervienen en el transporte de contaminantes; determinar las propiedades de los suelos que afectan la migración de contaminantes y aplicar método de las diferencias finitas con ayuda del MATLAB, para estimar una aproximación de migración de un contaminante en distintos suelos. En esta investigación se presenta diversos aspectos con relación a contaminantes lixiviados generado a partir de residuos sólidos y en base a conceptos desarrollados, así mismo el proceso metodológico consistió inicialmente en un reconocimiento del área de estudio, georreferenciando el lugar del botadero a cielo abierto; seguidamente se realizó un muestreo de suelos enfocado en los parámetros físicos-químicos y contaminantes presentes a diferentes profundidades; siguiendo el protocolo de muestreo para su análisis respectivo. El análisis de muestras se realizó en laboratorios de la UNTRM y de la empresa Servicios Analíticos Generales (S.A.G.SAC). con los resultados obtenidos de los análisis se llevó a cabo la simulación de los contaminantes por medio de la programación del Matlab, según los resultados obtenidos se halló concentraciones de metales pesados superiores a lo establecido en los Estándares de calidad ambiental y una migración a través del subsuelo de estos contaminantes en relación al tiempo y profundidad.

**Palabras claves:** subsuelo, migración, botadero, lixiviado.

## **Abstract**

This investigation took place in the district of Luya - Luya Province. Amazonas Department, in the areas of the municipal solid waste open-air dump. The following were considered as specific objectives: Identify which processes are involved in the transport of pollutants; determine the properties of soils that affect the migration of pollutants and apply the finite difference method with the help of MATLAB, to estimate an approximation of migration of a pollutant in different soils. In this research, various aspects are presented in relation to leached pollutants generated from solid waste and based on concepts developed, likewise the methodological process initially consisted of a survey of the study area, georeferencing the place of the open-air dump; then a soil sampling was carried out focused on the physical-chemical parameters and pollutants present at different depths; following the sampling protocol for its respective analysis. The analysis of samples was carried out in laboratories of the UNTRM and of the company Servicios Analíticos Generales (S.A.G.SAC). With the results obtained from the analysis, the simulation of the pollutants was carried out by means of the Matlab programming, according to the results obtained, concentrations of heavy metals were found higher than those established in the Standards and a migration through the subsoil of these pollutants in relation to time and depth.

**Keywords:** subsoil, migration, dump, leachate

## I. INTRODUCCIÓN

Los principales contaminantes de las aguas subterráneas son lixiviados de los depósitos geológicos y sustancias químicas utilizadas como subproductos de actividades industriales, agropecuarias, ganaderos y residuos sólidos municipales, también procede de deposiciones atmosféricas, transporte y pulverización de plaguicidas, así como contaminantes biológicos como bacterias y virus. Estos contaminantes degradan los principales servicios ecosistémicos existentes en el suelo (Rodríguez *et al.*, 2019). La contaminación del suelo hace referencia a la presencia de sustancias fuera de sitio o presenta concentración alta de lo normal, causando efectos adversos en los organismo; la mayoría de contaminantes son de origen natural en los suelos estos se dan por los minerales y pueden llegar a ser tóxicos en concentración alta (FAO y ITPS, 2015). Los principales daños a la salud son generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, no ocasiona daños directos a la salud humana, sino propicia factores y vectores de riesgos que pueden proliferar y generar transmisiones de enfermedades causadas por microorganismos patógenos (MINSA, 2018).

Se conoce que las sustancias químicas es un peligro en la salud de las personas o cualquier ser vivo y el medio ambiente, en concentraciones altas o cuando sobre pasa los límites de los estándares de calidad ambiental y si el tiempo de exposición es prolongada lo suficiente, los efectos son interferidos por otros compuestos en movimiento, cuando se está realizando los procesos biológicos (Dominguez, 2003). En el Perú en la actualidad existen escasas investigaciones sobre los daños causados al ambiente por contaminación de residuos peligrosos, la acumulación en los ecosistemas, flujo, destino final y los impactos, hoy en día las preocupaciones de la población son mayores, debido a que puede generar impactos graves el no poner los residuos sólidos en una disposición final adecuada, ya que se ve afectados la flora, fauna y recursos como agua, suelo y aire (Guzmán y Macias, 2011).



Según Banco Mundial (2018), la generación de los residuos sólidos a nivel mundial es de 2010 millones de toneladas anualmente siendo el 33 % no gestionable. Según la proyección sobre el aumento de la urbanización, el crecimiento poblacional, el desarrollo económico, estos cambios a nivel mundial traerá como consecuencia el aumento de 70 % de residuos sólidos llegando a una cantidad volumétrica de 3400 millones de toneladas, es un problema mundial la gestión de los residuos sólidos ya que más del 90 % de los residuos generados son quemados o en mucho de los casos son votados en las quebradas. El manejo de residuos sólidos, hoy en día viene siendo un problema ambiental, y como consecuencia tiene el deterioro de las áreas donde se están depositando los residuos sólidos y la contaminación de los recursos naturales.

Los residuos sólidos depositados en botaderos deterioran la calidad de los recursos de agua, suelo por la alta carga bacteriana y lixiviados contaminantes, así mismo produciendo la generación de gas lo que contamina la calidad del aire. La contaminación de las aguas subterráneas en los últimos años se ha incrementado debido al aumento de los residuos sólidos depositados en botaderos a cielo abierto, donde la condición de las aguas subterráneas se ha deteriorado sensiblemente por incremento de los contaminantes lixiviados con presencia de metales pesados, así mismo son contaminados por actividades o procesos de tratamiento de aguas residuales (MINAM, 2008).

Según Naula *et al.*, (2016) el suelo es uno de los recursos naturales muy importante, para el desarrollo de la sociedad y es responsabilidad del ser humano de no contaminar, en los últimos tiempos se han propuesto modelos matemáticos con la finalidad de permitir conocer el fenómeno de la infiltración relacionado con las características del suelo, un modelo que se acopla es la ecuación de Richards para calcular la cantidad de lixiviados y porcentaje que existe en el suelo donde describe la relación en un medio poroso no saturado sobre la succión, conductividad hidráulica y la humedad en tiempos diferentes.

