

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN
ENTISOLS EN ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y
COMERCIAL EN LA REGIÓN UCAYALI – PERÚ**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

BACH. JESSICA SALOMÉ REÁTEGUI

Pucallpa – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 152 /2022-CGyT-FCFyA-UNU


En la ciudad de Pucallpa a las 11:20 a.m. del viernes 30 de setiembre de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvieron designados con Memo Múltiple N.º 107-2022-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga	Presidente
Mg. Julian Robert Pérez Vigilio	Miembro
Eco. Mg. José Manuel Cárdenas Bernaola	Miembro

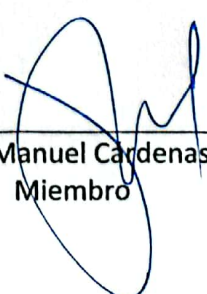
Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“Determinación del contenido de metales pesados en entisols en zonas de actividad industrial y comercial en la región Ucayali - Perú”**, presentado por la bachiller **SALOMÉ REÁTEGUI, JESSICA**, asesorado por el Dr. Fermín Campos Solórzano, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12:25 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.



Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga
Presidente



Mg. Julian Robert Pérez Vigilio
Miembro

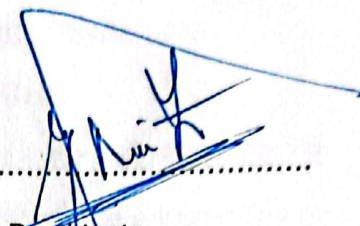


Eco. Mg. José Manuel Cárdenas Bernaola
Miembro

APROBACION Y FIRMA DE JURADO DE TESIS

La presente Tesis fue aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

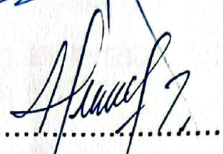
Dr. Edgar Juan Diaz Zúñiga



.....

Presidente

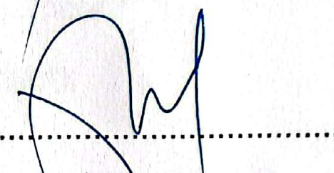
Mg. Julián Robert Pérez Vigilio



.....

Miembro

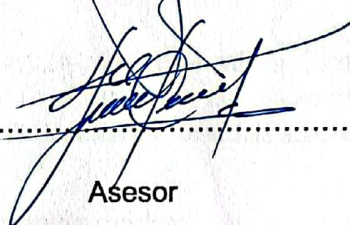
Mg. José Manuel Cárdenas Bernaola



.....

Miembro

Dr. Fermín Campos Solorzano



.....

Asesor

Bach. Jessica Salomé Reátegui



.....

Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0552-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN ENTISOLS EN ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL EN LA REGIÓN UCAYALI – PERÚ”.

Autor(es) : SALOMÉ REÁTEGUI, JESSICA
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional : ING. AMBIENTAL
Asesor(a) : Dr. CAMPOS SOLORZANO FERMIN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 5%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 13/09/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, JESSICA SALOME REATEGUI

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN ENTISOLS EN ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y LOMERCIAL EN LA REGION UCAYALI - PERU

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: ING. M. SC. FERMIN CAMPOS SOLORZANO

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOP, cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis, y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 14 / 10 / 2022

Email: jesare79@gmail.com
Teléfono: 977290394

Firma: JSolera
DNI: 70368082

DEDICATORIA

A Dios quien me permitió la vida para poder desarrollar mi carrera profesional, la presente investigación y todo lo que queda por hacer en la vida.

A mi familia por acompañarme en este camino, mis padres, mis hermanos y la pequeña Zoe, por darme la fortaleza y la motivación que muchas veces necesité, son ustedes lo más valioso que tengo.

En memoria a mi mamá Dina, por haber formado la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ella, me inculcaste siempre a perseguir mis sueños, incluido este, por ser ejemplo de lucha, amor y perseverancia hasta el final.

INDICE

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción del problema	13
1.2. Formulación del problema	15
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes del problema	17
2.2. Metales pesados	21
2.3. Metales pesados en suelos entisols en la región amazónica	33
2.4. Contaminación de los cuerpos de aguas en la región Ucayali	34
2.5. Relación entre el contenido de metales pesados en aguas y suelos	39
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	40
3.1. Tipo y nivel de investigación	40
3.2. Población y muestra	40
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4. Procedimiento de recolección de datos	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Resultados	48
4.2. Discusión.....	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones.....	58
6. REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo.....	28
Tabla 2. Indicadores de contaminación en los cuerpos de agua de la ciudad de Pucallpa.....	33
Tabla 3. Contenido de metales pesados totales que sobrepasan los límites máximos permisibles en la laguna de Yarinacocha.....	35
Tabla 4. Dimensiones de la quebrada Manantay.....	36
Tabla 5. Coordenadas de las muestras de suelo colectadas.....	40
Tabla 6. Datos de la humedad relativa y temperatura en los meses en las que se desarrolló el estudio.....	43
Tabla 7. Contenido de metales pesados en las muestras de suelos de la zona comercial de Yarinacocha.....	45
Tabla 8. Contenido de metales pesados en las muestras de suelos de la zona industrial de Manantay.....	46
Tabla 9. Prueba de promedios T para muestras independientes en las dos zonas de estudio.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación de suelos aluviales en relación a la creciente anual del río Ucayali (Hidalgo <i>et al.</i> , 2003).....	30
Figura 2. Ubicación de la zona de Yarinacocha (Google Earth, 2022).....	41
Figura 3. Ubicación de la zona de Manantay (Google Earth, 2022).....	41
Figura 4. Contenido de metales pesados en las dos zonas de estudio: Yarinacocha y Manantay	48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de metales pesados As, Hg, Ba, Cr, Cd y Pb en entisols ubicados en zonas de actividad comercial e industrial de los distritos Yarinacocha y Manantay. La investigación fue de tipo básico de nivel descriptivo y explicativo. Se colectaron un total de 6 muestras de suelo a 30 cm en las dos zonas. Se realizó un muestreo de tipo intencional no probabilístico. El análisis de metales pesados se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando los métodos EPA – 3050 B; EPA – 7471B; EPA-3050 B; DIN 19734; EPA-350 B; EPA-350B. Según los resultados en la zona comercial de Yarinacocha, se encontró Ba ($150.93 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cr (19.96 mg.kg^{-1}), Pb (13.15 mg.kg^{-1}), As (5.19 mg.kg^{-1}) y Cd (0.17 mg.kg^{-1}); de igual forma en la zona industrial de Manantay se encontró Ba ($120.55 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cr (9.58 mg.kg^{-1}), Pb (14.16 mg.kg^{-1}), As (5.77 mg.kg^{-1}) y Cd (0.17 mg.kg^{-1}). En los dos distritos solo el Cr sobrepaso los límites máximos permisibles. Así mismo no se encontró Hg en un nivel detectable en ambas zonas. En conclusión, se encontró contaminación por Cr en las zonas: comercial e industrial de Yarinacocha y Manantay, también según la significación bilateral ($p < 0.05$), indico que existieron diferencias significativas en cuanto al contenido de As y Cr, por lo que en la zona de Yarinacocha existió mayor contenido de Cr y en la zona de Manantay mayor contenido de As, atribuyendo la presencia de estos elementos a la actividad presente en el lugar y la contaminación de las aguas.

Palabras clave: metales pesados, contaminación, actividad comercial, actividad industrial, entisols.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the content of heavy metals As, Hg, Ba, Cr, Cd and Pb in entisol soils located in areas of commercial and industrial activity in the Yarinacocha and Manantay districts. The research was of a basic type with a descriptive and explanatory level. A total of 6 entisol soil samples were collected at 30 cm in the two zones. A non-probabilistic intentional sampling was carried out. The analysis of heavy metals was carried out by means of atomic absorption spectrophotometry, using the EPA – 3050 B methods; EPA-7471B; EPA-3050B; DIN 19734; EPA-350B; EPA-350B. According to the results in the commercial area of Yarina, Ba (150.93 mg.kg⁻¹), Cr (19.96 mg.kg⁻¹), Pb (13.15 mg.kg⁻¹), As (5.19 mg.kg⁻¹) and Cd (0.17 mg.kg⁻¹); Likewise, in the Manantay industrial zone, Ba (120.55 mg.kg⁻¹), Cr (9.58 mg.kg⁻¹), Pb (14.16 mg.kg⁻¹), As (5.77 mg.kg⁻¹) and Cd (0.17 mg.kg⁻¹) were found. In the two districts, only Cr exceeded the maximum permissible limits. Likewise, Hg was not found at a detectable level in both areas. In conclusion, Cr contamination was found in the commercial and industrial areas of Yarinacocha and Manantay, also according to bilateral significance ($p < 0.05$), indicating that there were significant differences in As and Cr content, so in the The Yarinacocha zone had a higher Cr content and a higher As content in the Manantay zone, attributing the presence of these elements to the activity present in the area and the contamination of the water.

Keywords: heavy metals, pollution, commercial activity, industrial activity, entisol.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados constituyen un peligro en la contaminación del ambiente, si las concentraciones sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP) en aguas, suelos, aire, alimentos e incluso los seres vivos, por lo que desde hace varios años se vienen realizando diferentes estudios que involucran la concentración, incidencia y mitigación de estos elementos. Los orígenes de los metales pesados en los suelos particularmente pueden ser de carácter antropogénico y geogénico, es decir por actividades como la agricultura, minería, industria y los residuos de asentamientos urbanos, así como también a la genética en cuanto a composición de la roca madre que originó dichos suelos (Barrio, 2016; Gal y Baena, 2008). La diferencia entre en contenido de metales pesados en los suelos obviamente es entendida por las actividades que se desarrollan en dichos lugares, por lo que se encontrará distintas concentraciones según sean suelos agrícolas, bajo explotación industrial u comercial o suelos urbanos tal como se menciona en el estudio realizado por Martí *et al.*, (2011) donde puede observarse dichos resultados.

Las investigaciones sobre la determinación de metales pesados en entisols específicamente en la región Ucayali, son escasos y principalmente los resultados reportados en los últimos años fueron de estudios realizados en suelos agrícolas como el estudio de Panduro, (2015), quien evaluó la absorción de metales pesados como el Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en el cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia*, HBK), en Entisols del distrito de Yarinacocha. En tal sentido el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de metales pesados específicamente de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba),

Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en entisols ubicados en zonas de actividad comercial e industrial cerca de la laguna Yarinacocha y la quebrada Manantay en los distritos de Yarinacocha y Manantay, puesto que estos suelos están circundantes a los negocios y demás actividades que contaminan las aguas especialmente en estas zonas, lo que constituye una amenaza que puede aportar metales pesados en los suelos los cuales en grandes cantidades son nocivos para los seres vivos.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Aparte de que las investigaciones acerca del contenido de metales pesados en entisols en la región Ucayali son pocas, y no se puede conocer exactamente el nivel de contaminación de estos elementos en estos suelos, existe el problema de la contaminación de las aguas de las lagunas y quebradas que inundan los suelos principalmente en los meses de mayor precipitación pluvial, lo que se conoce como época lluviosa. Esta condición de las aguas las cuales están muy contaminadas tienen una relación directa con la incorporación de metales pesados en el suelo, lo que representa la problemática principal, puesto que pueden ser transportados por las mismas corrientes como en el caso de los ríos contaminados que los depositan directamente, lo cual puede afectar en algunas características a los seres vivos, como por ejemplo a las plantas en las que ocasionan clorosis y también pueden alterar su crecimiento (Azpilicueta *et al.*, 2010; Pabón *et al.*, 2020).

