UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES ESCUELA

PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS, MACROELEMENTOS Y PH EN SUELOS DEGRADADOS, SUELOS DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL Y SUELOS CON CULTIVOS DE CAMÚ CAMU - YARINACOCHA-UCAYALI.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

KEVIN ANTHONY CHERO OREJON

WATHSON WENINGER MORI FLORES

Pucallpa – Perú

2024

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

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACION DE TESIS
N° 189/2024-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 10.20 am del día 08 de agosto del 2024, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, estando designado con Memo Múltiple N° 0035-2024-UNU-FCFya-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui	Presidente
Dr. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro
Ing. M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio	Miembro

Se procede a la evaluación de la tesis denominada **"DETERMINACION DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS, MACRO ELEMENTOS Y PH EN SUELOS DEGRADADOS, SUELO DE BOSQUE HUMEDO TROPICAL Y SUELO CON CULTIVO DE CAMU CAMU-YARINACOCHA, UCAYALI"**, presentado por los bachilleres **CHERO OREJON KEVIN ANTHONY Y MORI FLORES WATHSON WENINGER;** asesorado por el **Dr. RUBEN DARIO MANTURANO PERES.**

Habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, los que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia, la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD** Y recomendando su publicación, quedando expedido para el otorgamiento del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL,** después de las corrección respectivas a la tesis, siendo 11:15 am horas del mismo día se da por culminada el acto académico firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui
Presidente

Dr. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

Ing. M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisitos para optar el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui

Presidente

Dr. Julissa Katy Bautista Valencia

Miembro

Ing. M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio

Miembro

Dr. Ruben Dario Manturano Peres

Asesor

Bach. Kevin Anthony Chero Orejon

Tesista

Bach. Wathson Weninger Mori Flores

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° **V/0293-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS, MACROELEMENTOS Y PH EN SUELOS DEGRADADOS, SUELOS DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL Y SUELOS CON CULTIVOS DE CAMÚ CAMU - YARINACOCHA UCAYALI."

Autor (es)	:	**CHERO OREJON, KEVIN ANTHONY**
		MORI FLORES, WATHSON WENINGER
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor (a)	:	**DR. MANTURANO PEREZ, RUBÉN DARIO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 21/06/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Kevin Anthony Chero Orejon

Autor de la tesis titulada: "Determinación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados, Macroelementos y PH en suelos degradados, Suelos de Bosque Húmedo Tropical y Suelos con Cultivos de Camú Camú - Yarinacocha - Ucayali"

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. Rubén Dario Manturano Perez

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

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, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15/08/2024

Email: kevinanthonyamb@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 992776898 DNI: 73543207

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, WATHSON WENINGER MORI FLORES

Autor de la tesis titulada : DETERMINACIÓN DE LAS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS, MACROELEMENTOS Y pH EN SUELOS DEGRADADOS, SUELOS DE BOSQUE HUMEDO TROPICAL Y SUELOS CON CULTIVOS DE CANU CANU - YARINACOCHA - UCAYALI.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. RUBEN DARIO MANTURANO PEREZ

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

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, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 08 / 2024

Email: FloresWeninger@gmail.com Firma:

Teléfono: 959228041 DNI: 77066862

DEDICATORIA

A mis padres, Sandra y Julio, por el apoyo incondicional brindado en todo el trayecto de mi vida.

Al señor Edwin y señora Silvia, por darme el cariño y hacerme sentir parte de su familia.

A mis Profesores Universitarios que dan su tiempo y paciencia para impartirnos las enseñanzas para nuestra formación.

A mis padres, Aurora F. que ha sabido formarme con buenos valores y darme la confianza para alcanzar este sueño y Miguel M. que, a pesar de nuestra distancia física, sé que este momento hubiera sido tan especial para el como lo es para mí.

A mi padrastro Diego Z. que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mis hermanas Mithzy M. y Neyruth M., quienes me dieron su apoyo y aliento para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se les debo por su apoyo incondicional.

Wathson Weninger Mori Flores

AGRADECIMIENTO

Agradecidos infinitamente al apoyo de nuestros padres, por los consejos y los valores brindados.

Agradecimiento a Dr. Rubén Dario Manturano Perez, por el asesoramiento otorgado para la elaboración y ejecución de nuestro proyecto.

A nuestros docentes que año tras año nos han impartido conocimientos para forjarnos como los profesionales que somos hoy en día.

A nuestra casa de estudio.

A la Universidad Nacional de Ucayali, por la exigencia a nosotros y al mismo tiempo permitirnos obtener el Título profesional de Ingeniero Ambiental.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **vii**

AGRADECIMIENTO ..... **viii**

INDICE GENERAL ..... **ix**

INDICE DE TABLAS ..... **xii**

INDICE DE FIGURAS ..... **xv**

RESUMEN..... **xvii**

ABSTRACT..... **xviii**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPITULO I **3**

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA **3**

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. **3**

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. **3**

1.2.1. Problema General. **3**

1.2.2. Problemas Específicos. **3**

1.3. JUSTIFICACIÓN. **4**

1.3.1. Justificación Teórico. **4**

1.3.2. Justificación Práctica. **4**

1.3.3. Justificación Ambiental. **4**

1.3.4. Justificación Social **5**

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. **5**

1.4.1. Objetivo General. **5**

1.4.2. Objetivos Específicos. **5**

CAPITULO II **6**

MARCO TEORICO **6**

2.1. ANTECEDENTES. **6**

2.1.1. Nivel Internacional. **6**

2.1.2. Nivel Nacional. **8**

2.1.3. Nivel Local **11**

2.2. BASES TEORICAS. **12**

2.2.1. Recurso suelo y agroecología. 12
2.2.2. Calidad de suelos 13
2.2.4. Macronutrientes del suelo. 20
2.2.5. pH. 24
2.2.6. Suelo degradado. 28
2.2.7. bosque tropical húmedo. 32
2.2.8. cultivos de Camu Camu. 35
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS. 37
2.3.HIPOTESIS. 37
2.4.VARIABLES. 38
CAPÍTULO III 39
METODOLOGÍA 39
3.1. ENFOQUE, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN. 39
3.1.1. Enfoque de la investigación. 39
3.1.2. Tipo de investigación. 39
3.1.3. Nivel de investigación. 39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA. 39
3.2.1. Población. 39
3.2.2. Muestra. 40
3.2.3. Ubicación de la muestra de estudio. 40
3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 43
3.3.1. Métodos. 43
3.3.2. Técnicas. 44
3.3.3. Instrumentos. 44
3.3.4. Materiales. 44
3.3.5. Equipos. 45
3.3.6. Software. 45
3.3.7. Preservación y almacenamiento de muestras. 45
3.4. TRATAMIENTO DE DATOS. 45
CAPITULO IV 46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 46
4.1. RESULTADOS 46
4.1.1. ANÁLISIS MECÁNICO. 46
4.1.2. PARAMETROS 47

4.2. DISCUSIÓN. 68
CAPÍTULO V 72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72
5.1. CONCLUSIONES. 72
5.2.RECOMENDACIONES. 73
***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS* 74**
Anexo 1: Parámetros y estándares para la interpretación de los resultados. 78
Anexo 2: Resultado del Análisis de suelo. 83
Anexo 3: Recolección de muestras de suelos tropicales. 84
Anexo 4: Recolección de toma de muestra de suelos degradados. 86
Anexo 5: Recolección de toma de muestra de cultivos de camu camu 89
Figura N° 1 Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 01. 89
Figura N° 2 Dron para los puntos de muestreo suelos de cultivos de camu camu. 89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía de la especie arbustiva 8

Tabla 2. Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales y metales pesados que contaminan las plantas. 18

Tabla 3. Algunas Herramientas para recolección de muestras. 19

Tabla 4. Análisis mecánico para los tres tipos de suelos 46

Tabla 5. Análisis de varianza de pH de tres tipos de suelo. 47

Tabla 6. Prueba de tukey de pH de 3 tipos de suelo. 47

Tabla 7. Análisis de varianza de Materia Orgánica (MO) de tres tipos de suelo.....48

Tabla 8. Prueba de tukey de Materia Orgánico (MO) de 3 tipos de suelo. 48

Tabla 9. Análisis de varianza de Nitrógeno (N) de tres tipos de suelo. 49

Tabla 10. Prueba de tukey de Nitrógeno (N) de 3 tipos de suelo. 49

Tabla 11. Análisis de varianza de Fosforo (P) de tres tipos de suelo. 50

Tabla 12. Prueba de tukey de Fosforo (P) de 3 tipos de suelo. 50

Tabla 13. Análisis de varianza de Potasio (K) de tres tipos de suelo. 51

Tabla 14. Prueba de tukey de Potasio (K) de 3 tipos de suelo. 51

Tabla 15. Análisis de varianza de Cadmio (Cd) de tres tipos de suelo. 52

Tabla 16. Prueba de tukey de Cadmio (Cd) de 3 tipos de suelo. 52

Tabla 17. Análisis de varianza de Plomo (Pb) de tres tipos de suelo. 53

Tabla 18. Prueba de tukey de Plomo (Pb) de 3 tipos de suelo. 53

Tabla 19. Análisis de varianza de Calcio (Ca) de tres tipos de suelo. 54

Tabla 20. Prueba de tukey de Calcio (Ca) de 3 tipos de suelo. 54

Tabla 21. Análisis de varianza de Magnesio (Mg) de tres tipos de suelo. 55

Tabla 22. Prueba de tukey de Magnesio (Mg) de 3 tipos de suelo. 55

Tabla 23. Análisis de varianza de Potasio (K) de tres tipos de suelo. 55

Tabla 24. Prueba de tukey de Potasio (K) de 3 tipos de suelo. 56

Tabla 25. Análisis de varianza de Sodio (Na) de tres tipos de suelo. 56

Tabla 26. Prueba de tukey de Sodio (Na) de 3 tipos de suelo 57

Tabla 27. Análisis de varianza de Aluminio (Al) de tres tipos de suelo. 57

Tabla 28. Prueba de tukey de Aluminio (Al) de 3 tipos de suelo. 58

Tabla 29. Análisis de varianza de Hidrogeno (H) de tres tipos de suelo. 58

Tabla 30. Prueba de tukey de Hidrogeno (H) de 3 tipos de suelo 59

Tabla 31. Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo. 59

Tabla 32. Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo. 60

Tabla 33. Estadígrafos de nitrógeno (N) de tres tipos de suelo. 61

Tabla 34. Estadígrafos de fósforo (P) de tres tipos de suelo. 61

Tabla 35. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo. 62

Tabla 36. Estadígrafos de cadmio (CD) de tres tipos de suelo 63

Tabla 37. Estadígrafos de plomo (Pb) de tres tipos de suelo 63

Tabla 38. Estadígrafos de calcio (Ca) de tres tipos de suelo 64

Tabla 39. Estadígrafos de magnesio (Mg) de tres tipos de suelo 65

Tabla 40. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo 65

Tabla 41. Estadígrafos de sodio (Na) de tres tipos de suelo. 66

Tabla 42. Estadígrafos de aluminio (Al) de tres tipos de suelo 67

Tabla 43. Estadígrafos de hidrogeno (H) de tres tipos de suelo. 67

Tabla 44. Estándares de calidad ambiental para suelos. 79

Tabla 45. Métodos analíticos. 80

Tabla 46. Interpretación del pH. 81

Tabla 47. Rango de Salinidad. 81

Tabla 48. Interpretación para el potasio disponible. 82

Tabla 49. Interpretación de carbonato de calcio, materia orgánica y nitrógeno total. 82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Suelos arenosos 23

Figura 2. Toma de muestras de suelos degradados**.**.....41

Figura 3. Toma de muestras de suelos de bosque húmedo tropical.....42

Figura 4. Toma de muestras de suelos con cultivos de Camu Camu.....43

Figura 5. Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo.....60

Figura 6. Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo.....60

Figura 7. Estadígrafos de nitrógeno (N) de tres tipos de suelo.....61

Figura 8. Estadígrafos de fósforo (P) de tres tipos de suelo. 62

Figura 9. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.....62

Figura 10. Estadígrafos de cadmio (Cd) de tres tipos de suelo.....63

Figura 11. Estadígrafos de plomo (Pb) de tres tipos de suelo.....64

Figura 12. Estadígrafos de calcio (Ca) de tres tipos de suelo 64

Figura 13. Estadígrafos de magnesio (Mg) de tres tipos de suelo 65

Figura 14. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.....66

Figura 15. Estadígrafos de sodio (Na) de tres tipos de suelo.....66

Figura 16. Estadígrafos de aluminio (Al) de tres tipos de suelo.....67

Figura 17. Estadígrafos de hidrogeno (H) de tres tipos de suelo.....68

Figura 18. Promedio de los resultados de análisis de laboratorio.....83

Figura 19. Limpieza para la toma de muestra de suelo tropical 84

Figura 20. Toma de muestra de suelo tropical zona 01 84

Figura 21. Toma de muestra de suelo tropical zona 02. 84

Figura 22. Toma de muestra de suelo tropical zona 02 85

Figura 23. Toma de muestra de suelo tropical zona 03. 85

Figura 24. Toma de muestra de suelo tropical zona 03. 85

Figura 25. Toma de muestra de suelo tropical zona 04 86

Figura 26. Toma de muestra de suelo tropical zona 04 86

Figura 27. Limpieza para la toma de muestra de suelos degradados de la zona 01. 86

Figura 28. Toma de muestra de suelos degradados zona 01.....87

Figura 29. Toma de muestra de suelos degradados zona 02.....87

Figura 30. Toma de muestra de suelos degradados zona 02.....87

Figura 31. Toma de muestra de suelos degradados zona 03.....88

Figura 32. Toma de muestra de suelos degradados zona 03.....88

Figura 33. Toma de muestra de suelos degradados zona 04.....88

Figura 34. Toma de muestra de suelos degradados zona 04.....89

Figura 35. Dron para los puntos de muestreo suelos de cultivos de camu camu.....89

Figura 36. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 02 89

Figura 37. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 02. 90

Figura 38. Marcando el tipo de muestra 90

Figura 39. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 03 90

Figura 40. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 03 91

Figura 41. Toma de muestra de suelos cn cultivos de camu camu zona 04. 91

Figura 42. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 04 91

RESUMEN

La presente investigación científica tuvo como objetivo principal cuantificar los niveles de concentración Metales Pesados, Macro elementos y pH en suelos degradados, suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camú - Yarinacocha. Muchas son las formas de acumulación de metales pesados en suelos, mayor aun en suelos agrícolas, poniendo en riesgo la salud humana, debido a que las plantas absorben estos metales pesados acumulándolos en diferentes partes de la planta y con mayor frecuencia en los frutos. En cuanto a la metodología es descriptivo y no experimental, no experimental porque se realizó el análisis de las muestras en su entorno natural mediante el espectrofotómetro de absorción atómica y descriptivo porque no se manipula las muestras, así mismo se usó el método sistemático para la recolección de muestras, 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 el muestreo depende, de muchos factores como las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad máxima es de 60 cm para muestras de suelos superficiales; se utilizó la guía para muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo 2014. En cuanto a los resultados los niveles o concentración en promedio de metales pesados cadmio (Cd) 0.1013 ppm; plomo (Pd) 2.8503 ppm. Parámetro pH 5.953. Macronutrientes disponible nitrógeno (N) 0.950 %; fosforo 5.3250 ppm; potasio (K) 93.64 ppm. Macronutrientes cambiables calcio (Ca) 17.262 ppm; magnesio (Mg) 2.27800 ppm; potasio (K) 0.22075 ppm; sodio (Na) 0.11225 ppm; aluminio (Al) 0.0000 ppm; hidrogeno (H) 0.0000 ppm. Siendo el suelo con mayor cantidad de macronutrientes los bajiales de Camú Camú.

Palabras claves: Macronutrientes, metales pesados, suelos degradados, concentración y parámetros.

ABSTRACT

The main purpose of this scientific research was to quantify the concentration levels of Heavy Metals, Macroelements and pH in degraded soils, tropical humid forest soils and soils with Camú Camu - Yarinacocha crops. There are many forms of accumulation of heavy metals in soils, even greater in agricultural soils, putting human health at risk, because plants absorb these heavy metals, accumulating them in different parts of the plant and more frequently in the fruits. Regarding the methodology, it is experimental - descriptive, experimental because the metals and others will be analyzed in an atomic absorption spectrophotometer and descriptive because the samples will not be manipulated, in addition to the systematic method, it is a method by which the selected sampling points are They are located at uniform distances from each other to provide full coverage.For the sampling it depends on many factors such as the soil, meteorological, geological and hydrogeological conditions in the site, the maximum depth is 60 cm for surface soil samples; the guide for soil sampling was used in the Framework of Supreme Decree No. 002-2013-MINAM, Environmental Quality Standards (ECA) for soil 2014. Regarding the results, the levels or concentration on average of heavy metals cadmium (Cd) 0.1013 ppm; lead (Pd) 2.8503 ppm. Parameter pH 5.953. Available macronutrients Nitrogen (N) 0.950%; phosphorus 5.3250 ppm; potassium (K) 93.64 ppm. Exchangeable macronutrients calcium (Ca) 17,262 ppm; Magnesium (Mg) 2.27800 ppm; potassium (K) 0.22075 ppm; sodium (Na) 0.11225 ppm; aluminum (Al) 0.0000 ppm; hydrogen (H) 0.0000 ppm. The soil with the greatest amount of macronutrients is the Camu Camu shoals.

Keywords: Macronutrients, heavy metals, degraded soils, concentration and parameters.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Coronel Portillo del departamento de Ucayali es cada vez más común los problemas causados por los niveles de concentración de metales pesados presentes en los suelos y especial en las áreas degradadas y las áreas agrícolas, teniendo como consecuencia los escases de los micro elementos, el incremento de pH, el riesgo a la vida de los organismos y la salud humana. Este problema no solo afecta a los suelos de la provincia, sino que a los suelos de muchas provincias de Perú y el mundo. Por eso, esta investigación tuvo como objetivo principal cuantificar los niveles de concentración de metales pesados, macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu en el Distrito de Yarinacocha.

