UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CADMIO (CD) Y PLOMO (PB) DISPONIBLE EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE SAN JOSÉ DE YARINACOCHA, REGIÓN UCAYALI – PERÚ – 2020"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Bach. PATRICK FRANCOISE ATENCIA VELÁSQUEZ

Bach. KEVIN ALBERTH ALBORNOZ FLORES

Pucallpa – Perú 2020

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

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°141/2022-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 10:20 a.m. del día viernes 25 de marzo de 2022, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con MEMO MULT. 044-2022-UNU-FCFyA-CGT DEGINACIÓN DE JURADO DE PROYECTO DE TESIS, conformado por los siguientes docentes:

- Dr. Gabriel Mercado Jáuregui — Presidente
- Dr. Carlos Panduro Carbajal — Miembro
- Lic. Mg. Julián Pérez Vigilio — Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CADMIO (Cd) Y PLOMO (Pb) DISPONIBLE EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE SAN JOSÉ DE YARINACOCHA, REGIÓN UCAYALI – PERÚ – 2020",** presentado por los Bachilleres **PATRICK FRANCOISE ATENCIA VELÁSQUEZ Y KEVIN ALBERTH ALBORNOZ FLORES;** asesorado por el **Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia la Tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD,** quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la Tesis. Siendo las 11:20 p.m. horas del mismo día, se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui
Presidente

Dr. Carlos Panduro Carbajal
Miembro

Lic. Mg. Julián Pérez Vigilio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN Y FIRMA DEL JURADO DE LA TESIS

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes Catedráticos:

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui

PRESIDENTE

Dr. Carlos Panduro Carbajal

MIEMBRO

Mg. Julián Robert Pérez Vigilio

MIEMBRO

Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola

ASESOR

Bach. Patrick Francoise Atencia Velásquez

TESISTA

Bach. Kevin Alberth Albornoz Flores

TESISTA

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

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°0060-2022

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

"DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CADMIO (CD) Y PLOMO (PB) DISPONIBLE EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE SAN JOSÉ DE YARINACOCHA, REGIÓN UCAYALI – PERÚ – 2020".

Cuyo(s) autor (es)	:	ATENCIA VELÁSQUEZ, PATRICK FRANCOISE KEVIN ALBERTH ALBORNOZ FLORES
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	ING. AMBIENTAL.
Asesor(a)	:	MG. CARDENAS BERNAOLA, JOSE MANUEL

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 1%.**
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 CODIFICA la presente constancia

FECHA 09/02/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OEByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Patrick Francoise Atencia Velásquez

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"Determinación cuantitativa de cadmio (Cd) y plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el centro poblado de San José de Yanacocha, región Ucayali-Perú-2020"

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola

En la Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela profesional: Ingeniería 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 INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] 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: 19 / 05 / 2022

Email: patrick_ambiental@hotmail.com
Teléfono: 962 380 927

Firma:
DNI: 47325212

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

OEByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Kevin Alberth Albornoz Flores

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"Determinación cuantitativa de cadmio (Cd) y plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yanacocha, región Ucayali-Perú-2020"

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola

En la Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela profesional: Ingeniería 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 INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] 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: 19 / 05 / 2022

Email: alberth93@outlook.es
Teléfono: 998635049

Firma: Juanmy
DNI: 71538173

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico a Dios todopoderoso, por brindarme sabiduría y fortalezas en el permanente proceso de aprendizaje y adquisición de nuevos conocimientos para conseguir mis objetivos trazados.

A mi madre, que es mi motivo principal para conseguir la ventura personal y profesional, y que es la razón por la cual no desmayaré hasta conseguir el éxito.

A mi hermana, que por su existencia me motiva a ser una mejor persona y un buen profesional.

Patrick

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Juanny por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y su apoyo incondicional y que desde el cielo siempre guía mis pasos.

A mi padre Jorge, siempre me apoya incondicionalmente.

A mi amada Cheryl y mi hija María de los Ángeles que durante estos años de carrera han sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar.

A mi hermano Jorge por acompañarme durante este arduo camino y compartir alegrías y tristezas y ser su ejemplo para seguir.

Kevin

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión quienes nos han guiado con su paciencia y su rectitud.

Patrick y Kevin

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº ii
ACTA DE APROBACIÓN Y FIRMA DEL JURADO DE LA TESIS iii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND iv
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN TESIS REPOSITORIO v
DEDICATORIA……..vii
i
AGRADECIMIENTO viii
RESUMEN……..…xiii
iii
ABSTRACT…….....xviv
INTRODUCCIÓN…… xvii
CAPÍTULO I…… 17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 177
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....177
1.1.1. PROBLEMA GENERAL……..……18
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:……..……..... 18
1.2. JUSTIFICACIÓN……..……..19
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA……19
1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA……..…19
1.2.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA…….20
1.2.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL……..…….20
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN……20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL…….20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS…….20
CAPITULO II……. 21
2. MARCO TEÓRICO.....21
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....21
2.2. FUNDAMENTOS TEORICOS.....27
2.2.1. Metales pesados en los cultivos, aguas, suelos y la salud. 27
2.2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO.....32
2.2.5. PROPIEDADES DEL SUELO: 36
2.2.6 DESCRIPCIÓN DEL CLIMA Y SUELO EN LA REGIÓN UCAYALI. 38

2.2.7 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LOS SUELOS INUNDABLES. 42
2.2.8. IMPORTANCIA DE LOS SUELOS ALUVIALES.....44
2.2.9. PROBLEMÁTICA DEL USO DE LOS SUELOS ALUVIALES.....46
2.2.10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS……..……47
CAPITULO III…….....48
3. METODOLOGÍA 48
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 48
3.2. Población, Muestra y Ubicación.....49
3.2.1. Población.....49
3.2.2. Muestra.....49
3.2.3. Ubicación donde se recolectó la muestra 50
3.3. Procedimiento de recolección de datos.....51
3.3.1. Métodos.....51
3.4. Metodologías empleadas en el laboratorio de análisis de suelos.....52
3.4.1. Método de Nelson y Sommer.....52
3.4.2. Método de Absorción Atómica. 52
3.5. Materiales, insumos y equipos.....53
3.6. Preservación y almacenamiento de muestras 55
CAPITULO IV…….....56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....56
4.1. RESULTADOS 56
4.2. DISCUSIÓN.....65
CAPÍTULO V…….....68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....68
5.1. CONCLUSIONES.....68
5.2. RECOMENDACIONES.....69
BIBLIOGRAFÍA…… 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales y metales pesados que contaminan las plantas. 29
Tabla 2. Análisis de varianza para el cadmio 56
Tabla 3. Prueba de comparación de media “tukey” – (α=0.05) 57
Tabla 4. Resumen estadístico (mg/kg PS) 58
Tabla 5. Análisis de varianza para plomo (Pb) 61
Tabla 6. Prueba de comparación de media “tukey” 61
Tabla 7. Resumen estadístico 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Región Ucayali 39
Figura 2. Formación de suelos aluviales en relación a la creciente anual del rio Ucayali…….…… 42
Figura 3. Área donde se tomarán las muestras San José de Yarinacocha..... 50
Figura 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio 51
Figura 5. Espectrofotómetro de adsorción atómica 53
Figura 6. Gráfico de barras de la concentración de Cd de las muestras 58
Figura 7. Gráfica de distribución normal de concentración de Cd 59
Figura 8. Diagrama de cajas simples de concentración de Cd de las muestras 60
Figura 9. Gráfico de barra simple de concentración de Pb en las muestras..... 62
Figura 10. Distribución normal de concentración de Pb en las muestras 63
Figura 11. Diagrama de cajas simple de concentración de Pb en las muestras 64
Figura 12……..……74
Figura 13……..……74
Figura 14……..……74
figura 15…….. 74
Figura 16……..…. 75
Figura 17…….. 75
Figura 18…….. 75
Figura 19…….. 75
Figura 20…….. 76
Figura 21……. 76
Figura 22……. 76
Figura 23……. 76
Figura 24…….. 77
Figura 25……. 77
Figura 26……. 77
Figura 27……. 77
Figura 28……..……..…….……78
Figura 29……. 79

RESUMEN

El presente estudio, tuvo como objetivo determinar el contenido cuantitativo de cadmio (Cd) y plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola del Centro Poblado de San José de Yarinacocha, las muestras fueron analizadas mediante el acoplamiento de métodos y técnicas de digestión y detección con Espectrometría de Absorción Atómica (EAA), de acuerdo a los establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM, donde se aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, por lo cual, se realizó la comparación de las muestras en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ucayali y Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo Maria LAB. Acreditado), para la determinación de la eficiencia del proyecto de investigación.

De acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Ambiental para suelos agrícolas la concentración de Cadmio (Cd) entre las muestras hay diferencias significativas, sin embargo, la muestra M1 es la que presenta mayor concentración obteniendo un promedio de 0.084 mg/kg PS de Cd y la muestra M7 es la que presenta menor concentración con un promedio de 0.036 mg/kg PS de Cd. Comparando los datos de las muestras con el ECA para suelo agrícolas nos demuestra que no superan al valor referencial de 1.4 mg/kg PS. Por lo tanto, la zona en donde se extrajo las muestras presenta un buen suelo para uso agrícola.

En cuanto a la concentración de Plomo (Pb) existe diferencias estadísticas en la concentración entre las muestras. Siendo la muestra M2 la que presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb y la muestra M6 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb. Así como también se observa que existen valores máximos ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al

promedio. Finalmente comparando los datos de las muestras con el ECA para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial de 70 mg/kg. Por lo tanto, la zona en donde se extrajo las muestras presenta un buen suelo para uso agrícola.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the quantitative content of cadmium (Cd) and lead (Pb) available in soils for agricultural use of the San José de Yarinacocha Population Center according to those established in the S.D. N ° 011-2017-MINAM, where Environmental Quality Standards (ECA) for soils are approved, therefore, the comparison of the samples was carried out in the laboratories of the National University of Ucayali and the National Agrarian University of La Selva (Tingo Maria LAB. Accredited), to determine the efficiency of the research project.

According to what is established in the Environmental Quality Monitoring Protocol for agricultural soils, the concentration of Cadmium (Cd) between the samples has significant differences, however, the sample M1 has the highest concentration, obtaining an average of 0.084 mg / kg. PS of Cd and the sample M7 the one with the lowest concentration with an average of 0.036 mg / kg PS of Cd. Comparing the data of the samples with the ECA for agricultural soil shows us that they do not exceed the reference value of 1.4 mg / kg PS . Therefore, the area where the samples were taken presents good soil for agricultural use.