El flujo y la migración es un proceso complejo que lo realizan los contaminantes en el suelo, donde se desarrolla diferentes fenómenos como químicos, físicos y biológicos (Orrego y Arumi, 2005). La migración y retención de contaminantes lixiviados son los procesos que se da en el suelo, que dependen de los componentes y las propiedades coloidales, como también la solubilidad y reactividad del lixiviado. Para la remediación de suelos contaminados, existe diseño de estrategias lo cual consta de distintos tipos de

procesos como adsorción y degradación natural. Los suelos de texturas gruesas que son afectados por contaminantes de mayor solubilidad y niveles bajos en materia orgánica, pueden indicar indicios de contaminación porque existe mayor posibilidad de alcanzar los mantos acuíferos subterráneos (Galán E, 2003).

Los residuos sólidos producidos por la población del distrito de Luya, lo disponían de manera inadecuada en botaderos a cielo abierto, afectando de esta forma no solo el aspecto visual sino también a la flora, fauna, suelo, agua y aire. Como resultado de esta apreciación en el área, se realizó un estudio que contribuya a determinar los procesos de transporte de los contaminantes, las propiedades del suelo que ejerce esta migración, así mismo estimar la migración de un contaminante en estas condiciones del suelo.

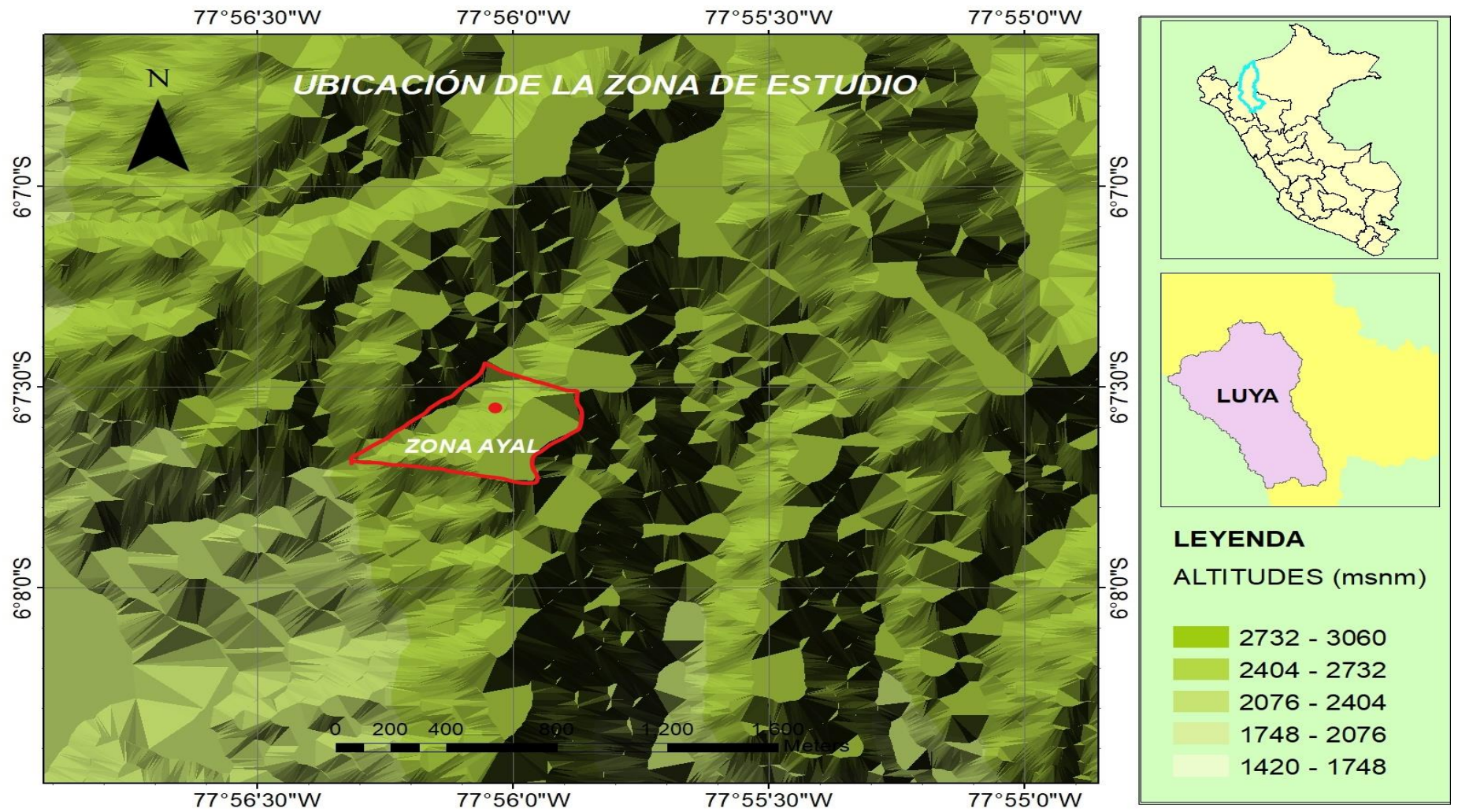
Con esta investigación de transporte de contaminantes lo que se busca es evidenciar los riesgos o afectaciones ambientales que puede existir en el área del botadero de la provincia de Luya, lo cual estas afectaciones son provocadas por el incremento de los residuos sólidos implicando incluso la asociación de sustancias que resultan letales para ciertos organismos, en última instancia alterando la calidad de los recursos naturales. El desarrollo de esta investigación tuvo como objetivos específicos: Identificar que procesos intervienen en el transporte de contaminantes; determinar las propiedades de los suelos que afectan la migración de contaminantes; y aplicar método de las diferencias finitas con ayuda del MATLAB, para estimar una aproximación de migración de un contaminante en distintos suelos.

## **II. MATERIAL Y METODOS**

### **2.1. Ubicación del área del proyecto**

Los rangos de altitudes de la provincia de Luya fluctúa entre 1713 – 3250 msnm. Y posee tres pisos ecológicos, entre los cuales tenemos al Valle Tropical, la Puna y la Quechua; el relieve se caracteriza por presentar valles interandinos, cadenas montañosas, colinosos y en menor cantidad las mesetas. La temperatura varía entre templado a frío (19°C), frío y semiseco (16°C), con humedad que se encuentra entre 70% a 80%, presenta lluvias desde diciembre a abril, con precipitaciones que va desde 1200 a 1800 mm anuales (Provias, 2008).