Desde hace muchos años se viene investigando sobre los metales pesados o elementos traza, que se han detectado en los diferentes tipos de suelo que son absorbidos por plantas, que estos a su vez considerados como tóxicos o muy tóxicos disponibles, como: Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Fe y Pb. muchas veces estos elementos presentan concentraciones superiores a los valores considerados «normales» en suelos. **(Prieto Méndez, González Ramírez, Román Gutiérrez, & Prieto García, 2009)**

En cuanto a los macro elementos: son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en mayores cantidades. En este grupo se incluye el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg); y la zona que presento mayor cantidad de macronutrientes fuero aquellas zonas humedales o bajial con cultivos de Camu Camu, los suelos degradados alto en metales pesados y bajo en macronutrientes, las zonas de bosque húmedo tropical o bosques primarios con alto contenido de nutrientes como macro elementos; la metodología utilizada para la evaluación de los niveles de concentración se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del para suelos agrícolas, con

Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, para la recolección de muestra 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, utilizando los instrumentos necesarios para la toma de muestra desde el primer punto hasta el último punto, y así hacer un recorrido recolectando las muestras de todos los puntos indicados en el plano. Para el tratamiento o procesamiento de datos se utilizó el método de Análisis de Varianza (ANOVA); e interpretados mediante el programa estadístico SPSS Statistics, La base de cálculo de varianza ANOVA es el análisis de resultados experimentales, en los que comparamos los resultados finales del tratamiento, respecto a las variables, donde se utilizó el nivel de significancia para la prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey. **(FAO, World Fertilizer use Manual, 1965)**

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

La acumulación de metales pesados en suelos agrícolas es un riesgo para la vida de los organismos y la salud humana, y sus efectos negativos dependen de la concentración del metal y las propiedades específicas del suelo, las plantas y en especial las agronómicas absorben estos metales pesados acumulándolos en diferentes partes de la planta, donde por bioacumulación pasan a las poblaciones humanas por el consumo directo de estos productos. Más aún que el Camu Camu se produce en grandes cantidades, por el comercio nacional e internacional, si los suelos de estos cultivos se contaminan por metales pesados traídos por sedimentación de la creciente de un cuerpo de agua o por lo contrario estos renovarían gracias a las constantes crecientes, por eso se demostrara con este estudio si los límites de contaminación por metales pesados según el (ECA) para suelos agrícolas no se sobrepasan en suelos que se inundan periódicamente, a diferencia de suelos de bosques húmedo tropical.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

- ¿Cuáles son los niveles de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu - Yarinacocha-Ucayali?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuál será el nivel de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos degradados - Yarinacocha-Ucayali?

- ¿Cuál será el nivel de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en suelos de Bosque Húmedo tropical - Yarinacocha-Ucayali?
- ¿Cuál será el nivel de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos de cultivo de Camú Camu - Yarinacocha-Ucayali?

1.3. JUSTIFICACIÓN.

1.3.1. Justificación Teórico.

Este proyecto brindará documentación teórica de carácter académico y científico, presente en los antecedentes y los términos básicos utilizados para el desarrollo de la investigación. Asimismo, para el análisis de los resultados del trabajo se presentarán conclusiones las cuales consolidarán un apoyo bibliográfico para próximos estudios.

1.3.2. Justificación Práctica.

Este proyecto cuenta con una justificación práctica ya que esta área de trabajo es necesaria para la determinación de metales (Macro elementos) y pH en Cultivos De Camú Camu (Myrciaria dubia) y compararlos con los parámetros fisicoquímicos (ECA) para suelos agrícolas, los cuales se tomarán mediciones para poder presentar resultados verídicos y objetivos.

1.3.3. Justificación Ambiental.

El desarrollo del país implica la realización de actividades productivas, permitiendo el crecimiento de la economía que deberían de realizarse de manera responsable y amigable con el ambiente, a fin de respetar el derecho que tiene todo ciudadano de vivir y disfrutar de un ambiente sano, además de cumplir con ciertos estándares de calidad ambiental.

1.3.4. Justificación Social

Este proyecto ayudará a informar a la población sobre la importancia del cuidado de los suelos y sobre una gestión sustentable de los mismos. Asimismo, con una mejor calidad del suelo, los productos que se obtengan contaran con mayores nutrientes contribuyendo así con la salud de la población. Por otro lado, se brindará a la población conocimiento teórico y experimental sobre concentración de metales (Macro elementos) y pH en suelos degradados, suelo de bosque húmedo tropical y suelos de Cultivos De Camú Camu, ayudando así a que conozcan más sobre el tema.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. Objetivo General.

- Cuantificar los niveles de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu - Yarinacocha-Ucayali.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- ¿Cuantificar los niveles de concentración de Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos degradados - Yarinacocha-Ucayali?
- ¿Determinar los niveles de concentración de Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos de bosque húmedo tropical - Yarinacocha-Ucayali?
- ¿Determinar los niveles de concentración de Metales Pesados, Macro elementos y pH en suelos con Cultivos de Camú Camu - Yarinacocha-Ucayali?

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES.

2.1.1. Nivel Internacional.

Caracterización química de macro elementos en suelos cultivados con plátano (Musa AAB Simmonds) en el departamento de Córdoba, Colombia. Los suelos utilizados en cultivos de plátano en los municipios de Alto Sinú, presentan un pH ligeramente acido, materia orgánica baja, fosforo y azufre de medios a deficiente y contenidos de bases altos. En condiciones de la zona costera de Córdoba en los suelos utilizados en plátanos, se presentan reacción del suelo de ligeramente alcalina a ligeramente acida, con materia orgánica de media a baja, fosforo alto y azufre deficiente, y contenidos de bases intercambiables altas. Para la siembra del cultivo de plano en estas condiciones hay que tener presente el uso de fertilizantes con nitrógeno, azufre y fosforo por los bajos contenidos de materia orgánica y tendencia de insolubilización del fosforo y azufre en las zonas de estudio. **(Combatt Caballero, Novoa Yanez, Barrera Violeth, & Polo, 2005)**

El uso del suelo, cambios de uso del mismo en las tierras altas, en las zonas ribereñas y/o los cambios en el manejo de los ríos, pueden conducir a modificaciones en el flujo de las aguas subterráneas. Esto, a su vez a un aumento de la salinización de los suelos y cuerpos de agua superficiales como ríos, lagos y humedales. Dicho movimiento de las sales a través del paisaje, incluido por el hombre, es referido como salinidad secundaria y ocurre en numerosas áridas o países semiáridos. **(Gustavo Mercado, 2011).**

Gonzales Tornero, (2018) La investigación titulada "Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal" analiza cómo los biosólidos, productos del tratamiento de aguas residuales municipales, pueden ser aplicados en suelos agrícolas para aportar nutrientes y materia orgánica. Sin embargo, el uso de estos biosólidos puede ser problemático debido a su contenido de metales pesados, que podrían entrar en las cadenas alimenticias y causar problemas. Evaluar únicamente la concentración total de metales pesados en los suelos tratados no es suficiente para determinar el riesgo que representan, ya que estos metales están asociados a diferentes componentes del suelo que varían en su disponibilidad debido a sus propiedades fisicoquímicas.

El estudio se enfocó en medir las concentraciones biodisponibles y la distribución de los metales Cd, Cu, Ni, Pb y Zn en suelos tratados con biosólidos durante un periodo de seis años. Además, se investigó si la antigüedad de la aplicación de biosólidos influye en la biodisponibilidad y distribución de estos metales. Para esto, se empleó un procedimiento de extracción química secuencial de cuatro etapas, identificando las fracciones químicas que reflejan la biodisponibilidad y distribución de los metales. Las concentraciones totales de los metales se determinaron mediante digestión ácida en sistema abierto y se cuantificaron usando ICP-AES.

En los resultados, no se detectó cadmio (Cd). Se observó que la biodisponibilidad de cobre (Cu) y plomo (Pb) disminuye con el tiempo de aplicación de los biosólidos, mientras que la de zinc (Zn) aumenta. La antigüedad de la aplicación afectó la redistribución de Cu, Pb y Zn en las cuatro fracciones químicas. El níquel (Ni) mostró una menor sensibilidad a la antigüedad de la aplicación. En general, los metales analizados se encuentran mayoritariamente en las fracciones más estables del suelo, tanto en la fracción oxidizable como en la residual. Las fracciones

biodisponibles de cada metal presentaron bajos porcentajes, indicando una baja disponibilidad en el suelo y, por ende, un bajo riesgo de incorporación a las redes tróficas. **(Gonzales Flores, 2011)**

2.1.2. Nivel Nacional.

Los estudios realizados por Humboltd, Bonpland y Kurt, determinan la clasificación de las especies de camu camu, al estado natural en la Amazonía peruana; así, reportaron la existencia de dos especies; una arbustiva que hoy se denomina Myrciaria dubia (HBK Mc Vaugh) y otra arbórea Myrciaria floribunda **(Garcia Davila C., y otros, 2008)** . La taxonomía de la especie arbustiva es:

Tabla 1

Taxonomía de la especie arbustiva.

Taxonomía	
Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Myrtales
Familia	myrtaceae
Genero	Myrciaria
especie	Myrciaria dubia HBK

Nota: humboltd, Bonpland y kurt

El Camu Camu, una fruta originaria de la Amazonia, tiene su mayor concentración y diversidad de poblaciones en la Amazonia peruana, mientras que en Brasil se encuentra en muy baja concentración. Esta importante fruta amazónica se dispersa principalmente a lo largo de los afluentes de los grandes ríos como el Ucayali, el Marañón y el Amazonas. Así encontramos el camu camu en los ríos Nanay, Itaya,

Tahuayo y Napo, que son afluentes del río Amazonas; en el río Tigre, Pacaya - Samiria que son afluentes del río Marañón; en el lago Sahua y Supay, afluente del río Ucayali. **(Villachica, 1996).**

El Camu Camu habita en bosques de suelos aluviales recientes e inundables, mostrando tolerancia a la inundación, pudiendo permanecer completamente sumergido en agua durante cuatro a cinco meses. Actualmente, también se adapta a suelos con buen drenaje y regímenes hídricos que incluyen sequías de hasta dos meses, aunque períodos más largos de sequía pueden causar la caída de sus hojas **(Riva y Gonzales, 1997).** Investigaciones en plantaciones en terrazas altas han mostrado que el arbusto de Camu Camu se adapta bien a suelos ultisoles (ácidos) de baja fertilidad natural, con texturas de limo franco y arcilla franca, en topografías casi planas o ligeramente inclinadas. Sin embargo, sus rendimientos mejoran cuando la fertilidad del suelo es mayor y la precipitación está bien distribuida a lo largo del año **(Voto Bernales, 1985).**

El Camu Camu arbustivo puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Su sistema radicular es de tipo cónico, con raíces principales que alcanzan unos 50 cm de longitud y ramificaciones secundarias que se extienden horizontalmente en los primeros 30 cm aproximadamente, distribuyéndose en un radio proporcional al diámetro de la sombra de su copa. Además de absorber nutrientes, las raíces del Camu Camu están adaptadas para soportar excesiva humedad y fijar eficientemente la planta, evitando así que sea derribada por la corriente de las aguas durante las crecidas y vaciantes. Su tallo y ramas principales son glabros, las hojas son simples, opuestas, aovadas, elípticas o lanceoladas, alcanzando hasta 8 cm de largo por 1.5 a 2 cm de ancho, con ápice acuminado, base redondeada, bordes enteros y ligeramente ondulados, y nervios centrales aplanados en el haz y ligeramente prominentes en el envés. Las

inflorescencias son axilares, con pétalos blancos de 3 a 4 mm de largo. Los botones florales, que emergen principalmente en ramas del año, abren en unos 15 días, se polinizan y producen frutos. Estos frutos, entre 5 y 7 días después de la polinización, alcanzan el tamaño de una cabeza de clavito, madurando completamente en 60 a 70 días con un peso que varía entre 7 y 22 gramos y un color que va del verde claro al granate intenso. Los frutos son blandos, contienen de una a tres semillas reniformes de 8 a 1.5 mm de largo, notablemente aplanadas y cubiertas por una malla de fibrillas **(Panduro Tenazoa, Vega Jara, Ramirez Flores, & Herrera Veramendi, 2021).**

En poblaciones naturales como en las cochas Sahua y Supay en el río Ucayali, el 73% de los frutos de una plantación caen antes de completar su desarrollo, llegando al estado verde solo el 27% de los frutos cuajados **(Aguirre Gil, 2013)**; es decir, las flores que logran llegar a la última fase de fruto maduro constituyen el 27% del total de flores fecundadas.

Puga-Sosa (2017), en su artículo titulado "Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera", tuvo como objetivo evaluar la contaminación del suelo por plomo, cadmio, zinc y arsénico a diferentes distancias y niveles de profundidad, así como determinar su relación con las características físico-químicas del suelo. La investigación se llevó a cabo en San Francisco del Oro, Chin, dentro del área de influencia de una presa de jales, que es una zona de confinamiento de desechos de la industria minera. El estudio abarcó una distancia lineal de 3 km en la dirección de los vientos predominantes desde la fuente de contaminación. Se tomaron 30 muestras de suelo para analizar las concentraciones de metales y las características físico-químicas, a tres diferentes profundidades: 0-40, 40-60 y 60-80 cm en 10 sitios, con una separación de 300 m entre cada sitio. Las concentraciones de metales se evaluaron utilizando la técnica ICP, y las muestras con bajas

concentraciones se analizaron mediante absorción atómica. El análisis estadístico incluyó modelos de regresión que relacionaron características físico-químicas, distancias, profundidades y concentraciones de metales pesados. Los resultados indicaron que las concentraciones más altas de metales se encontraban en los sitios más cercanos a los jales, disminuyendo a medida que se alejaban de ellos. Todos los elementos superaron los límites establecidos por agencias internacionales. El arsénico se correlacionó con la distancia a la fuente, la textura y la materia orgánica del suelo; el plomo se asoció con la distancia a la fuente y la textura; el zinc con la distancia a la fuente; y el cadmio con la distancia a la fuente, el pH y la profundidad del suelo **(Soraya Puga & Toutcha Lebgue Cesar Q., 2006)**

2.1.3. Nivel Local

Según **Albornoz Atencia (2020)** en su estudio titulado "Determinación Cuantitativa De Cadmio (Cd) Y Plomo (Pb) Disponible En Suelos De Uso Agrícola En El Centro Poblado De San Pablo De Tushmo – Yarinacocha, Región Ucayali – Perú -2020", el análisis de varianza del contenido de Cadmio (Cd) en suelos agrícolas de esta área revela un nivel de confianza del 99 %, lo que indica diferencias altamente significativas en la concentración de Cadmio (Cd) entre las muestras. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las muestras M6 y M8, aunque estas difieren significativamente de las otras muestras. La muestra M1 presentó la mayor concentración, con un promedio de 0.084 mg/kg de Cadmio (Cd), mientras que la muestra M7 tuvo la menor concentración, con un promedio de 0.036 mg/kg de Cadmio (Cd). El análisis estadístico muestra que la población tiene una distribución normal, con valores máximos ligeramente superiores al promedio y valores mínimos ligeramente inferiores al promedio. Las muestras presentan una homogeneidad en los datos, evidenciada por los bajos valores de desviación estándar y varianza. Al

comparar los datos de las muestras con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, se observa que las concentraciones de Cadmio (Cd) no superan el valor referencial de 1.4 mg/kg. Por lo tanto, el área de extracción de las muestras se considera adecuada para el uso agrícola.

2.2. BASES TEORICAS.

2.2.1. Recurso suelo y agroecología.

El suelo, un concepto familiar para todos aquellos que viven y se alimentan de los productos agrícolas generados en esta fina capa fértil que recubre la superficie terrestre, es esencial para la vida vegetal y animal del planeta. Es uno de los componentes clave de los ecosistemas terrestres y, junto con la biodiversidad y el clima, determina el equilibrio ecológico en una región determinada. Durante mucho tiempo, se ha tendido a ver el suelo principalmente como un medio que recibe insumos para que las plantas cultivadas en él puedan ofrecer una buena cosecha. A pesar de que el suelo cumple la función de materia prima se debe tener en cuenta al suelo como un ente natural vivo cuyo funcionamiento depende de las funciones físicas, químicas y biológicas que cumplen la sostenibilidad de los ecosistemas. Pero, aunque el proceso natural de su formación toma varios años, un inadecuado manejo y la contaminación pueden deteriorarlo en menor tiempo del que se tomó formarlo. Para mantener la vida en el suelo las tres actividades más relevantes son: alimentar con nutrientes a los microorganismos y macro organismos, suministrarles de humedad y disminuir la cantidad de químicos que aplicamos al suelo, incluyendo los llamados no tóxicos. **(Leisa, 2008)**

El suelo es considerado como un cuerpo natural responsable de la vida, es un ente, porque tiene vida; tridimensional, porque es visto a lo largo, ancho y

profundidad; trifásico, porque existe fase sólida, líquida y gaseosa; dinámico, porque dentro del suelo ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicas constantemente. En la actualidad, el desarrollo que está teniendo la agricultura ecológica con relación al suelo se basa en preservar y recuperar el suelo agrícola de los impactos negativos que han producido los métodos intensivos de producción y/o efectos climatológicos adversos sobre el medio ambiente que percute favorablemente en la seguridad alimentaria.