Regarding the concentration of Lead (Pb), there are statistical differences in the concentration between the samples. Being the sample M2 the one that presented the highest concentration obtaining an average of 6.60 mg / kg PS of Pb and the sample M6 the one that presented the lowest concentration with an average of 0.084 mg / kg PS of Pb. As well as it is observed that there are maximum values slightly higher than the average and minimum values slightly lower than the average. Finally, comparing the data of the samples with the ECA for soil shows us that they do not exceed the reference value of 70 mg / kg. Therefore, the area where the samples were taken presents good soil for agricultural use.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la dinámica de crecimiento poblacional se presenta como la mayor en toda nuestra historia, la contaminación industrial, agrícola, agropecuaria y sobre todo el uso indiscriminado de fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados que se incorporan finalmente a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal. Por otra parte, recientes estudios informan que hoy en día tenemos de 400 a 1.000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales. El plomo tiene graves efectos en diferentes órganos y en el cerebro afecta el desarrollo y capacidad mental de los niños. El cadmio se encuentra mayoritariamente en la corteza terrestre. Este siempre ocurre en combinación con el Zinc. El cadmio también consiste en las industrias como inevitable subproducto del zinc, plomo y cobre en extracción, después de ser aplicado este entra en el ambiente mayormente a través del suelo, porque es encontrado en estiércoles y pesticidas. La ingesta de cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. Los alimentos que son ricos en cadmio pueden en gran medida incrementar su concentración en los humanos. Ejemplos son patés, champiñones, mejillones, cacao, algas secas, etc. No obstante, es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de estos metales, por ejemplo (cobre, zinc, hierro) para varias funciones biológicas. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y fisiológicos en el organismo. Y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son sólo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse. En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación de los suelos por metales pesados se torna un problema grave por la amenaza que representan estos elementos en altos niveles, los mismos que pueden ser absorbidos por las plantas y acumulados en las partes aéreas como hojas y frutos que finalmente son consumidos por la gente. Los metales pesados como el Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) pueden incorporarse de manera antropogénica en cantidades considerables, mediante la utilización de productos químicos como fertilizantes y pesticidas, así como también pueden estar presentes naturalmente como parte de su composición. Los suelos en la Región Ucayali abarcan una extensión grande que es ocupada en el verano por los agricultores locales para la siembra temporal de cultivos como maíz (*Zea mays*), frijol caupi (*Vigna unguiculata*) y diferentes especies hortícolas, así como también existen productores que tienen grandes sembríos de camu camu (*Myrciaria dubia* (Kunt) Mcvaugh). El problema principal radica en que no existen investigaciones sobre el contenido de metales pesados como Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los suelos agrícolas en la provincia de Coronel Portillo. Por lo tanto, no se conoce con exactitud los niveles de estos elementos en el suelo y el contenido final en los frutos de los cultivos agrícolas que se siembran en estos lugares lo que lleva a suponer que podrían existir niveles bajos o altos como los registrado por Panduro (2015), quien realizó un trabajo en la dinámica de absorción de nutrientes y metales pesados en una parcela de camu camu (*Myrciaria dubia* (Kunt) Mcvaugh), donde se comprobó que la asimilación de nutrientes los cuales son ricos en los suelos aluviales están relacionados con la absorción de metales pesados en especial por Pb que este

parcela fue encontrado en altos niveles. El desconocimiento del contenido de Cd y Pb puede afectar las futuras actividades agrícolas por no estar sujetas a la agricultura orgánica produciendo un alimento sano, puesto que los suelos de la Región Ucayali algunas zonas son aluviales, son suelos inundables que traen consigo toda clase de elementos químicos depositándose en los suelos cuando viene la temporada seca que es donde los agricultores utilizan estos suelos, porque están ricos en materia orgánica y nutrientes pero que se desconoce si están severamente contaminado por metales pesados.

Por todo lo expuesto se plantea la siguiente interrogante general:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál será el contenido cuantitativo de cadmio (Cd) y plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ¿Cuál será el contenido cuantitativo de cadmio (Cd) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha?
- ¿Cuál será el contenido cuantitativo de plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha?

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El cadmio es un metal que se da de forma natural en los suelos y agua en donde crece la planta, sin embargo, en grandes concentraciones producido por factores endógenos y exógenos son de carácter contaminante para el suelo y de acuerdo al tipo de suelo y las funciones fisicoquímicas del suelo y el cadmio dependerá más o menos para la disponibilidad para ser transportado a otras plantas.

El plomo es un metal pesado contaminante, no biodegradable y persistente en el medio ambiente. Su elevada biodisponibilidad supone un riesgo para todo organismo vivo. Es capaz de afectar a casi la totalidad de los órganos y sistemas del cuerpo humano. A pesar de ello, sus características fisicoquímicas únicas lo convierten en un metal pesado de elevada aplicación y uso. El suelo es un elemento clave para los ecosistemas y es uno de los principales receptores de este metal pesado. Con este trabajo se pretende estudiar la relación entre el plomo y el suelo, así como del plomo y el ser humano para obtener una visión más detallada sobre los riesgos que suponen para el medio ambiente y las personas.

(Marchive, Lopez) “Su enriquecimiento de estas trazas y convertirlas en contaminantes del suelo; por ejemplo, trazas superiores a 1,1 mg kg-1. El cadmio puede existir bajo diferentes formas químicas en el suelo, pero la más problemática es como catión divalente (Cd^{2+})”. (pg. 4)

1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista económico y ambiental un factor razonable para la investigación de la eficiencia del cadmio (Cd) y plomo (Pb) en suelos de cultivo o agrícola que pueden ser de interés científico justificar influencias o impactos en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, agua y aire. El medio en el cual involucra diferentes cultivos que dependen de muchos factores y variables que son calculables científicamente por parte del estudiante.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El presente estudio se llevará a cabo por medio de métodos, técnicas e instrumentos pertinentes y validados por expertos para su fiabilidad de recopilación de datos lo suficientemente necesarios para el desarrollo de esta investigación y sirva de base científica para otros estudios similares.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En lo social, los resultados de esta investigación, seran necesarios o que servirán como base cientifico para otras investigaciones sobre el cadmio y plomo en suelos aluviales o de cultivo.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar el contenido cuantitativo de cadmio (Cd) y plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha?

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar las concentraciones y el contenido cuantitativo de cadmio (Cd) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha.

- Analizar las concentraciones y el contenido cuantitativo de plomo (Pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

QUERO, P. (2017) en su libro *Determinación de la contaminación de metales pesados en suelos aledaños de la empresa electroquímica de Sagua CUBA*, concluyó: El presente trabajo tiene como objetivo determinar la concentración de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en 20 muestras de suelos provenientes de los alrededores de la Empresa Electroquímica de Sagua, mediante el acoplamiento de técnicas de digestión y detección con Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Para el caso del mercurio se empleó la EAA con generación de vapores fríos (CV-EAA), usando tetrahidroborato de sodio ($NaBH_4$) al 0,5 % m/v en hidróxido de sodio (0,1 mol L^{-1}), con una previa digestión de las muestras en agua regia. Para la cuantificación de dichos metales se utilizó el método de la curva de calibración. Las muestras de suelo analizadas contienen evidencia de contaminación por mercurio, con niveles de concentración superiores a los valores de referencia para los suelos cubanos. Para el cadmio y el plomo, también se observaron concentraciones significativas, pero inferiores a los valores de referencia correspondientes**.**

MAHECHA J. (2015) en el artículo *Contenido de Metales pesados en suelos agricolas de la Región Ariari, Departamento del Meta – Puerto Rico,* concluyó que: El objetivo de esta investigación fue determinar las concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) en suelos tipo Oxisol, sometidos a usos agrícolas intensivos, durante un tiempo superior a 10 años en la región del Ariari. Las concentraciones de los metales obtenidas siguen la siguiente secuencia Zn > Cu > Pb > Cr > Ni, y en ninguno de los casos superan los límites máximos

permisibles planteados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. Asimismo, según los parámetros físico-químicos, es probable que los metales pesados estén movilizándose en la matriz suelo-planta. La determinación de las concentraciones de los metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) se realizó de acuerdo con el método de digestión de ácido nítrico, ácido clorhídrico y peróxido de hidrogeno y espectrofotometría de absorción atómica con llama Aire - Acetileno, EPA 3050B, SM 3111B. El pH se midió con el potenciómetro en relación 1:1 suelo: agua; la materia orgánica se determinó por el método de Walkley-Black; la capacidad de intercambio catiónico se determinó al desplazar el amonio (NH4) intercambiado con NaCl 1 M y con valoración volumétrica; la textura, por el método de Bouyoucos (IGAC, 1990).

PUGA, S. (2006) en el libro *Contaminación por Metales pesados en suelos provocada por la industria minera de San Francisco del Oro – México,* concluyó que: El objetivo del estudio fue evaluar la contaminación en el suelo por Plomo, Cadmio, Cinc y Arsénico a diferentes distancias y niveles de profundidad y determinar su relación con características físico-químicas. El área se encuentra en San Francisco del Oro, Chih, en el área de influencia de la presa de jales la cual es un área de confinamiento de los desechos de la industria minera, abarcó 3 km. lineales en dirección de vientos dominantes a partir de la fuente de contaminación. Se extrajeron 30 muestras de suelo para análisis de concentraciones de metales y de características físico-químicas a tres diferentes profundidades: 0-40, 40-60 y 60-80 cm en 10 sitios la distancia entre sitios fue de 300 m. La concentración de metales se evaluó utilizando la técnica ICP, las muestras con pequeñas concentraciones se leyeron mediante absorción atómica. El análisis estadístico fue

modelos de regresión entre características físico-químicas, distancias, profundidades y concentraciones de metales pesados. Los resultados muestran que la mayor concentración se da en sitios cercanos a los jales, disminuyendo la concentración a medida que se aleja de ellos. Todos los elementos sobrepasan los rangos establecidos por las agencias internacionales. El Arsénico se asoció con distancia a la fuente, textura y materia orgánica; el Plomo con la distancia a la fuente y textura; el Cinc con distancia a la fuente y el Cadmio con la distancia a la fuente, pH y profundidad de suelo.

HUARANGA, F. Y HUARAGAN, F. (2012) en el artículo *La contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche, 1980-2010, la Libertad – Perú,* Concluyó que: el objetivo de esta investigacion fue determinar la contaminación de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido al impacto de los relaves mineros. Utilizando tecnologías de punta, como plantas de neutralización de aguas ácidas, muchas empresas están mitigando el impacto de su funcionamiento; por lo que tomando como referencia los cambios en la concentración de metales pesados presentes en aguas, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, se realizaron muestreos de agua en ocho estaciones del río Moche (Trujillo, Perú), y en cuatro sectores de sus márgenes para suelos y cultivos. La metodología de su análisis fue por el método de espectrofotometría de absorción atómica, los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en el Cuenca Alta durante el año de 1980: hierro (557.500 ppm), plomo (100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca Baja para el año 1980: hierro (83.400 mg/kg); plomo (0.820 mg/kg); cadmio (0.012 mg/kg); cobre

(1.240 mg/kg); zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg); en relación con la acumulación de metales en los cultivos, el hierro (0.6525 mg/kg) fue el de mayor predominio, siendo la yuca (Manihot esculentus) el cultivo donde se presentó. Se concluye que la mayor contaminación a nivel del análisis de agua se presentó en la cuenca alta y durante el año de 1980; mientras que la margen derecha de la cuenca media presentó los mayores niveles de contaminación en las muestras de suelos; así como a nivel de los cultivos, la yuca (Manihot esculentus) fue la especie más contaminada.

AVELINO, C. (2013) en su tesis *Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco,* concluyó que: el objetivo de esta investigacion fue determinar la eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco. Las especies fitoextractoras, el cerrajón (Sonchus oleraceus), mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum), llantén indio (Plantago orbignyana) y del acahual cimarrón (Bidens triplinervia) como especies más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos en Villa de Paseo. Se ha evaluado la eficacia del cerrajón (Sonchus oleraceus) para absorber el arsénico, el Mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum) para absorber el cadmio, el llantén indio (Plantago orbignyana) para absorber el plomo y el Acahual cimarrón (Bidens triplinervia) para la absorción del zinc.

Se determinó el Índice de Bioconcentración de las especies Cerrajón (Sonchus Oleraceus), Mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum), Llantén indio (Plantago orbignyana) y del Acahual cimarrón (Bidens triplinervia), siendo la relación de la concentración del metal en la planta con respecto a la concentración total del metal

en el suelo, obteniéndose valores mayores que la unidad, por lo que, son eficaces para absorber metales As, Cd, Pb y Zn de los suelos de Villa de Paseo.

Se determinó el factor de remediación para los suelos de Villa de Paseo de las especies del Cerrajón (Sonchus oleraceus), Mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum), llantén indio (Plantago orbignyana) y del Acahual cimarrón (Bidens triplinervia), siendo la proporción del metal contenido en la parte aérea de la planta con respecto a la superficie del suelo, mayor que 1, lo que se demuestra que las especies son aptas para los procesos de fitoextracción, por lo tanto, el objetivo de la remediación se da por cumplido y la eliminación de la vegetación contaminada es económicamente más efectiva que la eliminación del suelo contaminado.

Según la normatividad peruana ECA para suelos, la concentración para el As es 50 ppm (partes por millón) y se obtuvo 5,44 ppm (partes por millón) que está por debajo del LMP (límites máximos permisibles), para el Cd es 1 ,4 ppm (partes por millón) y se obtuvo 13,37 ppm (partes por millón) lo que indica que esta aún elevado el valor, mientras para el Pb es 70ppm (partes por millón) y se obtuvo 59,34 ppm (partes por millón) lo que nos indica que esta debajo del LMP (límites máximos permisibles) y finalmente para el Zn no se tiene un valor comparativo con los ECA peruano, pero sí se comparó con la ECA internacional lo que nos indica que esta debajo del LMP (límites máximos permisibles).