La contaminación del agua por metales pesados puede traer serios problemas en los seres vivos, y tal como se mencionó anteriormente pueden depositar estos elementos en el suelo. Los efectos nocivos que pueden ocasionar los distintos metales pesados son diversos desde malestares estomacales y úlceras, problemas en el aparato respiratorio, erupciones en la piel, alteraciones en el hígado y los riñones, alteraciones óseas y cardíacas, alteraciones al testículo, alteraciones al sistema periférico y nervioso central, alteraciones al sistema inmune promoviendo

su debilitamiento y en el peor de los casos la muerte (Suthersan, 2007; Nava – Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). Así mismo es de suma importancia mencionar que los metales pesados en el suelo no solo pueden incorporarse por las aguas contaminadas con las que tienen contacto, sino también una serie de actividades de carácter antropogénica, las cuales se desarrollan cotidianamente por el hombre y debido a su naturaleza acumulación, propiedades y persistencia estos elementos representan una seria amenaza para los seres vivos, especialmente con aquellos metales pesados que incluso estando en bajas concentraciones pueden ser muy tóxicos (Gómez *et al.*, 2013; Trivide, 2000).

Pabón *et al.*, (2020), menciona que los metales pesados que se encuentran en la naturaleza llegan dependiendo el tipo de actividad que el hombre desarrolla en los sitios de exposición donde se incorporan. Así por ejemplo en el caso de la presencia de mercurio (Hg) en el ambiente, por estudios anteriores se identificaron diversas formas de incorporación las mismas que tienen diferente origen las mismas que pueden ser: descargas humanas, por la erosión de los suelos, la combustión, residuos industriales, contaminantes agrícolas, la minería y la deposición atmosférica. Sin embargo, los contenidos más altos de Hg pueden ser originados por depósitos minerales y aguas residuales (Wu, 2016), por lo que el problema se intensifica ya que las aguas que están alrededor depositan estos elementos en el suelo que es el escenario actual en la laguna de Yarinacocha y la quebrada Manantay.

En algunas investigaciones realizadas en la región Ucayali se pueden observar el grado o nivel de contaminación de los cuerpos de agua presentes en la zona, por lo

que Gómez (1995), indica de forma clara que la población tiene mayor presencia en las lagunas de Manantay y Yarinacocha y el río Ucayali, razón por la cual debido a las actividades que cotidianamente se realizan en dichos lugares existe contaminación en primer lugar por coliformes totales, metales pesados como el Pb, por compuestos nitrogenados y también por hidrocarburos.

Finalmente cabe resaltar que las fuentes de contaminación de las aguas de estas zonas pueden ser de diferente naturaleza, por lo que se puede mencionar que en los suelos alrededor de la laguna Yarinacocha, que es la primera zona de estudio donde existen restaurantes, diferentes locales de diversión, afluencia de gente en las playas, lugares turísticos, ambulantes los cuales generan todo tipo de desperdicios entre los cuales están las aguas servidas que son vertidas en la laguna. De igual forma, esta situación se presenta en la segunda zona de estudio que son los suelos cercanos a la quebrada Manantay en cuyos alrededores existe actividad de gente que vive y así mismos aserraderos que representan a la industria de la transformación de la madera y grifos que están por años cerca a dicha zona.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el contenido de metales pesados en entisols ubicados en zonas de actividad comercial e industrial en los distritos Yarinacocha y Manantay.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en entisols ubicados en zonas de actividad comercial en la laguna de Yarinacocha, distrito de Yarinacocha.
- Determinar el contenido de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en entisols ubicados en zonas de actividad industrial en quebrada de Manantay, distrito de Manantay.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Internacional

Rodríguez *et al.*, (2014), realizaron un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue cuantificar el contenido de metales pesados como el Pb y Zn en la zona de Parral Chihuahua en México. El estudio fue de tipo descriptivo cuantitativo. El análisis de metales pesados se realizó utilizando el procedimiento de Espectrometría de Emisión por Plasma. De acuerdo a los resultados, se encontraron valores de partículas suspendidas totales (PST) de 36 y 331 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para partículas respirables (PM) promedios de 19 y 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Pb y Zn siendo valores que en el caso del Pb son considerados altos puesto que son mayores que el promedio diario, es decir sobrepasan los límites máximos permisibles, establecidos por el EPA, por lo que el estudio concluyo que los valores encontrados de Pb representan un riesgo potencial para los pobladores de la zona de estudio.

Macias, (2015), realizo un estudio, cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de metales pesados, en la zona Estuarina del rio Tuxpan en Veracruz México. El estudio fue de tipo descriptivo, cuantitativo. Las muestras de suelo se analizaron por medio de espectrofotometría de absorción atómica. De acuerdo a los resultados obtenidos se encontraron valores de 14 ppm para Cd, 40.70 ppm para el Pb y 15.20 ppm para el Cr, los cuales pertenecieron a las máximas concentraciones. Según los

análisis estadísticos, las muestras de metales pesados presentaron diferencias significativas de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona de estudio. Se concluyó que la zona de muestreo presenta riesgo potencial de contaminación por metales pesados, puesto que todos los valores sobrepasaron los límites máximos permisibles.

Puga *et al.*, (2006), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo evaluar la cantidad de As, Zn, Cd y Pb en suelos a diferentes profundidades, y determinar las características físicas y químicas de dichos suelos, en la zona de San Francisco del Oro, en México en una zona minera. El estudio fue de tipo descriptivo cuantitativo por el muestreo de suelos y la cuantificación de metales pesados. Un total de 30 muestras fueron extraídas a profundidades de 0-40, 40-60 y 60-80 cm en 10 lugares de muestreo, los cuales estuvieron distanciados a 300 m. El análisis de metales pesados se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica. De acuerdo a los resultados, se encontró mayor concentración de metales pesados en el punto de muestreo llamado Jales, siendo menor la concentración cuando se alejan de este punto. El contenido de As según el estudio estuvo asociado por la textura y materia orgánica del suelo, mientras que el contenido de Pb solo con la distancia y la textura, así mismo el Zn con la distancia. Solo el cadmio se asoció con el pH del suelo y la profundidad del suelo. Finalmente se concluyó que los metales pesados evaluados son un riesgo, porque todos sobrepasaron los límites máximos permisibles.

Cuevas y Walter (2004), realizaron un estudio cuyo objetivo fue estudiar la absorción y la forma de distribución de los elementos: Cr, Pb, Cd, Cu, Zn y Ni en plantas de maíz (*Zea mays* L.) cultivadas en un suelo de tipo aluvial enriquecido con dosis de

compost. De acuerdo a los resultados obtenidos que las plantas de maíz no presentaron ninguna alteración por la presencia de metales pesados en el compost puesto que no fueron concentraciones mayores que pudieran afectar a los que lo consumen como el ganado. No se encontraron diferencias significativas entre el contenido de metales pesados y el compost, así mismo se las características físicas y químicas del suelo influyeron en la disponibilidad y movilidad de elementos en el suelo. Finalmente, se encontró que un compost rico en CaCO_3 no afecta en ninguna forma al maíz en cuanto a su calidad.

2.1.2. Nacional

Tantalean y Huauya (2017), realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar los niveles de Cd en los diferentes órganos del cultivo de cacao del clon CCN-51, en dos tipos de suelo uno aluvial y el otro residual, en las regiones de San Martín y Huánuco. Se analizó el contenido de Cd por horizontes mediante la construcción de una calicata. Así mismo se colectaron muestras de cascara, almendras, hojas, ramas y raíces. El Cd disponible en el suelo fue analizado por el método del extractante EDTA 0,05M, a pH 7 y por digestión por vía seca con ácido clorhídrico las muestras de tejido para Cd total. Según los resultados los horizontes A, AB y C obtuvieron valores de cadmio disponible en el suelo residual de 1.71, 0.52 y 0,46 mg.kg^{-1} ; así mismos promedios de 1,26, 2,55, 3,68 y 1,80 ppm fueron encontrados en los suelos aluviales del horizonte A y capas AC, C1 y C2. Por lo demás promedios de 1,22, 2,29, 1,44, 0,84 y 0,77 mg.kg^{-1} de Cd total fueron encontrados en los suelos residuales y valores de 1,14, 2,97, 2,84, 1,08 y 0,75 mg.kg^{-1} en los tejidos de la planta. En conclusión, la mayor concentración de Cd disponible fue encontrada en

los suelos aluviales, así mismo las ramas fueron las que acumularon mayor cantidad de Cd total en ambos suelos evaluados.

Ríos (2017), realizó una investigación cuyos objetivos fueron identificar y evaluar los niveles de metales pesados en un suelo tipo aluvial, e identificar y cuantificar todas las especies vegetales existentes dentro del mismo suelo. Se realizó las muestras de suelo aluvial utilizando el sistema de muestreo de combinado "X"; así mismo de manera subjetiva fueron colectadas y después identificadas con la ayuda de un herbario. De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron valores de 0.05, 0.04, 0.035, 0.02 y 0 mg.kg⁻¹ de Cd en el suelo aluvial y en toda el área de estudio se encontró a las siguientes especies: *Cecropia ficifolia* Warb. ex Snethl, *Dichromena cariciformis* (Nees) J. Macbride e *Inga marginata* Willd. De acuerdo a las conclusiones se encontró un bajo nivel de Cadmio en el suelo aluvial que no excede el estándar de calidad ambiental (ECA), y por lo tanto no existe relación entre el contenido de estos elementos y las especies vegetales encontradas.

2.1.3. Locales

Campos *et al.*, (2015), realizaron una investigación específicamente en parcelas de cacao las cuales están ubicadas en el distrito de San Alejandro, provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, en la Región Ucayali. El objetivo general del estudio fue determinar las concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en los diferentes suelos de dichas parcelas de producción. La investigación fue descriptiva y no experimental en cuanto a su tipo. Las muestras de suelo fueron a 30 cm de profundidad. De acuerdo a los resultados del estudio, el contenido de Pb en todas

las parcelas evaluadas no sobrepasaron los límites máximos permisibles (70 mg.kg^{-1}), siendo 5 mg.kg^{-1} el mayor contenido. Los niveles de Cd en las parcelas, tampoco fueron mayores que los límites permisibles de 1.4 mg.kg^{-1} .

Panduro (2015), realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar la dinámica de los metales pesados y nutrientes en la biomasa del cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK), en un suelo de tipo entisol en el distrito de Yarinacocha Ucayali – Perú. El contenido de metales pesados y nutrientes fue evaluado en hojas durante las etapas de brotamiento I, brotamiento II, floración, fructificación, llenado de fruto y fruto Maduro. Se determinó la absorción total (mg.kg^{-1}) de Cr, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe, Mg, Ca, K, P y N. Según los resultados la dinámica de absorción de macronutrientes, muestra el siguiente orden: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} > \text{Mn} > \text{Fe} > 8 > \text{Zn} > \text{Cu}$; la parte de mayor absorción fue el fruto. En cuanto a los metales pesados el patrón fue: $\text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cd}$; resultados que fueron mayores a los límites máximos permisibles. Finalmente, a los 234 pasado la defoliación, el rendimiento del fruto fue de $8,422.01 \text{ Kg de frutas ha}^{-1}$.