El ámbito de estudio se encuentra ubicado a 2 km del distrito de Luya, en la provincia de Luya, departamento de Amazonas entre las coordenadas geográficas 0172898 E y 9316760 N. Ubicado en el lugar llamado Ayal, el botadero era administrada y utilizada como botadero de residuos sólidos del distrito de Luya en un tiempo aproximadamente de 12 años; presentando un área de 1250 m<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área del proyecto (Luya).

## 2.2. Características Fisiográficas y Geográficas

Viendo desde lo fisiográfico el territorio del departamento de Amazonas, la provincia de Luya presenta cuatro diferentes relieves (Provias, 2008):

- A. **Los paisajes colinosos:** el relieve del territorio está conformado con declives y algunas partes con pendientes moderadas, son típicos del lugar las lomas y colinas.
- B. **El paisaje montañoso:** es mayor en cantidad con uso restringido, el paisaje está formado con laderas de pendiente moderada y presenta cumbres que sobre pasan los 500 metros. La mayor parte del paisaje montañoso es considerada para uso de conservación y protección de bosques.
- C. **El paisaje de valle interandino:** se caracteriza por poseer encajadas conformando sinuosidades en el transcurso de ríos, producto del flujo del agua en terrenos de menor pendiente.
- D. **El paisaje de meseta:** conocidas también como altiplanicies en cantidades menores presenta formación de colinas y lomadas.

## 2.3. Suelos

En la provincia de Luya se puede presenciar suelos acrisoles desarrollados, presenta mayores niveles de arcillas, predominando los suelos acrisoles en superficies antiguas de forma colinada, y con diferentes climas; tropical, subtropical, cálido y monzónico (IIAP, 2006). Los suelos contienen un oscuro horizonte "A" con presencia de materia orgánica moderadamente en descomposición y ácida, seguidamente de un amarillento horizonte "E". En el caso del horizonte "B" se observa un cambio en el color de amarillento a rojizo. En los suelos existe menor cantidad de nutrientes y minerales, debido a la presencia de toxicidad por aluminio, la adsorción de moléculas de fosfatos y la erosión, no suelen ser muy productivos, existe menor presencia de especies de menor demanda y las que son tolerantes a la alta acidez que contiene los suelos, las especies que son adaptables serían la piña, caucho, palma de aceite entre otros (Salas, 2007).

## **2.4. Clima**

La provincia de Luya se caracteriza por tener climas andinos, como templado frío y templado cálido, frecuentemente el clima templado se encuentra en los valles interandinos. Debido a los diferentes factores encontramos dos zonas climáticas que determinan la provincia de Luya (Provias, 2008) descritas a continuación :

**Frío Semiseco:** se encuentran a altitudes mayores a 3000 m.s.n.m, con temperatura menores a 16° C. En esta zona la que mayor sobre sale es las punas, con bajas altitudes y amplitud.

**Templado a Frío:** Frecuentemente recargado de nubosidad de Sur a Este, con temperatura por debajo de 19° C. La ciudad de Luya (1713 m.s.n.m), posee un clima variado entre seco y templado, de diciembre hasta abril son los meses que contienen mayor precipitación desde 1200 hasta 1800 mm anuales, con una humedad que se encuentra entre 70% a 80%.

## **2.5. Metodología**

### **2.5.1. Procedimiento y selección del sitio**

La ubicación del área donde se encuentra el botadero de residuos sólidos municipales a cielo abierto, es el resultado de prospecciones previas en el mes de mayo del año 2018, con la finalidad de realizar estudios de remediación de sitios contaminados o afectados por lixiviados presentes en el área. Este conocimiento previo del área permitió definir la localización del espacio de estudio como prioritario para la investigación, por su contenido representativo de residuos sólidos por más de 12 años abandonados aproximadamente, información recabada de fuente primaria mediante entrevistas de sus autoridades y población. El botadero de residuos sólidos a cielo abierto se encuentra a una altitud de 2417 m.s.n.m, a 2 km, del distrito de Luya.



**Figura 2.** Vista panorámica del botadero a cielo abierto de residuos sólidos

### **2.5.2. Muestreo de suelo**

En la determinación de características del suelo como el parámetro físico, para este parámetro se realizó un muestreo de suelos enfocado en determinar la contaminación del suelo superficial de 0 a 30 cm y del suelo subsuperficial a diferentes profundidades (1.5cm). El protocolo utilizado fue el Manual de Buenas Prácticas en la Investigación de los sitios contaminados del MINAM (2016), que consiste en lo siguiente:

- 1) Se tomaron 8 muestras a diferentes profundidades, considerando únicamente la dirección del lixiviado (profundidades de cada muestreo a 1,5 m).
- 2) Muestreo de suelo superficial: se tomaron 2 muestras, cada muestra representando un intervalo del núcleo de unos 5cm y pesando alrededor de 100 gr. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas, una muestra para análisis de metales pesados y una muestra para análisis mecánico y textural.
- 3) Para el muestreo de suelo subsuperficial, se tomaron 6 muestras en secuencia, cada muestra representando un intervalo del núcleo del suelo de unos 5 cm y pesando alrededor de 100 gramos. Seguidamente las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas, de las muestras colectadas tres para análisis de metales pesados y tres para análisis mecánico y textural del suelo.



- 4) Del total de muestras de suelos colectadas, (8 muestras), cuatro fueron utilizadas para análisis de metales pesados y 4 para el análisis de mecánico y textural del suelo.



**Figura 3.** Muestreo de suelo superficial y subsuperficial

### **2.5.3. Metodología para determinar metales pesados**

El análisis para concentraciones de los metales pesados en el botadero de residuos sólidos a cielo abierto, se realizó en el laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. El proceso metodológico para su respectivo análisis fue mediante el método: EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry. 1994.