Rodríguez (1990), realizó una investigación cuyo objetivo fue estudiar los suelos de agrícolas de la Amazonía Peruana: su potencial, limitaciones y estrategias para su investigación, donde se presentó un diagnóstico completo de los suelos aluviales con potencial agrícola. Dentro de las características edáficas de los suelos aluviales se tuvo que no presenta mucha saturación de aluminio (45 %), un pH neutro de 5 a

7, nutrientes N, P, K, Ca y Mg, Zn y Cu y predominando las texturas francas arenosa y arcillosa que son indicadores de un suelo para fines agrícolas.

Sales (2006), realizó una investigación cuyo objetivo fue caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, propiamente en el departamento de Ucayali, y su influencia de su uso, así como también su manejo en el secuestro del carbono. De acuerdo a los resultados en las restingas se encontró texturas arcillosas y francas, pH de 7.1 a 7.6, materia orgánica de 2 %, y nutrientes como N, P, K y Ca. Estos resultados indicaron que los suelos aluviales presentan condiciones óptimas para la agricultura de cultivos anuales.

Panduro (2015), realizó un trabajo de investigación de conocer la dinámica de absorción de los nutrientes y metales pesados en la biomasa estacional del cultivo de camu camu *(Myrciaria dubia* H8K), bajo condiciones de un entisol de Yarinacocha. Se evaluó en hojas y frutos, en las fases de brotamiento 1, brotamiento 11, floración, fructificación, llenado de fruto y fruto Maduro: materia seca, rendimiento y la absorción total de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, 8, Cu, Pb, Cd y Cr. Se efectuó la correlación de Pearson entre las fases fenológicas y la absorción de los elementos nutritivos y pesados y su respectivo modelo matemático. La dinámica de absorción de macronutrientes, expresa un alto grado de asociación; definiendo el patrón: N> Ca> K> Mg > P > S > Mn > Fe > S > Zn > Cu; siendo la fase de fruto maduro, la de mayor absorción de nutrientes, exceptuando al Mn, que fue en la fase de llenado de fruto. El patrón de absorción total de metales pesados es: Pb > Cr > Cd; superando los límites máximos permisibles.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

2.2.1. Metales pesados en los cultivos, aguas, suelos y la salud.

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g.cm-3 cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) (García y Dorronsoro, 2005), aunque en esta definición, encajan también elementos esenciales para las plantas como Fe, Cu, Mn, Zn u otros esenciales para los animales como Co, Cr o Ni (Mendoza, 2006). Los elementos As y Se, se consideran como metaloides, pero por su efecto contaminante se incluyen dentro de los metales pesados.

Los metales pesados, se encuentran de forma natural en la corteza terrestre contenidos en las rocas; el intemperismo y las actividades del hombre son los responsables del incremento o disminución de los niveles normales, por ejemplo, con la utilización de aguas residuales, fertilizantes y mejoradores químicos. En el suelo se producen diversas reacciones que determinarán su velocidad y tiempo de resistencia relacionadas con su ciclo biogeoquímico (Rubio *et al.*, 1996, citado por Acosta, 2007).

Los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo; los cuales son peligrosos para la biota, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos son uno de los principales reservarías de estos elementos, actúan como recursos secundarios de

contaminación en el medioambiente marino (Rubio *et* al.1996, citado por Acosta, 2007).

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyen plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y el metaloide arsénico (As). Sin embargo, los metales pesados en las plantas, como en otros seres vivos, son esenciales, ya que son componentes estructurales o catalizadores de los procesos bioquímicos de los organismos, las actividades humanas vierten sobre los recursos de suelo y agua grandes cantidades de esos elementos, generando excesos por acumulación de Cd, Hg, Ni y Pb, entre otros, afectando así las relaciones de las plantas y otros organismos, lo cual origina toxicidades en los ecosistemas (Montenegro, 2002).

Los metales pesados participan en varios procesos desde que son incorporados en el suelo principalmente por actividades antropogénicas. Se pueden incorporar al ciclo del agua o acumularse en tejidos vegetales o en el suelo por el resultado de diversas transformaciones químicas, vía proceso de adsorción, solubilización, precipitación y cambios en el estado de oxidación (Rubio *et al.,* 1996 citado por Acosta, 2007). Sin embargo, cualquier elemento que se encuentre depositado en el suelo, no necesariamente está disponible para la planta, ya que la absorción de estos depende de varios factores y características físico-químicas del suelo como el pH, textura, etc., (Fitter *et al.,* 1987 citado por Acosta, 2007).

Como parte de la nutrición vegetal, existen elementos trazas necesarios que se incorporan cuando están disponibles en el suelo o agua y según la especie vegetal, son requeridos en ciertas concentraciones actuando de diferente manera, ya sea por deficiencia o excedente. Pero cuando estos elementos son abundantes para las plantas se convierten en tóxicos y generan la pérdida de calidad y propiedades alimenticias de los productos agrícolas generando conflictos fisiológicos importantes (McGrath y Mc Cormarck, 1999 citado por Acosta, 2007); tal como se observa en la tabla N° 1.

*Tabla 1***Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales y metales pesados que contaminan las plantas.**

Metal	**Efecto en los vegetales**
Aluminio (Al)	Inhibición *y* alteración de las funciones de la membrana celular, a nivel del citoplasma.
Arsénico (As)	Reducción del crecimiento *y* alteración de la concentración de Ca, K, P *y* Mn en la planta.
Cadmio (Cd)	Inhibición de la fotosíntesis *y* la transpiración. Inhibición de la síntesis de clorofila. Modificación de las concentraciones de Mn, Ca *y* K.
Cobre (Cu)	Desbalance iónico, alteración de la permeabilidad de la membrana celular, reducción del crecimiento e inhibición de la fotosíntesis.
Cromo (Cr)	Degradación de la estructura del cloroplasto, inhibición de la fotosíntesis, alteración de las concentraciones de Fe, Ca, K *y* Mg.
Mercurio (Hg)	Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración de la captación de K.
Plomo (Pb)	Inhibición de la fotosíntesis, el crecimiento *y* de la acción enzimática.

Zinc (Zn)	Alteración de la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración en las concentración de Cu, Fe *y* Mg.

Fuente: Nastush, 1997, citado por Acosta, 2007.

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda (Guisan *et al.* (1996), citados por Velit y Lazo (2013), mencionan que excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación. En general, estos metales no son biodegradables y, por consiguiente, pueden acumularse en órganos vitales del cuerpo humano, produciendo efectos tóxicos progresivos. La mayoría de los metales pesados entran en la cadena alimentaria principalmente a través de los cultivos que absorben del agua de riego contaminado.

2.2.2 SUELOS.

El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse) y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable. El suelo es el fundamento de los ecosistemas terrestres, sustento no solamente de las coberturas vegetales

que hacen posible la vida sobre el planeta, sino base fundamental de la producción de alimentos en el mundo.

El suelo es una parte integral del ecosistema; por lo tanto, se encuentra formando complejas y múltiples interrelaciones e interdependencias que se producen en el suelo, la vegetación y otros factores ambientales (López, 2005).

Doran y Parkin 1994, Karlen, et al. 1997 consideran que las funciones del suelo se resumen en:

- Promover la productividad del sistema sin perder las propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible)
- Atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental)
- Favorecer la salud de las plantas, animales y humanos. Siendo hoy estas funciones, los componentes principales de la calidad del suelo. Por lo tanto, al desarrollar estos componentes se considera que el suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo.

2.2.3. COMPONENTES DEL SUELO.

Aquellos elementos que componen el suelo pueden ser calificados en inorgánicos, como por ejemplo la arena, la arcilla, el agua y el aire; y por otra parte en orgánicos, como son los restos de plantas y animales.

Para destacar uno de los componentes orgánicos de los suelos podemos mencionar al humus.

En referencia al humus, el mismo se encuentra en las capas superiores de los suelos a la vez que termina constituyendo el producto final de la descomposición de los restos de plantas y animales, conjuntamente con algunos minerales.

Confiere un alto grado de fertilidad a los suelos, mientras que, en cuanto a su composición, tiene un color de amarillento a negro. (López, 2005).

2.2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO.

Los espacios libres que quedan entre las unidades de la fase sólida del suelo están ocupados por las fases gaseosas y líquidas del mismo. El aire y la solución del suelo guardan proporciones recíprocas, asó que al aumentar la contribución deuna, disminuye la de la otra.

El volumen total de los poros del suelo depende directamente de su composición granulométrica. De manera general se puede afirmas que cuanto mayor sea la proporción la proporción de las partículas grandes como arena o seudoarenas, tanto mayor será el tamaño de los espacios libres y los diámetros de los espacios, pero mayor su volumen total; esta es la razón por la cual el peso específico de los suelos comúnmente llamados “pasados” o arcillosos, es en general menos (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987). Según Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987, los componentes del suelo pueden ser calificados en tres fases:

- **Fase sólida:**

  La fase sólida. formada por materia mineral y orgánica: la mineral, que está compuesta por partículas de varios tamaños, como son la

arena, el limo y la arcilla, que ocupan 45% del total, en volumen; la materia ocupa 5% del total del volumen, e incluye residuos vegetales en descomposición y organismos en vida activa (Ramírez, R. 1997).

La fase sólida de la mayoría de los suelos está constituida principalmente por substancias inorgánicas de diferente composición química. Algunas de ellas son mezclas de compuestos a las que se denominan rocas, cuya metereorización conduce a los minerales primarias y secundarios formadores del suelo. Se acostumbra definir como suelo a la capa superficial no consolidada de la superficie terrestre, la que está formada predominantemente por compuestos inorgánicos-hasta más del 99%-, con un porcentaje variable de substancias orgánicas. Existen suelos orgánicos, los que corrientemente, tienen una proporción apreciable de componentes inorgánicos; se trata, en todo caso, de suelos que son mucho menos comunes que los primeros.

Según Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987, la materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo. El edafón consiste en los organismos vivientes del suelo: o sea, flora y fauna. El humus está compuesto por los restos postmortem de vegetales y animales que, depositados en el suelo, son constantemente sometidos a procesos de descomposición, transformación y resíntesis. (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987).

La materia orgánica y la fracción inorgánica del suelo no actúan independientemente (ósea, sin influir la una sobre la otra), sino que en muchos suelos existen mezclas y uniones muy estables entre

compuestos inorgánicos y orgánicos. Estas resultan de la combinación directa de estos materiales, por medio de enlaces de hidrógeno o por uniones, compartiendo la materia ogánica y el suelo, la atracción de un catión polivalente como el Ca2. (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987).

- **Fase líquida:**

  La fase líquida está constituida por el agua con sustancias en solución y ocupa una parte o todos los espacios porosos entre las partículas sólidas. Su contenido puede ser variable de acuerdo a las condiciones del suelo (Ramírez, R. 1997).

  A la fase líquida del suelo también se acostumbra a llamarla "solución del suelo". Pearson, citado por Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987, la define como una solución que casi posee equilibrio de electorlitos y que ocurre en condiciones de suelos no saturados por agua. Esta solución es de gran importancia para la nutrición de las plantas.

  El Agua en el suelo se renueva de diferentes maneras. La precipitación pluivial aporta una gran parte de ella, pero hay otroas fuentes importantes entre la cuales están las aguas de riego y la subida de aguas freáticas por capilaridad. Esta agua es retenida con mayor o menos fuerza por el suelo, según sea el material coloidal presente y la distancia de las moléculas de la superficie del suelo.

  La solución del suelo contiene una serie de cationes, aniones y moléculas inorgánicas u orgánicas y organometálicas que varían de acuerdo con las condiciones del ambiente y de los materiales sólidos

que forman el cuelo. Según Pearson, citado por Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987,, los electrolitos en la solución se originan de, y están en equilibrio con, varios componentes del suelo que son: las sales solubles, las sales absorbidas, los compuestos precipitados y los iones cambiables. Los aniones principales en la solución son aquellos que son poco adsorbidos por los suelos o no lo son; ellos determinan, más que todo, la concentración de la misma. En suelos ácidos, los cloruros y los nitratos son los principales, mientras que en suelos alcalinos el carbonato ácido es importante. Los sulfatos, que pueden ser adsorbidos con fuerzas intermedias, también contribuyen. (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987).