2.2. Metales pesados

2.2.1. Concepto y propiedades

Los elementos traza nombre con que se les conoce comúnmente a los metales pesados, son elementos químicos que según la tabla periódica presentan algunas características como: peso atómico y masa por encima de 20, alta densidad la cual suele ser mayor a 4 g/cm^3 y a bajas concentraciones dependiendo elemento generalmente son tóxicos para los seres vivos. Los elementos que se consideran

metales pesados son varios, pero entre ellos comúnmente están el berilio (Be), aluminio (Al), plomo (Pb), cadmio (Cd), Hierro (Fe), Cobre (Cu), manganeso (Mn) etc., (Londoño *et al.*, 2016).

Los metales pesados se han convertido en un problema de gran implicación ambiental, sobre todo si están presentes en las fuentes de agua en el mundo, ya que es conocida el efecto toxico que causan lo que afecta a las personas de varios lugares que consumen agua de los ríos. El principal factor de contaminación de las fuentes hídricas por metales pesados es sin duda las diferentes actividades antropogénicas, las cuales están incrementando los efectos nocivos en toda la biosfera, la cual es el bastión de soporte de las formas de vida. Otro punto que es necesario considerarse es el alto costo médico para tratar las enfermedades y afecciones que los metales pesados podrían producir que va acompañado por una reducción en la productividad de las personas afectadas (Contreras *et al.*; 2004; Cartaya *et al.*, 2008).

A continuación, según el LENNTECH (2022), se describen algunos aspectos de cada uno de los siguientes metales pesados implicados en el estudio:

- **Arsénico (As)**

El arsénico es un metal pesado que tiene por símbolo As con un número atómico, 33 típico de su naturaleza. En la naturaleza este elemento se encuentra distribuido ampliamente, más o menos ocupa un 5 x 10⁻⁴% de la tierra principalmente en la corteza). Tiene un solo nucleído estable este es el ⁷⁵₃₃ As, de 22 elementos posibles, presenta un valor de 74.922 en cuanto a su peso atómico. Actualmente por estudios

este elemento presenta otros 17 nucleídos que son radiactivos. Es posible encontrarlo en las rocas en combinación con otros metales y también el azufre (S), así mismo naturalmente como mineral de cobalto (Co). Como elemento químico el As, no presenta muchos usos. Pero existe algo resaltante, ya que tiene una gran pureza del 99.9 %. Se lo emplea en los láseres de GaAs en su estado sólido, así mismo funciona en varios aparatos como acelerador en la manufactura. En la elaboración del vidrio se utiliza como óxido de arsénico, y en la industria de los pigmentos y en los juegos artificiales se utiliza como sulfuro de arsénico.

- **Mercurio (Hg)**

El mercurio (Hg), es un metal pesado con un peso atómico de 200.59 y del mismo modo un número atómico de 80. Una de sus características es que se presenta de forma líquida de color blanco cuando se tiene una temperatura ambiente. Así mismo otra de sus características es que su punto de ebullición es de 347 °C y un punto de fusión de -38.4 °C. En soluciones oxidantes este elemento es un metal noble, y puede tener la misma suavidad del plomo (Pb). Los derivados del Hg y el propio elemento son muy nocivos para los seres vivos. En su estado natural la forma en que se le encuentra al Hg es casi siempre como compuestos de sulfuros (HgS), pero también puede ser encontrado como cloruro de mercurio. Generalmente se le utiliza en la industria de los interruptores en la electricidad y su modo de uso es en forma líquida. También se le utiliza como un fluido en bombas de difusión, lámparas de vapor, termómetros, barómetros etc.

- **Bario (Ba)**

El bario (Ba) es considerado también un metal pesado que tiene un peso atómico de 137.34 y un número atómico de 56. Es uno de los elementos más abundantes en el planeta, que según estimaciones ocupa el decimoctavo lugar entre los elementos metálicos más abundantes, con más o menos un 0.04% valores que comparte con otros metales alcalinotérreos como el estroncio y el calcio. La minería aporta compuestos de donde se obtiene el bario, aunque también se puede obtenerlo mediante la conversión de dos minerales de bario: la barita o el sulfato de bario, este último contiene un 65.79% del óxido de bario. Otro mineral es la witheria que es el carbonato de bario y el cual contiene un 72% de óxido de bario.

- **Cromo (Cr)**

El cromo (Cr) es un metal pesado con un peso atómico 51.886 y un número atómico de 24. Presenta una estructura quebradiza y dura y naturalmente es de color blanco plateado. El metal cuando está en su estado puro y con una tensión suele ser suave. Se utiliza en la formación de aleaciones anticorrosivas que presentan resistencia a las altas temperaturas, sobre todo para trabajos donde existen estructuras galvanizadas. La cromita es el derivado mineral más abundante en la naturaleza del cromo como elemento químico. El ^{51}Cr es su isotopo más importante y más abundante en la naturaleza, pero presenta una duración de vida de 27 días. Generalmente estos elementos forman múltiples compuestos entre ellos, los óxidos de cromo como: CrO , Cr (II) , y el Cr_2O_3 .

- **Cobre (Cu)**

El cobre (Cu) es un metal pesado que fue uno de los primeros utilizados por el hombre, que presenta un número atómico de 29 en la tabla periódica, con un peso atómico 63.546, y solo tiene dos isótopos estables que son ^{63}Cu y ^{65}Cu . Es considerado un metal no ferroso de mucha implicancia e importancia puesto que es un elemento de transición. Su valía tiene que ver mucho con las propiedades que posee en particular a su abundancia y características eléctricas. Las fuentes de mayor generación de Cu en el mundo entero son los sulfuros minerales tales como la enragita, bornita, calcopirita, covelita y calcocita. El Cu y sus derivados se aplican en diferentes campos como en la agricultura, donde se incorpora al suelo por la aplicación de productos químicos como los insecticidas y fungicidas ya que forman parte de ellos. Así mismo también es posible encontrarlos en los pigmentos, celdas, catalizadores y soluciones galvanizadas.

- **Cadmio (Cd)**

El Cadmio (Cd) es un metal pesado cuyo peso atómico es de 112.40 y su número atómico es de 48. Presenta una densidad relativa de 8.65 a 20 °C, y un punto de fusión de 320.9 °C, como también un punto de ebullición de 765 °C. Se relaciona con el zinc (Zn) ampliamente en la naturaleza. Generalmente es un metal dúctil y tiene un color blanco, pero también presenta coloraciones azuladas. Es un poco más duro que el estaño y un poco más maleable que el zinc. El Cd pertenece al grupo IIB en su clasificación en la tabla periódica, con propiedades químicas que son intermedias en soluciones ácidas de sulfato. Este elemento presenta iones incoloros y es divalente en sus compuestos que son de característica estable. Este

elemento no se encuentra de forma natural de manera amplia en la naturaleza, le único mineral que lo posee es la greenockita compuesta por sulfuro de Cd, por lo tanto, todo el Cd que se obtiene viene de la fundición de los minerales de Zinc.

- **Plomo (Pb)**

El plomo (Pb) es un metal pesado cuyo peso atómico es 207.19 y un número atómico de 82 según la tabla periódica. Como característica principal de un metal pesado tiene una gravedad específica de 11.4 a 16 °C. Presenta naturalmente un color azulado, pero también un color gris mate, también se funde muy fácil a una temperatura de 327 °C. Su temperatura de ebullición es de 1725 °C y es soluble en ácido nítrico. Sus compuestos como el tetraetilo y los óxidos de plomo son industrialmente, más utilizados. Este metal es utilizado para formar aleaciones con otros metales y es aplicado en cada una de las actividades donde existan estas aleaciones. Las aleaciones más comunes donde se une el Pb pueden ser con elementos como el cadmio (Cd), cobre (Cu) y arsénico (As).

2.2.2. Efectos en la salud

A continuación, según LENNTECH (2022), se describen los problemas a la salud que causan los metales pesados:

- **Arsénico (As)**

Este metal pesado puede causar diversas alteraciones a la salud humana, los efectos nocivos que causa son: inflamación a los pulmones, irritación a la piel, reducción de glóbulos rojos y blancos, inflamación intestinal y estomacal, así mismo

su consumo en cantidades o concentraciones mayores puede ser un riesgo potencial para desarrollar cáncer especialmente en la piel, pulmones e hígado.

- **Mercurio (Hg)**

El mercurio (Hg) puede encontrarse en muchos productos que puede encontrarse en las casas de muchas personas, puesto que también es muy fácil encontrarlo en el ambiente como compuestos orgánicos e inorgánicos. La exposición a este metal pesado puede causar varias reacciones en el cuerpo humano, afectando la salud. Estas alteraciones pueden ser: diarreas y náuseas, inflamaciones a la piel y los ojos, inflamación a los pulmones, alteraciones al cerebro, riñones y también a los nervios, dolor de cabeza, cansancio y alergias, daño en la composición del esperma en los varones y alteraciones en el nacimiento y en algunos casos el aborto.

- **Bario (Ba)**

Una gran cantidad de bario en el cuerpo puede causar la muerte directamente, y en muchos casos puede ser motivo para la parálisis del cuerpo. También en bajas cantidades el bario puede causar alteraciones en la presión sanguínea, problemas para respirar, arritmia, debilidad en el sistema muscular, irritación en el estómago, irritación a los riñones y el corazón e inflamaciones al hígado y cerebro.

- **Cromo (Cr)**

El cromo (Cr) puede ser introducido en nuestro cuerpo cuando respiramos, o por ingesta de alimentos contaminados, así mismo con contacto directo con la piel. Específicamente el Cr (IV) es la forma de cromo más peligrosa para los seres humanos y causa varias alteraciones en el organismo sobre todo si la exposición es

grave. El cromo en la salud puede causar: daños a nivel genético, cáncer a los pulmones, alteraciones en los riñones, debilitamiento del sistema inmune, irritaciones cutáneas y malestares estomacales, entre otros.

- **Cobre (Cu)**

El cobre (Cu) está difundido de forma natural por el ambiente la cual se da en los fenómenos naturales por lo que también es uno de los metales que los humanos utilizan frecuentemente. Las personas pueden tener exposición al cobre en el trabajo donde sí se exponen mucho pueden contraer a la gripe conocida como fiebre del cobre que ocurre por la sensibilidad al metal. Este metal pesado puede causar alteraciones en la inteligencia de los adolescentes disminuyendo su capacidad, así mismo puede causar: inflamación a nivel de los ojos boca y nariz, alteraciones a los riñones y el hígado, dolores de cabeza, malestares estomacales, diarreas, vómitos y mareos.

- **Cadmio (Cd)**

La exposición al cadmio (Cd) causa en el cuerpo humano las siguientes alteraciones: debilitamiento y fractura de los huesos, vómitos, malestares estomacales y diarreas, daño al ADN y generación de cáncer, alteraciones psicológicas, alteraciones al sistema inmunológico y sistema nervioso central e infertilidad.