### **2.5.4. Métodos para el análisis de caracterización del suelo**

La caracterización de los suelos se realizó en el laboratorio del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) – UNTRM; se utilizaron los siguientes métodos



**Tabla 1.** Técnicas empleadas para el análisis de caracterización del suelo

<b>Parámetros</b>	<b>Técnicas y métodos empleados</b>
Textura del suelo	método del hidrómetro
pH	agua relación 1:1
Materia orgánica	método de walkley y Black
Fósforo disponible	método de Olsen modificado
Potasio disponible	extracción con acetato de amonio
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	saturación con acetato de amonio
Na <sup>+</sup> , Ca <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , K <sup>+</sup> cambiabiles	Técnica de cuantificación por fometría de emisión atómica
Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>	método de Yuan: extracción con KCl, N

### **2.5.5. Aplicación del modelo de simulación de contaminantes**

El transporte de contaminantes lixiviados involucra varios mecanismos por lo que se aplicó un modelo de programación en Matlab con escritura y código, Matlab es una aplicación que permite programar e integrar cálculos numéricos, modelación y simulación, genera gráficos de malla usando el orden mesh (x,y,z); este programa permitió resolver el transporte de contaminantes presentes en el botadero de residuos sólidos municipales de Luya, donde las gráficas de simulación indican la cantidad y concentración de los metales pesados con tiempos diferentes en el transporte.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados del análisis mecánico y textural del suelo

La siguiente tabla n° 2 se presenta la información de la clase textural realizadas a las muestras en el laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**Tabla 2.** Análisis mecánico y de textura del suelo

n° de muestras	profundidades (m)	Análisis Mecánico			Clase textural
		Arena %	Limo %	Arcilla %	
M – 01	1.5	24.0	20.0	56.0	Ar.
M – 02	3.0	48.0	20.0	32.0	Fr.Ar. A
M – 03	4.5	26.0	22.0	52.0	Ar.
M – 04	6.0	26.0	24.0	50.0	Ar.

#### 3.2. Resultados del análisis de metales pesados

La siguiente tabla n° 3 indica la concentración de todos los metales pesados presentes en el área del botadero según los análisis de las muestras, los análisis se realizaron en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Lima.

**Tabla 3.** Resultados de concentraciones de metales pesados

ENSAYO	L.D.M	METALES PESADOS				
		UNIDAD	M-01	M-02	M-03	M-04
Plata (Ag)	0.07	mg/Kg	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/Kg	21083.0	17907.8	17600.8	19899.1
Arsénico (As)	0.1	mg/Kg	4.8	5.8	6.3	6.0
Boro (B)	0.2	mg/Kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/Kg	30.2	23.9	23.4	28.2
Berilio	0.03	mg/Kg	2.26	2.54	2.70	2.36
Calcio (Ca)	4.7	mg/Kg	7392.8	6889.4	6643.0	7001.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/Kg	3.45	3.05	3.24	3.84
Cerio (Ce)	0.2	mg/Kg	81.6	147.9	172.8	95.8
Cobalto (Co)	0.05	mg/Kg	4.90	7.01	9.36	5.41
Cromo VI (Cr)	0.04	mg/Kg	24.83	20.93	21.14	25.3
Cobre (Cu)	0.1	mg/Kg	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Hierro (Fe)	0.2	mg/Kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/Kg	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Potasio (K)	4.3	mg/Kg	560.2	543.5	593.1	568.6
Litio (Li)	0.3	mg/Kg	6.5	6.3	6.3	6.0
Magnesio (Mg)	4.4	mg/Kg	500.7	533.0	562.1	509.4
Manganeso (Mn)	0.05	mg/Kg	17.49	33.61	43.53	20.61
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/Kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/Kg	26.2	30.7	29.3	23.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/Kg	5.92	8.35	9.18	6.72
Fósforo (P)	0.3	mg/Kg	123.8	107.5	113.2	131.1
Plomo (Pb)	0.06	mg/Kg	28.18	27.03	27.52	29.77
Antimonio (Sb)	0.2	mg/Kg	0.3	< 0.2	< 0.2	0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/Kg	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/Kg	1.7	1.7	1.8	1.8
Estroncio (Sr)	0.1	mg/Kg	12.8	12.4	12.2	12.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/Kg	15.20	16.35	16.67	15.43
Talio (Tl)	0.3	mg/Kg	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/Kg	67.79	55.47	53.64	67.85
Zinc (Zn)	0.2	mg/Kg	11.4	11.6	11.8	11.1

### 3.3. Resultados del método utilizado en MATLAB con escritura de código en la migración de contaminantes

En este estudio se presenta un relleno de aproximadamente 16 m de longitud y 8 m en dirección del flujo del acuífero. Se considera según la Tabla 3, una fuente de contaminante constante compuesta por cadmio en  $3.05 \text{ mg/kg}^{-1}$ .



**Figura 4.** Perfil de la calicata en la obtención de las muestras de suelos

La distribución de los contaminantes en el tiempo y la profundidad comprenden diferente mecanismo de transporte por lo que se aplicó el modelo de programación de Matlab y escritura de un código número: **función tesina Log ( )**.

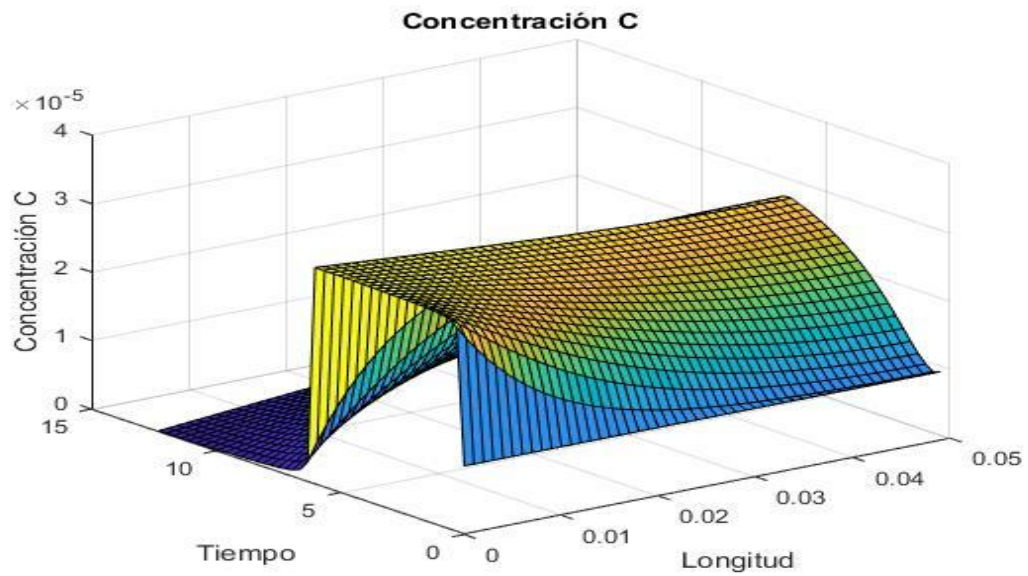
Trata de un método de diferencias finitas aplicada a la ecuación de transporte de contaminantes en un medio poroso mediante el programa Matlab, el cual brinda como resultado el código desarrollado de la función seguido de las gráficas de simulación en 3D.