Fase gaseosa:

La fase gaseosa, o de vapor, ocupa aquellos espacios que se encuentran vacíos, es decir, los poros que no son ocupados por el agua. (Ramírez, R. 1997). Esta fase varía bastante en los suelos y comúnmente ocupa volúmenes que oscilan de cero a 45 % del columen total de ellos. En condiciones de campo, los valores inferiores comunes corresponden al volumen no ocupado, cuando el contenido de agua de suelos está en capacidad de campo, lo que resulta en proporciones de aire que varían entre cinco a 10% en suelos arcillosos, entre 10 y 25% en suelos francos y entre 30 y 40% en suelos arenosos.

Para la mayoría de los cultivos, los suelos que tienen entre 10 y 15%

de aire se consideran bien aireados. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que existen grandes variaciones entre los requerimientos de diferentes plantas. Se ha visto, por ejemplo, que un cultivar de frijol requería hasta 25% de aire para su producción óptima. Se sabe que aunque un suelo sea globalmente aeróbico, si es arcilloso, en los agregados mayores puede persistir por largos periodos una condición anaeróbica y, así, reductora. Sin embargo de acuerdo con Smith (21), es imposible estimar con precisión el volumen del suelo que corresponde con esta condición (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987).

2.2.5. PROPIEDADES DEL SUELO:

2.2.5.1. PROPIEDADES FISICAS

Según Ramírez, R. 1997, Las características fisicas son en gran parte responsables del buen desarrollo de las plantas. pero muy pocas veces se les tiene en cuenta. pues generalmente sólo se consideran las características químicas. En realidad. para que exista un medio óptimo para el crecimiento de las plantas debe darse una interacción dinámica entre las características fislcas. químicas y biológicas del suelo. Las propiedades fisicas pueden ser: Fundamentales. aquellas que no se derivan de otras y se encuentran dentro de este grupo el color. la textura. la estructura. la densidad. la consistencia. la temperatura. etc. Derivadas. que. como su nombre lo indica. son todas las que nacen de la Interacción de las fundamentales.

- **DENSIDAD APARENTE:** Es la relación existente entre la masa y el volumen de suelo, en este volumen está considerado todo el espacio poroso existente. Es una característica que nos da a conocer las condiciones en las cuales se encuentra el suelo con respecto a la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y de oxígeno, etc. Los suelos de los llanos presentan una densidad aparente que oscila de 1.2 a 1.95 g/ cc.

  El suelo empieza a tener problemas por compactación cuando estos valores son superiores a 1.6 g/ cc.

- **DENSIDAD REAL:** Es la relación entre el volumen de las partículas de suelo y el volumen de éstas sin considerar el espacio poroso. La densidad real cuando no se presentan cantidades considerables de materia orgánica, fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/ cc. y alcanza el mayor valor (2.65 g/ cc) en suelos arcillosos o arenosos con muy poca materia orgánica. En suelos con abundante contenido de hierro se pueden alcanzar valores superiores a 2.7 g/ cc (suelos ferralítlcos) (según "propiedades fisicas de los suelos". IGAC, citado por Ramírez, R. 1997).

- **TEXTURA:** Es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje. Estas partículas son: la arena (2 -

0.02 mm), el limo (0.02 - 0.002 mm) y la arcilla (0.002). Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración del agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje, etc. (Ramírez, R. 1997).

- **ESTRUCTURA:** Forma como se agregan las partículas del suelo. Es la responsable de las relaciones de aireación. Inilltraclón. humedad y temperatura del suelo. Se caracteriza por la estabilidad estructural, es decir, la resistencia que los agregados del suelo hacen para no ser destruidos (Ramírez, R. 1997).

- **COLOR:** Es una de las características que guarda relación directa con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la cantidad de organismos, la evolución de los suelos etc. A simple vista se pueden deducir diferentes procesos y fenómenos que han ocurrido en el suelo a través del tiempo y en épocas actuales (Ramírez, R. 1997).

2.2.6 DESCRIPCIÓN DEL CLIMA Y SUELO EN LA REGIÓN UCAYALI.

La Región Ucayali cuenta con una superficie territorial de 10.241.055 ha. Se encuentra ubicada en la parte centro oriental, entre las coordenadas 07º20’23’’ y 11º27’35’’ de latitud sur y desde los 70º29’46’’ a 75º58’08’’

de latitud oeste del meridiano de Greenwich. En las figuras 3a y 3b se presentan los mapas de localización del Dpto. de Ucayali en el Perú, y de las provincias que lo componen.

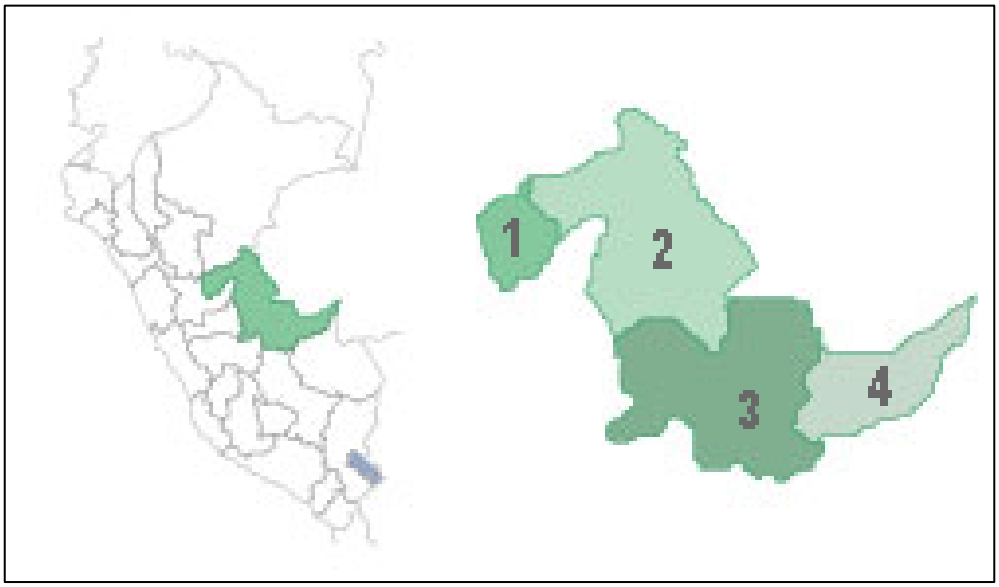

Figura 1. Ubicación de la Región Ucayali

Fuente: Revista Ucayalina 2019

En la zona de influencia del río Ucayali se localiza una llanura aluvial, caracterizada por una compleja sucesión de orillas, islas y terrazas bajas, principalmente. En esta zona los suelos son predominantemente Entisoles, con reacción casi neutra y de mayor fertilidad natural que los suelos de altura. Los Entisoles, que ocupan el 17 % de la Región amazónica, son suelos jóvenes de perfil poco diferenciado (horizonte A incipiente). En la Región Ucayali estos suelos están ubicados en los márgenes de los ríos Ucayali, Aguaytía, San Alejandro y Utuquinía. Son suelos aluviales, que se

forman por la acumulación de sedimentos recientes depositados por las aguas de los ríos y lagunas, y se caracterizan por la remoción de los materiales depositados año a año (Sales, 2006). Los principales suelos aluviales, de acuerdo al nivel de inundación del río son los siguientes:

- **Restingas:** que son las formaciones de tierras más altas de la llanura aluvial que se forman durante la época de inundación. El agua cargada de sedimentos se desborda del canal formando restingas de diferentes formas, que se extienden casi continuamente a lo largo de la ribera. Son depósitos de sedimentos finos (limo y arcilla) que se acumulan en capas durante la creciente. Las restingas se clasifican en bajas, medias y altas según el nivel de agua que las cubre. Las restingas bajas son cubiertas por una crecida del nivel del río de 4 m. Las restingas medias con crecida del nivel del río de 9 m. y las restingas altas pueden considerarse suelos de altura si las crecientes más altas de 10 a 11 m. no cubren estos complejos aluviales. Formaciones similares reciben el nombre de tahuampas y tipishcas (lagos alargados). Las primeras cubren más áreas de la llanura aluvial que otras formaciones de terreno, constituyendo la parte de la llanura que se extienden entre las restingas a menor elevación que éstas, pero a mayor que las tipishcas. El agua inunda las tahuampas por un período de 5 a 10 meses, con profundidades de 3 a 6 m. y que casi siempre están entre dos restingas.
- **Playas**: Las playas son las tierras más bajas y son formadas por los sedimentos que arrastran los ríos produciendo una textura mayoritariamente arenosa (Bergman, 1990, citado por Labarta, White,

Leguía, Guzmán, Soto, 2007). Su formación suele empezar a fines de mayo cuando el río empieza a alcanzar su nivel mínimo y vuelven a ser cubiertas por el agua entre los meses de setiembre u octubre. (Labarta, White, Leguía, Guzmán, Soto, 2007).

- **Barrizales:** diferencia de las playas, el aporte de sedimentos con nutrientes por las inundaciones anuales es más rico en los barrizales. La textura de estas tierras muestra una mezcla de barro y arena. La aparición de los barrizales se inicia a principios de mayo (Goulding et al., 1996, citado por Labarta, White, Leguía, Guzmán, Soto, 2007).

La figura N° 2 muestra una representación de la formación de suelos aluviales en relación con la crecida anual del río Ucayali. En la época de menor precipitación (mayo a setiembre), se extienden largas playas y barrizales, formados por sedimentos depositados por el río en la parte interna del meandro. Las restingas están en un sitio más alto que las playas y barrizales. Las playas de decenas y aún cientos de hectáreas de extensión permanecen sin agua de 5 a 6 meses y son menos estables que otras formaciones de tierras que están sujetas a variaciones de año a año (Hidalgo *et al*., 2003).

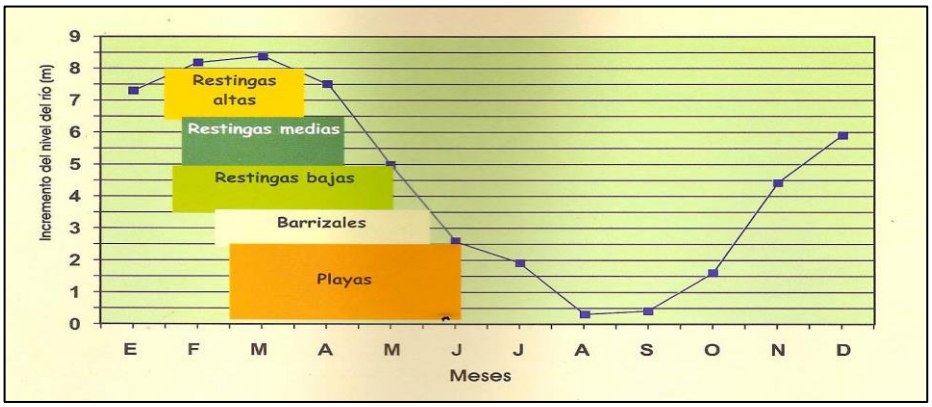

Figura 2. Formación de suelos aluviales en relación a la creciente anual del rio Ucayali

Fuente: (Hidalgo *et al*., 2003).

2.2.7 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LOS SUELOS INUNDABLES.

Desde el punto de vista edáfico, este paisaje aluvial, típico de llanura de inundación, está conformado por sedimentos fluviónicos recientes de los ríos y abarca todas las tierras planas (0-5%) que sufren inundaciones periódicas por las crecientes normales de los ríos, estando sujetas a una intensa erosión. Estas tierras reúnen suelos que muestran poco o ningún desarrollo del perfil, en muchos casos con morfología estratificada y sin horizontes genéticos, generalmente de textura que varía entre media y moderadamente fina. Presenta, en algunos casos, síntomas de moteamiento, como resultado de las deficiencias en el sistema de drenaje. Evidencias de gleyzación o condiciones anaeróbicas fuertes son también frecuentes en estos grupos de tierra (ONERN, 1982, citado por Rodríguez, 1990). Estos suelos han sido clasificados como Entisoles e Inceptisoles o como Gley Húmico Eutrófico, 3 leyes poco Húmico y Aluviales Eutróficos (<biblio>), según diversos sistemas sistemas de clasificación.