- **Plomo (Pb)**

La exposición al plomo (Pb) puede causar las siguientes alteraciones al cuerpo humano: daños a nivel cerebral y los riñones, daños en la composición del esperma,

aumento de la presión de la sangre, abortos, daños al sistema nervioso en bebés recién nacidos, hipersensibilidad en los niños, alteración en el proceso de aprendizaje de los niños, alteraciones al sistema nervioso central y alteraciones en la hemoglobina.

2.2.3. Límites máximos permisibles en suelos

Los límites máximos permisibles de metales pesados en los suelos están relacionados a su uso es decir la actividad que se desarrolla en esos suelos, por lo que las concentraciones de estos elementos pueden variar según sea un suelo agrícola, suelo de afluencia comercial, industrial y de actividades extractivas o también los suelos donde existen residencias o parques. Este criterio es utilizado porque debido a las actividades realizadas el contenido de metales pesados presentará variaciones según la zona que sea.

Según la resolución del Ministerio del Ambiente (MINAM) establecido en el año 2012, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en cuanto a los límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo mencionan tres criterios que son: suelos agrícolas, suelos residenciales o parques y suelos comerciales, industriales y extractivos (MINAM, 2012).

Según el MINAM (2012), el ECA debe ser aplicado en caso de realizar proyectos o actividades que busquen la remediación o recuperación de suelos contaminados con metales pesados. Así mismo se planteó los siguientes criterios para su aplicación:

- La autoridad competente del sector de la zona a evaluar, deberá constatar que sus disposiciones y diferentes medidas sean considerados como un riesgo de gran impacto para la salud y el medio ambiente.
- Se aplicará los criterios del ECA de forma exigente en los suelos, en caso de superposición de usos de suelo.

De acuerdo a estos criterios se consideran en tabla 1 los límites máximos permisibles de los siguientes metales pesados:

Tabla 1. *Límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo.*

Metales pesados	Límites máximos permisibles (mg.kg⁻¹)			Método de ensayo
	Suelos agrícolas	Suelos residenciales o parques	Suelos comerciales, industriales y extractivos	
Arsénico (As)	50	50	140	EPA – 3050 B
Mercurio (Hg)	6.6	6.6	24	EPA – 7471B
Bario (Ba)	750	500	2000	EPA-3050 B
Cromo (Cr)	0.4	0.4	1.4	DIN 19734
Cadmio (Cd)	1.4	10	22	EPA-350 B
Plomo (Pb)	70	140	1200	EPA-350B

Fuente: MINAM, 2012.EPA* (Environmental Protection Agency), DIN* (German Institute for Standardization).

2.2.4. Suelos amazónicos

Según el IIAP (1991), los suelos entisoles característicos de la Amazonia peruana son considerados suelos de formación reciente es decir no presentan ninguna evidencia de alguna influencia de los factores pedogenéticos, por lo tanto, solo muestran un débil, pero expresados horizontes en sus inicios. Otra característica de estos suelos es que no presentan horizontes definidos, pero en general presenta una morfología estratificada, especialmente cuando se trata de suelos aluviales o sus derivados. En cuanto a la fertilidad de estos suelos suelen presentar mucha variabilidad lo cual depende de su origen, considerando que tienen mayor fertilidad los suelos andinos. Propiamente en la región amazónica existen tres sub grupos que fueron identificados en estudios anteriores, estos son: Tropofluent típico, Tropofluent ácuico y Tropofluent lítico.

En la selva baja los suelos de estas características como los inundables son de mucha importancia para el desarrollo, especialmente agrícola en regiones como Ucayali y Loreto donde más se aprovechan. Además de la zona agrícola un 90% de los poblados rurales se ubican en estos tipos de suelos, razón por la cual son consideradas zonas donde la población más se concentra. Su uso a parte de la agricultura de carácter temporal (puesto que existen dos marcadas épocas: lluviosa y seca) también es la explotación agroforestal en algunas zonas. Como es de saber estos tipos de suelos presentan una ventaja ya que son provistos de sedimentos ricos en nutrientes producto de las corrientes de los ríos o lagunas que los convierten en zonas de alta producción agrícola, especialmente en las terrazas

bajas de los ríos Ucayali, Amazonas y Marañón, donde existe gran cantidad de gente que se dedica a la agricultura. Las desventajas que se tienen con respecto al uso de estos suelos es que, no se han investigado por completo todas las formas de producción por parte de las instituciones encargadas, las cuales permitirían generar diferentes tecnologías para realizar un adecuado uso de este recurso. Otra de las desventajas que presentan estos suelos son las inundaciones que van de acuerdo al calendario climático, que hace que las plantas mueran en caso de ser sorprendidas o de lo contrario no poder sembrar durante el periodo de inundación, causando pérdidas en la producción o también limitando la misma.

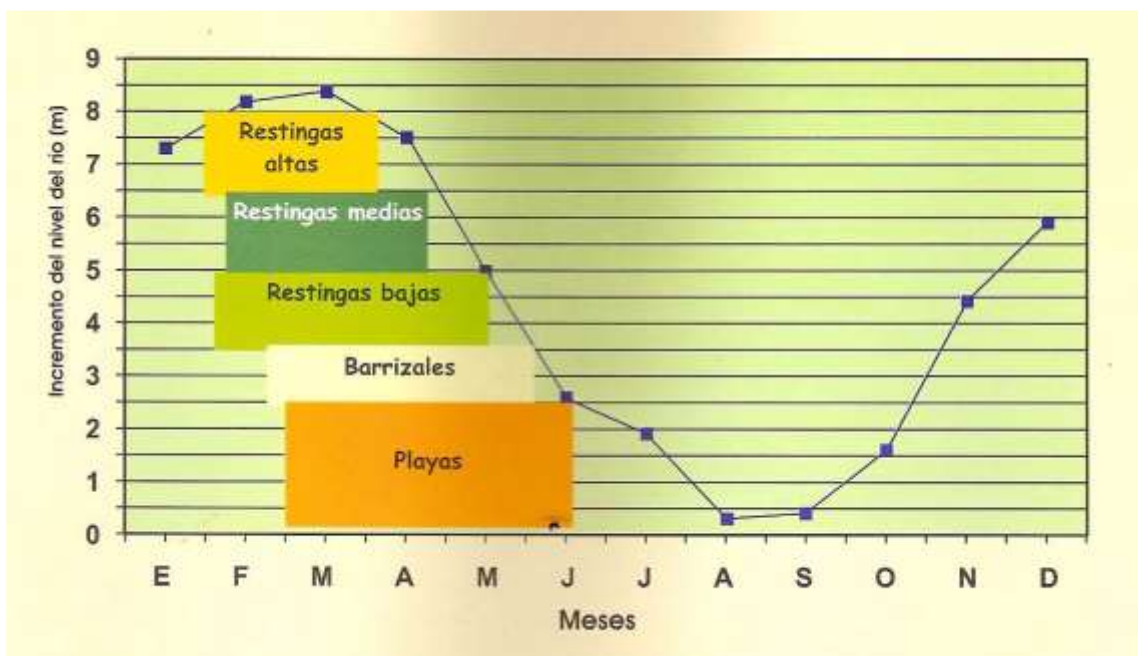


Figura 1. Formación de suelos aluviales en relación a la creciete anual del río Ucayali.

Fuente: Hidalgo *et al.*, 2003.

Otras desventajas de estos suelos serían la inseguridad ribereña, las inadecuadas tecnologías con la que se cuentan y el nivel de pobreza de estas familias, lo cual conlleva a que los sistemas agrícolas en los suelos de este tipo sean indeficientes (Rodríguez *et al.*, 1995). La figura 1 se observa el proceso de formación de los suelos aluviales la misma que está influenciada por factores como la creciente de los ríos, en este caso el río Ucayali.

2.3. Metales pesados en suelos entisoles en la región amazónica

Los suelos aluviales por lo general en su composición presentan una gran variabilidad por su material parental que contienen diferentes elementos, así mismo esa característica está también influenciado por la evolución del mismo suelo y su proceso de formación, por lo tanto, los metales pesados son bajos comparados a los otros suelos, lo que puede incrementarse si es que se explota para fines agrícolas donde se utilizarían productos diversos (Rueda *et al.*, 2011). Los metales pesados tienen una similar acción en el suelo que los nutrientes que la planta necesita para su desarrollo, razón por la cual muchos de ellos son acumulados por diferentes especies vegetales (Miranda *et al.*, 2008). Según la especie vegetal y la naturaleza de los elementos, la absorción y acumulación de metales pesados será muy variable, influenciadas a su vez por diferentes factores como la capacidad que presentan el metal de retenerse en el suelo, a la especie vegetal que se cultiva, al metabolismo de la especie vegetal y a la interacción de la planta con el metal (Prieto *et al.*, 2009).

En cuanto a las investigaciones realizadas en la amazonia peruana sobre la presencia de metales pesados, todavía parecen ser escasas puesto que no se tienen muchas referencias, en tal sentido se pueden tomar como referencias las siguientes investigaciones: la primera la investigación realizada por Tantalean y Huauya (2017), quienes muestran que los suelos entisoles donde se ejecutó el estudio están propensos a la acumulación de metales pesados. De acuerdo a los resultados obtenidos el contenido de Cd disponible en los suelos aluviales evaluados fue de 1.26, 255, 3.68 y 1.80 mg.kg⁻¹ por lo cual se concluyó que estos suelos contenían niveles de Cd que sobrepasan los límites máximos permisibles en suelos agrícolas (1.4 mg.kg⁻¹). De igual forma en el estudio ejecutado por Panduro (2015), quien evaluó la dinámica de absorción de nutrientes y de los metales pesados en un cultivo de camu como (*Myrciaria dubia* HBK), en un suelo entisol del distrito de Yarinacocha en la región Ucayali. Como es de saber la dinámica estuvo influenciado por muchos factores como el suelo, la naturaleza del metal y su interacción con la especie. Según los resultados el patrón de absorción en la especie fue la siguiente: Pb > Cr > Cd; siendo el plomo el metal pesado que fue más acumulado en las hojas que incluso supero los límites máximos permisibles.

2.4. Contaminación de los cuerpos de aguas en la región Ucayali

2.4.1. Generalidades

Generalmente la contaminación de los cuerpos de agua en la región Ucayali se dan por la limitante de no contar con un sistema de tratamiento de aguas. El lago Yarinacocha está ubicado en la ciudad de Pucallpa, según datos del INEI (2007),

un número de 85,605 habitantes viven cerca a la orilla de la laguna. La mayoría de la ubicada en este distrito vive en la zona rural y muy pocos en la zona urbana. La principal desventaja que se observa en este distrito es que no existe una planta de tratamientos de aguas residuales, por lo que estas aguas van directamente al lago, lo que ocasiona una gran contaminación, la misma que es continua, perjudicando el turismo, la salud de los habitantes y la de los organismos vivos presentes en el lago y alrededores (Pinchi, 2015).