#### **3.4. Resultados de la aplicación del modelo de programación en el área de estudio**

De acuerdo a información de fuente primaria, en el área de estudio ha ingresado residuos sólidos de manera continuada por un determinado tiempo, luego sucedió una pausa en el ingreso de los residuos, esto se debió por el llenado de residuos del área utilizada. Por lo antes mencionado, podemos afirmar que al área ha ingresado concentraciones de nanopartículas y a la mitad de un tiempo o a intervalos de tiempos prolongados sucedió una pausa en el ingreso de nanopartículas. Las gráficas que se presentan a continuación fueron elaboradas bajo este contexto.

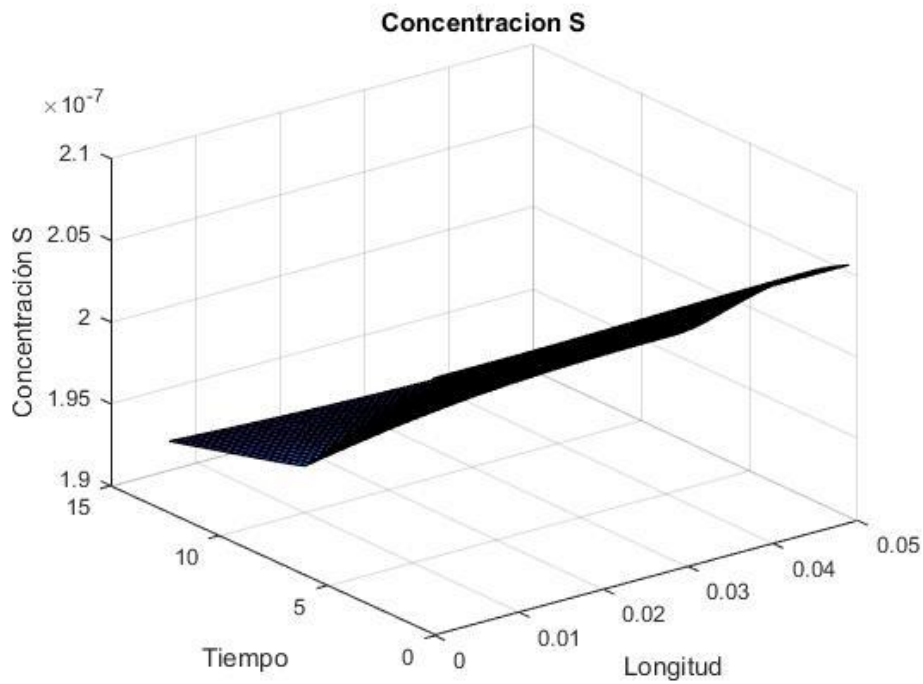
En principio con la finalidad de facilitar su comprensión, se puede decir que la concentración (eje Z), el tiempo (eje X) y la longitud (eje Y). Toda la información se muestra en la figura 5.

### 3.4.1. Resultados de la simulación de contaminantes



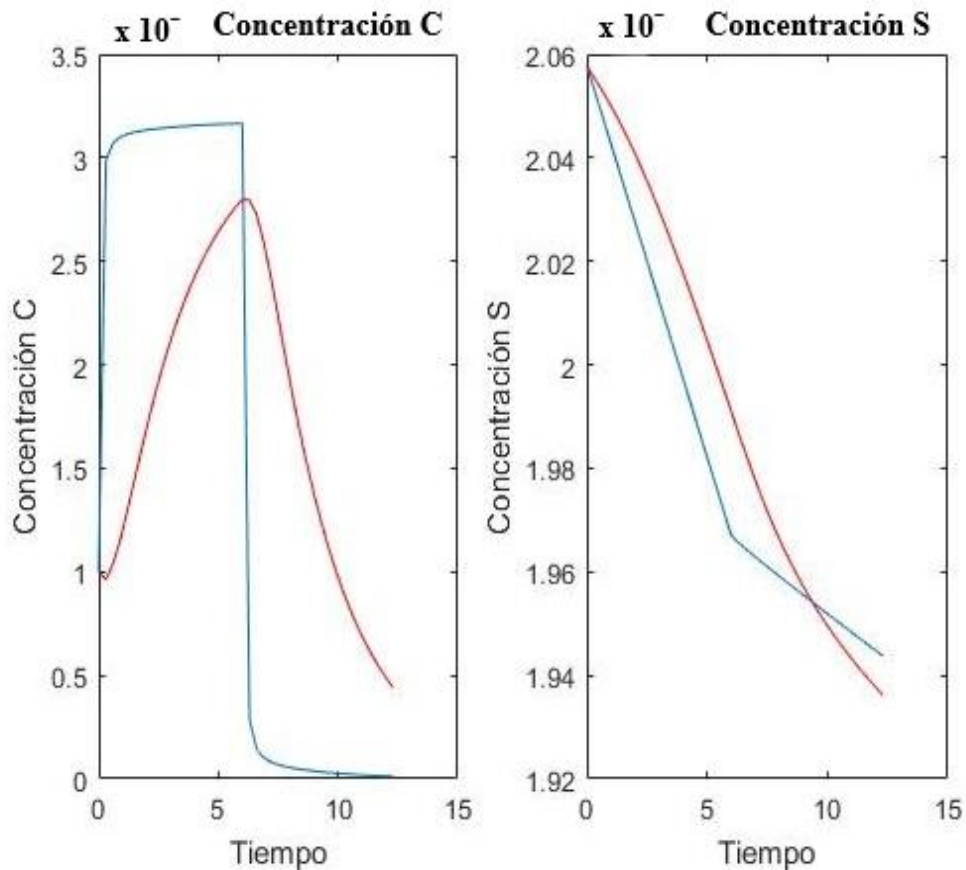
**Figura 5.** Gráfico en 3D sobre la evolución de contaminantes lixiviados

se puede apreciar, que al principio existe una mayor concentración de contaminantes lixiviados retenidas y una entrada de flujo mayor y a la mitad de un tiempo disminuye el ingreso del flujo de concentración de contaminantes debido a la textura del suelo arcilloso, no obstante, se puede observar comportamientos diferentes del inicio con respecto al final del periodo, donde se observa de manera moderada los cambios de entrada de concentración.