Algunos estudios realizados en áreas inundables del río Amazonas, en términos generales, sugieren que estos suelos son de mayor fertilidad que los de altura, pues presentan una reacción ligeramente ácida o neutra, alta saturación de bases, buena capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, entre bajo y medio, y el de potasio variable (Veillon, 1986).

Sin embargo, es necesario señalar que la fertilidad natural de los suelos ubicados en las áreas inundables del llano amazónico no es uniforme. Pues, esta propiedad del suelo, a un nivel macro espacial, varía según el origen de los ríos (Hoag, 1985); a un nivel local, cuando la deposición es reciente, varía según las características granulométricas. Resultados de estudios realizados por Hoag (1985), en áreas inundables de los ríos tributarios del Amazonas en el Perú, sugieren que el nivel de fertilidad de los suelos es controlado por las características litológicas de la formación geológica donde se origina el tributario y que la ocurrencia y distribución de los suelos contrastantes son predecibles. Así, los suelos de áreas inundables de los tributarios que tienen su origen en las montañas andinas reflejan la influencia de los sedimentos provenientes de depósitos de origen marinos levantados, conteniendo caliza y arenisca calcárea continental; ellos tienen reacción cerca de neutro o moderadamente alcalina, carbonato de calcio finamente dividido dentro de la profundidad de las raíces, siendo la fracción arcillosa dominante de tipo montmorillonítico. Los suelos localizados en tributarios que se originan de unidades litológicas derivados de rocas metamórficas e ígneas ácidas de los Andes ecuatorianos, flanqueados por el este con arenisca calcárea o próxima a éstas y a elevaciones bajas en el

Perú, poseen una reacción cercana a neutro o moderadamente ácido, con menos del 10% de saturación de aluminio, y poseen montmorillonita o mineralogía de arcilla mezclada en la sección de control; en cambio, los suelos cuyas fuentes de sedimentos son formaciones igneas ácidas y volcánicas del norte del Ecuador o proceden del mismo llano amazónico, distante de los Andes, son extremadamente ácidos (60-90% de saturación de aluminio) y poseen montmorillonita, arcillas mezcladas o caolinita. Rodríguez *et al.*, (1990), estudiando las características físicas y químicas de materiales sedimentarios recientes en un complejo de orillares del río Amazonas, a la altura de Iquitos, encontró que el nivel de fertilidad natural de los suelos se encuentra estrechamente vinculado con las características granulométricas de los sedimentos: a mayor contenido de partículas finas mayor capacidad de intercambio catiónico.

2.2.8. IMPORTANCIA DE LOS SUELOS ALUVIALES.

Los suelos aluviales inundables constituyen un recurso de importancia en el desarrollo de la selva baja, principalmente en los departamentos de Loreto y Ucayali, pues en ellos se desarrolla cerca del 80% de la actividad agrícola de la Región Amazónica (54,000 Ha) y se localiza el 90% de los pequeños centros poblados del área rural. (Rodríguez *et al.*, 1985). Cabe resaltar que casi toda la población de estos departamentos está ubicada en las márgenes de los grandes ríos, principalmente en el Amazonas, Ucayali, Marañón y Huallaga.

Del total de la superficie agrícola registrada en 1980, desarrollada en los suelos aluviales inundables, el 4ó% corresponde al arroz, que se cultiva en los

"barriales"; el 37% al plátano, yuca y maíz, que se cultivan en las 'restingas' y el 17% a otros, como el caupí y maní, que se cultivan en las "playas", así como a hortalizas y yuca, que se cultivan en las "restingas". Según estudios realizados por el Padre San Román (1975), la actividad agrícola que se desarrolla en los suelos aluviales inundables, en los ríos Amazonas y Napo, presenta las características siguientes:

- Es minifundista, porque el poblador de esta zona cultiva ordinariamente sólo una extensión relativamente pequeña, la misma que, por lo general, varía en promedio entre 0.5 a 2.0 Ha.
- Es dispersa, por cuanto las características geográficas, con cortes de quebradas, aguajales, etc, y la psicología del poblador condiciona las tierras de cultivos con el medio en que vive, determinando que se encuentren dispersas en medio de la vegetación exhuberante.
- Es de subsistencia, por cuanto muchos de los pobladores cultivan sólo en la medida extrictamente necesaria para su alimentación, con excepción de algunos cultivos, como arroz, plátano, yuca, maíz,, etc., que están orientados en su mayor parte al mercado regional.
- Presenta bajo nivel de nomadismo. En estas áreas no se da la rotación constante de tierras de cultivo, todo lo contrario, son tierras de uso permanente, aunque en el caso de "barriales" y "playas", sólo se da durante períodos cortos durante el año. Esa permanencia es posible gracias a las inundaciones periódicas, fenómeno natural que fertiliza periódicamente a los suelos. No obstante, estas tierras también están sometidas a un cierto nomadismo, impuesto por las condiciones ecológicas; unas veces, por cambios de cauce de los ríos, llevándose

barriales y playas, otras veces por el empobrecimiento de los suelos, debido a la sedimentación de arena o al lavado de la arcilla y limo existente.

- Es de tecnología tradicional, por cuanto no se utiliza fertilizantes, pesticidas ni maquinaria agrícola. El principal costo de producción es la mano de obra. Si bien es cierto que la agricultura es la principal actividad que desarrolla el poblador de estas zonas, tanto por el tiempo dedicado como por los recursos asignados; sin embargo, el poblador "ribereño' es multifacético, pues cultiva la chacra, caza y pesca, efectúa la extracción de madera, cría animales domésticos y, a veces, se ocupa de labores de artesanía casera (San Román, 1975). Sobre el particular, Yepes (1986), manifiesta que para el poblador del bajo Ucayali, la pesca constituye una de las actividades fundamentales, por cuanto es una de las fuentes de proteínas más importantes.

2.2.9. PROBLEMÁTICA DEL USO DE LOS SUELOS ALUVIALES.

En la actualidad, menos del 10 % de la superficie potencial de estos suelos está siendo usado, esta afirmación se puede constatar muy fácilmente, incluso en áreas aledañas a los principales centros urbanos: por ejemplo, en Iquitos, donde resulta paradójico que, existiendo suelos relativamente fértiles en la Región, ésta tenga que abastecerse de productos de otras regiones del país. El factor limitante más importante que explica esta situación, es el peligro de las inundaciones, debido a la crecida de los ríos, la cual puede ocurrir sorpresivamente (Sánchez y Benites, 1983). Los problemas derivados de las

inundaciones a que están sometidos estos suelos aún no han sido estudiados con la debida profundidad que el caso requiere, destacándose:

- Pérdidas de cosechas por inundaciones intempestivas, debido a que la mayoría de plantas cultivadas no soportan inundación o tienen un ciclo vegetativo muy largo, factores que aumentan el peligro de ser arrasadas por la creciente de los ríos.
- Heterogeneidad de la fertilidad de los suelos y cambio frecuente de localización de las diferentes formas de tierra, principalmente de “playas” y “barriales”, debido a variaciones en los factores que determinan el proceso de sedimentación.
- Pérdida de suelos por acción erosiva de las corrientes de agua.
- Periodicidad marcada de la oferta y, consecuentemente, oscilaciones de precio de los productos.
- Agresividad de plagas y malas hierbas, principalmente en restingas.

2.2.10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

a) **Contaminación:** Los agentes contaminantes pueden ser físicos, químicos o biológicos y perjudican medios como el agua, el suelo o el aire cuando se presentan en concentraciones muy elevadas. Estos compuestos alternan las condiciones de los organismos que habitan en ellos, generando problemas de salud o de seguridad, malestar e incluso la muerte. (Ortega, 2019-con vigencia al 2026).

b) **Metales pesados:** existe sufiente evidencia científica sobre los daños a

la saludrelacionados con la exposición al plomo, arsénico, cadmio, mercurio y maganeso. A excepción del maganeso, que es un elemento útil en el cuerpo humano en cantidades muy pequeñas, ninguno de los motros metales y sustancias toxicas mencionadas cumple una función esencial en el funcionamiento del cuerpo humano. Al contrario, el plom, el cadmio y el mercuio son toxicos aun en niveles bajos en el cuerpo, y el arsénico, especialmente el arsénico inorgánico es altamente toxico. (Saint, Missouri, 2018-2020).

c) **Playas:** son depósitos arenosos recientes de granos finos, formados por sedimentación en las partes convexas de los meandros e islas; aparecen en la época de vaciante. (Rodríguez, 1990).
d) **Barriales**: son depósitos recientes generalmente franco-limosos, formados por sedimentación en las orillas de los ríos en épocas de vaciante.
e) **Restingas:** Las restingas son los terrenos más altos de la llanura aluvial y son diques naturales formados por los ríos. Las tierras en esta zona son también fértiles, pero están libres de inundación por más tiempo. A diferencia de las playas y barrizales, las restingas son zonas mayormente estables, lo que le permite la existencia de una mayor vegetación.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. El valor de la investigacion descriptiva, así como los

estudios exploratorios sirven fundamentalmente para descubrir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno o suceso. (Sampieri,2014)

Es descriptiva por la aplicación de técnicas de colección y resumen de datos como son las Medidas de tendencia central: medias, medianas y modas, así como la representación gráfica de los mismos en diagrama de tablas y mixtos. Para ello, se utiliza dos herramientas softwares especiales para el procesamiento y síntesis de los datos: SPSS V. 22 y la Microsoft Office EXCEL 2018. Finalmente, los resultados finales del análisis de suelos de los dos lugares en estudio se realizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 para determinar qué lugar de suelos aluviales está más contaminado por metales pesados.

3.2. Población, Muestra y Ubicación

3.2.1. Población

La población está conformada por todas las parcelas de uso agrícola que existen en el Centro Poblado San José de Yarinacocha, cuya extensión ocupa 1,028 Km^2, el caserío tuvo origen antes de la emigración, con el apoyo de Félix del Águila Cordova. Cuyas cooordenadas 8°, 19', 25" S 74°, 36', 11" O/ -8323603, - 74.60318.

3.2.2. Muestra

Se obtuvo las muestras de una parcela de 5.5 hectareas manera intencional o aleatoria, y para la recolección de muestras se uso el método sistemático haciendo un total de 45 muestras para su análisis. Para la toma de muestras de suelo se utilizó la Guía para Muestreo de Suelos en el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Suelos.

3.2.3. Ubicación donde se recolectó la muestra

El estudio se realizó en el Centro Poblado de San José ubicado en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali. Con coordenadas del área de estudio Este: 544433 y norte: 9077290.

Para el levantamiento de la zona y selección de puntos para la extracción de las muestras, se usó un dron y el software Locus Map.