Tabla 2. *Indicadores de contaminación en los cuerpos de agua de la ciudad de Pucallpa.*

Elemento/sustancia	Resultados			Máximo permisible (*)
	Laguna Yarinacocha	Quebrada Manantay	Pozos Comunales	
1. Nitratos (ppm)				0.1
Mínimo	4.5	-	4.0	
Máximo	4.5	16.0	15.2	
2. Hidrocarburos (ppm)				1.5
Mínimo	0,0	-	0.0	
Máximo	0,3	2.0	0.0	
3. Plomo (ppm)				0.1
Mínimo	0.002	0.0	0.0	
Máximo	0.003	0.0	0.0	
4. Coliformes fecales (UFC/ml)				-
Mínimo	0.00	-	0.0	
Máximo	0.00	1.0	2.0	
5.- Coliformes Totales (UFC/ml)				-
Mínimo	55.0	-	0.00	
Máximo	58.0	3.0	55.0	

Fuente: Pinchi (2015).

(*) Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección, según Ley General de Aguas N° 17752

El estudio de Gómez (1995), realizado de la Amazonia Peruana indica claramente que la laguna de Yarinacocha y la quebrada de Manantay presentan mayor incidencia en la población la cual está contaminada por coliformes totales, plomo e hidrocarburos.

Según Pinchi (2015), en el cuadro 2, se muestra el resumen de los principales indicadores de contaminación en los cuerpos de agua de la ciudad de Pucallpa.

2.4.2. Contaminación de la laguna Yarinacocha

El estudio de Pinchi (2015), es el más reciente en cuanto a la determinación del nivel de contaminación de la laguna Yarinacocha. La investigación se realizó en tres zonas. La primera zona comprendió el lado Sur donde se ubican los boteros. La segunda zona fue la parte media de la laguna que llegó hasta el caserío Leoncio Prado, y finalmente la tercera zona comprendió el lado Norte hasta la última parte. En cada zona evaluada se tomaron 5 sub muestras para tener una muestra general, siendo un total de 3 muestras de todo el lago, las cuales fueron enviadas a la Dirección de Salud Ambiental de Pucallpa (DESA-Pucallpa) para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y las otras muestras a un laboratorio de la ciudad de Lima para el análisis de metales pesados.

De acuerdo a los resultados se encontró un nivel alto de contaminación microbiológica en todas las zonas evaluadas, siendo la de mayor envergadura en la primera zona y en la zona 2 se encontró que las aguas fueron muy turbias, que superaron los límites máximos permisibles (LMP). Los sólidos disueltos totales fueron bajos incluso menos que los LMP, sin embargo, para el contenido de metales

químicos se identificaron un total de 32, de los cuales 21 fueron detectados en niveles calculables. De los 21 elementos químicos identificados 4 de ellos sobrepasaron los límites máximos permisibles, siendo el Aluminio (Al) el de mayor contaminación en las zonas 1 y 2 y la zona 3 no sobrepasó los límites permisibles. El arsénico (As), hierro (Fe) y el molibdeno (Mo) sobrepasaron ligeramente los límites máximos permisibles. En la tabla 3 se muestran todos los metales pesados encontrados en el análisis de aguas.

Tabla 3. *Contenido de metales pesados totales que sobrepasan los límites máximos permisibles en la laguna de Yarinacocha.*

Parámetro	Unidad	Sector 1	Sector 2	Sector 3	LMP
Aluminio (Al)	mg/L	0.593	0.173	0.491	0.2
Arsénico (As)	mg/L	0.028	0.013	0.010	0.010
Hierro (Fe)	mg/L	2.158	0.255	0.975	0.3

Fuente: Pinchi (2015).

2.4.3. Contaminación de la quebrada Manantay

La quebrada de encuentra ubicada en el distrito que lleva el mismo nombre en la ciudad de Pucallpa, forma una línea de formas parecidas a cumbres que están a 100 a 150 m.s.n.m., la formación de aguas que se originan por medio de esorrentía forman una especie de eje central que representa el tramo principal de la quebrada (PDU, 2017). Según Castro *et al.*, (2018), la quebrada Manantay está formada por

cuerpos de agua que están rodeadas de aserraderos los cuales depositan de aserrín y otros derivados de madera a las aguas, lo cual contamina este recurso y olvidando el potencial que tenía por años. En varias partes de la quebrada puede notarse el vertimiento directo de aguas servidas y residuos sólidos que son el producto del crecimiento urbano que ocasionan impactos en el agua, suelo, flora y fauna de estos ecosistemas.

En el cuadro 4 se observa las medidas de la quebrada Manantay.

Tabla 4. Dimensiones de la quebrada Manantay.

Parámetros	Medidas
Perímetro	32.90 km
Área	10.95 km ²
Longitud	8.34 km
Pendiente	0.02°

Fuente: PDU, (2017).

Castro *et al.*, (2018), en un último estudio se determinó el nivel de contaminación de la quebrada Manantay principalmente en las zonas donde se ubican los aserraderos y diversas empresas que se dedican a la transformación de la madera en la ciudad de Pucallpa. Se tomaron 5 muestras al largo de la quebrada. Según los resultados se obtuvo valores altos en cuanto a sólidos totales, turbiedad y conductividad eléctrica, además del pH con valores ácidos, y una temperatura de 26.5 y 33.2 °C. Se encontró un alto nivel de plomo (Pb) que superó los niveles máximos permisibles, así mismo los nitratos, hierro (Fe), arsénico (As), manganeso (Mn) y oxígeno (O)

encontrados también fueron altos más que los límites permisibles. Se llegó a la conclusión que los parámetros encontrados en estas muestras están relacionadas a la alta contaminación que existe en el lugar.

2.5. Relación entre el contenido de metales pesados en aguas y suelos

Existen estudios los cuales han determinado que en zonas inundables o en suelos entisoles, la presencia de elementos y contaminantes está relacionado a la presencia de estos en las aguas que cubren estos suelos principalmente en las épocas de creciente o lluviosa como se llama en la selva, tal es el caso de los suelos inundables cerca de la laguna de Yarinacocha y la quebrada Manantay, los cuales están cubiertos cada cierto tiempo por aguas que están contaminadas con diferentes compuestos y entre ellos metales pesados (Pinchi, 2015; Castro *et al.*, 2018). Azpilicueta *et al.*, (2010), menciona que los metales pesados pueden depositarse en los suelos arrastrados por acción de los ríos, lo cual representa una gran amenaza para los ecosistemas. Así mismo es importante mencionar que la contaminación de aguas servidas o residuales aportan en mayor medida metales pesados en el agua y suelo que son propiciadas por las actividades antropogénicas realizadas por el hombre, que entre las más usuales esta la industria, puesto que tienden a utilizar los productos que contienen metales pesados (Pabón *et al.*, 2020). Los metales pesados si sobrepasan los límites máximos en suelos, aire y aguas causan perjuicio a los seres vivos, los cuales pueden afectar directamente o también al ser absorbidos por las plantas y consumido después durante la cadena trófica.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

En el presente estudio es un modelo de investigación de tipo básico de nivel descriptivo y explicativo. Este tipo de investigación tiene por finalidad de recolectar de información *In situ* es decir en el lugar de los hechos y traducirlo en forma explicativa. Es explicativo porque describe el problema y aborda con detalles su impacto e implicancia (Barrantes, 2006). Es descriptiva por la aplicación de técnicas de colección y resumen de datos como son las Medidas de tendencia central. En el caso de la investigación se detalló el lugar donde se recolectaron las muestras de zona, describiendo las zonas, así como también analizando e interpretando los resultados del contenido de metales pesados en los suelos donde existe afluencia comercial e industrial.

3.2. Población y muestra

La población considerada en el presente estudio fueron todas las zonas donde existen entisoles de carácter inundables en los distritos de Yarinacocha y Manantay cerca de las zonas de afluencia comercial e industrial. La muestra en el presente estudio fue no probabilística o dirigida, estando conformada por 6 muestras de suelo en dos zonas, 3 muestras en la zona de afluencia comercial en el distrito de Yarinacocha, cerca de la laguna y 3 muestras en la zona de afluencia industrial del distrito de Manantay a los alrededores de la quebrada Manantay. El tipo de muestreo utilizado en el estudio fue de tipo intencional no probabilístico, ya que

permite seleccionar una muestra limitada y objetiva a conveniencia del investigador (Otzen y Manterola, 2017).

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

Las técnicas que se utilizaron en el proceso de investigación fueron las siguientes:

- **Observación experimental:** observación de los detalles y incidencia de la contaminación en los suelos entisoles cerca los sitios de afluencia comercial, turística e industrial.
- **Análisis documental:** revisión bibliográfica de estudios previos relacionados a la determinación del nivel de contaminación por metales pesados de suelos entisoles en zonas de afluencia comercial e industriales.
- **Análisis de metales pesados (As, Hg, Ba, Cr, Cd y Pb):** se utilizó la metodología de espectrofotometría de absorción atómica para el análisis de los metales pesados.

3.3.2. Instrumentos

El instrumento utilizado para el muestreo de suelos en cuanto a conocer el contenido de metales pesados fue la guía de muestreo y detección de cadmio en suelos propuesta por Barrueta (2013), donde se muestra el criterio para el muestreo de suelos, poniendo énfasis en la profundidad, cantidad y como hacer una muestra

compuesta de suelo para su análisis, así como su rotulación y empaque de envío al laboratorio.

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Ubicación del estudio

La investigación se realizó en dos zonas inundables de actividad comercial e industrial. La primera zona estuvo ubicada en el distrito de Yarina, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali cerca de la laguna Yarina que cuenta con un importante flujo turístico y comercial, ya que en el lugar se encuentran restaurantes, tiendas, sitios de recreación, hoteles etc. La segunda zona estuvo ubicada en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, cerca de la quebrada Manantay y los aserraderos que existen alrededor. Las coordenadas de donde se colectaron las muestras se describen en la tabla 5.

Tabla 5. *Coordenadas de las muestras de suelo colectadas.*

Numero de muestra	Código	Distrito	Coordenadas UTM	Actividad
1	YR1	Yarina	8° 18' 21" S; 74° 36' 34" W.	Comercial y turística
2	YR2	Yarina	8° 18' 36" S; 74° 36' 26" W.	Comercial y turística
3	YR3	Yarina	8° 18' 46" S; 74° 36' 18" W.	Comercial y turística
4	PL1	Manantay	8° 25' 26" S; 74° 31' 15" W.	Industrial (aserraderos)
5	PL2	Manantay	8° 25' 20" S; 74° 31' 25" W.	Industrial (aserraderos)
6	PL3	Manantay	8° 24' 57" S; 74° 31' 23" W.	Industrial (aserraderos)

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Ubicación de la zona de Yarinacocha

Fuente: Google Earth, 2022.



Figura 3. Ubicación de la zona de Manantay.

Fuente: Google Earth, 2022.

3.4.2. Duración del estudio

El estudio tuvo una duración de 15 meses, considerando desde su presentación como perfil de tesis en junio del 2021 y finalizando con su sustentación en el mes de setiembre del 2022.

3.4.3. Condiciones agroecológicas climáticas

La región Ucayali de acuerdo al Sistema Holdrige, está dentro de la categoría de “bosque húmedo tropical” y en cuanto a los bosques amazónicos es un bosque que se considera específicamente como “bosque tropical semi-siempre verde estacional” (Cochrane, 1982).