Además, la posibilidad que tienen estos sistemas de producción permite la diversificación de los ingresos, la potenciación de los recursos disponible y el empleo. Se debe Indicar que el modelo intensivo de producción, no sólo ha provocado un deterioro del medio ambiente por la deforestación, destrucción de los suelos y la contaminación química de los suelos, el agua y, por tanto, de los alimentos que consumimos, sino que ha tenido fuertes repercusiones sobre la sociedad rural. Además, mantener los suelos descubiertos y desprotegidos es un acto antinatural, que se paga con la erosión que en ellos se produce y, con la necesidad de aplicar nutrientes para la planta por la esterilización a que sometemos al suelo, perdiéndose 15 las funciones benéficas para la nutrición de las plantas que realiza el conjunto de organismos que habitan en un suelo vivo. La alternativa es implementar sistemas agroecológicos que muestran la capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas y especialmente a zonas desfavorecidas, permitiendo la autosuficiencia alimentaria en agricultores de bajos recursos con el uso de tecnologías de bajos insumos. **(Jeannette S., 2019)**

2.2.2. Calidad de suelos

La explotación indiscriminada de los recursos naturales como consecuencia del incremento de la demanda de alimentos, cosechas, pastos, madera, etc., ha conducido a la degradación de los suelos la cual es una seria amenaza para el futuro de la humanidad. Así, la degradación medioambiental originada por el uso inadecuado del suelo ha originado desde la Conferencia de Las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) en Río de janeiro, Brasil en 1992 una concientización publica acerca de la preservación de los recursos del suelo y el interés de dar a conocer un concepto de calidad que sea acogido por diferentes disciplinas como una herramienta para evaluar los efectos de los usos del suelo y la preservación de los recursos. Desde la década de 1990 diferentes conceptos de calidad de suelos han ido evolucionando y mejorando a través de los años. **(FAO, 2018)**

Un suelo sano o de buena calidad es un suelo del que se pueden obtener cultivos, sanos y de alto rendimiento, con un mínimo de impactos negativos sobre el medio ambiente. Es un suelo que también brinda propiedades estables al crecimiento y salud de los cultivos haciendo frente a las condiciones variables de origen humano y natural. La calidad del suelo es la capacidad o aptitud del suelo de soportar el crecimiento de vegetales sin que esto resulte en la degradación del suelo o en un daño ambiental. La calidad de suelo consiste de componentes físicos, químicos y biológicos. **(ONU, 2015)**

La textura, profundidad efectiva, infiltración, capacidad retentiva del agua son los atributos físicos de la calidad del suelo. Los componentes químicos de la calidad del suelo incluyen carbono orgánico total, pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo y potasio extractables. Los métodos más usados para medir atributos físicos y químicos de la calidad de suelo

están bien establecidos y disponibles en la mayoría de laboratorios de suelo. No obstante, la definición más completa y mundialmente aceptada "define la calidad como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o 16 mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat". **(FAO, 2018)**

Los efectos adversos producidos por la actividad humana como el uso intensivo, el manejo inadecuado y/o efectos climáticos pueden generar el deterioro de un suelo que originalmente poseía buena calidad inherente generando erosión, reducción en la fertilidad, baja compactación, alta salinización y alta contaminación. La calidad del suelo puede degradarse por efecto de procesos naturales (erosión hídrica, eólica, reducción de la MO del suelo, etc.), impacto negativo del uso intensivo de la agricultura, presión demográfica que provoca una disminución de los recursos, procesos crecientes de urbanización la cual genera un cambio de uso del suelo y actividades antropogénicas que contaminan los suelos con metales pesados, hidrocarburos pesticidas y plaguicidas. **(Lopez Falcon R., 2002)**

En los andes del Perú, la cantidad y distribución de lluvias tienen un impacto mucho más profundo en los rendimientos generando problemas de salinización, sequía o anegamiento del suelo. Dada tal variación en los rendimientos, no hay una conciencia por parte de los agricultores al no considerar la erosión de los suelos como una amenaza real para subsistencia. Al no tener en cuenta los efectos de la erosión, se está potencialmente perjudicando a los agricultores debido a que la relación entre la productividad y el suelo depende más de la calidad del suelo remanente en el terreno que la cantidad del suelo eliminado por la erosión. Entonces, desde una perspectiva global, en la actualidad la mayor preocupación es conocer los factores

limitantes y riesgos que restringen la capacidad de soporte de la tierra para el sustento de las plantas y por ende la población. **(Rubiños K., 2021).**

2.2.3. Metales Pesados en los Cultivos, Agua, Suelos y la Salud

Un metal pesado se define como un elemento con una densidad de 5 g/cm³ o más en su forma elemental, o con un número atómico superior a 20, excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos (García y Dorronsoro, 2005). Esta definición incluye elementos esenciales para las plantas, como Fe, Cu, Mn, y Zn, y para los animales, como Co, Cr, y Ni. Aunque As y Se son considerados metaloides, su impacto contaminante los clasifica como metales pesados **(García I., 2006).**

Los metales pesados, presentes naturalmente en la corteza terrestre y contenidos en las rocas, experimentan cambios en sus niveles naturales debido a la erosión y actividades humanas, como el uso de aguas residuales, fertilizantes y enmiendas químicas. En el suelo, estos metales pasan por diversas reacciones que afectan su velocidad y duración, en relación con su ciclo biogeoquímico **(Panduro Tenazoa, Vega Jara, Ramirez Flores, & Herrera Veramendi, 2021).**

Aunque los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, en años recientes, las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos han provocado una acumulación antropogénica. Estos metales, peligrosos para la biota, los humanos y el medio ambiente, se almacenan principalmente en los sedimentos, que actúan como fuentes secundarias de contaminación en el entorno marino **(Panduro Tenazoa, Vega Jara, Ramirez Flores, & Herrera Veramendi, 2021).**

Los metales pesados más comunes como contaminantes ambientales son plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y el metaloide arsénico (As). Aunque

esenciales para las plantas y otros seres vivos como componentes estructurales o catalizadores en procesos bioquímicos, la actividad humana ha incrementado significativamente la cantidad de Cd, Hg, Ni y Pb en los suelos y aguas, causando toxicidad en los ecosistemas. Los mecanismos moleculares que permiten a algunas especies de plantas tolerar o incluso acumular estos metales pesados aún no se comprenden completamente **(Prieto Méndez, González Ramírez, Román Gutiérrez, & Prieto García, 2009).**

Una vez incorporados al suelo, principalmente a través de actividades humanas, los metales pesados participan en varios procesos. Pueden entrar en el ciclo del agua, acumularse en los tejidos vegetales o en el suelo, o transformarse químicamente a través de adsorción, solubilización, precipitación y cambios en el estado de oxidación. No todos los elementos presentes en el suelo están disponibles para las plantas, ya que la absorción depende de diversos factores y características fisicoquímicas del suelo, como el pH y la textura **(Acosta Alvarez Marcos M., 2007).**

En la nutrición vegetal, ciertos oligoelementos son necesarios y se absorben cuando están disponibles en el suelo o en el agua, y según la especie vegetal, se requieren en ciertas concentraciones. Sin embargo, cuando estos elementos están presentes en exceso, se vuelven tóxicos para las plantas, reduciendo la calidad y las propiedades nutritivas de los productos agrícolas y causando importantes problemas fisiológicos. **(Acosta Alvarez Marcos M., 2007).**

Tabla 2

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

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

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

Las plantas cultivadas en suelos contaminados tienden a absorber más oligoelementos, y la concentración de estos elementos en los tejidos vegetales suele estar directamente relacionada con su abundancia en el suelo, particularmente en la solución del suelo. Altas concentraciones de metales en el suelo pueden afectar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud ambiental, ya que estos metales se trasladan a través de la cadena alimentaria cuando los animales consumen las plantas y, posteriormente, los humanos consumen a los animales. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante procesos como la lixiviación, la absorción por las plantas, la erosión y la deflación **(Aguirre Gil, 2013).**

En general, estos metales no son biodegradables y, por lo tanto, pueden acumularse en los órganos vitales del cuerpo humano, causando efectos tóxicos

progresivos. La mayoría de los metales pesados ingresan a la cadena alimentaria principalmente a través de los cultivos que absorben el agua de riego contaminada.

Tabla 3

Algunas Herramientas para recolección de muestras.

Equipo	Aplicación al Diseño de Muestreo	Ventajas y Desventajas
Cuchara de dragado o desplantador	Suelo de superficie suave, 0-100 cm	Barato; Fácil para usar y descontaminar; se debe evitar los desplantadores de superficie pintada.
Dispositivo para extraer núcleos del suelo	Suelo suave, 0-60 cm	Relativamente Fácil de usar; preserva el núcleo del suelo adecuado para parámetros volátiles y para una colecta de muestra sin perturbación; capacidad de profundidad limitada; puede ser difícil para descontaminar.
Barreno manual o eléctrico	Suelo, 15 cm-5m	Buen rango de profundidad: generalmente se emplea en asociación con el barreno de balde para colectar muestras; destruye el núcleo del sueño (no apropiada para parámetros volátiles o para colectar muestras sin perturbación); puede requerir de dos a mas operadores; puede ser difícil para descontaminar; el barreno eléctrico requiere de motor activado a gasolina (potencial de contaminación cruzada).
zanjas	Todo tipo de suelo, 0-lecho rocoso	Buen rango de profundidad, generalmente empleado para ganar acceso a horizontes de suelo más profundos; destruye el núcleo del sueño: puede requerir retroexcavadora o intensa mano de obra, difícil para descontaminar; costo más elevado.

Nota: características de la aplicación para obtención de muestras.

2.2.4. Macronutrientes del suelo.

El análisis de varianza realizado sobre los suelos agrícolas del Centro Poblado de San Pablo de Tushmo – Yarinacocha reveló un nivel de confianza del 99%, lo que indica que existen diferencias significativas en la concentración de Plomo (Pb) entre las muestras. Además, se observan variaciones estadísticamente significativas en la concentración de Plomo (Pb) entre las muestras, donde la muestra M2 muestra la mayor concentración con un promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb, mientras que la muestra M6 tiene la menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb.

En el resumen estadístico, la población presenta una distribución normal, y se observa que los valores máximos son ligeramente superiores al promedio, mientras que los mínimos son ligeramente inferiores al promedio. Además, los datos en las muestras tienden a homogenizarse, ya que presentan bajos valores de desviación estándar y varianza. Comparando los datos de las muestras con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, se concluye que no exceden el valor de referencia de 70 mg/kg. Por lo tanto, la zona de donde se extrajeron las muestras se considera adecuada para el uso agrícola. **(Albornoz A., 2020).**

Dentro de ellos, existen dos grupos: elementos primarios (N, P, y K) y secundarios (Ca, Mg y S).

2.2.4.1. *Elementos primarios (N, P, y K).*

- **Nitrógeno (N)**

Este elemento nutritivo se encuentra presente en el suelo en diferentes formas, aunque las plantas y microorganismos lo absorben en forma de nitrato (NO3-) o amonio (NH4+). El mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan como pueden ser bacterias, hongos o nemátodos, aunque la cantidad de este es muy baja para la gran cantidad que consumen los cultivos. **(Macmillan Brady M., 1984)**

El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo, produce suculencia y además es responsable del color verde que presentan las hojas. Si se produce un exceso de este nutriente en un cultivo puede afectar a la maduración, bajar la calidad del cultivo y, además, debilitar la planta lo que conlleva que sean más propensas a diferentes enfermedades y plagas, más vulnerables a la lluvia, etc. Mientras que un déficit del mismo provoca un color verde pálido en las hojas y afecta al crecimiento de la planta, aunque puede florecer. **(Macmillan Brady M., 1984)**

- **Fósforo (P)**

Se puede decir que es el elemento nutritivo más limitante del rendimiento de los cultivos después del N. Ayuda a las raíces y a que las plantas a tengan un rápido desarrollo, mejorando de esta manera su resistencia a las bajas temperaturas y en el caso de algunas plantas, su resistencia a determinadas enfermedades. **(Krebs A., 2022)**

Además, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular e incrementa la eficiencia del uso del agua. Su falta se observa en

las hojas viejas ya que presentan un color verde pálido y los bordes secos y también afectan a la floración y al desarrollo de las raíces.

- **Potasio (K)**

Podemos decir que es un nutriente esencial para todos los organismos vivos, ya que juega un papel importante en la activación enzimática, fotosíntesis y síntesis de proteínas y carbohidratos, balance de agua y en el crecimiento meristemático. Su presencia contribuye a un mejor crecimiento vegetativo y a la fructificación, maduración y calidad de los frutos.

Por otro lado, también favorece la resistencia de la planta a diferentes plagas y enfermedades, a las sequías, al granizo, etc. Un déficit de este elemento en el suelo afecta a la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta y además se observa en las hojas y brotes jóvenes cuando su carencia es aguda. Los suelos que presentan una mayor carencia de este nutriente son suelos arenosos y suelos con un alto contenido de calcio. **(Krebs A., 2022)**

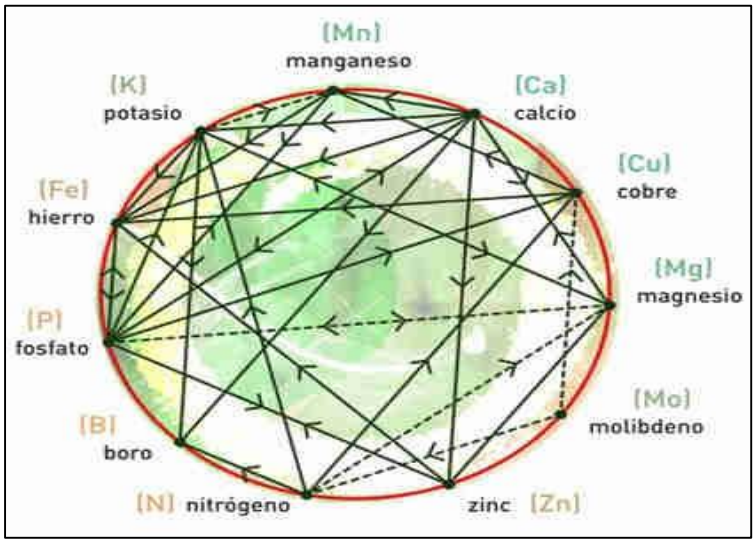


Figura 1. Suelos arenosos

2.2.1.2. Elementos Secundarios (Ca, Mg y S)

Estos elementos se encuentran presentes en el suelo en cantidades suficientes para abordar las necesidades que requieren los cultivos, por lo que, en la gran mayoría de los casos no es necesario realizar aportes de ningún tipo al suelo. **(James T., 2023**).

- **Calcio (Ca).**

  El Ca y su cantidad en el suelo van a depender del tipo de suelo. Los beneficios sobre las plantas son numerosos ya que estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de las paredes celulares, ayuda a reducir el nitrato (NO3-) en las plantas, ayuda a activar varios sistemas de enzimas, a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta, influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio) y es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de N. **(James T., 2023)**

- **Magnesio (Mg).**

  Podemos encontrarlo en la solución del suelo y es absorbido en las superficies de las arcillas y la materia orgánica. Este nutriente se encuentra en menor cantidad que el Ca ya que el Mg no puede ser absorbido tan fuertemente por los coloides del suelo y por ello, sufre mayores pérdidas por lixiviación. Los síntomas de su carencia se aprecian en forma de espacios entre las nervaduras de color amarillo en hojas viejas que

terminan afectando a las hojas jóvenes y posteriormente la planta termina perdiéndolas. **(James T., 2023).**

- **Azufre (S).**

  Las plantas pueden sufrir la carencia de este elemento bien por la falta del elemento o bien a que el elemento está presente pero no se encuentra en una forma asimilable directamente por las plantas.

  Cuando está disponible, actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos, en la formación de la clorofila y contribuye a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico. Por otro lado, un déficit de este conlleva una disminución de la fijación del nitrógeno atmosférico y altera los procesos metabólicos y la síntesis de proteínas. **(James T., 2023)**

2.2.5. pH.

El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logarítmica) de hidrogeniones H^+ que existen en el suelo. En la escala de pH el valor máximo es de 14, siendo el valor de pH=7 el correspondiente a un suelo neutro. Son ácidos todos aquellos que tienen valores inferiores a 7 y básicos todos los superiores a este. **(Porta, j., roquero, C., et al., 2023)**

Las plantas cultivadas presentan en general mejor desarrollo a valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibro más adecuado. Es decir, si el suelo es demasiado acido, en el complejo de cambio abunda los hidrogeniones y el aluminio, impidiendo que otros elementos necesarios tales como calcio, magnesio, sodio y

potasio permanezcan en él, pues estos son alimentados por el agua de lluvia o de riego, y si el suelo es básico (suelo calizo), el complejo de cambio se encuentra saturado y el exceso de calcio en el medio impide que otros elementos, tales como el hierro puedan ser absorbidas por las plantas. **(Saña y Villaseca, J., More Ramos, J.C., 1996)**

El pH en el suelo puede disminuirse aplicando azufre, de forma que los tiobacterias del suelo transformen en ácidos sulfúrico lentamente, para bajar el pH con rapidez se puede emplear yeso, aunque la adición de yeso puede ocasionar desequilibrios respecto a otros cationes de cambo en suelos calizos, y el pH en el suelo puede elevarse aplicando de una enmienda caliza para que puedan estar fácilmente disponibles para las plantas. **(Saña y Villaseca, J., More Ramos, J.C., 1996)**

- Si el suelo tiene un pH inferior a 7, significa que hay sobre el complejo más iones H^+ que cationes minerales por lo que se le define como **suelo acido.**
- Si el pH es igual a 7, hay sobre el complejo igual cantidad de iones H^+ que cationes minerales por lo que se define como un **suelo neutro.**
- Si el pH es superior a 7, significa que hay sobre el complejo menos iones h^+ que cationes minerales por lo que se define como **suelo básico o alcalino.**

2.2.5.1. Acidez actual y acidez potencial.

- **pH actual o pH en agua.**

  Cuando la solución que se pone en contacto con el suelo es agua destilad, esta adquiere los cationes H^+ que no están retenidos por el complejo de cambio, es decir, los que poseería la solución acuosa del propio suelo. Al pH medido en estas condiciones se denomina pH actual. **(Porta, j., roquero, C., et al., 2023)**

- **pH potencial o pH en KCl.**

  este es el nombre que recibe el pH de un suelo cuando la solución puesta en contacto con él, es una disolución 1m de cloruro potásico. El significado de este pH potencial es diferente según estemos en presencia de suelos no carbonatados o de suelos calcáreos.

  En el caso de suelos sin carbonatos (generalmente ácidos), el pH en KCl describe en cierta manera la reserva de acidez del suelo (por ello se denomina pH potencial). En este caso el catión K de la solución actúa desplazando los cationes retenidos por el complejo de cambio, y entre los iones expulsados hacia la solución se encuentran los H^+. **(Porta, j., roquero, C., et al., 2023)**

2.2.5.2. pH óptimo para un suelo.

Si se trata de combatir enérgicamente una acidez fuerte, porque sea índice de una grave enfermedad del suelo, no es conveniente llevarlo a un pH muy elevado, en el que podría haber bloqueo de ciertos elementos útiles para las plantas (la clorosis, que se comprueba frecuentemente en suelos demasiados calizos, no tiene otro origen). Se sabe, como regla general, que la asimilación de los elementos fertilizantes se hace más fácilmente en medio acido.

La idea será, por tanto, mantenerlo en el nivel de neutralidad o ligeramente por debajo, en la proximidad de 6,5. Influye además la constitución del suelo y la clase de cultivo, ya que el cultivo tiene aptitudes diferentes para desenvolverse en suelos más o menos ácidos. **(Saña y Villaseca, J., More Ramos, J.C., 1996)**

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor pH son diversos, fundamentalmente:

- Naturaleza del material original: según que la roca sea de reacción acida o básica.
- Factor biótico: los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza acida.
- Precipitación: tiende a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^{+} del agua de lluvia por los Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+}, etc. De los cambiadores.
- Complejo adsorbente: según si está saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++}, Mg^{++}, etc.) o de reacción acida (H^{+} o Al^{+++}). También dependiendo de la naturaleza del cambiador variara la facilidad de liberar los iones adsorbidos.

2.2.5.3. Efecto del pH sobre la actividad biológica.

En los suelos con un pH inferior a 6 se observa una ralentización de la actividad biológico, deriva del efecto negativo que una acidez excesiva causa sobre la fauna del suelo, como los gusanos de tierra y las bacterias. En estos casos, procesos microbianos como la nitrificación (conversión de amonio NH^{4+} en ion nitrato NO^{3-}) o la fijación del nitrógeno atmosférico, cuyo pH optimo se halla entre 6 y 6.5, desaparecen totalmente a pH inferior a 4,5. **(Urbano-Terrón, P., 1998)**

En cambio, en suelos neutros o ligeramente básico, el número de microorganismos es superior y son más activa, en especial cuando abundan los carbonatos y más concretamente la caliza activa. En particular, la mineralización o descomposición de la materia orgánica poco humificada

es muy importante, y por tanto los elementos nutritivos que forman parte de ella quedan rápidamente a disposición del cultivo. Pero si el pH del suelo es demasiado elevado, también se resienten algunos procesos microbianos, por ejemplo, la nitrificación es prácticamente inexistente a pH superior a 9. **(Urbano-Terrón, P., 1998)**

2.2.5.4. Efecto del pH sobre la estructura del suelo.

El pH influye sobre la estructura del suelo de forma que los suelos excesivamente acido presentan una estructura deficiente, caracterizada por la baja porosidad y sus consecuencias: mala aireación, dificultad a ser trabajados, escaso desarrollo radicular, baja permeabilidad, fenómenos de erosión, etc.). **(Porta, j., roquero, C., et al., 2023)**

2.2.5.5. Efecto del pH sobre las plantas.

El pH influye sobre la actividad microbiana y sobre la disponibilidad de los diferentes elementos esenciales para el crecimiento vegetal. Esto produce la delimitación de un pH óptimo para cada especie cultivada.