**Figura 6.** Gráfico de concentraciones de contaminantes retenidas y su evolución en 3D

En la figura 6 se puede observar la evolución de los contaminantes lixiviados retenidos, como se aprecia en el instante inicial, el ingreso de contaminantes lixiviados es mayor debido a la presencia de residuos sólidos depositados en el botadero, que en el instante final debido al tiempo que transcurre y la longitud que transporta el contaminante.



**Figura 7.** Gráficas de Cortes al inicio y al final del medio poroso en 3D.

La figura 7 presenta dos cortes de concentraciones “C” y “S” con gráficos en 3D, en medio poroso. La línea de color celeste indica un corte inicial y la línea de color rojo indica un corte final. En la gráfica de concentración “C” se aprecia dos curvas distintas debido a los cambios de concentración retenida, el corte final se desarrolla progresivamente de forma menos brusca y más lenta, para el corte al inicio (color celeste) en tiempo de cero a cinco (0 – 5) la concentración es mayor ya que existe mayor contenido de partículas; sin embargo, para el corte final (línea roja) del medio poroso se puede apreciar que en un tiempo cero la concentración es 1. No obstante ambas líneas documentan que conforme transcurre el tiempo ambas líneas tienden a disminuir su concentración de manera lenta hasta llegar a cero (0).

y la gráfica de concentraciones “S”.

En la gráfica “S” se aprecia que los cortes de concentraciones retenidas tienen un comportamiento similar al inicio como al final en un medio poroso, iniciando en un mismo punto, con una concentración igual y mayor, apreciando que en un tiempo cero (0) la concentración es mayor y en un tiempo mayor la concentración tiende a disminuir paulatinamente.

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis mecánico y textural del suelo

Del área de estudio se analizaron, para la clasificación de la textura del suelo cuatro muestras compuestas, en la tabla n° 2 se evidencia que de las muestras el 75 % es suelo arcilloso. Según Gisbert *et al.*, (2010) el suelo arcilloso contiene partículas menores a 0.002mm. Esta porosidad hace que la velocidad se vea afectada en el transporte de ciertos metales pesados haciendo que el transporte se realice en mayor tiempo ya que la arcilla al humedecerse crea una capa impermeable dificultando el paso de lixiviados, haciendo que el lixiviado este retenido por capas o estratos del suelo.

La textura del suelo es una variable importante de la tierra porque juega un papel clave en la degradación del suelo y procesos de transporte de agua, controlando la calidad del suelo y su productividad (Curcio *et al.*, 2013). La cantidad de partículas, minerales inorgánicos determina la textura de un suelo y gobiernan la magnitud y proporción de reacciones químicas, físicas y biológicas; los suelos arcillosos tienen la mayor capacidad de retener agua contra la fuerza de la gravedad y cargas eléctricas negativas que atraen y retienen cationes como potasio ( $K^+$ ) y magnesio (Mg) que son fundamentales en el desarrollo de las plantas (Huerta Cantera, 2010).

### 4.2. Análisis de metales pesados

En el área de estudio se analizaron 4 muestras de suelos a diferentes profundidades para determinar los metales pesados presentes en el botadero a cielo abierto de Luya, donde se evidencia gran cantidad de metales pesados con diferentes concentraciones, y los de mayor concentración son el aluminio, hierro, cerio, vanadio entre otros. Según García *et al.*, (2002) todos metales pesados que puede causar problemas de contaminación ambiental se encuentran en los suelos tanto de forma natural, procedente de la roca madre y el incremento de concentraciones de metales pesados en los suelos y el agua subterránea es causado por el incremento de residuos sólidos depositados en botaderos

Los resultados de los metales pesados obtenidos fueron comparados de acuerdo a los valores que están establecidos en los estándares de calidad ambiental para suelos (ECA<sub>s</sub>) se comparó la concentración de cada uno de los metales pesados según los usos de suelo (MINAM, 2017). Para la comparación de los niveles de grado de concentración en el área



de estudio sobre los metales pesados, se consideró el uso del suelo agrícola, por ser un suelo dedicado a la producción de cultivos en el lugar. No obstante, los otros dos usos que establece la norma, son suelos ocupados por población (suelo residencial) y ocupados por operaciones comerciales y de servicios (suelos comerciales).

Analizando los resultados de la concentración de los metales pesados, se considera que algunos metales se ubican por debajo de los niveles establecidos, así como existen metales que sobrepasan los niveles que establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos. Teniendo cualidades de permanencia durante largos periodos de tiempo en los suelos y transfiriéndose a la flora y microorganismos, ocasionando riesgos potenciales en la salud ya que pueden entrar en la cadena alimentaria y al ambiente afectando así a animales y el hombre (Pagnanelli *et al.*, 2004).

#### **4.3. Modelo de programación en la migración de contaminantes**

Considerando el proceso de las gráficas obtenidas por el programa Matlab se aprecia la mayor concentración de metales pesados al inicio y al final con menor concentración debido a que el suelo es arcilloso. Según Torres, (2018) los suelos arcillosos tienden a adsorber a los metales pesados que quedan retenidos en sus posiciones de transporte, a diferencia de los suelos arenosos que carecen de capacidad de fijación de los metales pesados los cuales son transportados rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

## V. CONCLUSIONES

El flujo y transporte de los contaminantes lixiviados en el suelo son procesos complejos e intervenidos por diferentes fenómenos físicos, químicos y biológicos. Como procesos de transporte de contaminantes que se dan en el suelo son adsorción, advección y dispersión. El proceso de la adsorción es la adherencia de los contaminantes a las partículas del suelo, mientras que la advección es el arrastre de los contaminantes por el agua migrando con la misma velocidad y la extensión ocupada y el proceso de dispersión es provocada por el movimiento del fluido a través del medio poroso.