Ucayali presenta un clima muy variado, tenemos temperaturas que hacen que sea cálido, húmedo, además de presentar precipitaciones generalmente en la época lluviosa. Durante la época de lluvias la precipitación pluvial llega a 2000 mm., pero esta puede distribuirse durante todo el año, aunque se presenta con mayor intensidad de noviembre a marzo. La temporada seca generalmente llega en los meses de julio y agosto que es cuando la crecienta baja y suelos aluviales están secos. En cuanto a la temperatura generalmente esta entre 17 a 36 °C, con un promedio en el año de 26.9 °C, siendo los meses de mayo y agosto los de mayor temperatura y las mínimas de diciembre a marzo.

Los datos de las temperaturas durante la ejecución del estudio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Datos de la humedad relativa y temperatura en los meses en las que se desarrolló el estudio.

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura máxima (°C)	31.1	30.6	30.7	31.1
Temperatura mínima (°C)	20.8	20.5	20.7	20.6
Temperatura media (°C)	25.9	25.7	25.6	25.8
Humedad relativa (H.R%)	85	86	86	86

Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.4.4. Colección de muestras de suelo

Se colectaron un total 6 muestras compuestas de suelo de 1 kg de cada zona evaluada en los distritos de Yarinacocha y Manantay. La profundidad que se tomaron las muestras fue de 30 cm y se realizó mediante el patrón de recorrido en zig –zag, para esta actividad se siguió la metodología propuesta por la guía de muestreo y detección de cadmio en suelos propuesta por Barrueta (2013). Luego las muestras se colocaron en bolsas con cierre hermético y fueron selladas para rotularlas con la información del lugar. Finalmente, las muestras se enviaron al laboratorio de suelos para el análisis de metales pesados.

3.4.5. Análisis de muestras de suelo

El análisis de metales pesados específicamente de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando los métodos EPA – 3050 B; EPA – 7471B; EPA-3050 B; DIN 19734; EPA-350 B; EPA-350B, EPA* (Environmental Protection Agency), DIN* (German Institute for Standardization). Estos métodos fueron mencionados anteriormente en los estándares de calidad ambiental (ECA) propuestas por el ministerio del ambiente. Esta actividad fue desarrollada en la ciudad de Lima, en el laboratorio ALAB (Analytical Lab.) y en la ciudad de Tingo Maria, en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

3.4.6. Tratamiento de los datos

Una vez obtenidos los datos del contenido de metales pesados, estos se procesaron utilizando el software SPSS, 21. Así mismo los datos fueron dispuestos en tablas y figuras para su mejor presentación y comprensión. Para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de metales pesados en la zona de Yarina y Manantay se realizó la prueba T para muestras independientes al 0.05 ya que se comparó los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, aprobado con Resolución Ministerial N°182-2017-MINAM.

3.4.7. Materiales, instrumentos, equipos e insumos

➤ Material de estudio

- Suelos entisoles

➤ **Insumos**

- Agua de mesa.
- Alcohol de mano.

➤ **Materiales**

- Wincha.
- Libreta de campo.
- Baldes de plástico.
- Machete.
- Cavador.
- Bolsas con cierre hermético.
- Plumon marcador.

➤ **Equipos**

- Cámara fotográfica.
- Laptop.
- GPS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados del análisis de metales pesados suelos de la zona comercial del distrito de Yarinacocha

Tabla 7. *Contenido de metales pesados en las muestras de suelos de la zona comercial de Yarinacocha.*

Metal pesado	Contenido en las muestras (mg.kg ⁻¹)			Promedio (mg.kg ⁻¹)	*LMP (mg.kg ⁻¹)
	YR1	YR2	YR3		
Arsénico (As)	5.36	5.18	5.04	5.19	140
Mercurio (Hg)	ND	ND	ND	-	24
Bario (Ba)	157.68	154.08	141.05	150.93	2000
Cr (Cromo)	20.36	20.28	19.25	19.96	1.4
Pb (Plomo)	10.46	14.34	14.67	13.15	1200
Cd (Cadmio)	0.18	0.14	0.20	0.17	22

*LMP: límite máximo permisible (ECA) para suelos de actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable <0.04. *YR: Yarinacocha.

En la tabla 7 se observan los resultados de los contenidos de los metales pesados evaluados en la zona comercial del distrito de Yarinacocha, donde se observa que el metal pesado que presento el mayor contenido es el bario (Ba) con un promedio de 150.93 mg.kg⁻¹, seguido por el cromo (Cr) con 19.96 mg.kg⁻¹, y el plomo (Pb) con 13.15 mg.kg⁻¹, siendo los menores contenidos para el arsénico (As) con 5.19 mg.kg⁻¹ y el cadmio (Cd) con 0.17 mg.kg⁻¹. En cuanto al mercurio (Hg) se observa que se

encuentra en límites muy bajos que incluso no fueron detectables por el método utilizado.

Según los límites máximos permisibles (ECA) de metales pesados para suelos de actividad industrial y comercial (MINAM, 2017), solo el Cr es el metal pesado que sobrepasa dicha medida superando al límite de 1.4 mg.kg^{-1} correspondiente a la zona comercial del distrito de Yarinacocha, por lo que se observa que existe contaminación Cr en esa zona. Los demás elementos estuvieron por debajo de los límites permisibles por lo que se no existe contaminación de As, Hg, Ba, Pb y Cd en la zona puesto que presentaron contenidos bajos.

4.1.2. Resultados del análisis de metales pesados suelos de la zona Industrial del distrito de Manantay

Tabla 8. *Contenido de metales pesados en las muestras de suelos de la zona industrial de Manantay.*

Metal pesado	Contenido en las muestras (mg.kg^{-1})			Promedio (mg.kg^{-1})	*LMP (mg.kg^{-1})
	PL1	PL2	PL3		
Arsénico (As)	5.52	5.72	6.09	5.77	140
Mercurio (Hg)	ND	ND	ND	-	24
Bario (Ba)	153.12	53.14	155.39	120.55	2000
Cr (Cromo)	10.01	7.58	11.15	9.58	1.4
Pb (Plomo)	12.37	13.82	16.30	14.16	1200
Cd (Cadmio)	0.14	0.16	0.22	0.17	22

*LMP: Límite máximo permisible (ECA) para suelos de actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable <0.04 . *PL: Manantay.

En la tabla 8 se observan los resultados de los contenidos de los metales pesados evaluados en la zona industrial del distrito de Manantay, donde se observa que el metal pesado que presentó el mayor contenido es el bario (Ba) con un promedio de $120.55 \text{ mg.kg}^{-1}$, seguido por el plomo (Pb) con 14.16 mg.kg^{-1} , y el cromo (Cr) con 9.58 , siendo los menores contenidos para el arsénico (As) con 5.77 mg.kg^{-1} y el cadmio (Cd) con 0.17 mg.kg^{-1} . En cuanto al mercurio (Hg) se observa que se encuentra en límites muy bajos que incluso no fueron detectables por el método utilizado.

Según los límites máximos permisibles (ECA) de metales pesados para suelos de actividad industrial y comercial (MINAM, 2017), solo el Cr es el metal pesado que sobrepasa dicha medida superando al límite de 9.58 mg.kg^{-1} correspondiente a la zona industrial del distrito de Manantay, por lo que se observa que existe contaminación Cr en esa zona. Los demás elementos están por debajo de los límites permisibles por lo que se no existe contaminación de As, Hg, Ba, Pb y Cd en la zona puesto que presentaron contenidos bajos.

4.1.3. Prueba de promedios T para muestras independientes

En la tabla 9 se observa el valor de la significación bilateral ($p < 0.05$) de la prueba de promedios T para muestras independientes en las dos zonas de estudio en Yarinacocha y Manantay, los resultados de los cálculos del SPSS, 21 se pueden observar en el anexo 1.

Tabla 9. Prueba de promedios *T* para muestras independientes en las dos zonas de estudio.

Elemento	Promedio de metales pesados (mg.kg ⁻¹)		Significación Bilateral (p<0.05)
	Yarinacocha (zona comercial)	Manantay (zona industrial)	
Arsénico (As)	5.19	5.77	0.038**
Mercurio (Hg)	ND	ND	-
Bario (Ba)	150.93	120.55	0.423
Cr (Cromo)	19.96	9.58	0.01**
Pb (Plomo)	13.15	14.16	0.601
Cd (Cadmio)	0.17	0.17	1.00

**Presentan diferencias significativas (p<0.05). ND: No detectable <0.04.

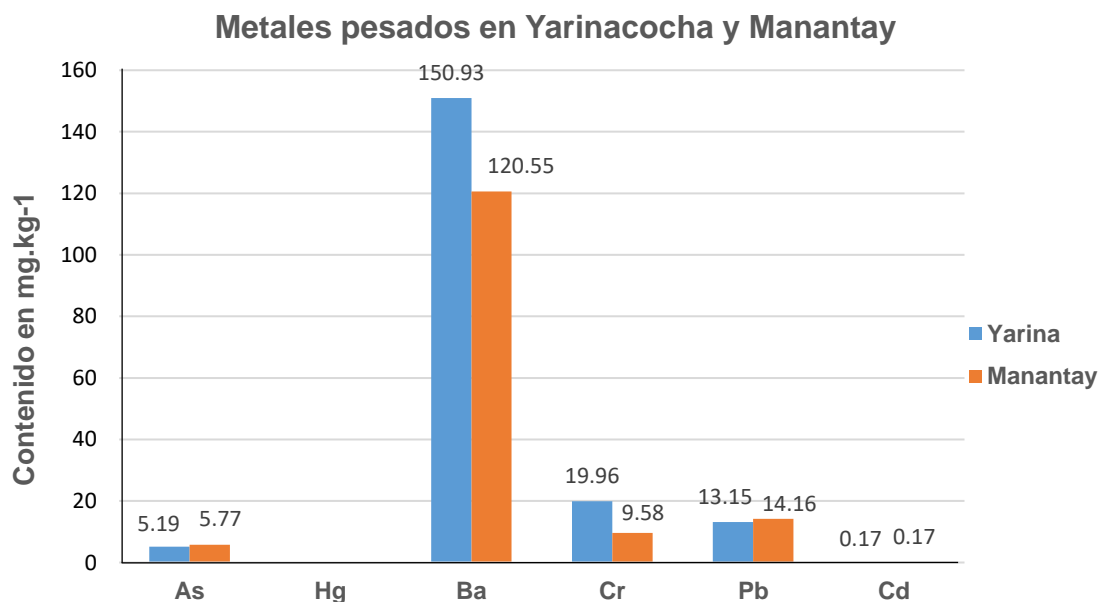


Figura 4. Contenido de metales pesados en las dos zonas de estudio: Yarinacocha y Manantay.