De acuerdo a los conceptos mencionados anteriormente el pH ideal es comprendido entre 6 a 7. Pero el pH agronómicamente ideal es el que resulta de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y las exigencias del cultivo. **(porta, j., roquero, C., et al., 2023)**

2.2.6. Suelo degradado.

Actualmente, una de las mayores amenazas al bienestar de la humidad es la degradación de los suelos, afirmación que se sostiene en la base de hechos como la creciente población mundial, las expectativas de calidad de vida y la escasez de recursos naturales. La tierra es uno de esos recursos limitados, de cuyo uso

inapropiado, y de la implementación de pobre prácticas de manejo, resulta la degradación de los suelos en su amplia gama de expresiones: erosión hídrica, eólica, compactación, deterioro de la estructura, agotamiento de nutriente, acidificación, salinización del suelo, etc. **(López R., 2022)**

El entendimiento de los principios y procesos básicos del mantenimiento de la vida en el suelo constituye requisito importante para desarrollar habilidades que conlleven al logro del aprovechamiento sostenido de la tierra y para preservar la condición saludable del ambiente en sentido global. **(López R., 2022)**

2.2.6.1. Degradación de suelo.

En el campo de la conservación del suelo los términos degradación del suelo y degradación de la tierra son alguna vez utilizaos de manera intercambiable, así como también la erosión del suelo es con frecuencia considerada como sinónimo de los mismo. El uso de dichos términos de tal manera, resulta inadecuado ya que la erosión no es la única forma de degradación del suelo, y por otra parte de la tierra representa un concepto más amplio que el suelo. El termino tierra abarca el ambiente natural incluyendo factores tales como clima, topografía, suelos, hidrografía y vegetación los cuales son determinantes del potencial biofísico para usos particulares de dicho recurso. **(López R., 2022)**

Douglas destaca una serie de componentes interrelacionados de la degradación de la tierra, en sus efectos sobre la producción agrícola, señala como los más importantes los siguiente:

- Degradación del suelo: concepto más ampliamente discutido en pintos sub siguientes en esta parte del documento, es presentada como la

disminución en la capacidad productiva del suelo resultado de cambios adversos en sus propiedades hidrológicas, biológicas, químicas y físicas.

- Degradación de la vegetación: declive en la cantidad y/o calidad de la biomasa natural y disminución en la cobertura vegetal del terreno.
- Degradación del agua: descenso en la cantidad y/o calidad de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.
- Deterioro del clima: cambios en de las condiciones micro y micro climáticas que incrementan el riesgo de fracaso de los cultivas.
- Perdida de tierras para la producción agrícola por el desarrollo urbano/industrial: se refiera a la merma del total de superficie bajo uso con potencial de uso agrícola, como resultado de la conversación de tierras arables a toda una gama de usos de tipo urbano o industrial.

2.2.6.2. Resiliencia del suelo.

la resiliencia del suelo implica su habilidad para recuperarse después de una perturbación. Por lo tanto, un suelo resiliente no es necesariamente un suelo estable. Un suelo resiliente es aquel que cambio, pero se recupera, y un suelo estable puede no cambiar en absoluto. La resiliencia del suelo es gobernada por la fortaleza de los procesos restaurativos inherentes a las propiedades del suelo y al manejo, considerados en las siguientes ecuaciones. **(López R., 2022)**

2.2.6.3. Restauración del suelo.

restauración del suelo es el reverso de la degradación del suelo, y los úselos degradados pueden restaurarse por si mismo una vez que los factores causantes de la degradación son eliminados. Es importante tener en cuenta que hay límites críticos de algunas propiedades clave del suelo para

revertir los procesos de degradación y restaurar el suelo a su estado original o de calidad deseable. **(López R., 2022)**

La señala que los términos restauración del suelo y recuperación del suelo no son sinónimos, existe diferencia entre ellos. La recuperación del suelo puede lograr mejoras en las propiedades de este, pero no suficiente como para restaurar el suelo al nivel original. Por ejemplo, unos suelos afectados por exceso de sales pueden ser recuperado mediante la aplicación de yeso y drenaje para el desarrollo de cultivos en una rotación de arroz-trigo usando riego por inundación, sin embargo, no se puede que este suelo haya sido restaurado, si la remoción de sales de su perfil no ha sido suficiente. **(López R., 2022)**

2.2.6.4. Proceso de degradación de suelo.

Los procesos de degradación del suelo son fenómenos dinámicos frecuentemente interactuantes causantes de los caminos que resultan en la disminución de la calidad de los suelos. Se manifiestan de diversas maneras lo que ha dado lugar al establecimiento de diferentes tipos de degradación de suelos. **Olden y Van Lynden (1998)** señalan que de acuerdo a la metodología adoptada para la **Global Assessment Of Status of Human-Induced Soil Degradation (GLSOD),** dos grandes categorías de procesos de degradación de suelo pueden ser diferente.

a) Aquellos procesos relacionados con el desplazamiento de material del suelo por el agua o por el viento que conlleva a la ocurrencia de perdida de material del suelo o bien a la deforestación de la tierra, como efecto in situ. Pero también con importantes efectos a distancia tales como la

sedimentación, inundaciones, destrucción de ecosistemas marinos y daños a obras de infraestructura, entre otros.

b) Procesos que determinan el deterioro in situ de las cualidades del suelo. Tales procesos puedes ser de naturaleza química (agotamiento de nutrientes, perdida de materia orgánica, salinización, acidificación, contaminación), física (sellado y encostramiento de la superficie del suelo, compactación, anegamiento) y también biológica, conducente a un desbalance de la actividad biológica en el episuelo.

2.2.7. bosque tropical húmedo.

El bosque tropical húmedo o pluvisilva recibe su nombre por ocupar las zonas más lluviosas del planeta, con precipitaciones entre 1500 y 4000 ml/ año. La temperatura es prácticamente constante, de 26° a 27 °C.

Se presenta como una gran masa vegetal de grandes árboles que junto con arbustos y lianas tienden a ocupar todo el espacio aéreo. Llega muy poca luz al suelo, con lo que no hay musgos ni líquenes. Los suelos son muy profundos debido a que las intensas lluvias y temperaturas someten al estrato rocoso a un continuo proceso de degradación, sin embargo, el suelo es pobre dado que la materia orgánica se descompone muy rápidamente, y los nutrientes son rápidamente asimilados o lavados. Son también suelos muy ácidos con gran cantidad de óxidos de hierro.

2.2.7.1. La condición clímax del bosque húmedo tropical.

los bosques húmedos tropicales que se observan aun abundantes en muchos países de las zonas tropicales y subtropicales, constituyen el eslabón final de una sucesión de comunidades vegetales desarrolladas ininterrumpidamente, llamado clímax, en donde crecen entre mesclados

una amplia representación tanto de las especies de árboles maderables como de los restantes componentes de la flora.

Estos bosques están constituidos por asociaciones específicas que han desarrollado a través del tiempo formas de vida muy especializadas de tal manera que sus componentes se distribuyen en el hábitat ocupando diferentes estratos y desempeñando la función que les corresponde. **(Loayza Villegas M., 1982-1983)**

2.2.7.2. El mantillo primer estrato del bosque.

La tierra está cubierta por una capa vegetal o mantillo sobre el cual se extiende estratos arbustivos, además de varios estratos de árboles maderables. Debajo del mantillo una capa de materia orgánica en descomposición, en donde pululan intricadas poblaciones de microorganismos, ricillas que se extienden por las capas superiores del suelo, invertebrados, etc. **(Dasmann, R.F., 1973)**

2.2.7.3. el ciclo minerales-nutrientes.

ODUM (1971), establece que el bosque húmedo tropical las ¾ partes del carbono orgánico presente se encuentra en la vegetación al igual que el 58% del nitrógeno, lo que determina diferencias notables con bosques de climas templados.

Ello porque los continuos e intensos incrementos de residuos orgánicos están asociados a un proceso también continuo de ciclo directo de minerales nutrientes manteniéndose así niéveles satisfactorios de humos y elementos nutrientes, los cuales son capturados por los hongos micorriticos para cederlos directamente a las plantas superiores con un mínimo de riesgo de pérdida por lavado. Ello explicaría la existencia de vegetación exuberante

sobre suelos de baja fertilidad y baja capacidad de intercambio catiónico, sujetos a un régimen pluvial fuerte. **(Tosi, J.A. y Voetman R.F., 1975)**

2.2.7.4. la diversidad del ecosistema.

Como podrá apreciarse, la condición clima del bosque húmedo tropical se da desde sus estratos más inferiores en términos de diversidad. La diversidad de este ecosistema madura y complejo responde a condiciones climáticas altamente favorable en donde se conjugan altas precipitaciones (a tal punto que la falta de humedad nunca inhibe el desarrollo de la vegetación) y altas temperaturas. En adición, hay fuerte radiación solar y (especialmente en las regiones más próximas al ecuador) escasa variación en la longitud de los días. **(Loayza Villegas M., 1982-1983)**

Para **Sommer (1976)** el clímax no es función únicamente de las condiciones climáticas, sino que además depende del lugar, en donde las condiciones edáficas y topográficas pueden desempeñar un rol determinante. **Budowski (1960)** ha hecho generalización sobre sucesión vegetal aplicable a los bosques tropicales húmedos, de donde hemos extractado las ideas sobre diversidad de la condición clímax, que se exponen a continuación.

a) La composición florística clima del bosque húmedo tropical está caracterizada por la variabilidad de las familias y el mayor número de especie.

b) En cuanto a estructura y morfología la condición clímax del bosque húmedo tropical presenta el mayor número de estratos que por su continuidad de hace difícil diferenciarlos. Si bien es cierto que los estratos inferiores son menos tupidos en el clima, estos representan por unidad de superficie a mayor número de especies.

c) La fauna del suelo, especialmente le número de artrópodos, las bacterias y hongos son más numerosos en el clímax.

2.2.8. cultivos de Camu Camu.

El camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh), es uno de los cultivos que se encuentra en proceso de expansión debido principalmente a la demanda del mercado y por el contenido de vitamina C (2700 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa). Por esa razón, con la finalidad de atender el boom comercial suscitado, el Estado del Perú a partir de 1997 impulsó la promoción de plantaciones de camu camu, recomendando su instalación en 10 000 hectáreas en los departamentos de Loreto y Ucayali; asimismo, el Ministerio de Agricultura a través del Decreto Supremo 046-99-AG del 25 de noviembre de 1999, considera al camu camu como un cultivo de interés nacional, y con Resolución Ministerial 21-2000-AG, del 19 de enero del 2000, se aprueba el Programa Nacional de Camu Camu, que tiene como objetivos promover el desarrollo sostenible e integral del camu camu en función del mercado, a fin de mejorar la calidad de vida del poblador amazónico y potenciar las riberas de los ríos, arroyos y lagos en armonía con el medio ambiente.

El camu camu crece de manera natural en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía. Su distribución natural indica que la mayor concentración de poblaciones y de diversidad se encuentra en la Amazonía peruana a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes, ocupando posiciones fisiográficas de terrazas bajas y en muy bajas concentraciones en la parte de Brasil. **(Villachica, 1996)**

2.2.8.1. Generalidades del cultivo del camu camu.

El camu camu **(Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh)** es un frutal nativo de la Amazonía peruana constituyendo su hábitat natural las zonas

inundables en la naciente del Amazonas y los estuarios y riberas del Ucayali. Según **McVaugh (1968)**, citado por **Villachica (1996),** pertenece a la familia botánica Myrtaceae, género Myrciaria. Este género no es muy amplio, habiéndose estudiado poco de la taxonomía del camu camu y se le ha clasificado como **Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh**. A pesar de ser una especie nativa de las zonas aluviales inundables, el camu camu prospera bien en los suelos con buen drenaje, siempre y cuando exista un buen suministro hídrico. Es así que la planta crece bien en las cercanías de la localidad de Pucallpa, donde la precipitación pluvial es de 1 700 mm/año. En este caso, el mejor desarrollo se obtiene en suelos aluviales inundables periódicamente, luego, en los suelos con drenaje deficiente y por último en los suelos con drenaje normal. **(Villachica, 1996)**

En cuanto al requerimiento edáfico, las tierras aluviales son los sitios ideales para el cultivo del camu camu, por ser una especie que tolera muy bien las inundaciones. Pero no debe generalizarse, pues no todas las tierras aluviales son apropiadas para una producción rentable y duradera **(Achung, 1991),** debiéndose excluir aquellos suelos muy superficiales, es decir con menos de 50 cm de profundidad, suelos arenosos, inundados permanentemente, o aquellos con alto riesgo de poder desbarrancar. Los lugares más apropiados están en las restingas o terrazas aluviales medias y altas, con suelos francos (contenidos de arena, limo y arcilla más o menos en la misma proporción), y donde el nivel de agua de las inundaciones regulares no llega a amenazar la integridad de las cosechas. **(IIAP, 2001)**

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

a) **El suelo**: Está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento.

b) **Metales pesados**: Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (ejem. cobre, selenio, cinc) son esenciales mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento.

c) **Macro elementos:** son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en mayores cantidades. En este grupo se incluye el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

d) **pH del suelo:** Mide la actividad de los H+ libres en la solución del suelo, es decir la llamada Acidez Actual. La medida de los H+ fijados sobre el complejo de cambio, la llamada Acidez Potencial.

e) **Suelo degradado:** La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana.

2.4. HIPOTESIS.

2.4.1. Formulación del problema.

¿Cuáles son los niveles de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu - Yarinacocha-Ucayali?

2.4.2. Hipótesis.

Los niveles de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH varían significativamente en Suelos Degradados, Suelo de Bosque húmedo tropical y suelos con cultivos de camu camu-yarinacocha-ucayali.

2.5.VARIABLES.

2.5.1. Variable independiente (X).

Suelos degradados, suelos de bosque húmedo tropical y suelos con cultivos de camu camu.

2.5.2. Variable independiente (Y).

Metales pesados, macro elementos y pH.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Enfoque de la investigación.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se realizó análisis de datos para determinar los niveles de concentración de los Metales Pesados, Macro elementos y pH en suelos degradados, suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camu Camu.

3.1.2. Tipo de investigación.

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básico, en razón, que tiene por objeto determinar y expandir los conocimientos de los metales pesados, macro elementos y pH presentes en suelos degradados, suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camu Camu.

3.1.3. Nivel de investigación.

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel de características de un estudio descriptivo, ya que se realizó el análisis de datos de las muestras en su entorno natural.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población está conformada por 6 hectáreas de suelo, siendo estos distribuido de la siguiente manera:

2 hectáreas de Suelos degradados, 2 hectáreas de Suelos de bosque húmedo tropical y 2 hectáreas de suelos con Cultivos de Camú Camu. Habiendo sido seleccionadas por la naturaleza de los suelos en la provincia de Yarinacocha y por su interés de analizar y determinar los niveles de concentración de Metales Pesados, Macro elementos y pH.

3.2.2. Muestra.

La muestra utilizada de los suelos en la presente investigación, es de 12 muestras (analizados) conformados por 36 sub muestras (homogenizados), obtenidas de 6 hectáreas ubicado en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali. Siendo el orden siguiente:

- 4 muestras, conformadas por 12 sub muestras obtenidas de 2 hectáreas de suelos degradados.
- 4 muestras, conformadas por 12 sub muestras obtenidas de 2 hectáreas de suelos de bosque húmedo tropical.
- 4 muestras, conformadas por 12 sub muestras obtenidas de 2 hectáreas de suelos con Cultivos de Camú Camú.

Con el fin de comprobar la hipótesis planteada y realizar una adecuada investigación. Estos resultados nos permitirán inferir al resto de análisis de concentración efectuados en los laboratorios.

3.2.3. Ubicación de la muestra de estudio.

El estudio se realizó entrando por la carretera Tushmo Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali.

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.