Figura 3. Área donde se tomaron las muestras San José – Yarinacocha

MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN PARA LA TOMA DE MUESTRA

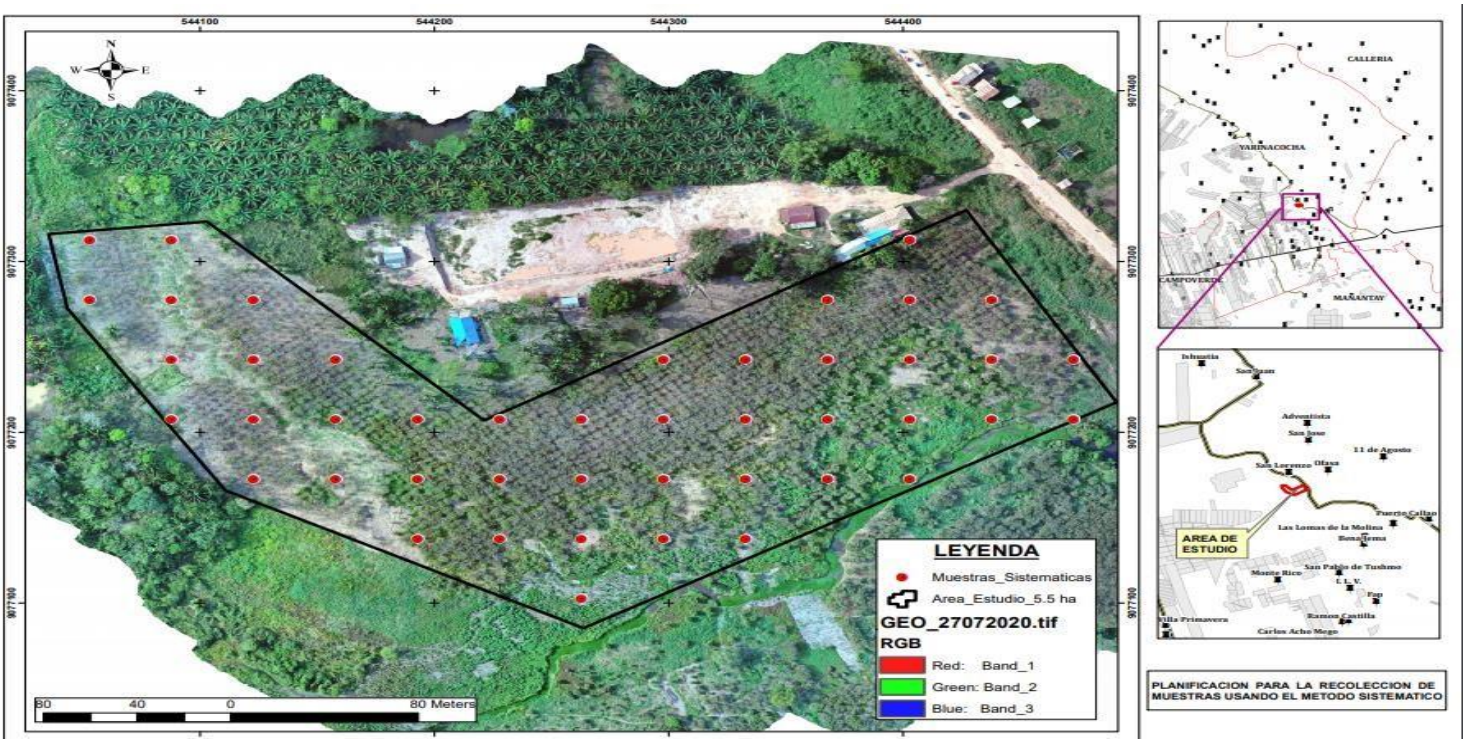

Figura 4. Mapa de Ubicación de la zona de estudio

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Métodos

Se utilizó el método sistemático, es un método mediante el cual los puntos de muestreo seleccionados se ubican a distancias uniformes entre sí, a fin de brindar total cobertura. Para este método se hace uso de cucharas de degradado y desplantadoras, generalmente estos son de acero, ya estando en la zona de estudio con los instrumentos necesarios la toma de muestra se empieza por la zona del oeste punto cercano a la casa hasta completar las 45 muestras como indica los puntos en el plano.

3.4. Metodologías empleadas en el laboratorio de análisis de suelos.

3.4.1. Método de Nelson y Sommer

El carbono total (C) en los suelos es la suma de los C. orgánicos e inorgánicos. El C orgánico está presente en la fracción de materia orgánica del suelo, mientras que el C inorgánico se encuentra principalmente en los minerales de carbonato. El análisis de combustión húmeda de suelos por digestión con ácido crómico ha sido durante mucho tiempo un método estándar para determinar el C total, dando resultados que concuerdan bien con la combustión seca.

Los métodos para el C total son básicos para muchos de los procedimientos que se utilizan para determinar el C orgánico en los suelos. A diferencia de los suelos no calcáreos, el C inorgánico debe eliminarse de los suelos calcáreos o encalados antes del análisis si se utilizan técnicas de combustión húmeda o seca para medir directamente el C orgánico presente. El contenido de materia orgánica del suelo puede estimarse indirectamente mediante la multiplicación de la concentración de C orgánico por la relación de materia orgánica a C orgánico que se encuentra comúnmente en los suelos. (W & E, 1996).

3.4.2. Método de Absorción Atómica.

Es el método que se utilizó para detectar y determinar los elementos químicos, particularmente de elementos metálicos. Los compuestos para su examen, se tienen que romper en los átomos que los constituyen. Ello se realiza por pulverización en una llama a alta temperatura, según el montaje indicado esquemáticamente. Un rayo luminoso de una cierta longitud de

onda, producido por un tipo especial de lámpara, se dirige a lo largo del eje longitudinal de una llama plana y hacia un espectrofotómetro. Simultáneamente, la solución de la muestra es aspirada hacia el interior de la llama. Antes de entrar en ésta, la solución es dispersada formando una niebla de gotitas muy finas, que se evaporan en la llama dando inicialmente la sal seca y luego el vapor de la sal, el cual se disocia, por lo menos en parte, en átomos del elemento que se desea determinar, que en nuestro caso es Cadmio (Cd) y Plomo (Pb)



Figura 5. Espectrofotómetro de absorción atómica

Fuente Universidad Nacional de Tingo Maria (UNAS).

3.5. Materiales, insumos y equipos.

- **Materia prima.**
  - Suelos extraído de la zona de investigación.
- **Insumos.**
  - Agua de destilada.

- Alcohol de mano.

➢ **Materiales.**

- Wincha.
- Cordeles.
- Libreta de campo.
- Galones de plástico.
- Baldes de plástico.
- Palas.
- Machete.
- Bolsas con cierre hermético.
- Marcadores indelebles
- Cinta transparente.
- Cuchara de degradado o desplantador.
- Etiquetas para la identificación de muestras.
- Cinta de embalaje.

➢ **Equipos.**

- Cámara fotográfica.
- Gps
- Laptop.
- Dron espectro fotómetro

➢ **Software**

- Locus Map.

- ArcGis

3.6. Preservación y almacenamiento de muestras

Las muestras deben colocarse en bolsas plásticas, sellarse herméticamente, y evitar cualquier contacto con las muestras para que estas no se contaminan o alteren las propiedades químicas de estas

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Cadmio (Cd): La producción de fertilizantes fosfatados artificiales. Parte del Cadmio terminará en el suelo después de que el fertilizante es aplicado en los cultivos, el Cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Ver cuadros siguientes:

Tabla 2. ***Análisis de varianza para el cadmio***

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	Sig.
Entre muestras	0.010	7	0.001	2488.653	0.000**
Error	1.400E-5	24	5.833E-7		
Total	0.010	31			

"*" Diferencias significativas (α=0.05) "**" diferencias altamente significativas (α=0.01)

Como se muestra en la Tabla 3 con un nivel de confianza del 99% existen diferencias altamente significativas en la concentración del Cadmio (Cd) entre muestras.

Tabla 3. ***Prueba de comparación de media "tukey" – (α=0.05)***

N° de muestras	**Grupos (mg/kg PS) 1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
M7	0.03600						
M6		0.04000					
M8		0.04025					
M5			0.04750				
M3				0.06775			
M4					0.07225		
M2						0.07625	
M1							0.08400

Nota: promedios en la misma columna no son diferentes

No existe diferencias significativas en la concentración de Cadmio (Cd) entre las muestras M6 y M8 sin embargo estos difieren significativamente de las otras muestras. Siendo la muestra M1 la que presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 0.084 mg/kg PS de Cd y la muestra M7 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.036 mg/kg PS de Cd.

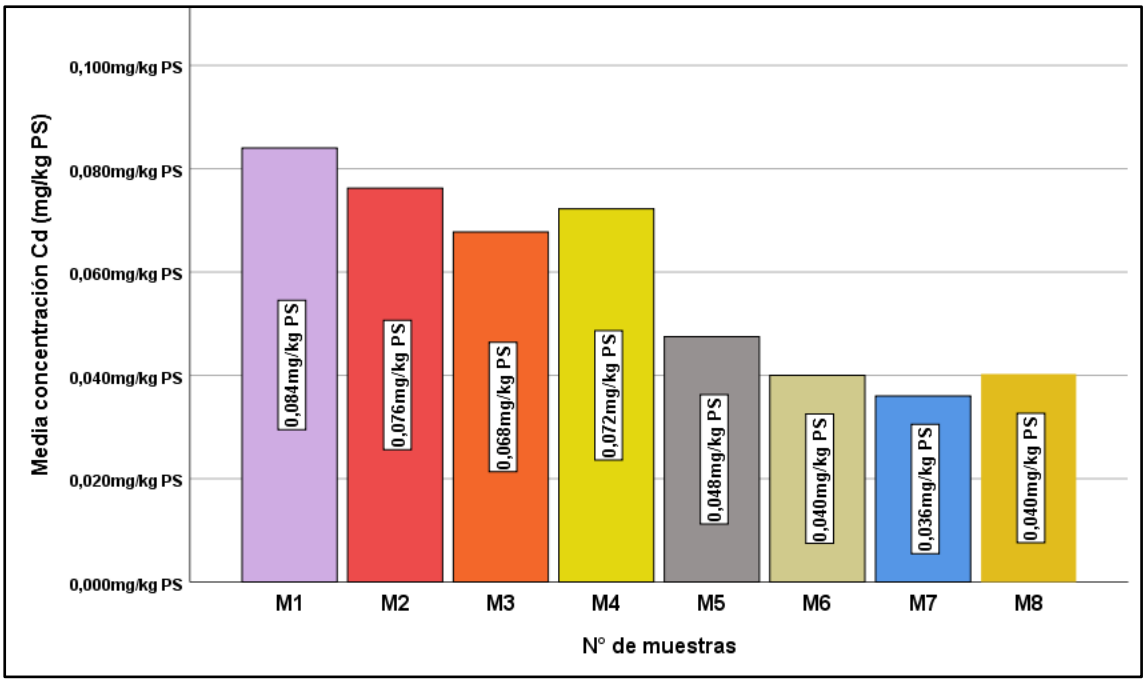

Figura 6. Gráfico de barras de la concentración de Cd de las muestras

Tabla 4. Resumen estadístico (mg/kg PS)

N° de muestra	M	Me	Mo	Max	Min	D.E.	Var.
M1	0.084	0.084	0.084	0.085	0.083	0.001	0.0
M2	0.076	0.076	0.076	0.078	0.075	0.001	0.0
M3	0.068	0.068	0.068	0.068	0.067	0.001	0.0
M4	0.072	0.072	0.072	0.073	0.072	0.001	0.0
M5	0.048	0.048	0.047	0.048	0.047	0.001	0.0
M6	0.040	0.040	0.040	0.041	0.039	0.001	0.0
M7	0.036	0.036	0.036	0.037	0.035	0.001	0.0
M8	0.040	0.040	0.040	0.041	0.040	0.001	0.0

Como se observa en el resumen estadístico la población presenta distribución normal ya que M=Me=Mo (Ver figura 2). Así como también se observa que existen valores máximos

ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al promedio. Finalmente existe homogenización de datos en las muestras ya que presentan valores de desviación estándar y varianza muy bajos (ver figura 3).

Comparando los datos de las muestras con el ECA para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial de 1.4 mg/kg PS. Por lo tanto, la zona en donde se extrajo las muestras presenta un buen suelo para uso agrícola.