Así mismo en la figura 4 se puede observar el contenido comparado de metales pesados en las dos zonas de estudio en el distrito de Yarinacocha y Manantay. El contenido de arsénico (As) en el distrito de Manantay fue mayor con 5.77 mg.kg^{-1} que el contenido del distrito de Yarinacocha con 5.19 , y según la significación bilateral (Tabla 8) existen diferencias significativas entre estos dos promedios, por lo que la zona industrial del distrito de Manantay presentó mayor contenido de As comparado con la del distrito de Yarinacocha que es la zona comercial. En cuanto al contenido de bario (Ba) se observa que es el distrito de Yarinacocha que presentó más contenido de este elemento ($150.93 \text{ mg.kg}^{-1}$) en comparación con el distrito de Manantay ($120.55 \text{ mg.kg}^{-1}$), pero según la significación bilateral no existen diferencias significativas entre estos dos promedios. En cuanto al contenido de cromo (Cr), el distrito de Yarinacocha presentó el mayor contenido con 19.96 mg.kg^{-1} frente al distrito de Manantay que posee un promedio de 9.58 y según la significación bilateral existen diferencias significativas entre estos dos promedios, por lo que la zona comercial del distrito de Yarinacocha presenta mayor contenido de Cr comparado con la del distrito de Manantay que es la zona industrial. En cuanto al contenido de plomo (Pb) se observa que el distrito de Manantay (13.15 mg.kg^{-1}) presentó el mayor contenido comparado con el distrito de Yarinacocha (14.16 mg.kg^{-1}), pero según la significación bilateral no existen diferencias significativas, y es lo mismo en el caso del Cd donde los dos distritos presentaron el mismo promedio con 0.17 mg.kg^{-1} , y según la significación bilateral tampoco presentan diferencias significativas.

4.2. Discusión

En los suelos de la zona comercial del distrito de Yarinacocha se encontró los siguientes metales pesados: arsénico (As), bario (Ba), cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb), de los cuales solo el contenido de As y Cr superaron los límites permisibles para suelos comerciales y turísticos. No se encontró mercurio en los suelos de la zona comercial del distrito de Yarinacocha, en parte se debe a que el Hg es un metal muy difícil de encontrar debido a que sus fuentes de contaminación no son muy frecuentes en dicha zona, siendo la mayor su presencia en suelos o aguas donde existen antecedentes de extracción de oro, tal como lo menciona Arostegui (2017), quien encontró mercurio en un suelo del sector Punkiri Chico en la región Madre de Dios, Perú., indicando que esto se debió a que ese suelo estuvo más expuesto al agua contaminada, sedimentos que contenían Hg, condiciones del suelo, así como la contaminación del aire, ya que dichas zonas estaban cerca de concesiones mineras que utilizaban Hg para la extracción del oro. El elemento más abundante encontrado en la zona comercial del distrito de Yarinacocha fue el bario (Ba), mismo resultado que se relaciona con el estudio de Medina (2015), quien reporto concentraciones de Bario (458.3 mg.kg^{-1}) en suelos de actividades comerciales, siendo otro de los elementos que presentaron el mayor contenido en suelos de la Ciudad de Talcahuano, Chile. La presencia de los demás elementos está relacionado a que los suelos entisoles muestreados en las zonas turísticas y comerciales del distrito de Yarinacocha presentan una característica principal ya que son inundables y esto puede arrastrar todo tipo de elementos provenientes de las aguas, elementos como los metales pesados que pueden ser depositados en

los suelos después del periodo de inundación (Azpilicueta *et al.*, 2010). Por lo tanto, la contaminación de las aguas del lago de Yarinacocha sería una fuente de influencia en la deposición de metales pesados, puesto que en el estudio de Pinchi (2015), se encontró 21 elementos químicos de las cuales el arsénico (As), hierro (Fe) y el molibdeno (Mo) sobrepasaron ligeramente los límites máximos permisibles. Por otro lado, el contenido de metales pesados está relacionado al origen y constitución natural de estos suelos, puesto que en un estudio realizado por Panduro (2015), en un suelo entisol del distrito de Yarinacocha se encontró la presencia de Pb, Cr y Cd que fueron absorbidos por las plantas superando los límites máximos permisibles.

En los suelos de la zona industrial del distrito de Manantay se encontró también los mismos metales pesados, es decir arsénico (As), bario (Ba), cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb), de los cuales también solo el contenido de As y Cr superaron los límites permisibles para suelos industriales. De igual forma como en los suelos comerciales, en estos suelos industriales no se encontró mercurio (Hg), por las causas antes mencionadas. Así mismo el bario (Ba) también fue el elemento que presentó el mayor contenido. La presencia de estos metales pesados se explica porque existe una relación entre el agua contaminada en estos lugares, especialmente en esta zona industrial, ya que en el distrito de Manantay donde se tomaron las muestras, están muchas empresas dedicadas al aserrío de la madera (aserraderos), los mismo que vierten insumos diversos a las aguas que inundan estos suelos. Pabón *et al.*, (2020), menciona que los metales pesados son aportados en los suelos y aguas que son contaminadas por aguas residuales

generalmente provenientes de las industrias, como es el caso del distrito de Manantay. Así mismo Castro *et al.*, (2018), encontró niveles altos de metales pesados en las aguas de la quebrada Manantay, especialmente de plomo (Pb) el cual supero los límites máximos permisibles. También se encontró arsénico (As), hierro (Fe), y manganeso (Mn), por lo que el autor señalo que estos resultados están relacionados e a la contaminación presente en el lugar. En cuestión a la diferencia de metales pesados entre las dos zonas se sostiene que en ambos lugares existe contaminación de aguas mayormente por aguas residuales, lo que da por resultado que no existan diferencias significativas en casi todos los metales pesados, a excepción del arsénico (As) y cromo (Cr) en los que si se encontró diferencias significativas, sin embargo en caso de las muestras en ambas zonas que no presentaron tales diferencias se puede mencionar que están relacionadas al estudio de Medina (2015), quien tampoco encontró diferencias significativas de metales pesados en suelos comerciales e industriales, no encontrando comparación. Las diferencias encontradas en cuanto al Cr pueden relacionarse con muchos factores por ejemplo la quema de basura común, las industrias que producen ladrillos y cemento, incidencia mayor en el suelo de colillas de cigarros, restos de soldadura, aceite quemado, tal como lo menciona Ramírez (2002), que según nuestros resultados están mayormente relacionadas en la zona comercial de Yarinacocha, donde se juntan a diario numerosas personas más que en las zonas industriales. Por otro lado, las diferencias encontradas en cuanto al contenido de As, en ambas zonas pueden relacionarse más a la actividad industrial que bien puede depositarse en los suelos por la contaminación presente en la atmósfera y potenciada por los microorganismos que pueden volver a fijar As al suelo (Martin-Jil, 2002).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó el contenido de arsénico (As) con valores de 5.19 mg.kg^{-1} , bario (Ba) con valores de $150.93 \text{ mg.kg}^{-1}$, cromo (Cr) con valores de 19.96 mg.kg^{-1} , cadmio (Cd) con valores de 0.17 mg.kg^{-1} y plomo (Pb) con valores de 13.15 mg.kg^{-1} , de los cuales solo el contenido de Cr con valores de superó los límites máximos permisibles para suelos comerciales y turísticos en los suelos de la zona comercial del distrito de Yarinacocha. No se encontró mercurio (Hg), puesto que no existen fuentes directas para su deposición en el suelo. El metal pesado más abundante fue el bario (Ba) seguido del cromo (Cr) con valores de y arsénico (As) y en menor cantidad cadmio (Cd) y plomo (Pb). Las causas de la presencia de metales pesados se le atribuyeron las aguas contaminadas de la laguna Yarinacocha, así como al contenido natural de los suelos y los factores de la afluencia turística y comercial y su cercanía con el área urbana.
- Se determinó el contenido de arsénico (As) con valores de 5.77 mg.kg^{-1} , bario (Ba) con valores de $120.55 \text{ mg.kg}^{-1}$, cromo (Cr) con valores de 9.58 mg.kg^{-1} , cadmio (Cd) con valores de 0.17 mg.kg^{-1} y plomo (Pb) con valores de 14.16 mg.kg^{-1} , de los cuales solo el contenido de Cr superó los límites máximos permisibles para suelos industriales en los suelos de la zona industrial del distrito de Manantay. No se encontró mercurio encontrado mercurio (Hg). El metal pesado más abundante también fue el bario (Ba),

seguido del cromo (Cr) y arsénico (As) y en menor cantidad cadmio (Cd) y plomo (Pb). Las causas de la presencia de metales pesados se le atribuyeron las aguas contaminadas de la quebrada Manantay, así como a la influencia industrial de la zona, puesto que las actividades de los aserraderos aportan a la contaminación del agua y al propio suelo.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios sobre la correlación entre el contenido de metales pesados en el agua y en el suelo, en las zonas de mayor afluencia en la región Ucayali.
- Realizar estudios para determinar el impacto del contenido de los metales pesados en la fauna de la laguna Yarinacocha.
- Realizar estudios del impacto de la contaminación de aguas y suelos por metales pesados en la salud de los pobladores cercanos a estas zonas.

6. REFERENCIAS

- [Propiedades químicas, efectos en la salud y efectos ambiental de diferentes metales pesados, incluidos en la web]. (2022, 8 de marzo). LENNTECH. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/as.htm>
- Arostegui, S.V. (2017). Determinación de los niveles de concentración de mercurio en suelos y plátano *Musa Cultivar AAB*, sub grupo plantain, en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia - Madre De Dios. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú. Disponible en <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/248>
- Azpilicueta, C.; Pena, L. y Gallego, S. (2010). “Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad,” *Cienc. Hoy*, 20: 5 p.
- Barrio, N. (2016). Trabajo fin de grado título: Metales pesados en suelos y sus efectos en la salud.
- Campos, F.; Flores G.C. y Díaz Z.E. (2015). Presencia de metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región Ucayali. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa – Perú. Recuperado de http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4174/UNU_FORESTAL_AC_2015_FERMIN-CAMPOS_CESAR-FLORES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cartaya, O.; Reynaldo, I. y Peniche, C. (2008). Cinética de adsorción de Iones Cobre (II) por una mezcla de oligogalacturónidos. *Rev. Iberoam. Polímero*, 9 (95): 473–479.
- Castro, M.J.; Camacho, A.E.; Nuñez, U.J. (2018). Nivel de contaminación de la quebrada Mananay por aguas residuales – afluente del río Ucayali- provincia de Coronel Portillo, 2017. Encuentro Científico Internacional 2018 de

invierno. Libro de resúmenes. Disponible en:
<https://eciperu.files.wordpress.com/2018/05/nivel-de-contaminacion-de-la-quebrada-mananay-p.pdf>

Contreras Pérez, J.; Mendoza, C.L. y Gómez. A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina. *Cienc. Soc.*, 29 (1): 38–71.

Cuevas, G. y Walter, E. (2004). Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 20 (2): 59-68.
<file:///C:/Users/User/Downloads/23120-Texto%20del%20art%C3%ADculo-39722-1-10-20110121.pdf>

Gal, E. y Baena, A.N. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. 10, 48 - 60 p.

Gómez R. V.; Velásquez, J.J. y Quintana, M. G. (2013). Lignina como adsorbente de metales pesados. *Rev. Investig. Apl.*, 7 (2): 74–85.

Gómez, G. R. (1995). Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la Amazonia Peruana. Documento Técnico N° 15. IIAP. Iquitos. Perú 25 p.

Hidalgo, L.F.; Seijas, Z.P.; Vásquez, M. (2003). Suelos aluviales: un potencial de desarrollo agrícola en Ucayali. Manual N° 01. Instituto nacional de investigación agraria (INIA). Pucallpa, Perú. 8-46 p.