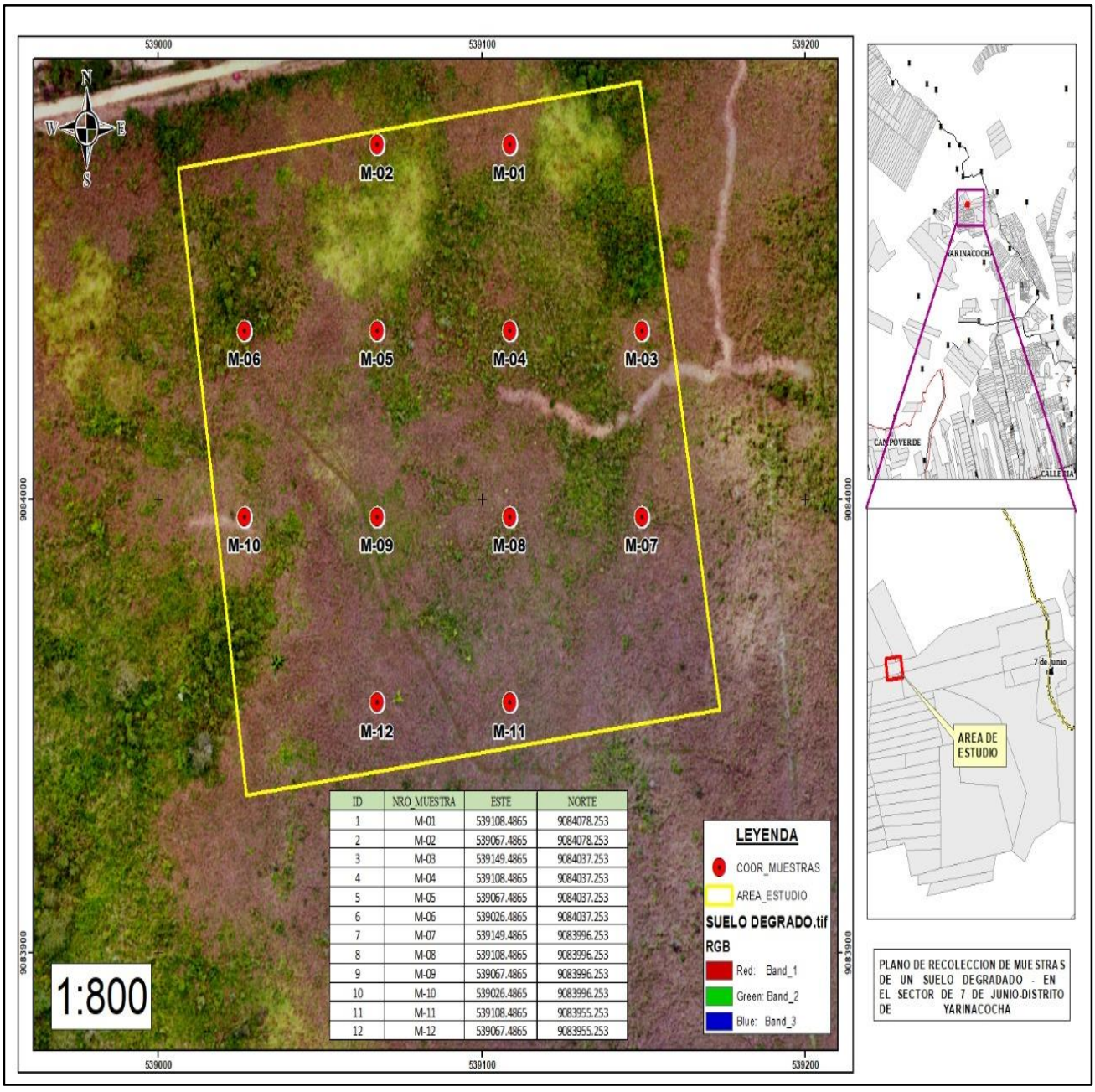
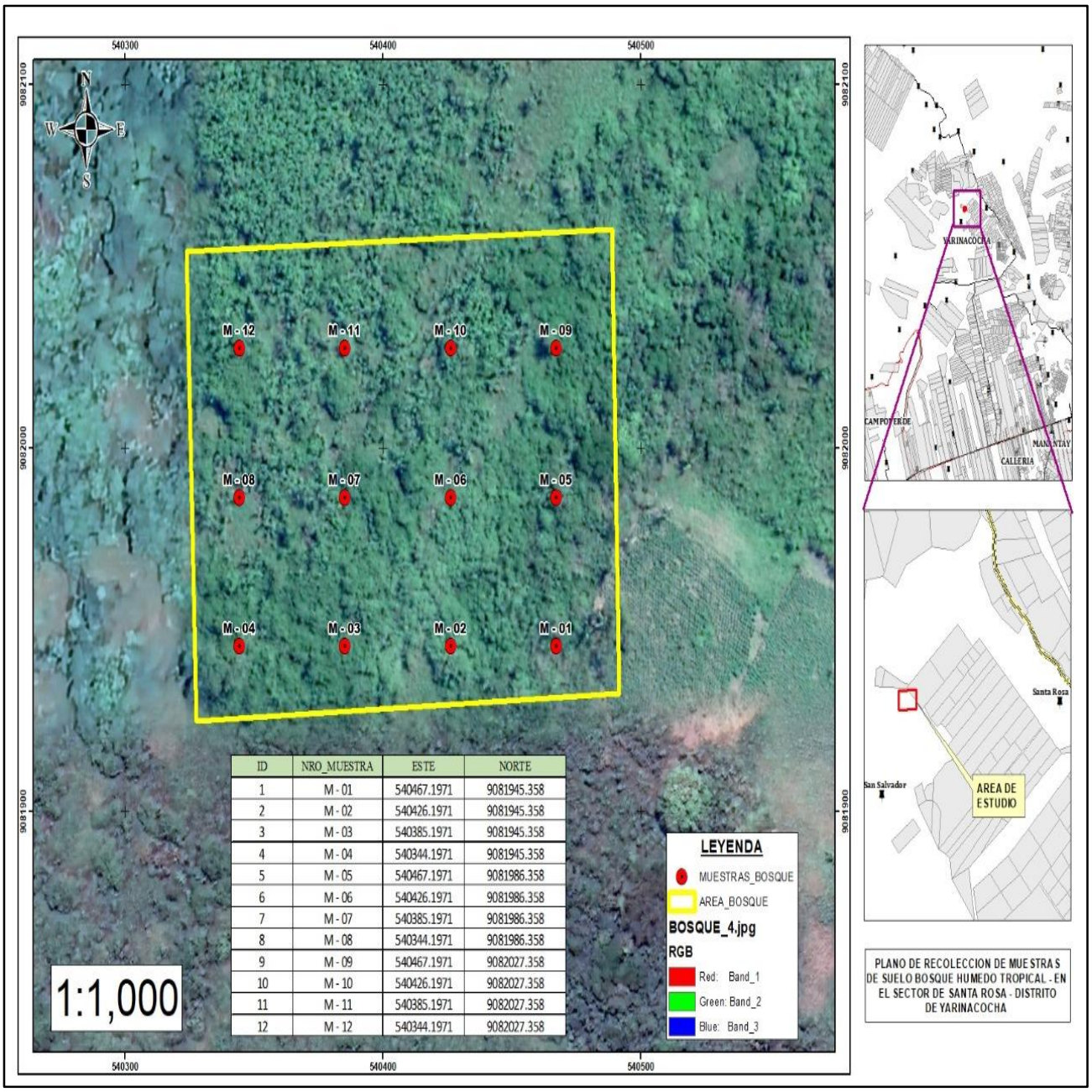


Figura 2. Toma de muestras de suelos degradados**.**



ID	NRO_MUESTRA	ESTE	NORTE
1	M - 01	540467.1971	9081945.358
2	M - 02	540426.1971	9081945.358
3	M - 03	540385.1971	9081945.358
4	M - 04	540344.1971	9081945.358
5	M - 05	540467.1971	9081986.358
6	M - 06	540426.1971	9081986.358
7	M - 07	540385.1971	9081986.358
8	M - 08	540344.1971	9081986.358
9	M - 09	540467.1971	9082027.358
10	M - 10	540426.1971	9082027.358
11	M - 11	540385.1971	9082027.358
12	M - 12	540344.1971	9082027.358

Figura 3. Toma de muestras de suelos de bosque húmedo tropical.

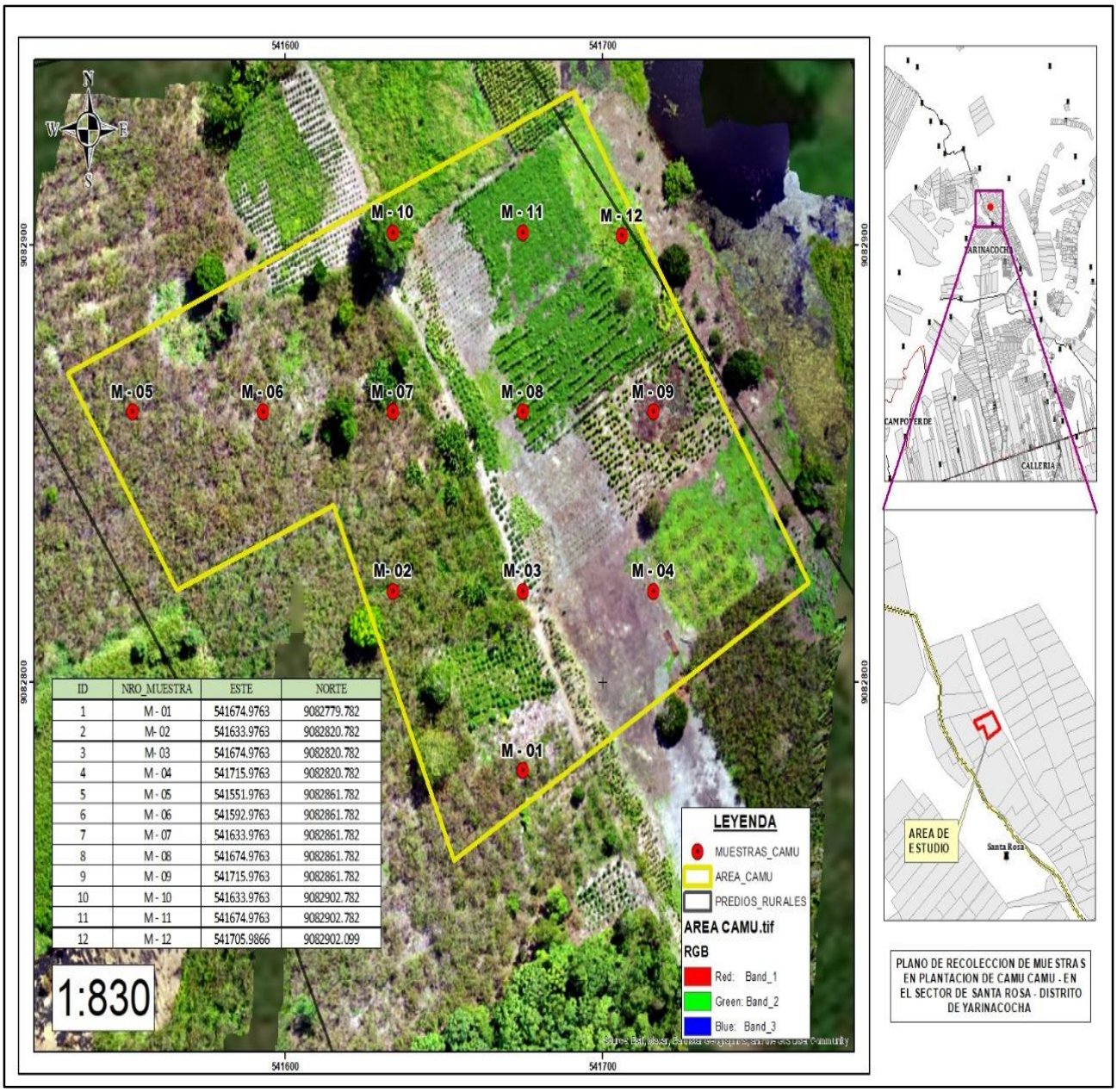


Figura 4. Toma de muestras de suelos con cultivos de Camu Camu.

3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 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 la aplicación de este método se utilizó un barreno manual, generalmente estos son de acero.

En la zona de estudio con los instrumentos necesarios se tomó la muestra desde el primer punto hasta el último punto, y así sucesivamente se realizó un recorrido recolectando las muestras de todos los puntos indicados en el plano.

3.3.2. Técnicas.

La técnica del muestreo que se aplico depende de muchos factores como las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad máxima para la obtención es de 60 cm para muestras de suelos superficiales; se utilizó la guía para muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo 2014.

3.3.3. Instrumentos.

El instrumento que se utilizó es el barreno manual de acero, proporcionado por el encargado del laboratorio de suelos.

3.3.4. Materiales.

3. Bolsas plásticas.
4. Marcadores indelebles.
5. Cinta transparente.
6. Machete.
7. Barreno manual de acero.
8. Tablero de campo.
9. Etiquetas para la identificación de muestras.
10. Lapiceros.

3.3.5. Equipos.

- Laptop
- Cámara de celulares,
- Dron.

3.3.6. Software.

- Spss statistics
- Locus Map.
- Excel.

3.3.7. Preservación y almacenamiento de muestras.

Las muestras se colocaron en bolsas plásticas, sellado herméticamente, y refrigerado tan pronto como sea posible. La temperatura de refrigeración se mantuvo a aproximadamente 4°C hasta el análisis, el mismo que se realizó en la brevedad posible.

3.4. TRATAMIENTO DE DATOS.

Para el tratamiento o procesamiento de datos se utilizó el método de Análisis de Varianza (ANOVA); e interpretados mediante el programa estadístico SPSS Statistics.

La base de cálculo de varianza ANOVA es el análisis de resultados experimentales, en los que se compara los resultados finales del tratamiento, respecto a las variables, donde se utilizó el nivel de significancia para la prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.

4.1.1. ANÁLISIS MECÁNICO.

Tabla 4

Análisis mecánico para los tres tipos de suelos

Tipos de Suelo	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
Suelos de bosque húmedo tropical	71	14	15	Arena franca
	81	12	7	
	75	12	13	
	73	12	15	
Suelos degradados	33	32	35	Franco arcilloso
	45	28	27	
	21	40	39	
	21	40	39	
Cultivos de camu	13	40	47	Franco arcillo limoso
	31	29	40	
	9	40	51	
	31	28	41	

Nota: análisis de los valores de arena, arcilla y limo.

La clasificación del suelo según textura indica que el suelo tropical presenta una textura arena franca, el suelo degradado presenta una textura franco arcilloso y el suelo de la plantación de Camú Camu presenta una textura franca arcillo limoso.

El suelo tropical presentó un valor máximo de arena de 81%, un valor máximo de arcilla de 14% y limo de 15%. El suelo degradado presentó un valor máximo de arena de

45%, un valor de arcilla máximo de 40 y limo de 39%. Y el suelo de plantación de camú camú presentó un valor máximo de arena de 31%, arcilla de 40% y limo de 51%.

4.1.2. PARAMETROS.

4.1.2.1. pH.

Tabla 5

Análisis de varianza de pH de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P- valor
Entre tipos de suelo	2,491	2	1,245	169,886	0,000
Error	0,066	9	0,007		
Total	2,557	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existe diferencias significativas en el pH del suelo entre los tres tipos de suelo, por lo que se analizará mediante la prueba de tukey (0,05).

Tabla 6

Prueba de tukey de pH de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	4,845	A		
Suelo Tropical	5,28		B	
Suelo Plantación Camú Camú	5,953			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que los tres tipos de suelo estudiados presentan diferentes comportamientos respecto al pH, siendo la muestra proveniente de suelo de plantación de Camu Camu el que presentó mayor pH con 5,9 considerándose

moderadamente ácido; de igual manera la muestra del suelo tropical presento un valor de pH de 5,28 que también tiene una clasificación de moderadamente ácido; finalmente la muestra proveniente de suelo degradado presentó menor valor de 4,845 clasificándolo como fuertemente ácido.

4.1.2.2. MACRONUTRIENTES.

- **Materia Orgánica (MO).**

Tabla 7

Análisis de varianza de Materia Orgánica (MO) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelo	1,601	2	0,801	190,345	0,000
Error	0,038	9	0,004		
Total	1,639	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de materia orgánica en los tres tipos de suelo. Por lo cual se procedió a realizar la prueba de tukey para su interpretación.

Tabla 8

Prueba de tukey de Materia Orgánico (MO) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (%)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	1,015	A		
Suelo Tropical	1,302		B	
suelo Plantación Camú Camú	1,893			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que existen diferencias significativas en la concentración de materia orgánica entre los tres tipos de suelo. Estadísticamente

el suelo de la plantación de camú camú presentó mayor porcentaje de materia orgánica, el suelo tropical presentó un porcentaje de materia orgánica intermedia y el suelo degradado presentó menor porcentaje de materia orgánica. Según la interpretación de la materia orgánica presente en el suelo, los tres tipos de suelo están bajo ya que sus valores están por debajo de 2%.

- **Nitrógeno (N).**

Tabla 9

Análisis de varianza de Nitrógeno (N) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre Tipos de suelos	0,004	2	0,002	105,857	0,000
Error	0,000	9	1,944E-005		
Total	0,004	11			

Nota: sc: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor

Según el análisis de varianza existen diferencias significativas en la concentración de nitrógeno entre los tres tipos de suelo, por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey para su interpretación.

Tabla 10

Prueba de tukey de Nitrógeno (N) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (%)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	0,0500	A		
Suelo Tropical	0,0675		B	
Plantación Camú Camú	0,0975			C

Nota: Prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey.

Existen diferencias significativas en la concentración de nitrógeno entre los tres tipos de suelo. Estadísticamente el suelo de plantación de camu camu

presento mayor nitrógeno, el suelo tropical presento un valor de nitrógeno intermedio y el suelo degradado presentó menor valor de nitrógeno. Según la interpretación del nitrógeno los tres tipos de suelo presentan nitrógeno alto ya que están por encima de 0,2 %.

- **Fosforo (P).**

Tabla 11. Análisis de varianza de Fosforo (P) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	47,546	2	23,773	1741,243	0,000
Error	0,123	9	0,014		
Total	47,668	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

De acuerdo al análisis de varianza existe diferencias significativas en la concentración de fosforo entre los tres tipos de suelo. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 12. Prueba de tukey de Fosforo (P) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	0,9050	A		
Suelo Tropical	1,3325		B	
suelo de plantación Camú Camú	5,3250			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

Según la prueba de tukey existe diferencias significativas en la concentración de fosforo entre los tres tipos de suelo. El suelo de plantación de camu camu presentó mayor valor de fosforo, el suelo tropical presento un valor de fosforo intermedio y el suelo degradado presentó un valor de fosforo más bajo.

Según la interpretación los tres tipos de suelo tienen fosforo disponible bajo ya que está por debajo de 7 ppm.

- **Potasio (K).**

Tabla 13. Análisis de varianza de Potasio (K) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	2711,424	2	1355,712	122,256	0,000
Error	99,802	9	11,089		
Total	2811,226	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de potasio entre los tres tipos de suelo, por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 14

Prueba de tukey de Potasio (K) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	57,24	A		
Suelo Tropical	70,633		B	
suelo de plantación Camú Camú	93,64			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que existen diferencias significativas en la concentración de potasio entre los tres tipos de suelo, en donde el suelo de plantación de camu camu presentó mayor potasio, el suelo tropical presentó un valor de potasio intermedio y el suelo degradado presentó un valor de potasio más bajó. Según la interpretación de potasio disponible los tres tipos de suelo están bajo ya que están por debajo de 100 ppm.

4.1.2.3. METALES PESADOS.

- **Cadmio (Cd).**

Tabla 15

Análisis de varianza de Cadmio (Cd) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	0,005	2	0,003	33,339	0,000
Error	0,001	9	0.001		
Total	0,006	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de cadmio entre los tres tipos de suelo. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 16

Prueba de tukey de Cadmio (Cd) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos		
suelo de plantación Camú Camú	0,1013	A		
Suelo degradado	0,1315		B	
Suelo Tropical	0,1525			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que existen diferencias significativas en la concentración de cadmio entre los tres tipos de suelo. El suelo tropical presentó mayor concentración de cadmio, el suelo degradado presento un valor intermedio y el suelo de plantación de Camu Camu presento menor valor de cadmio.

Los tres tipos de suelo cumplen con los estándares de calidad ambiental para suelo, ya que están por debajo del valor referencial por lo que son aptos para

suelo agrícola (1,4 ppm), residencial y parques (10 ppm) y comercial, industrial y extractivos (22 ppm).

- ***Plomo (Pb).***

Tabla 17

Análisis de varianza de Plomo (Pb) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	3,344	2	1,672	78,180	0,000
Error	0,192	9	0,021		
Total	3,536	11			

Nota: sc: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de plomo entre los tres tipos de suelo. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 18

Prueba de tukey de Plomo (Pb) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	grupos homogéneos		
Suelo Tropical	2,154	A		
suelo plantación Camú Camú	2,8503		B	
Suelo degradado	3,4458			C

Nota: Prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que existen diferencias significativas en la concentración de plomo entre los tres tipos de suelo. El suelo tropical presentó menor concentración de cadmio, y el suelo de plantación de camu camu presento valor de cadmio intermedio, y el suelo degradado presento un valor más alto de plomo.

Los tres tipos de suelo cumplen con los estándares de calidad ambiental para suelo, ya que están por debajo del valor referencial por lo que son aptos para suelo agrícola (70 ppm), residencial y parques (140 ppm) y comercial, industrial y extractivos (1200 ppm).

4.1.2.4. MACRONUTRIENTES CAMBIABLES (ppm).

- **Calcio (Ca).**

Tabla 19

Análisis de varianza de Calcio (Ca) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	594,992	2	297,496	944,203	0,000
Error	2,836	9	0,315		
Total	597,827	11			

Nota: sc: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de calcio entre los tres tipos de suelo. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 20

Prueba de tukey de Calcio (Ca) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos	
Suelo degradado	2,169	A	
Suelo Tropical	2,486	A	
suelo plantación Camú Camú	17,262		B

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey indica que no existen diferencias estadísticas en la concentración de calcio entre el suelo degradado y suelo tropical, sin embargo,

estas dos difieren significativamente del suelo de la plantación de Camu Camu, siendo esta última la que presentó mayor calcio en su suelo.

- **Magnesio (Mg).**

Tabla 21

Análisis de varianza de Magnesio (Mg) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	9,527	2	4,763	3092,050	0,000
Error	0,014	9	0,002		
Total	9,541	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de magnesio entre los tres tipos de suelo, por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 22

Prueba de tukey de Magnesio (Mg) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	0,3475	A		
Suelo Tropical	0,43100		B	
Plantación Camú Camú	2,27800			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

Según la prueba de tukey existen diferencias significativas en la concentración de magnesio entre los tres tipos de suelo. El suelo de plantación de camu camu presentó mayor valor de magnesio, el suelo tropical presento un valor intermedio de magnesio y el suelo degradado presento menor valor de magnesio.

- **Potasio (K).**

Tabla 23

Análisis de varianza de Potasio (K) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	0,044	2	0,022	469,280	0,000
Error	0,000	9	4,706E-005		
Total	0,045	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de potasio entre los tres tipos de suelo, por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 24

Prueba de tukey de Potasio (K) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio (ppm)	Grupos homogéneos		
Suelo degradado	0,07900	A		
Suelo Tropical	0,11125		B	
suelo plantación Camú Camú	0,22075			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

Según la prueba de tukey existen diferencias significativas en la concentración de potasio entre los tres tipos de suelo. El suelo de plantación de camu camu presentó mayor valor de potasio, el suelo tropical presentó un valor de potasio intermedio y el suelo degradado presentó menor valor de potasio.

- **Sodio (Na).**

Tabla 25

Análisis de varianza de Sodio (Na) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	0,015	2	0,008	1409,227	0,000

Error	0.001	9	0.002		
Total	0,016	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor

Existen diferencias significativas en la concentración de sodio entre los tres tipos de suelo por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 26

Prueba de tukey de Sodio (Na) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	**Promedio (ppm)**	**Grupos homogéneos**		
Suelo degradado	0,02425	A		
Suelo Tropical	0,06600		B	
suelo de plantación Camú Camú	0,11225			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

Según la prueba de tukey existen diferencias significativas en la concentración de sodio entre los tres tipos de suelo. El suelo de plantación de Camu Camu presentó mayor valor de sodio, el suelo tropical presentó un valor de sodio intermedio y el suelo degradado presentó menor valor de sodio.

- **Aluminio (Al).**

Tabla 27

Análisis de varianza de Aluminio (Al) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	**SC**	**GL**	**CM**	**F**	**P-valor**
Entre tipos de suelos	2,296	2	1,148	1439,780	0,000
Error	0,007	9	0,001		
Total	2,303	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en la concentración de aluminio entre los tres tipos de suelo. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 28

Prueba de tukey de Aluminio (Al) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedio	Grupos homogéneos		
Suelo plantación Camú Camú	0,00000	A		
Suelo Tropical	0,45500		B	
Suelo degradado	1,06750			C

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

Según la prueba de tukey existen diferencias significativas en la concentración de aluminio entre los tres tipos de suelo. El suelo degradado presento mayor valor de aluminio, el suelo tropical presentó un valor intermedio de aluminio y el suelo de plantación de Camu Camu presento un valor de 0.

- **Hidrogeno (H*).***

Tabla 29

Análisis de varianza de Hidrogeno (H) de tres tipos de suelo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-valor
Entre tipos de suelos	0,048	2	0,024	15,573	0,001
Error	0,014	9	0,002		
Total	0,062	11			

Nota: SC: suma de cuadrados/ GL: grado libertad/ CM: cuadrado medio/ F : razón/ P-valor

El análisis de varianza indica que existe diferencias significativas en la presencia de hidrogeno entre los tres tipos de suelo, por lo que se procedió a realizar prueba de tukey

Tabla 30

Prueba de tukey de Hidrogeno (H) de 3 tipos de suelo.

Tipos de suelos	Promedios	Grupos homogéneos
suelo de plantación Camú Camú	0,00000	A
Suelo Tropical	0,10000	B
Suelo degradado	0,15250	B

Nota: Prueba de hipótesis, α= 0.05, aplicándose el test de Tukey.

La prueba de tukey demuestra que no existe diferencias significativas en la concentración de hidrogeno entre el suelo tropical y suelo degradado, sin embargo, estos dos difieren significativamente del suelo de plantación de Camu Camu. El suelo degradado presento mayor valor de hidrogeno, el suelo tropical un valor intermedio de hidrogeno y el suelo de plantación de Camu Camu presentó menor valor de hidrogeno.

ESTADÍGRAFOS

Tabla 31

Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo.

		pH				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	5,28	5,35	5,20	0,07	0,00
	Suelo degradado	4,85	4,90	4,80	0,04	0,00

	Plantación Camú Camú	5,95	6,07	5,83	0,12	0,02

Nota: Porcentaje máximo, media y mínimo de pH en los 3 tipos de suelo.

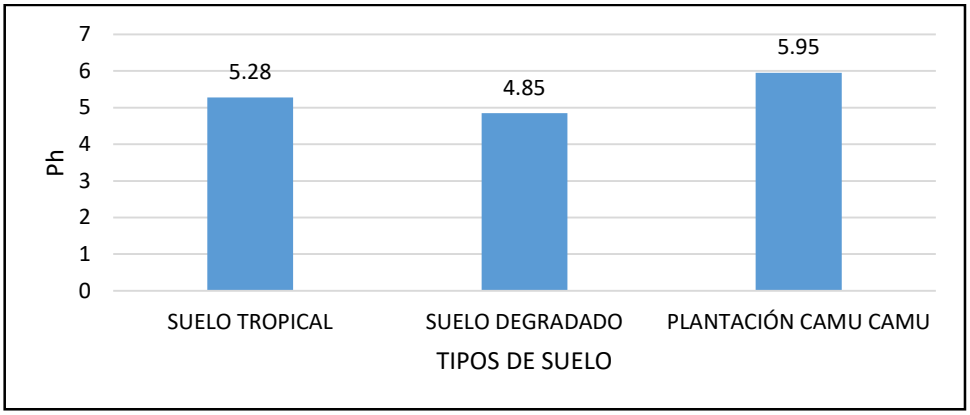


Figura 5. Estadígrafos de pH de tres tipos de suelo.

Tabla 32

Estadígrafos de MO de tres tipos de suelo.

		Materia Orgánica (%)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	1,30	1,34	1,25	0,04	0,00
	Suelo degradado	1,02	1,08	0,92	0,08	0,01
	Plantación Camú Camú	1,89	1,96	1,79	0,07	0,01

Nota: Porcentaje máximo, media y mínimo de MO en los 3 tipos de suelo.

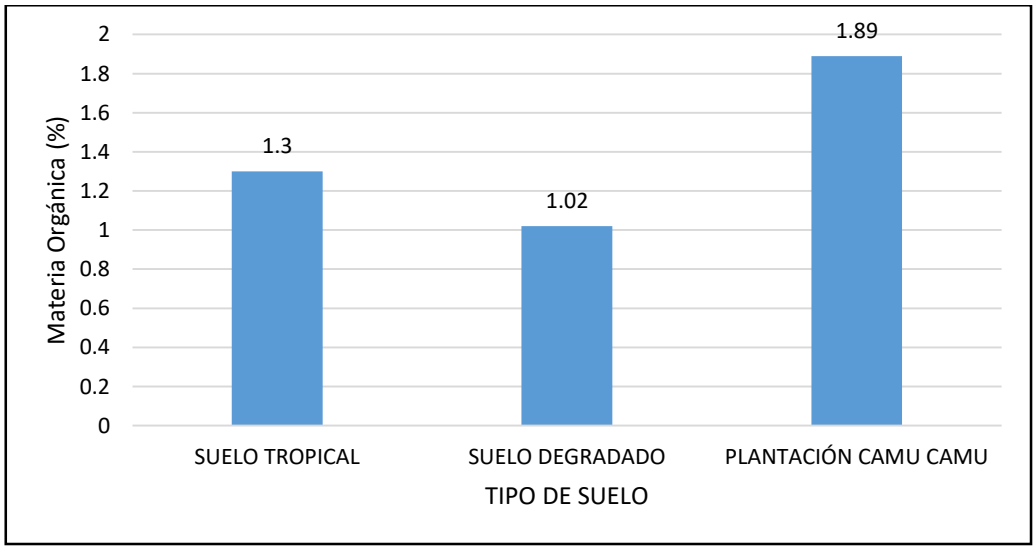


Figura 6. Estadígrafos de MO de tres tipos de suelo.

Tabla 33

Estadígrafos de nitrógeno (N) de tres tipos de suelo.

		Nitrógeno (%)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,07	0,07	0,06	0,01	0,00
	Suelo degradado	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
	Plantación Camú Camú	0,10	0,10	0,09	0,01	0,00

Nota: Porcentaje máximo, media y mínimo de N en los 3 tipos de suelo.

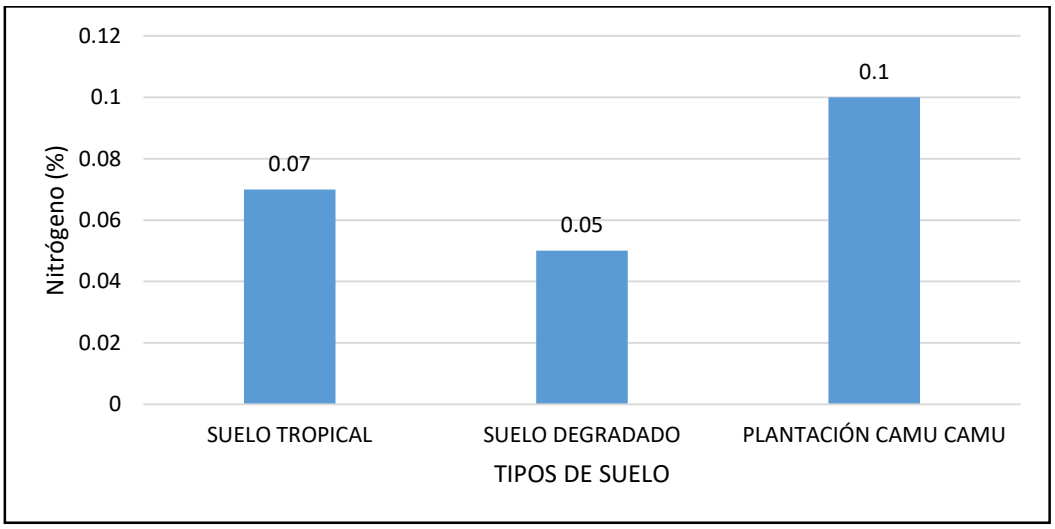


Figura 7. Estadígrafos de nitrógeno (N) de tres tipos de suelo.

Tabla 34

Estadígrafos de fósforo (P) de tres tipos de suelo.

		Fósforo (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	1,33	1,44	1,24	0,08	0,01
	Suelo degradado	0,91	1,05	0,76	0,12	0,02
	Plantación Camú Camú	5,32	5,42	5,13	0,14	0,02

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de P en los 3 tipos de suelo.

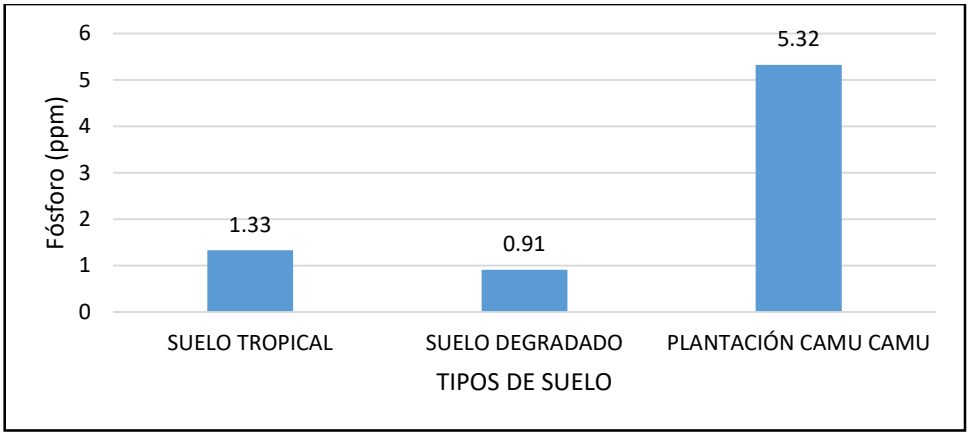


Figura 8. Estadígrafos de fósforo (P) de tres tipos de suelo.

Tabla 35

Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.

		Potasio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	70,63	75,97	65,77	4,28	18,34
	Suelo degradado	57,24	59,22	53,53	2,55	6,50
	Plantación Camú Camú	93,64	96,66	90,86	2,90	8,43

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de K en los 3 tipos de suelo.

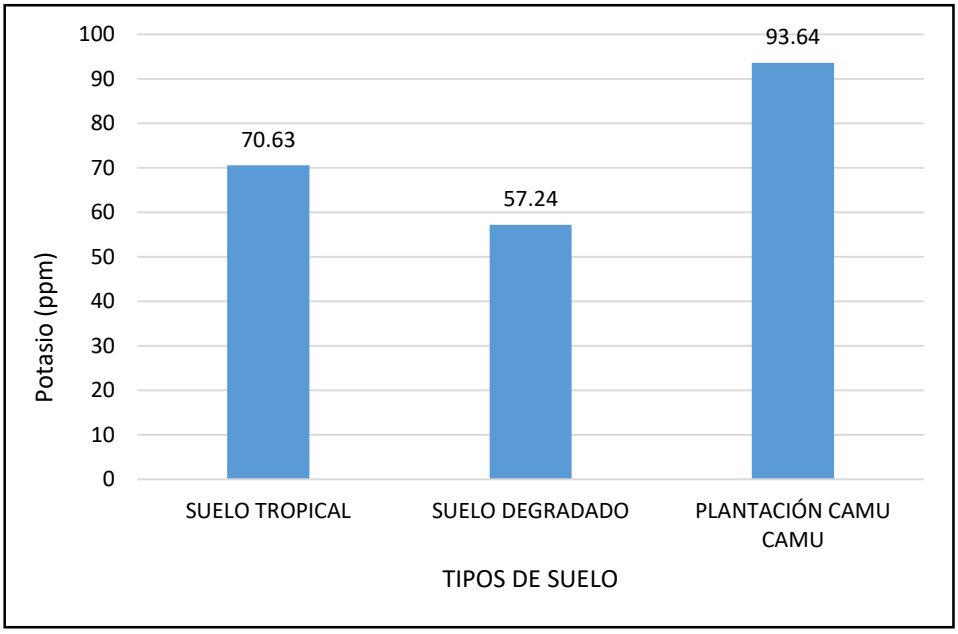


Figura 9. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.

Tabla 36

Estadígrafos de cadmio (CD) de tres tipos de suelo

		Cadmio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,153	0,168	0,142	0,012	0,000
	Suelo degradado	0,132	0136	0,128	0,003	0,000
	Plantación Camú Camú	0,101	0,110	0,090	0,009	0,000

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de CD en los 3 tipos de suelo.

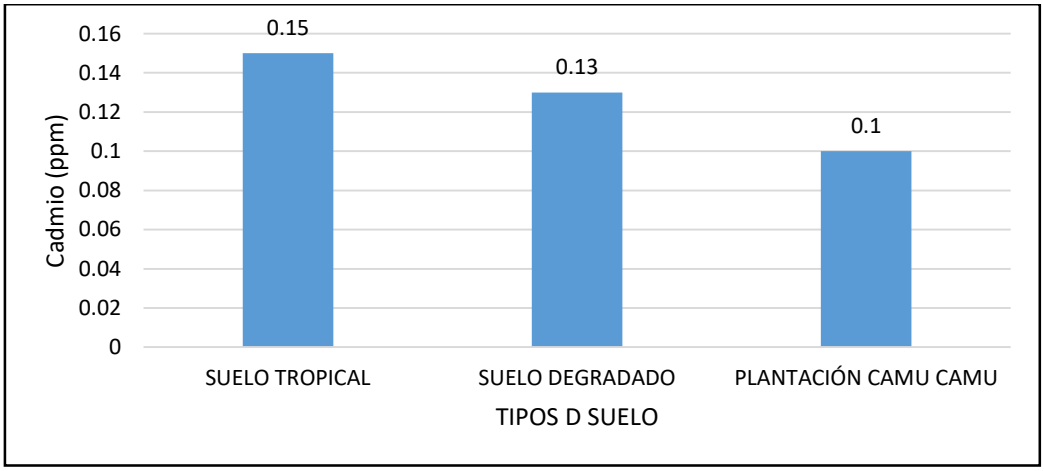


Figura 10. Estadígrafos de cadmio (Cd) de tres tipos de suelo.

Tabla 37

Estadígrafos de plomo (Pb) de tres tipos de suelo

		Plomo (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	2,154	2,224	2,041	0,079	0,006
	Suelo degradado	3,446	3,674	3,167	0,222	0,049
	Plantación Camú Camú	2,850	2,968	2,760	0,092	0,008

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de Pb en los 3 tipos de suelo.

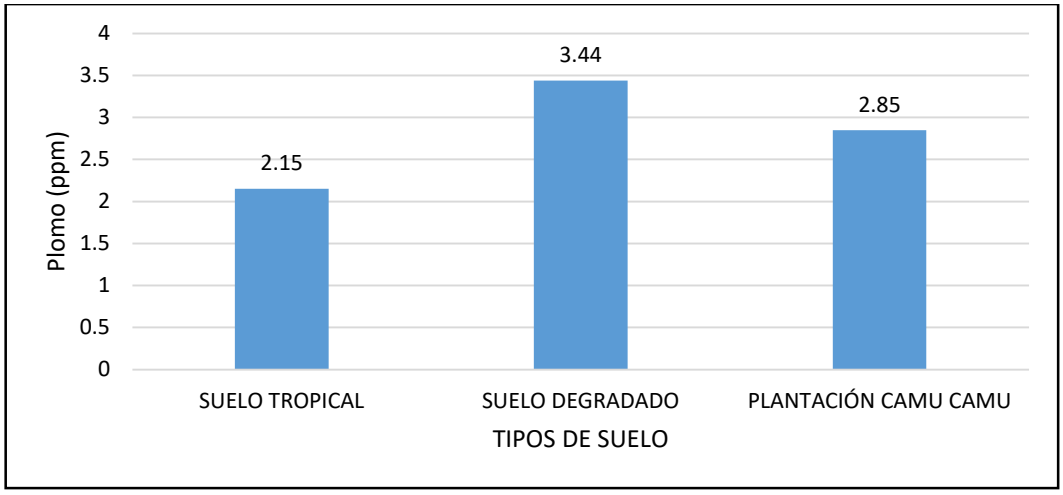


Figura 11. Estadígrafos de plomo (Pb) de tres tipos de suelo.