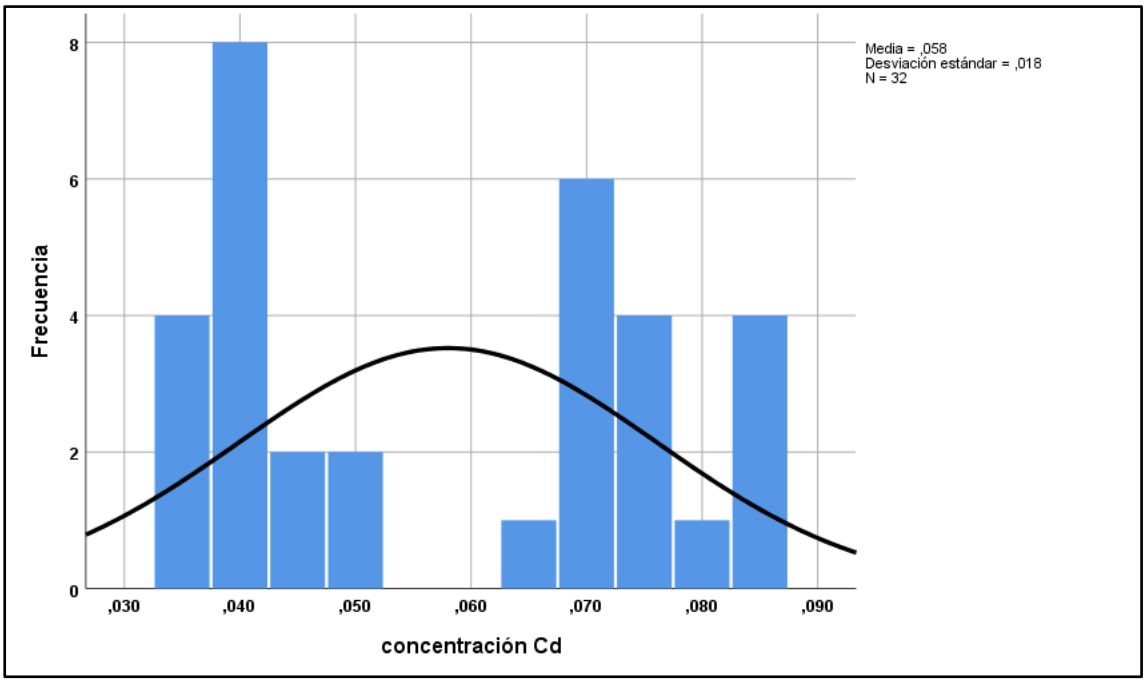

Figura 7. Gráfico de distribución normal de concentración de Cd

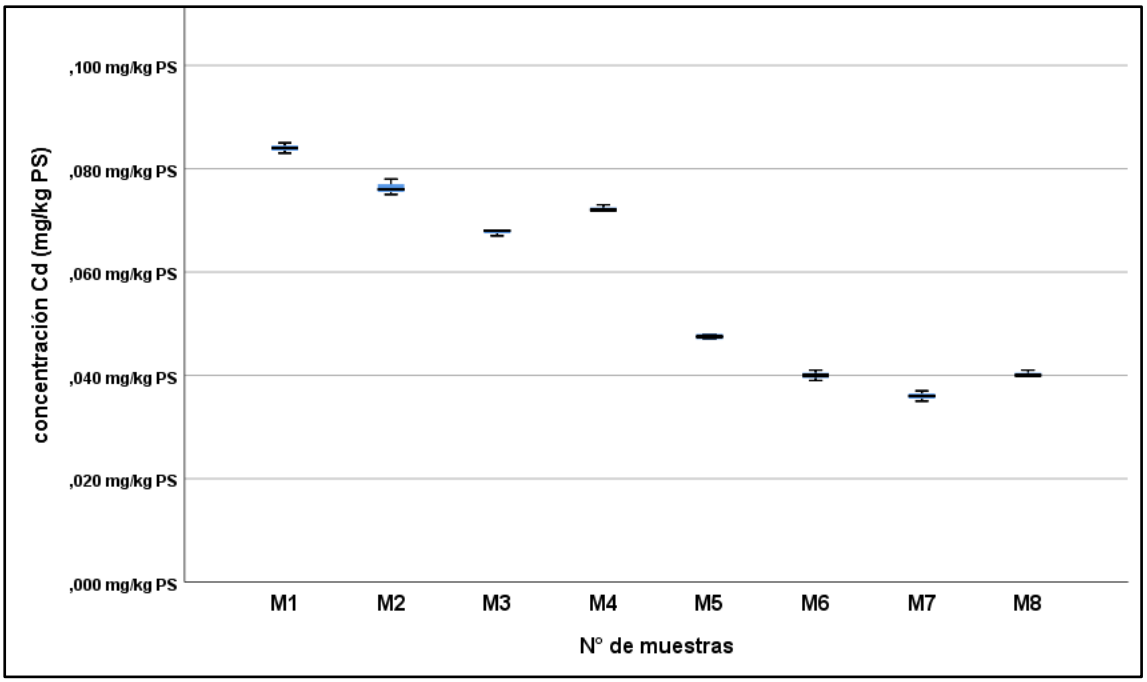

Figura 8. Diagrama de cajas simples de concentración de Cd de las muestras

Plomo (Pb): El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, que es absorbido por las plantas y esta a su vez por el hombre provocando problemas en la salud. Sin embargo, en el análisis de la muetra investigada y comparando los datos de las muestras con el ECA para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial de 70 mg/kg PS. Ver cuadros de resultados.

Tabla 5. Análisis de varianza para plomo (Pb)

Fuente de variación	**SC**	**Gl**	**CM**	**F**	**Sig.**
Entre muestras	110.564	7	15.795	421197.333	0.000**
Error	0.001	24	3.750E-5		
Total	110.565	31			

"*" Diferencias significativas (α=0.05) "**" diferencias altamente significativas (α=0.01)

Como se muestra en el cuadro 4 con un nivel de confianza del 99% existen diferencias altamente significativas en la concentración del Plomo (Pb) entre muestras.

Tabla 6. Prueba de comparación de media "tukey"

N° de muestras	**Grupos (mg/kg PS) 1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
M6	0.8425							
M7		1.7600						
M8			2.6425					
M1				4.0800				
M4					4.6425			
M5						4.8750		
M3							5.7150	
M2								6.6025

Nota: promedios en la misma columna no son diferentes

Como se muestra en el cuadro existe diferencias estadísticas en la concentración de Plomo (Pb) entre las muestras. Siendo la muestra M2 la que presentó mayor concentración obteniendo un

promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb y la muestra M6 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb.

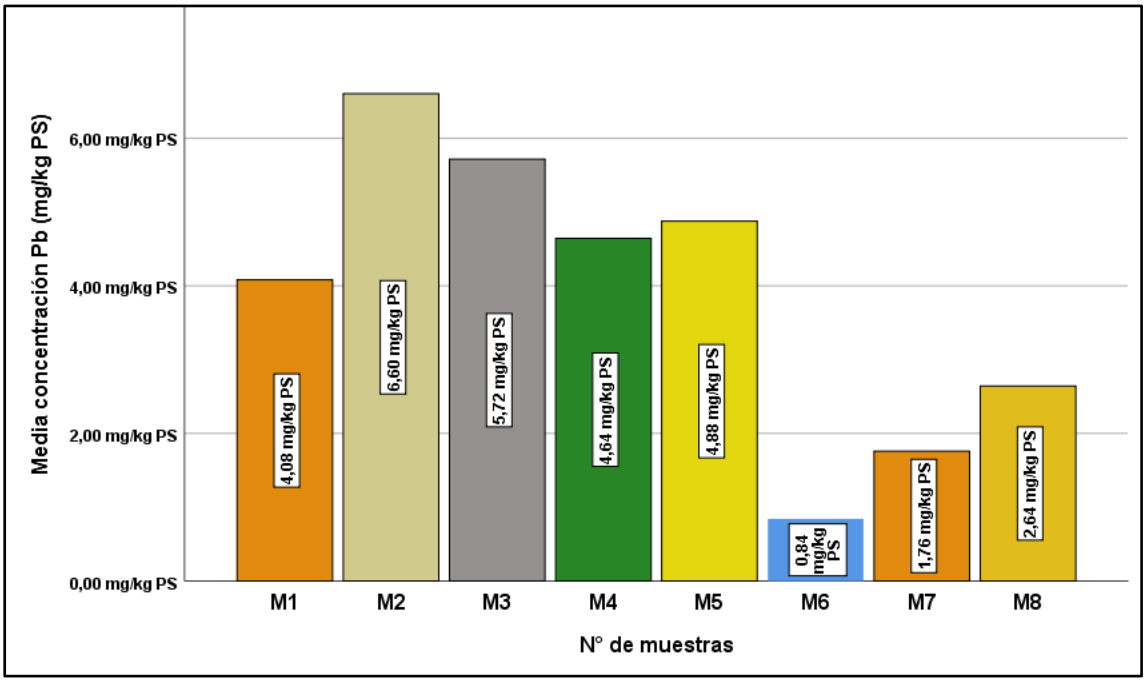

Figura 9. Gráfico de barra simple de concentración de Pb en las muestras

Tabla 7. Resumen estadístico

N° de muestras	M	Me	Mo	Max.	Min.	D.E.	Var.
M1	4.08	4.08	4.08	4.09	4.07	0.01	0.0
M2	6.6	6.6	6.6	6.61	6.6	0.01	0.0
M3	5.72	5.72	5.71	5.72	5.71	0.01	0.0
M4	4.64	4.64	4.64	4.65	4.64	0.01	0.0
M5	4.88	4.88	4.87	4.88	4.87	0.01	0.0
M6	0.84	0.84	0.84	0.85	0.84	0.0	0.0
M7	1.76	1.76	1.76	1.77	1.75	0.01	0.0
M8	2.64	2.64	2.64	2.65	2.64	0.0	0.0

Como se observa en el resumen estadístico la población presenta distribución normal ya que M=Me=Mo (Ver figur5). Así como también se observa que existen valores máximos ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al promedio. Finalmente existe homogenización de datos en las muestras ya que presentan valores de desviación estándar y varianza muy bajos (ver figura 6).

Comparando los datos de las muestras con el ECA para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial de 70 mg/kg. Por lo tanto, la zona en donde se extrajo las muestras presenta un buen suelo para uso agrícola.