Las propiedades del suelo que afectan la migración de contaminantes en la zona de estudio son determinadas por la textura ya que determinan la proporción del tamaño de porosidad de partículas del suelo, la permeabilidad ya que determina la filtración del agua y el aire, según los análisis del laboratorio la zona de estudio en general está formado por arcilla.

Las diferencias finitas permitieron el desarrollo de ecuación para la obtención de las gráficas en 3D y la evolución de los contaminantes lixiviados como metales pesados presentes en el botadero de Luya.

El botadero de Luya contiene varios contaminantes según los análisis realizados y que se encuentran con niveles altos que son peligrosos en la salud humana, tomando como referencia para los terrenos que se localizan alrededor del botadero se tiene en cuenta el uso de suelos agrícolas que superan los límites máximos permisibles como el Cadmio (Cd) con 3,05 a 3,84 mg/Kg y Cromo VI con 20.93 a 25.3 mg/Kg, y suelo residencial/parques y el suelo comercial/industrial extractivo solos el Cromo VI con 20.93 a 25.3 mg/Kg y entre otros metales con concentraciones altas como Zinc (Zn), Vanadio (V), Titanio (Ti), Estroncio (Sr), Plomo (Pb), litio (Li), etc.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial. (2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. <http://www.bancomundial.org>.
- Curcio, D., Ciraolo, G., D' Asaro, F., y Minacapilli, M. (2013). Prediction of soil texture distributions using VNIR-SWIR reflectance spectroscopy. *Procedia Environmental Sciences*, 19, 494-503.
- Domínguez Dávila, José H (2003). Aplicación de un modelo de migración de contaminantes debido a la presencia de un relleno sanitario en distintos tipos de suelos (TESIS MAESTRIA) Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- FAO y ITPS. (2019). Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report. Rome, Italy, food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. (also available at <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>).
- Galán, E. (2003). Contaminación de suelos por compuestos orgánicos. Informe final. Consejería del medio ambiente de la junta de Andalucía. España. Pag. 31.
- García, C., Moreno, J. L., Hernández, T., y Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. <http://hdl.handle.net/10261/111812>
- Gisbert Blanquer, J. M., Ibañez Asensio, S., y Moreno Ramón, H. (2010). La Textura de un suelo, pp. 4.
- Guzmán, M., y Macias, C. (2011). El manejo de los Residuos Sólidos Municipales: un enfoque Antropológico, El caso de San Luis Potosí, México.
- Huerta Cantera, H. E. (2010). determinación de propiedades físicas y químicas de suelo con mercurio en la Región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano .

- IIAP (Instituto de investigación de la Amazonía Peruana). (2006). Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas.  
<https://www.iiap.gob.pe>
- MINAM. (2016). Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: Muestreo de aguas subterráneas.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-buenas-practicas-investigacion-sitios-contaminados-muestreo-0>
- MINAM. (2017). Estándares de calidad ambiental para suelos. D.S.N° 011-2017-MINAM.Lima. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/07/Res\\_182-2017-MINAM.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/07/Res_182-2017-MINAM.pdf)
- MINAM. (2008). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual.
- MINSA (Ministerio de Salud). (2018). Unidad temática n° 6 : vigilancia de residuos sólidos .
- Naula, I. *et al.*, (2016). Modelación y simulación numérica de la Ecuación de Richards para problemas de infiltración, ENFOQUE, 7(1), 46-58.
- Orrego y Arumi. (2005). Proceso de flujo y transporte de contaminantes.
- Pagnanelli, F., Moscardini, E., Giuliano, V., y Toro, L. (2004). Sequential Extraction of Heavy Metals in River Sediments of an Abandoned Pyrite Mining Area. Pollution Detection and Affinity Series: Environmental Pollution, 132, pp. 189-201.
- Provias Descentralizado. (2008). Plan vial provincial participativo/PVPP.
- Rodríguez Eugenio, N., McLaughlin, M., y Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta* . Roma, FAO.  
<http://www.fao.org/documents/card/es/c/i9183es/>

Salas Salas, J. G. (2007). Caracterización edáfica de los suelos en la parte media de la microcuenca pendencia .

Torres Quispe, Nely Elma. (2018). Evaluación de la Concentración de Metales Pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el Botadero de Cancharani de la Ciudad de Puno.

Repositorio Institucional UNA-PUNO, pp. 47.

## ANEXOS

### Anexo 1. Reconocimiento del área del proyecto de investigación





**Anexo 2. Colecta de muestras de suelo**





### Anexo 3. Codificación y preservación de las muestras





**Anexo 4. Cadena de custodia de la muestra para el análisis de metales pesados**

O.S. 170140

**SAG** SAC CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: Angel Francisco Alvis Chuquirzula Contacto: 921342198 E-mail: francisco170@hotmail.com Telef.(s) \_\_\_\_\_  
 Lugar: Chochapoyas Empresa: \_\_\_\_\_ Planta: \_\_\_\_\_ Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Carta/Cotización: 2019-03VI-95-1 MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE

Nº Informe: 132015-2

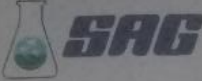
PUNTO DE MUESTREO o CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONAL
	FECHA	HORA					
<u>M1</u>	<u>15/03/19</u>	<u>02:10pm</u>	<u>Calicata</u>				
<u>M2</u>	<u>15/03/19</u>	<u>05:35pm</u>	<u>Calicata</u>				
<u>M3</u>	<u>16/03/19</u>	<u>11:03am</u>	<u>Calicata</u>				
<u>M4</u>	<u>16/03/19</u>	<u>03:45pm</u>	<u>Calicata</u>				

SERVICIOS ANALITICOS GENERALES  
**RECIBIDO**  
03 ABR 2019  
RECEPCION DE MUESTRAS  
SAG

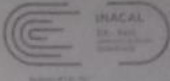
Observaciones de Muestreo: 6 metros de profundidad, cada muestra con 1.5m de diferencia