CAMBIABLES

Tabla 38

Estadígrafos de calcio (Ca) de tres tipos de suelo.

		Calcio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	2,486	2,588	2,339	0,105	0,011
	Suelo degradado	2,169	2,223	2,138	0,037	0,001
	Plantación Camú Camú	17,262	18,701	16,643	0,966	0,933

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de Ca en los 3 tipos de suelo.

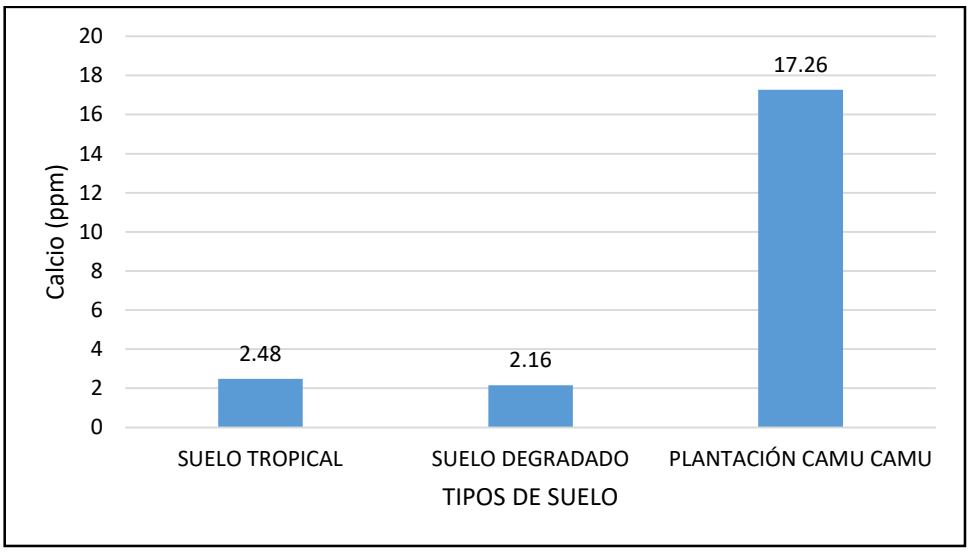


Figura 12. Estadígrafos de calcio (Ca) de tres tipos de suelo

Tabla 39

Estadígrafos de magnesio (Mg) de tres tipos de suelo.

		Magnesio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,431	0,463	0,413	0,022	0,001
	Suelo degradado	0,348	0,364	0,332	0,015	0,000
	Plantación Camú Camú	2,278	2,328	2,187	0,062	0,004

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de Mg en los 3 tipos de suelo.

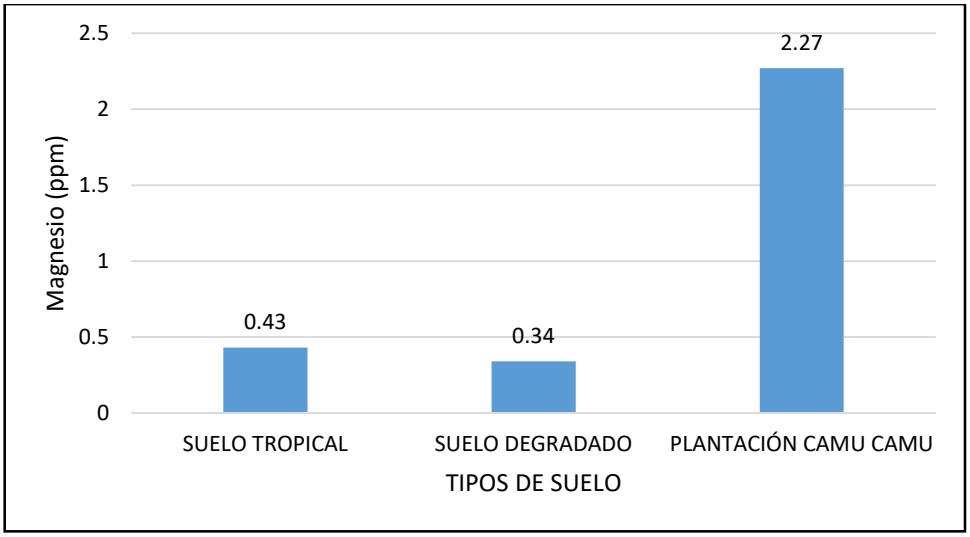


Figura 13. Estadígrafos de magnesio (Mg) de tres tipos de suelo

Tabla 40

Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.

		Potasio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,111	0,122	0,105	0,008	0,000
	Suelo degradado	0,079	0,083	0,075	0,004	0,000
	Plantación Camú Camú	0,221	0,228	0,211	0,008	0,000

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de K en los 3 tipos de suelo.

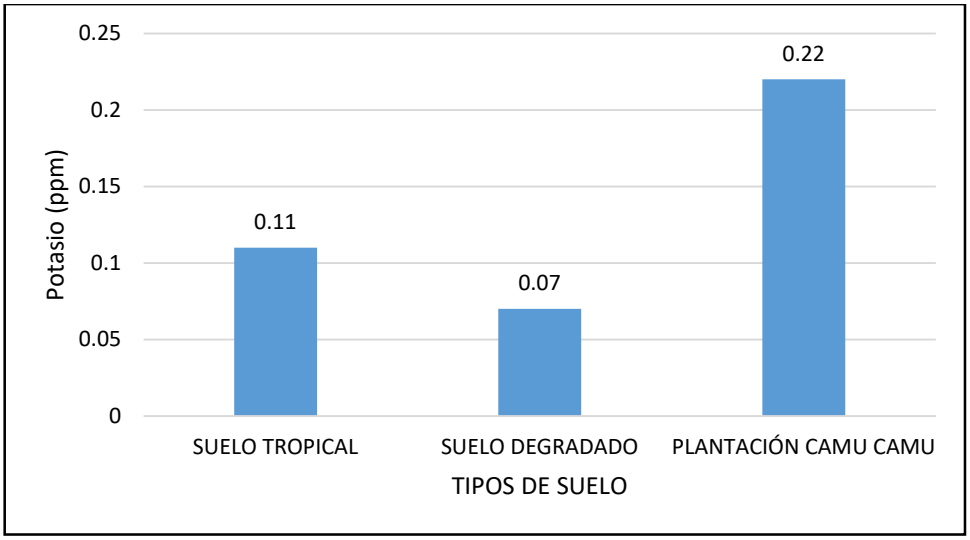


Figura 14. Estadígrafos de potasio (K) de tres tipos de suelo.

Tabla 41

Estadígrafos de sodio (Na) de tres tipos de suelo.

		Sodio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,066	0,067	0,065	0,001	0,000
	Suelo degradado	0,024	0,026	0,022	0,002	0,000
	Plantación Camú Camú	0,112	0,117	0,109	0,004	0,000

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de Na en los 3 tipos de suelo.

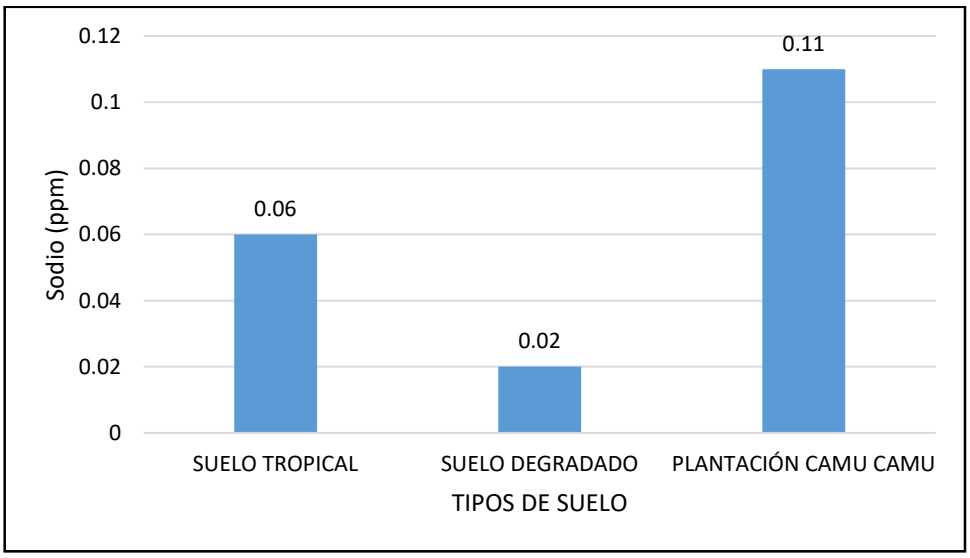


Figura 15. Estadígrafos de sodio (Na) de tres tipos de suelo

Tabla 42

Estadígrafos de aluminio (Al) de tres tipos de suelo.

		Aluminio (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,455	0,490	0,420	0,031	0,001
	Suelo degradado	1,068	1,110	1,020	0,038	0,001
	Plantación Camú Camú	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de Al en los 3 tipos de suelo.

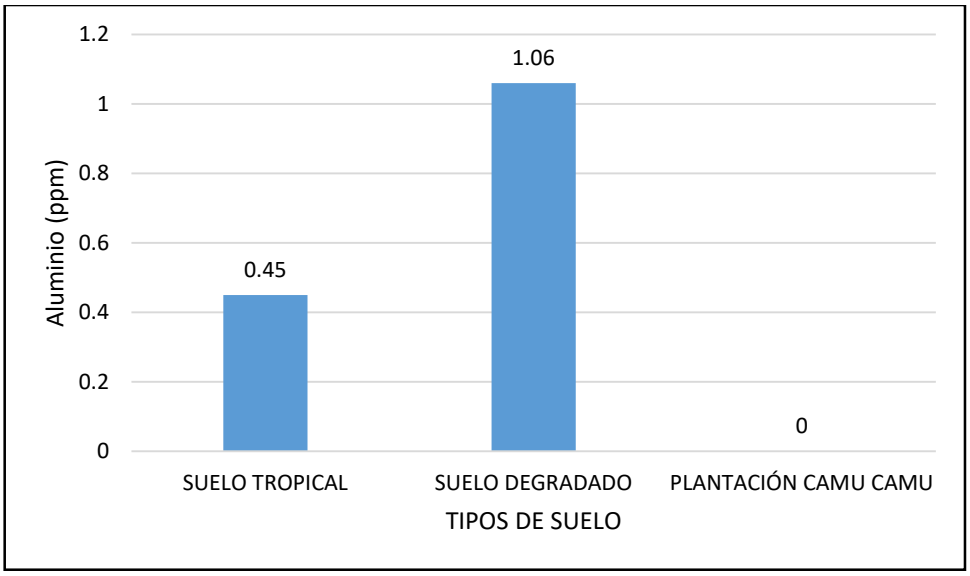


Figura 16. Estadígrafos de aluminio (Al) de tres tipos de suelo.

Tabla 43

Estadígrafos de hidrogeno (H) de tres tipos de suelo.

		Hidrogeno (ppm)				
		Media	**Máximo**	**Mínimo**	**Desviación típica**	**Varianza**
Tipos de suelos	Suelo Tropical	0,100	0,150	0,050	0,044	0,002
	Suelo degradado	0,153	0,200	0,090	0,052	0,003
	Plantación Camú Camú	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: Partículas por millón (ppm) máximo, media y mínimo de H en los 3 tipos de suelo.

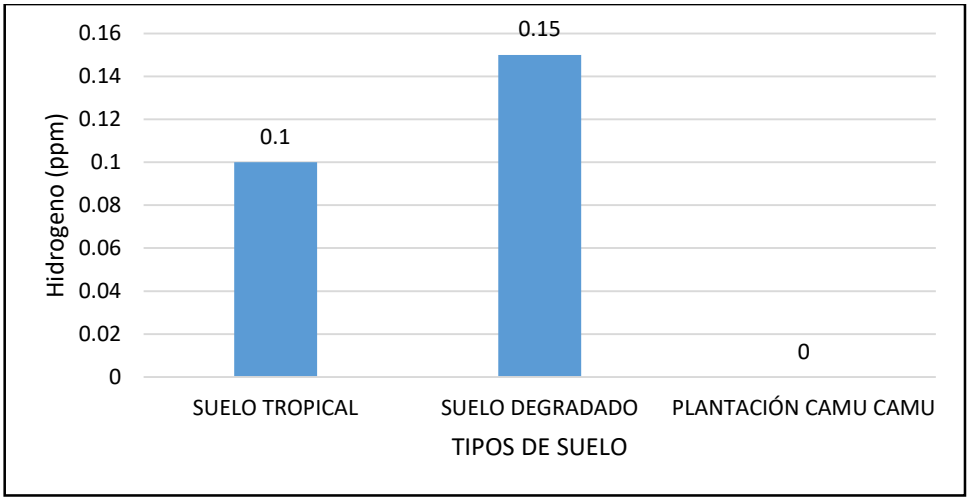


Figura 17. Estadígrafos de hidrogeno (H) de tres tipos de suelo.

4.2. DISCUSIÓN.

Esta investigación tuvo como propósito cuantificar los niveles de concentración de metales mesados, macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu - Distrito de Yarinacocha, describir aquellas experiencias vividas en la investigación que servirá como base para futuras investigaciones.

Sobre todo, se pretendió cuantificar los niveles de concentración de metales pesados y macro elementos en laboratorios especializados, con equipos especializados como el espectrofotómetro de adsorción atómica de masas, que a continuación se estarán discutiendo los principales descubrimientos de esta investigación.

Albornoz-Atencia, (2020) en su tesis "Determinación Cuantitativa De Cadmio (Cd) Y, Plomo (Pb) Disponible En Suelos De Uso Agrícola En El Centro Poblado De San Pablo De Tushmo – Yarinacocha, Región Ucayali – Perú -2020" en su resultado en la muestra M1 el que presento mayor concentración obteniendo un promedio de 0.084 mg/kg PS de Cadmio (Cd) y la muestra M7 el que presento menor concentración con un promedio de 0.036 mg/kg PS de Cadmio (Cd). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo

nos demuestra que el Cadmio (Cd) no supera 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.

Plomo (Pb) entre las muestras, siendo la muestra M2 el que presento mayor concentración obteniendo un promedio de 6.60 mg/kg PS de Pb y la muestra M6 el que presento menor concentración con un promedio de 0.084 mg/kg PS de Pb. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo nos demuestra que no superan al valor referencial de 70 mg/kg. Para Pb.

(Milton W., 2016) En su tesis *"Balance aparente de Nitrógeno, fosforo y potasio en dos agro ecosistemas*" La unidad de producción El Manantial resultó con el balance negativo más alto durante los dos años, en el 2015 se produjeron valores de -3289.8 kg de Nitrógeno, -399.9 kg de Fósforo y - 4282.7 kg Potasio; en la finca El Chipote para el año 2015 se obtuvo un balance negativo más alto con valores de -318.8 kg de Nitrógeno, -126.5 kg de Fósforo y -168.4 kg de Potasio. La finca que presentó mejores resultados en los parámetros físicos fue la finca El Manantial con textura Franca arcillosa, rango de pH de hasta 6.0 – 6.5, con profundidades desde 50 – 100 cm.

En esta investigación sobre cuantificar los niveles de concentración de metales mesados, macro elementos y pH en Suelos degradados, Suelos de bosque húmedo tropical y suelos con Cultivos de Camú Camu en el Distrito de Yarinacocha. Se obtuvieron como promedio para cadmio (Cd) 0.12843 ppm; plomo (Pd) 2.8167 ppm. Parámetro pH 5.3593. Macronutrientes disponible nitrógeno (N) 0.7083 %; fosforo 2.5208 ppm; potasio (K) 73.8376 ppm. Macronutrientes cambiables calcio (Ca) 7.3056 ppm; magnesio (Mg) 1.01188 ppm; potasio (K) 0.1370 ppm; sodio (Na) 0.0675 ppm; aluminio (Al) 0.5075 ppm; hidrogeno (H) 0.08416 ppm.

El suelo degradado mostró niveles de cadmio (Cd) y plomo (Pd) más altos en comparación con el suelo de cultivo de Camu Camu, pero menores en comparación con el suelo del bosque húmedo tropical. Según Alloway (2013) en su libro "Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability", los niveles de cadmio y plomo son indicadores críticos de contaminación del suelo, y los valores detectados en el suelo degradado indican una contaminación significativa que puede afectar negativamente la biota del suelo y las plantas (Alloway, 2013).

El pH del suelo degradado (4.845) es considerablemente más ácido que el del suelo del bosque húmedo tropical (5.28) y el suelo de cultivos de Camu Camu (5.953). Brady y Weil (2016) en "The Nature and Properties of Soils" discuten cómo el pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de metales pesados. Un pH bajo puede aumentar la solubilidad de metales pesados, como el cadmio y el plomo, haciendo que estos sean más bioaccesibles y tóxicos para las plantas (Brady & Weil, 2016).

El contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) es notablemente diferente entre los tres tipos de suelos. El suelo de cultivos de Camu Camu tiene la mayor concentración de estos macronutrientes (N: 0.950%, P: 5.3250 ppm), lo que sugiere una mayor fertilidad en comparación con los otros suelos. Marschner (2011) en "Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants" destaca que niveles adecuados de nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento saludable de las plantas y pueden compensar parcialmente el impacto negativo de los metales pesados (Marschner, 2011).

El suelo de cultivos de Camu Camu también presentó mayores niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) cambiables en comparación con los otros suelos. Según Mengel y Kirkby (2001) en "Principles of Plant Nutrition", estos cationes son fundamentales para la estructura del suelo y la nutrición de las plantas, y sus altos niveles en el suelo de Camu

Camu pueden estar contribuyendo a la mejora general de la fertilidad del suelo (Mengel & Kirkby, 2001).