Londoño, L.F.; Londoño, M.P. y Muñoz, G.F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, 14(2): 145.

Martín-Gil, et al., (1999). Estudio por microscopía electrónica y microanálisis de las uñas de un intoxicado por arsénico. XVIII Congreso de la SEQC, Puerto de la Cruz, Tenerife.

- Macias, H.P. (2015). Determinación de metales pesados (Pb, Cd, Cr) en agua y sedimentos de la zona estuarina del río Tuxpan, Veracruz. (Tesis de Maestría). Disponible en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41940/MaciasHernandezPatricia.pdf;jsessionid=2847FFED2CBBE368FBFED23ED30DFFAC?sequence=1>
- Medina, G.G. (2015). Contenidos y línea base referencial de Al, Ba, Co, Mn y V en suelos urbanos de la Ciudad de Talcahuano, Chile. (Tesis de pregrado). Disponible en <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/512/Guillermo%20H.%20Medina%20Gonz%C3%A1lez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAM (2017). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Suelos. Anexo 1. Disponible en <file:///C:/Users/User/Downloads/011-2017-minam.pdf>
- Miranda, D.; Carranza, C.; Rojas, C.; Jérez, G.; Fischer, y Zurita, L. (2008). Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del Río Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2 (2): 180-191.
- Nava-Ruíz, C. y Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch. Neurociencias*, 16 (3): 140–147.
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1): 227-232. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Pabón, S. E.; Benítez, R.; Sarria-Villa, R. A. y 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. DOI: <https://doi.org/xxxxxxx>.

- Panduro, T.N. (2015). Dinámica de la absorción de los nutrientes y metales pesados en la biomasa estacional en el cultivo del camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) en un entisol en Yarinacocha. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María- Perú. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/931/T.EPG57.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinchi, U.P. (2015). Determinación del nivel de contaminación de la laguna Yarinacocha de Pucallpa. (Tesis de maestría). Disponible en <http://elibros.unu.edu.pe/index.php/bibliounu/catalog/book/33>
- Plan de Desarrollo Urbano de Coronel portillo (2017). PDU – Diagnostico. 430 p. Ucayali – Perú. Disponible en <https://www.miciudad.pe/wp-content/uploads/Plan-Desarrollo-Urbano-P.pdf>
- Prieto, J.C.; González, C.A.; Román, y Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (1): 29-44.
- Puga, S.; Sosa, S.; Lebgue, T.; Quintana, C.; Campos, A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecol. Apl*, 5 (1-2): 149-159. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v5n1-2/a20v5n1-2.pdf>
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anuales de la facultad de medicina: Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 1025 (5583): 2-4.
- Ríos, P.A. (2017). Identificación de metales pesados y tipo de vegetación en el suelo aluvial con influencia a la Concesión para la Conservación Cuenca Alta del río Itaya - UCP (Vértice 02). Tesis de Pregrado. Universidad científica del Perú- Iquitos Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/751>

- Rodríguez, A. F.; Rodríguez, A.M.; Vásquez, R.P (1995). Realidad y perspectiva. La Reserva Nacional Pacaya-Samiria. Pro Naturaleza, Lima, 132 p.
- Rodríguez, A.F.; Bendayan, A.L.; Rojas, R.C.y Calle, B.C. (1991). Los suelos de la región del amazonas según unidades fisiográficas. Folia Amazónica IIAP, 3: 7 -19. Disponible en <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1372.pdf>
- Rodríguez, V.L.; Herrera, P.R.; Torres, C.E.; Carrillo, F.J. (2014). Contaminación por Metales Pesados Derivados de los Depósitos de Relaves a Cielo Abierto en Parral Chihuahua. *Academia Journals*, Vol. 6 (2): 810 – 915.
- Rueda, G.; Rodríguez, J. y Madriñán, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*, 60 (3): 203-218.
- Suthersan, S. (2007). Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con Cromo. 105 p.
- Tantalean, E. P. y Huauya R.M. (2017). Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual en las localidades de Jacintillo y Ramal de Aspuzana. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*, 1(2): 69-78. DOI:10.25127/aps.20172.365
- Trivedi, P. y Axe, L. (2000). Modeling Cd and Zn sorption to hydrous metal oxides. *Environ. Sci. Technol.*, 34 (11): 2215–2223.
- Wu, C.Y.; Mouri, S. S.; Chen, D. Z; Zhang, M. K. y Kobayashi, J. (2016). Removal of trace-amount mercury from wastewater by forward osmosis. *J. Water Process Eng.*, 14: 108–116.

ANEXOS

ANEXO 1

Cálculos estadísticos de la prueba de promedios T en SPSS, 21

Arsénico (As)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
As	Se asumen varianzas iguales	1,129	,348	-3,055	4	,038
	No se asumen varianzas iguales			-3,055	3,124	,052

Bario (Ba)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera)
Ba	Se asumen varianzas iguales	11,274	,028	,891	4	,423
	No se asumen varianzas iguales			,891	2,090	,463

Cromo (Cr)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Cr	Se asumen varianzas iguales	3,143	,151	9,339	4	,001
	No se asumen varianzas iguales			9,339	2,455	,006

Cadmio (Cd)

Prueba de Levene de igualdad
de varianzas

	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)
Cd					
Se asumen varianzas iguales	,500	,519	,000	4	1,000
No se asumen varianzas iguales			,000	3,670	1,000

Plomo (Pb)

Prueba de Levene de igualdad de
varianzas

	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Pb					
Se asumen varianzas iguales	,272	,630	-,568	4	,601
No se asumen varianzas iguales			-,568	3,897	,601

ANEXO 2

Análisis de laboratorio en Tingo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407831
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	As	Cd	Pb
	CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOLICITANTE	Araya	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	Total		
			%	%	%					ppm	ppm	ppm
1	S0066	P 1 1	--	--	--	--	--	--	--	5.62	0.14	12.37
2	S0066	P 1 2	--	--	--	--	--	--	--	5.72	0.16	12.82
3	S0067	PI 3	--	--	--	--	--	--	--	6.09	0.22	16.30
4	S0068	YR 1	--	--	--	--	--	--	--	5.36	0.18	10.46
5	S0068	YR 2	--	--	--	--	--	--	--	5.15	0.14	14.34
6	S0079	YR 3	--	--	--	--	--	--	--	5.04	0.20	14.67

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO 001-0642007
TINGO MARIA, 31 DE ENERO 2022



Dr. PLINIO PINEDA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Análisis de Laboratorio en Lima



INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-660

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: SALOME REATEGUI JESSICA
2.-DIRECCIÓN	: JR. AMAZONAS 688 UCAYALI - CORONEL PORTILLO - CALLERIA
3.-PROYECTO	: DETERMIACION DE METALES PESADOS EN SUELOS ALUVIALES / (ENTISOLES) EN LOS DISTritos DE MANANTAY Y YARINACOOCHA, UCAYALI - PERU
4.-PROCEDENCIA	: CIUDAD DE PUCALLPA, DEPARTAMENTO DE UCAYALI
5.-SOLICITANTE	: SALOME REATEGUI JESSICA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000246-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISION DE INFORME	: 2022-01-28

II. DATOS DE ITEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 6
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-20
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-20 al 2022-01-28

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

IV. RESULTADOS

ITEM				1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-02638	M-22-02639	M-22-02640	M-22-02641
CÓDIGO DEL CLIENTE:				YR1	YR2	YR3	PL1
COORDENADAS:				E:0543006.5	E:0543250.8	E:0543495.2	E:0552748.4
UTM WGS 84:				N:9081870.4	N:9081409.5	N:9081102.1	N:9068807.8
PRODUCTO:				SUELOS			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :				15-01-2022 10:00	15-01-2022 10:35	15-01-2022 11:20	15-01-2022 14:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales en suelos ICP MS							
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	16 544,51	16 556,18	15 716,81	11 458,78
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	157,68	154,08	141,05	153,12
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	4,182	4,193	3,833	1,867
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	5 184,3	4 999,0	5 629,4	1 821,2
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	36,93	35,51	33,89	30,07
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	14,20	12,87	11,97	9,65
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	29,850	30,647	30,066	13,786
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	20,36	20,28	19,25	10,01
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	34,19	32,11	34,76	15,29
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	545,38	509,69	651,66	194,17
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	31 245,62	31 614,65	29 026,56	19 112,05
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

ITEM				1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-02638	M-22-02639	M-22-02640	M-22-02641
CÓDIGO DEL CLIENTE:				YR1	YR2	YR3	PL1
COORDENADAS:				E:0543006.5	E:0543250.8	E:0543495.2	E:0552748.4
UTM WGS 84:				N:9081870.4	N:9081409.5	N:9081102.1	N:9068807.8
PRODUCTO:				SUELOS			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-01-2022 10:00	15-01-2022 10:35	15-01-2022 11:20	15-01-2022 14:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	7 306,47	6 993,73	6 967,82	2 592,09
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	913,55	575,23	430,86	335,82
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	25,03	22,60	21,78	7,02
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	1 879,52	1 479,76	1 978,10	1 043,57
Selenio ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Silicio ²	mg/Kg	0,02	0,07	498,43	627,09	720,26	569,43
Sodio ²	mg/Kg	0,03	0,10	132,59	107,42	88,61	240,75
Talio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Titanio ²	mg/Kg	0,03	0,10	226,59	197,46	227,04	98,11
Torio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Uranio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Vanadio ²	mg/Kg	0,01	0,04	35,08	33,18	31,47	27,45
Zinc ²	mg/Kg	0,01	0,02	85,37	98,72	88,12	44,64

ITEM				5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-02642	M-22-02643
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PL2	PL3
COORDENADAS:				E:0552442.8	E:0552504.8
UTM WGS 84:				N:9068992.4	N:9069698.7
PRODUCTO:				SUELOS	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				15-01-2022 15:04	15-01-2022 16:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	5 988,82	10 640,46
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	<0,10	<0,10
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	53,14	155,39
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	1,096	1,848
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	1 521,8	7 983,4
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	8,76	23,89
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	0,80	5,04
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	6,160	16,159
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	7,58	11,15
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	8,44	45,32
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	119,15	468,59
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	13 919,77	15 753,20
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	<0,010	<0,010

ITEM				5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-02642	M-22-02643
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PL2	PL3
COORDENADAS:				E:0552442.8	E:0552504.8
UTM WGS 84:				N:9068992.4	N:9069698.7
PRODUCTO:				SUELOS	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				15-01-2022 15:04	15-01-2022 16:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	542,59	3 921,84
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	41,70	218,30
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	1,90	11,88
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	489,00	1 370,94
Selenio ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20
Silicio ²	mg/Kg	0,02	0,07	640,82	720,58
Sodio ²	mg/Kg	0,03	0,10	82,09	109,56
Talio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio ²	mg/Kg	0,03	0,10	31,89	120,88
Torio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio ²	mg/Kg	0,01	0,04	29,94	21,44
Zinc ²	mg/Kg	0,01	0,02	12,39	61,71

ANEXO 3

Iconografías



Foto 1. Muestreo de suelos en Yarinacocha.



Foto 2. Muestreo de suelos en Manantay.



Foto 3. Rotulación y preparación de muestras.



Foto 4. Muestra en la zona industrial de Manantay cerca a los aserraderos.