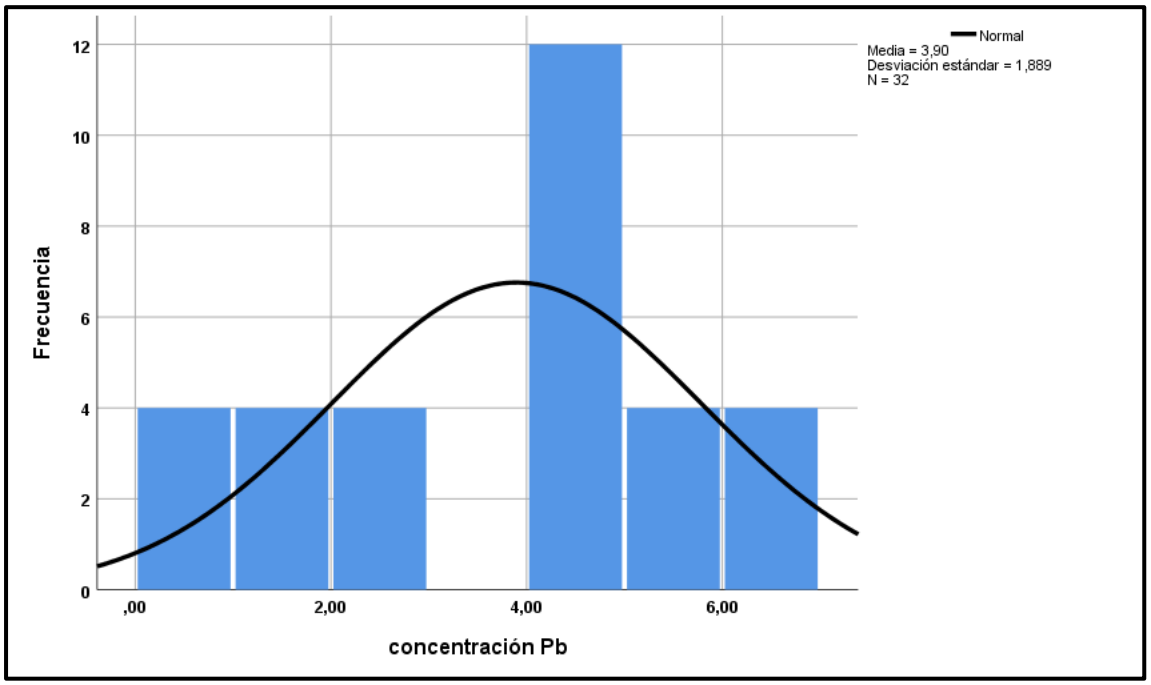

Figura 10. Gráfico de distribución normal de concentración de Pb en las muestras

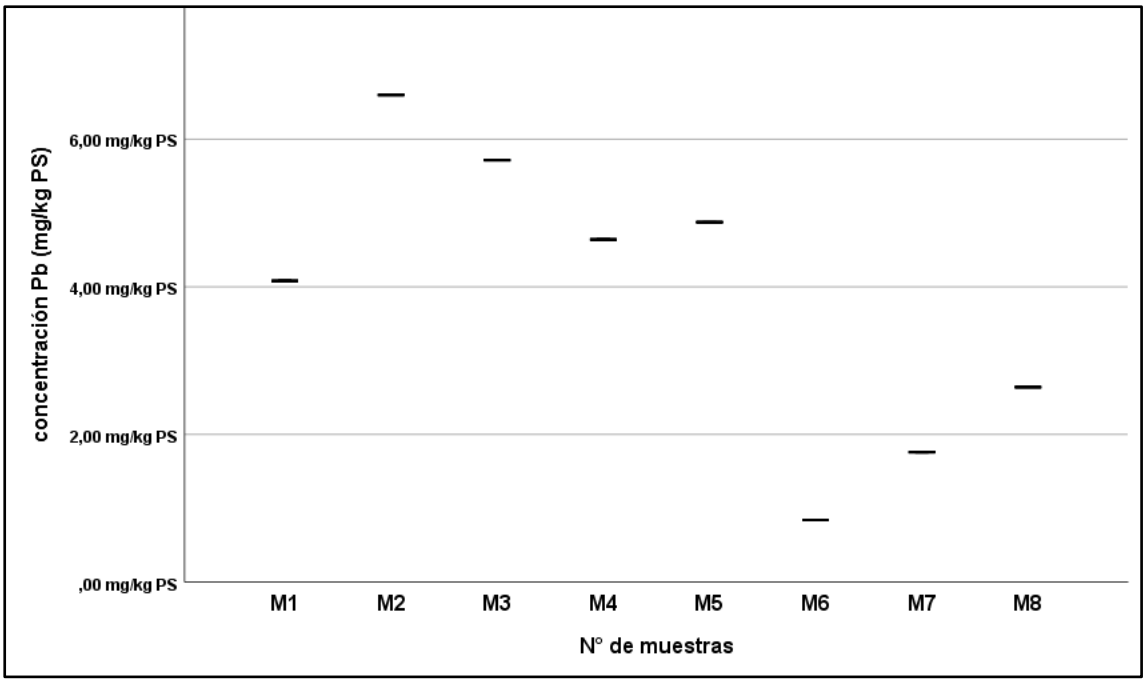

Figura 11. Diagrama de cajas simple de concentración de Pb en las muestras

4.2. DISCUSIÓN

Existen diferencias altamente significativas en la concentración del Cadmio (Cd) entre muestras, siendo la muestra M1 la que presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 0.084 mg/kg PS de Cadmio (Cd) y la muestra M7 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.036 mg/kg PS de Cadmio (Cd).

En el resumen estadístico la población presenta distribución normal, así como también se observa que existen valores máximos ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al promedio.

Finalmente existe homogenización de datos en las muestras ya que presentan valores de desviación estándar y varianza muy bajos.

Existen diferencias altamente significativas en la concentración del Plomo (Pb) entre muestras; siendo la muestra M2 la que presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb y la muestra M6 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb.

En el resumen estadístico la población presenta distribución normal, así como también se observa que existen valores máximos ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al promedio. Finalmente existe homogenización de datos en las muestras ya que presentan valores de desviación estándar y varianza muy bajos.

Cuando se agregan sustencias artificiales al suelo con algún propósito-servir de plaguicidas por ejemplo-influyen en ellas los mismos mecanismos de atracción que en la materia orgánica propiamente dicha. En consecuencia dichos productos agroquímicos son generalmente menos eficientes en suelos que retienen materia

orgánica, aspecto que debe ser considerado cuando se aplican en suelos arcillosos o ricos en minerales con alta superficie específica (Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987).

PUGA, S. (2006) en el libro *Contaminación por Metales pesados en suelos provocada por la industria minera de San Francisco del Oro – México.* concluyó que:

Los cuatro elementos estudiados presentaron una mayor acumulación en los dos sitios cercanos a la presa de Hales, esto es los primeros 600 metros. En estos dos sitios la concentración de As, Pb y Zn, fueron mayores en las profundidades de 40-60 y 60-80 cm que en la superficie, El Cd fue el único metal que no presentó esta caraterística y que en estos sitios presentó mayor concentración en la superficie.

El Zn se encontró en cantidades muy altas en toda el área, por lo que debe considerarse como riesgoso, para las plantas, el Cd se correlacionó con el PH, con la distancia en forma negativa, al igual que con la profundidad de suelo, el cadmio no se encuentra en estado libre en la naturaleza sino como sulfuro de cadmio.

En cuanto a la investigación para cadmio en laboratorios especializados hay un nivel de confianza del 99%; además existen diferencias altamente significativas en la concentración del Cadmio (Cd) entre muestras analizadas. En cuanto a la muestra M1 presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 0.084 mg/kg PS de Cd y la muestra M7 la que presentó menor concentración con un promedio de 0.036 mg/kg PS de Cd.

AVELINO, C. (2013) en su tesis *Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco – Pasco.* concluyó que:

Las especies fitoextractoras, el cerrajón (Sonchus oleraceus), mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum), llantén indio (Plantago orbignyana) y del acahual cimarrón (Bidens triplinervia) como especies más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos en Villa de Paseo. Se ha evaluado la eficacia del cerrajón (Sonchus oleraceus) para absorber el arsénico, el Mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum) para absorber el cadmio, el llantén indio (Plantago orbignyana) para absorber el plomo y el Acahual cimarrón (Bidens triplinervia) para la absorción del zinc. Se determinó el Índice de Bioconcentración de las especies Cerrajón (Sonchus Oleraceus), Mastuerzo (Lepidium bipinnatifidum), Llantén indio (Plantago orbignyana) y del Acahual cimarrón (Bidens triplinervia), siendo la relación de la concentración del metal en la planta con respecto a la concentración total del metal en el suelo, obteniéndose valores mayores que la unidad, por lo que, son eficaces para absorber metales As, Cd, Pb y Zn de los suelos de Villa de Paseo.

En cuanto a la investigación para Plomo en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha el análisis en los laboratorios especializados y utilizando el ANOVA dieron como resultado un nivel de confianza del 99%. Además, nos dan un resultado de que existen diferencias altamente significativas en la concentración del Plomo (Pb) entre muestras analizadas. En la muestra M2 presentó mayor concentración obteniendo un promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb y en la muestra M6 presentó menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se demostró que el contenido de Cadmio (Cd) disponible en los suelos de uso agrícola del Centro Poblado de San José de Yarinacocha, al hacer el análisis de varianza nos da un nivel de confianza del 99 %.
- No existe diferencias significativas en la concentración de Cadmio (Cd) entre las muestras M6 y M8 sin embargo estos difieren significativamente de las otras muestras.
- Comparando los datos de las muestras con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo nos demuestra que, el nivel de concentración de Cadmio (Cd) en el suelo estudiado no supera al valor referencial de 1.4 mg/kg PS.
- El contenido de Plomo (Pb) disponible en los suelos de uso agrícola del Centro Poblado de San José de Yarinacocha, al hacer el análisis de varianza nos da un nivel de confianza del 99 %.
- Existe diferencias estadísticas en la concentración de Plomo (Pb) entre las muestras.
- Comparando los datos de las muestras con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo nos demuestra que, el nivel de concentración de plomo (pb) en el suelo estudiado no supera al valor referencial de 70 mg/kg PS.

5.2. RECOMENDACIONES

- La muestra para su análisis no debe ser extraido debajo de árboles o plantaciones, la porción debe tomarse de un suelo uniforme, limpiar la zona de ojarascas u otros desechos.

- Se sugiere que, en futuras investigaciones se tenga en cuenta la temporada, ya que muchas zonas agrícolas se inundan en temporadas de invierno, por lo que se recomienda realizar estos trabos de investigación en la temporada de verano (junio a octubre)

- Contrastando los datos de las muestras con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial para Cadmio (Cd) 1.4 mg/kg PS y para Plomo (Pb) 70 mg/kg. Por lo tanto, la zona en donde se extrajo las muestras presenta un buen suelo para uso agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, M. (2007). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del Valle de Mezquital. Hgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. México. 101 pp.

2. García l y Dorronsoro C. (2005). Contaminación por metales pesados. En: Tecnología de suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, Granada, España.

3. Hidalgo L.F., Seijas Z.P., Vásquez M., (2003). Suelos aluviales: un potencial de desarrollo agrícola en Ucayali. Manual Nº 01. Instituto nacional de investigación agraria (INIA). Pucallpa, Perú. pp. 8-46.

4. Hoag, R. (1985). Characterization of soil on floodplains of tributaries flowing into the amazon river in Perú. 118 p. (Tesis Doctoral en preparación).

5. Labarta R., White D., Leguía E., Guzmán W., Soto J. (2007). La Agricultura en la Amazonía Ribereña del Río Ucayali. ¿Una Zona Productiva pero Poco Rentable?. Acta Amazónica. VOL. 37(2) 2007: 177 – 186. (e)

6. Mendoza, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. Publicaciones Server. Universidad de Valencia, Valencia, España.

7. Ministerio del Ambiente (2017). Estándares de calidad ambiental del suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM). Normas Legales. Anexo 1. Lima –Perú.

8. Montenegro O. (2002). Contaminación química de suelos y cultivos. Estrategias para la productividad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Capitulo Tolima, Bogotá.

9. Panduro T.N. (2015). Dinámica de la absorción de los nutrientes y metales pesados en la biomasa estacional del cultivo de camu camu *(Myrciaria* d~bia HBK), en un Entisols de Yarinacocha. Tesis Para optar al Grado Académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Escuela De Posgrado.

10. Ríos O. (1985). Fertilidad de suelos amazónicos. UNU. Pucallpa. pp 3-4.

11. Rodríguez A.F. (1990). Los suelos de áreas inundables de la Amazonía Peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. FOLIA AMAZÓNICA IIAP VOL. Nº 2. (d) (e).

12. Rodríguez F.A., 5. Pascual R., Beuzeville E., Chaman A., Pasquel O., Miranda y J. Ramírez. (1985). El recurso suelo en la Amazonía Peruana. IIAP. Doc. De trabajo. IIIp.

13. Sales B.D. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su

uso y manejo en el secuestro del carbono. Tesis Doctoral. Universidad De Sevilla. Facultad De Ciencias Químicas.

14. San Román J. (1975). Estudio socio-económico de los ríos Amazonas y Napo. IPA, Publicaciones CETA.

15. Sánchez P. A. y J.R. Benites (1983). Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana. INLPA -NCSU. Programa de Suelos Tropicales Yurimaguas. Serie Separatas N° 6. 68p.

16. Veillon, L. (1986). Informe científico pedológico de Jenaro Herrera. Convenio' IIAPORSTOM. 77p.

17. Velit C y Lazo E. (2003). Evaluación de la contaminación de cadmio en suelos dedicados a la agricultura en el distrito de Pilcomayo. Informe final. UNCP. Huancayo. Perú.25 pp.

18. Fassbender, H y Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de America Latina. 45p y 121p.

19. Yepes, E., y N. Villa. (1986). Régimen socio-económico de la población rural de la zona Requena - Bagazán. Informe Final - IIAP. 189 p.

20. Camacho A., Ariosa, L. (1998). Diccionario de términos ambientales. La Habana: Centro Félix Varela;.(a) (b) (c).

21. Ramírez, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Santafé de Bogotá, DC.

ANEXOS

Extracción de la muestra



Figura N° 12



figura N° 13



Figura N° 14



Figura N° 15

Cortado de la muestra



Figura N° 16



Figura N° 17



Figura N° 18



Figura N° 19

Empaquetado de la muestra



Figura N° 20



Figura N° 21



Figura N° 22



Figura N° 23

Mezclar la muestra



Figura N° 24



Figura N° 25

EQUIPO PARA DETERMINAR EL AREA



Figura N° 26



Figura N° 27

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION LOCUS MAP



Figura N° 28

Análisis en el laboratorio



FIGURA N° 29