El aluminio (Al) fue notablemente alto en el suelo degradado (1.06750 ppm) y en el suelo del bosque húmedo tropical (0.4550 ppm), pero ausente en el suelo de cultivos de Camu Camu. Foy (1984) en "The Physiology of Plant Adaptation to Aluminum and the Problem of Acid Soils" explica que altos niveles de aluminio en suelos ácidos pueden ser tóxicos para las plantas, inhibiendo el crecimiento de raíces y la absorción de nutrientes (Foy, 1984). Esto sugiere que el suelo de cultivos de Camu Camu tiene un ambiente más favorable para el crecimiento de plantas, debido a la ausencia de aluminio tóxico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- Suelo degradado, niveles o concentración de metales pesados cadmio (Cd) 0.1315 ppm; plomo (Pd) 3.4458 ppm. Parámetro pH 4,845. Macronutrientes disponible nitrógeno (N) 0.675 %; fosforo 1.3325 ppm; potasio (K) 70.633 ppm. Macronutrientes cambiables calcio (Ca) 2.169 ppm; magnesio (Mg) 0.3475 ppm; potasio (K) 0.07900 ppm; sodio (Na) 0.02425 ppm; aluminio (Al) 1.06750 ppm; hidrogeno (H) 0.15250 ppm.
- Suelo de bosque húmedo tropical, niveles o concentración de metales pesados cadmio (Cd) 0.1525 ppm; plomo (Pd) 2.154 ppm. Parámetro pH 5.28. Macronutrientes disponible nitrógeno (N) 0.500 %; fosforo 0.9050 ppm; potasio (K) 57.24 ppm. Macronutrientes cambiables calcio (Ca) 2.486 ppm; magnesio (Mg) 0.4310 ppm; potasio (K) 0.11125 ppm; sodio (Na) 0.06600 ppm; aluminio (Al) 0.4550 ppm; hidrogeno (H) 0.1000 ppm.
- Suelo de cultivos de Camu Camu, niveles o concentración de metales pesados cadmio (Cd) 0.1013 ppm; plomo (Pd) 2.8503 ppm. Parámetro pH 5.953. Macronutrientes disponible nitrógeno (N) 0.950 %; fosforo 5.3250 ppm; potasio (K) 93.64 ppm. Macronutrientes cambiables calcio (Ca) 17.262 ppm; magnesio (Mg) 2.27800 ppm; potasio (K) 0.22075 ppm; sodio (Na) 0.11225 ppm; aluminio (Al) 0.0000 ppm; hidrogeno (H) 0.0000 ppm.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Tener en cuenta el tipo de plantaciones o sembrío de productos alternativos para el suelo degradado ya que su pH es acida (4,845).
- Se recomienda no usar fertilizantes en plantaciones de Camu Camu ya que este suelo posee altos contenidos de macro y micronutrientes.
- Para la toma de muestras se recomienda el uso de barrenos ya que esto permite tomar muestras con mayor uniformidad.
- Para la toma de muestras de suelos en l región Ucayali se recomienda en la temporada de verano o primavera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achung, F. R. 1991. Los suelos de la región del Amazonas según unidades fisiográficas. Folia Amazónica, Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. ISSN 1018 – 5674.

Acosta Alvarez, M. M. (2007). Determinacion De Metales Pesados En Suelos Agricolas Del Valle De Mezquizal, Hgo. Mexico .

Aguirre Gil, O. J. (2013). "Evaluación Agronómica De Cuatro Clones De Camu Camu (Myrciaria Dubia (H.B.K) Me Vaugh) En Un Suelo Aluvial Inundable De La Región Ucayali En El Periodo 2005 - 2010". Tingo Maria.

Aloway, B. J. (2013) Heavy Metals In Soils: Trace Metals And Metalloids In Soils And Their Bioavailability. Springer.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). The Nature And Properties Of Soils. Pearson.

Budowski, G. Generalizaciones sobre sucesión vegetal. San José, costa rica. Instituto interamericano de ciencias agrícolas, 1960. 6 p.

Combatt Caballero, E., Novoa Yanez, R. S., Barrera Violeth, J. L., & Polo, J. (2005). Caracterizacion Quimica Y Fisica De Los Suelosagroforestales De La Zona Alta De Córdoba. Colombia.

Dasman, R.F., Milton, J.P. and Freeman, P.H. ecological Principles for economic development, London, Jhon Wiley, 1973-252 p.

Fao. (1965). World Fertilizer Use Manual. Ifa, 83.

Fao. (2018). La Contaminación De Los Suelos Está Contaminando Nuestro Futuro . Organizaciòn De Las Naciones Unidas .

Foy, C. D. (1984). "The Physiology Of Plant Adaptation To Aluminum And The Problem Of Acid Soils". Soil Acidity And Liming, 57-97.

Garcia Davila, C., Corazon Guivin, M., Castro, D., Chota, W., Rodriguez, A., Delgado Vasquez, C., & Francois Reno, J. (2008). Variabilidad Genetica De Cinco Poblaciones Naturales De Camu Camu De La Amazonia Peruana, Evaluadas Mediante Dalp. Iquitos.

Garcia, I. (2006). Contaminacion Por Metales Pesados.

Gonzales Flores, E. (2011). Biodisponibilidad Y Fraccionamiento De Metales Pesados En Suelos Agrícolas Enmendados Con Biosólidos De Origen Municipal. Mexico.

Gustavo Mercado, M. (2011). Desertificacion De Cuencas Agricolas En Baja California Sur. Bolivia.

Jeannette, S. (2019). Recursos Naturales, Medio Ambiente Y Sostenibilidad. Estados Unidas .

Krebs, A. (2022). Elementos Primarios Npk. Agro Krebs.

Macmillan Brady, M. (1984). Contaminacion Por Fertilantes. California.

Marschner, P. (Ed.). (2011). Marschner's Mineral Nutrition Of Higher Plants. Academic Press.

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). Principles Of Plant Nutrition. Springer.

Milton-Wesley. (2016). Balance Aparente De Nitrógeno, Fósforo Y Potasio .

Leisa. (2008). Revista De Agroecología: Suelos Vivos. Angentina.

Loayza Villegas Mario. (1982-1983). "Algunos aspectos sobre la complejidad del bosque húmedo tropical".

Lopez Falcon, R. (2002). Degradacion Del Suelo Causas, Procesos Evaluacion E Investigacion. Venezuela.

ONU. (2015). Los Suelos Sanos Son La Base Para La Producción De Alimentos Saludables. Fao.

Oldeman, L.R. y G.W.J. Van Lynden. 1998. Revisiting the Glasod methodology pp.. 423-440.. in: R, Lal et al. (eds) Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. Crc Press. Boco Raton, Florida, USA.

ODUM, E.P. Fundamentals of Ecology, 3 ed. Philadelphia, Saunders. 1971. 574 p.

Panduro Tenazoa, N. M., Vega Jara, L., Ramirez Flores, N., & Herrera Veramendi, R. E. (2021). Absorción De Nutrientes Y Metales Pesados Del Cultivo De Camu Camu En Un Entisol De Yarinacocha. Huanuco.

Panduro Tenazoa, N. M., Vega Jara, L., Ramirez Flores, N., & Herrera Veramendi, R. E. (2021). Absorción De Nutrientes Y Metales Pesados Del Cultivo De Camu Camu En Un Entisol De Yarinacocha. Yarinacocha.

Porta, J., López Acevedo, M., Roquero, C. “Edafología para la agricultura y el medio ambiente”. 2003. Ed. Mundi prensa, pp. 167-202.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García. (2009). Contaminación Y Fitotoxicidad En Plantas Por Metales Pesados Provenientes De Suelos Y Agua. Tropical And Subtropical Agroecosystems, 17.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García. (2009). Contaminación Y Fitotoxicidad En Plantas Por Metales Pesados Provenientes De Suelos Y Agua . Tropical And Subtropical Agroecosystems , 17.

Rubiños, K. (2021). La Desertificación Y Sequía: Una Consecuencia Directa En Nuestras Vidas. Lima.

Saña y Villaseca, J., More Ramos, J.C., Cohi, A. “La gestión y la fertilidad de suelos”. 1996. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

Soraya Puga, M. S., & Toutcha Lebgue, C. Q. (2006). Contaminación Por Metales Pesados En Suelo Provocada Por La Industria Minera. Lima.

Sommer, A. 1976. “ensayo d una estimación de los bosques húmedos tropicales del mundo. Unasylva” 28(112-113).

TOSI, J.A. y Voertman, R.F. máximo aprovechamiento de los bosques UnasyIva 27 (110): 2-10. 1975.

Torres, J. (2023). Agri Nova Science Para Tus Cultivos.

Urbano-Terrón, P.“Tratado de fitotecnia general”, 1988. Ed. Mundi prensa. pp. 345 – 388.

Villachica, H.; Carvalho, C.; Müller, h. et al. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía. FAO-Tratado de Cooperación Amazónica. (En Prensa)

Villachica, H. 1996. El cultivo del camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh) en la amazonía peruana. TCA. Secretaría Pro Tempore. Pucallpa-Perú, pp. 96.

Voto Bernales, J. (1985). El Cultivo Del Camu-Camu En La Amazonia. Lima.

ANEXOS

Anexo 1: Parámetros y estándares para la interpretación de los resultados.

Tabla 44

Estándares de calidad ambiental para suelos.

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	Orgánicos				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) (3)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrin (mg/kg MS) (3)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) (3)	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) (3)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II	Inorgánicos				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) (2)	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) (2)	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) (2)	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) (4)	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) (2)	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

Tabla 45

Métodos analíticos.

N°	ITEN
1	pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1.
2	C.E: Conductimetro – Extracto Acuoso.
3	Materia orgánica: Método de Walkey y Black.
4	Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl.
5	Fosforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de $NHCO_3$ 0.5M, pH 8.5.
6	Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0.
7	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
8	Ca Mg K Na :Absorción atómica.
9	C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5).
10	Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
11	Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta.
12	Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta.
13	Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III – EAA.
14	Determinación del Boro: Método de la Azometina – H.
15	Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA – EAA.
16	Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 – EAA.
17	Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
18	Determinación colorimétrica de molibdeno.
19	Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
20	Determinación colorimétrica de molibdeno.

Nota: Generalidades sobre métodos analíticos.

Tabla 46

Interpretación del pH.

SEGÚN SCHEFFER Y SCHACHTSCHABEL	Ph en KCl	UNALM	pH en agua
extremadamente ácido	<4.0	fuertemente acido	<5.5
Fuertemente ácido	4.0-4.9	Mediamente ácido	5.5-6.0
Mediamente ácido	5.0-5.9	Ligeramente ácido	6.1-6.5
Ligeramente ácido	6.0-6.9	Neutro	7
Neutro	7	Ligeramente alcalino	7.2-7.8
Ligeramente alcalino	7.1-8.0	Mediamente alcalino	7.9-8.4
Mediamente alcalino	8.1-9.0	Fuertemente alcalino	>8.5
Fuertemente alcalino	9.1-10		
Extremadamente alcalino	>10		

Nota: Escala química y valorización del pH.

Tabla 47

Rango de Salinidad.

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Nota: Escala química de salinidad de pH.

Tabla 48

Interpretación para el potasio disponible.

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K_2O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

Nota: Escala química de Potasio.

Tabla 49

Interpretación de carbonato de calcio, materia orgánica y nitrógeno total.

Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)	Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)	Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)	Interpretación de Fosforo Disponible	Rango (%)
Bajo	< 1	Bajo	< 0.1	Bajo	<2	Bajo	< 7
Medio	1-5	Medio	0.1-0.2	Medio	2-4	Medio	7-14
Alto	5-15	Alto	> 0.2	Alto	>4	Alto	>14
Muy alto	> 15						

Nota: Rango para la interpretación química.

Anexo 2: Resultado del Análisis de suelo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CHERO OREJON KEVIN ANTHONY

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
										disponible		TOTAL												
	CODIGO DEL LAB.	CODIGO DEL SOLICITANTE	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	1:1	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
1	S1211-1	M1 T1	71	14	15	Arena Franca	5.25	1.30	0.07	1.24	65.77	0.144	2.041	----	2.499	0.413	0.105	0.065	0.420	0.150	3.653	80	16	11
2	S1211-2	M1 SD1	33	32	35	Franco Arcilloso	4.83	1.08	0.05	1.05	58.52	0.132	3.564	----	2.163	0.332	0.075	0.022	1.110	0.130	3.832	65	32	29
3	S1211-3	M1 PC1	13	40	47	Franco Arcillo Limoso	6.07	1.96	0.10	5.42	90.86	0.098	2.799	21.207	18.701	2.187	0.211	0.109	0.000	0.000	--	100	0	0
4	S1211-4	M2 T1	81	12	7	Arena Franca	5.32	1.34	0.07	1.34	75.97	0.142	2.188	----	2.517	0.418	0.107	0.066	0.470	0.120	3.698	79	16	13
5	S1211-5	M2 SD1	45	28	27	Franco Arcilloso	4.90	1.07	0.05	0.95	53.53	0.136	3.378	----	2.138	0.339	0.076	0.026	1.080	0.090	3.748	66	31	29
6	S1211-6	M2 PC1	31	29	40	Franco Arcillo Limoso	5.86	1.93	0.10	5.33	96.66	0.090	2.968	19.404	16.785	2.292	0.217	0.110	0.000	0.000	--	100	0	0
7	S1211-7	M3 T1	75	12	13	Arena Franca	5.20	1.25	0.06	1.31	71.57	0.168	2.224	----	2.588	0.430	0.111	0.066	0.440	0.080	3.715	81	14	12
8	S1211-8	M3 SD1	21	40	39	Franco Arcilloso	4.80	0.92	0.05	0.76	57.67	0.128	3.167	----	2.153	0.355	0.082	0.024	1.020	0.190	3.823	66	32	27
9	S1211-9	M3 PC1	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	5.83	1.89	0.09	5.42	91.46	0.107	2.874	19.566	16.920	2.305	0.228	0.113	0.000	0.000	--	100	0	0
10	S1211-10	M4 T1	73	12	15	Arena Franca	5.35	1.32	0.07	1.44	69.22	0.156	2.163	----	2.339	0.463	0.122	0.067	0.490	0.050	3.530	79	15	14
11	S1211-11	M4 SD1	21	40	39	Franco Arcilloso	4.85	0.99	0.05	0.86	59.22	0.130	3.674	----	2.223	0.364	0.083	0.025	1.060	0.200	3.955	65	32	27
12	S1211-12	M4 PC1	31	28	41	Franco Arcillo Limoso	6.05	1.79	0.09	5.13	95.56	0.11	2.760	19.315	16.643	2.328	0.227	0.117	0.000	0.000	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO No. 001-00655317

TINGO MARIA, 12 DE AGOSTO 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 18. Promedio de los resultados de análisis de laboratorio.

Anexo 3: Recolección de muestras de suelos tropicales.



Figura 19. Limpieza para la toma de muestra de suelo tropical.



Figura 20. Toma de muestra de suelo tropical zona 01.



Figura 21. Toma de muestra de suelo tropical zona 02..



Figura 22. Toma de muestra de suelo tropical zona 02.



Figura 23. Toma de muestra de suelo tropical zona 03.



Figura 24. Toma de muestra de suelo tropical zona 03.



Figura 25. Toma de muestra de suelo tropical zona 04.



Figura 26. Toma de muestra de suelo tropical zona 04.

Anexo 4: Recolección de toma de muestra de suelos degradados.



Figura 27. Limpieza para la toma de muestra de suelos degradados de la zona 01.

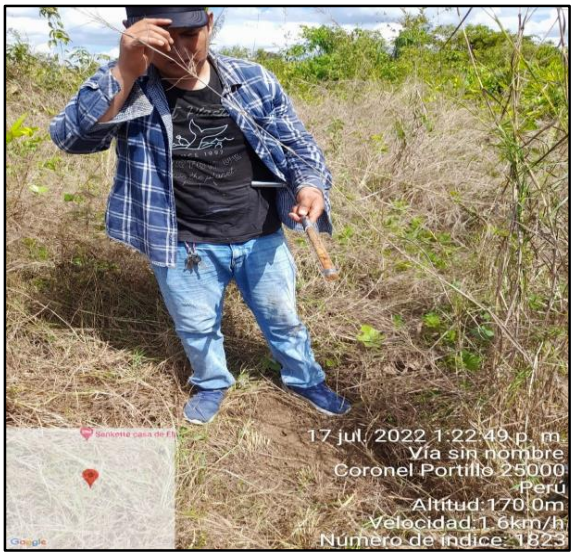


Figura 28. Toma de muestra de suelos degradados zona 01.



Figura 29. Toma de muestra de suelos degradados zona 02.



Figura 30. Toma de muestra de suelos degradados zona *02*



Figura 31. Toma de muestra de suelos degradados zona 03.



Figura 32. Toma de muestra de suelos degradados zona 03



Figura 33. Toma de muestra de suelos degradados zona 04



Figura 34. Toma de muestra de suelos degradados zona 04

Anexo 5: Recolección de toma de muestra de cultivos de camu camu



Figura 35. Dron para los puntos de muestreo suelos de cultivos de camu camu.



Figura 36. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 02.

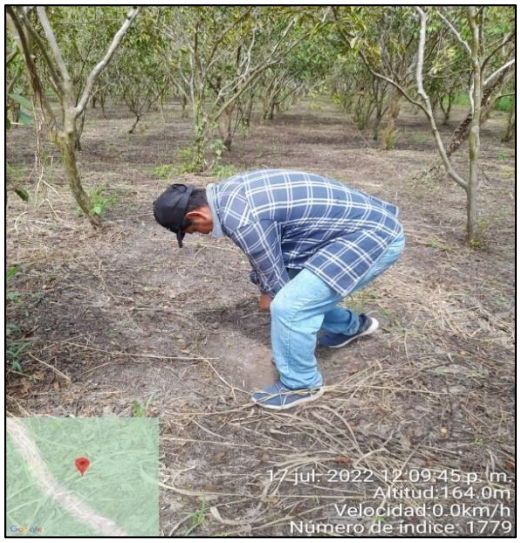


Figura 37. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 02.

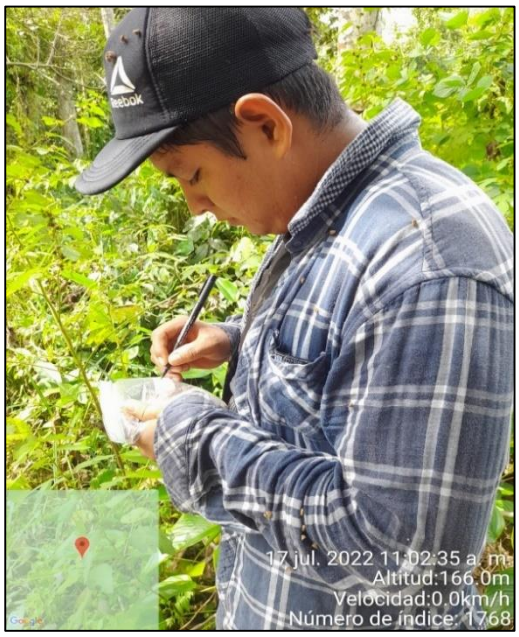


Figura 38. Marcando el tipo de muestra.



Figura 39. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 03.



Figura 40. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 03.



Figura 41. Toma de muestra de suelos cn cultivos de camu camu zona 04..



Figura 42. Toma de muestra de suelos con cultivos de camu camu zona 04.