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Angel Francisco Alvis Chuquirzula Firma(s): \_\_\_\_\_  
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: \_\_\_\_\_ Firma(s): \_\_\_\_\_  
 Recibido en laboratorio: Gm  
 Día/Hora: 16:40

# Anexo 5. Resultado de los análisis de metales pesados



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



**INFORME DE ENSAYO N° 132015 - 2019  
CON VALOR OFICIAL**

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	: ANGEL FRANCISCO ALVIS CHUQUIZUTA
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: JR. LA MERCED N° 1087 - AMAZONAS
<b>SOLICITADO POR</b>	: ANGEL FRANCISCO ALVIS CHUQUIZUTA
<b>REFERENCIA</b>	: RESERVADO POR EL CLIENTE
<b>PROCEDENCIA</b>	: CHACHAPOYAS
<b>FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA</b>	: 2019-04-03
<b>FECHA(S) DE ANÁLISIS</b>	: 2019-04-10 AL 2019-04-12
<b>FECHA(S) DE MUESTREO</b>	: 2019-03-15/ 16
<b>MUESTREADO POR</b>	: EL CLIENTE
<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níobio, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA 3050-B (1996) / Method 200.7 Rev. 4.4 EPMC Version (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	mg/kg

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2019-03-15	2019-03-15	2019-03-16	2019-03-16
Hora de inicio de muestreo (h)	14:10	17:35	11:03	15:45
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	M1	M2	M3	M4
Código del Laboratorio	19040157	19040158	19040159	19040160
	Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados
<b>Metales</b>				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	21083.0	17907.8
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	4.8	5.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	30.2	23.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	2.26	2.54
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	7392.8	6889.4
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	3.45	3.05
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	81.6	147.9
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	4.90	7.01
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	24.83	20.93
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	560.2	543.5
Litio (Li)	0.3	mg/kg	6.5	6.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	500.7	533.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	17.49	33.61
Níobio (Nb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.1	mg/kg	26.2	30.7
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	5.92	8.35
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	123.8	107.5
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	28.18	27.03
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.3	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.7	1.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	12.8	12.4
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	15.20	16.35
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	67.79	55.47
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	11.4	11.6

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportado en base seca.

Lima, 12 de Abril del 2019.

*[Firma]*  
Quim. Berbeth Y. Fajard, Leo  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico


**EXPERTS WORKING FOR YOU**

\* El Método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA.  
EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.  
**OBSERVACIONES:** • Cada probeta de la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • El presente informe es válido para los resultados obtenidos en el presente informe. • Los resultados serán conservados de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para garantizar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, distorsión o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los autores pueden ser penalizados de acuerdo a ley.


**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacarita Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Coronado Matto de Terner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (51) 425-5855 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

**Anexo 6. Resultados del análisis de caracterización M-01**



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

**1. DATOS :**  
 Solicitante : ANGEL ALVIS CHUQUIZUTA


Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : LUYA  
 Distrito : LUYA

Anexo :  
 Parcela :  
 Cod./Muestra : M-01  
 Fecha : 25/04/19

**2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO**


Número de Muestra		pH ( 1:1 )	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sal. De Bases
Lab	Muestra								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
428	M-01	8.03	1.69	2.44	533.49	1.00	1.72	0.09	24.0	20.0	56.0	Ar.	33.72	31.94	0.51	1.12	0.15	0.00	33.72	33.72	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso




Tec. Elder Chichipe Vela  
 RESPONSABLE DEL LABO DE SUELOS

**Anexo 7. Resultado de caracterización M-02**



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



### ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

**1. DATOS :**  
**Solicitante** : ANGEL ALVIS CHUQUIZUTA


**Departamento** : AMAZONAS  
**Provincia** : LUYA  
**Distrito** : LUYA

**Anexo** :  
**Parcela** :  
**Cod./Muestra** : M-02  
**Fecha** : 25/04/19

**2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO**

Lab	Número de Muestra Muestra	pH ( 1.1 )	C.E. (1.1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
429	M-02	8.40	1.32	1.29	615.14	0.95	1.64	0.08	48.0	20.0	32.0	Fr.Ar.A.	18.86	16.72	0.41	1.48	0.25	0.00	18.86	18.86	100


A = Arena , A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso , Fr.Ar. = Franco Arcilloso,  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso , Ar. = Arcilloso




Tec. Elder Chichida Vela  
RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS



**Anexo 8. Resultado de caracterización M-03**



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN


**1. DATOS :**  
 Solicitante : ANGEL ALVIS CHUQUIZUTA  
 Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : LUYA  
 Distrito : LUYA

Anexo :  
 Parcela :  
 Cod./Muestra : M-03  
 Fecha : 25/04/19


**2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C E (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
									%	%	%			meq/100g							
430	M-03	8.13	0.26	1.00	407.11	1.10	1.90	0.09	26.0	22.0	52.0	Ar.	31.81	30.71	0.09	0.95	0.06	0.00	31.81	31.81	100


A = Arena , A Fr = Arena Franca , Fr.A = Franco Arenoso , Fr = Franco , Fr.L = Franco Limoso , L = Limoso , Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso , Fr.Ar. = Franco Arcilloso , Fr.Ar.L = Franco Arcillo Limoso , Ar.A = Arcillo Arenoso , Ar.L = Arcillo Limoso , Ar. = Arcilloso

  
**Tec. Eder Chichas Vela**  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS

**Anexo 9. Resultado de caracterización M-04**



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 "INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

**1. DATOS :**  
 Solicitante : ANGEL ALVIS CHUQUIZUTA

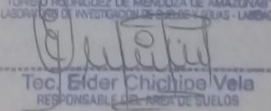
Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : LUYA  
 Distrito : LUYA

Anexo :  
 Parcela :  
 Cod./Muestra : M-04  
 Fecha : 25/04/19

**2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO**

Número de Muestra		pH ( 1.1 )	C.E. ( 1.1 ) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
Lab	Muestra								Árena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
431	M-04	8.00	0.34	0.42	360.51	1.15	1.98	0.10	26.0	24.0	50.0	Ar.	30.14	29.31	0.11	0.68	0.04	0.00	30.14	30.14	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Tec. Elder Chichipe Vela  
RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS

