



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del
Ambiente**

Carrera de Agronomía

TEMA:

CARACTERIZACIÓN DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES EN TRES
ESTRATOS DE SUELOS AGRÍCOLAS, EN PUSORRUMI, CANTÓN
ALAUÍS, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo
otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

AUTOR

Ángel Franklin Tenemasa Yamasque

DIRECTOR:

Ing Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

Guaranda – Ecuador

2023

"CARACTERIZACIÓN DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES EN TRES
ESTRATOS DE SUELOS AGRÍCOLAS, EN PUSORRUMI, CANTÓN
ALAUÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO"

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

DIRECTOR



Ing Kleber Espinoza Mora Mg.

BIOMETRISTA



Ing Sonia Fierro Borja Mg.

REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICADO DE AUTORÍA



Yo, Ángel Franklin Tenemasa Yamasque con cédula de identidad 0605189984 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

ÁNGEL TENEMASA YAMASQUE
AUTOR
C.I 060518998-4

Ing. NELSON MONAR GAVILÁNEZ M.Sc.
DIRECTOR
C.I 0201089836

Ing. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.
ÁREA DE BIOMETRIA
C.I 0200989630

Ing. SONIA FIERRO BORJA Mg
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA
C.I 0201084712



Factura: 001-002-000034649



20230602002D00237

DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO DE FIRMAS N° 20230602002D00237

Arte mí, NOTARIO(A) VIVIANA ALEXANDRA SALGADO ORTIZ de la NOTARÍA SEGUNDA, comparece(n) ANGEL FRANKLIN TENEMASA YAMASQUE portador(a) de CÉDULA 0605189584 de nacionalidad ECUATORIANA, mayor(es) de edad, estado civil SOLTERO(A), domiciliado(a) en ALAUSÍ, POR SUS PROPIOS DERECHOS en calidad de COMPARECIENTE; quien(es) declara(n) que la(x) firma(x) constante(s) en el documento que antecede CERTIFICADO DE AUTORÍA, es(son) suya(s), la(x) misma(s) que usa(n) en todos sus actos públicos y privados, siendo en consecuencia auténtica(s), EL COMPARECIENTE DOMICILIADO EN EL BARRIO SAN CRISTOBAL PARROQUIA MATRIZ CANTÓN ALAUSI CON NÚMERO DE TELÉFONO 0984224440 CON CORREO ELECTRÓNICO TENEMASAANGEL45@GMAIL.COM para constancia firma(n) conmigo en unidad de acto, de todo lo cual doy fe. La presente diligencia se realiza en ejercicio de la atribución que me confiere el numeral noveno del artículo dieciocho de la Ley Notarial -. El presente reconocimiento no se refiere al contenido del documento que antecede, sobre cuyo texto esta Notaría, no asume responsabilidad alguna. - Se archiva un original. ALAUSÍ, a 22 DE MAYO DEL 2023. (14:46).

ANGEL FRANKLIN TENEMASA YAMASQUE
CÉDULA: 0605189584



NOTARIA(A) VIVIANA ALEXANDRA SALGADO ORTIZ
NOTARIA SEGUNDA DEL CANTÓN ALAUSÍ



Document Information

Analyzed document	urkund.docx (D166604877)
Submitted	5/11/2023 4:22:00 PM
Submitted by	
Submitter email	atenemasa@mailes.ueb.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	nmonar.ueb@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Hit and source - focused comparison, Side by Side

Submitted text	As student entered the text in the submitted document.
Matching text	As the text appears in the source.


ING. NELSON MONAR GAVILANEZ MSc.
DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho amor a Dios, recíbelo señor esta humilde ofrenda, gracias infinitas por ser el guía constante en el proceso de formación y de alcanzar un logro muy importante en mi vida.

A mis padres, por ser un pilar fundamental, gracias a su apoyo y dedicación, he logrado una de mis metas tan anheladas, con mucho amor para ustedes (José Tenemasa, Gloria Yamasque).

A mis hermanos, Orlando, Elvia, Diana, Fredy, Jessica, quienes han sabido apoyarme de una u otra manera para luchar en mis estudios ya que por encontrarme lejos de casa ha sido muy duro.

A mi novia, Ximena Armas Armas, quien me ha apoyado en cada uno de mis logros y en mis fracasos brindarme su aliento, a pesar de las dificultades, necesidades, con su apoyo pude continuar en esta trayectoria muy importante.

Ángel Tenemasa

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento infinito a Dios por darme la dicha de tener salud, vida y poder continuar con mis estudios cumpliendo cada uno de los objetivos propuestos.

Agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, principalmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía, a sus autoridades por abrirnos las puertas y permitirnos ser parte de tan prestigiosa institución.

De la misma manera a los miembros del tribunal Ing. Nelson Monar Gavilánez, Klever Espinoza Mora, Sonia Fierro Borja, quienes contribuyeron en la planificación, ejecución, revisión y sistematización de dicha investigación.

Mil gracias a todos los docentes, quienes me han guiado en mi formación como profesional, de manera especial al ingeniero David Silva García, quien ha impartido sus conocimientos preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A mis padres por su amor, por haberme inculcado valores y ser la parte fundamental en mi logro, a mi familia quienes han sido un soporte, me han dado la fuerza para seguir adelante, guiándome y apoyándome para lograr la meta establecida, a mis hermanos y mi fiel compañera Ximena Armas Armas.

Agradecido por las personas maravillosas que conocí como compañeros y amigos de estudio, que entre risas y llantos lo estamos logrando nuestra meta.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	3
2.1. PROBLEMA.....	3
CAPÍTULO III.....	4
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Suelo.....	4
3.2. Formación del suelo	4
3.3. Horizontes del suelo	4
3.3.1. Horizonte O	5
3.3.2. Horizonte A o zona de lavado vertical	5
3.3.3. Horizonte B o zona de precipitado	5
3.3.4. Horizonte C o subsuelo	5
3.3.5. Horizonte D u horizonte R	5
3.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	6
3.5. Propiedades físicas del suelo	7
3.5.1. Color.....	7
3.5.2. Textura (Triangulo de textura o diagrama textural)	8
3.5.3. Estructura del suelo.....	9
3.6. Propiedades químicas del suelo	10
3.6.1. Cambio catiónico.....	10
3.6.2. Capacidad de intercambio de cationes	10
3.6.3. Acidez del suelo	11
3.7. Nutrientes presentes en el suelo	11

3.7.1. Tipos de nutrientes.....	11
3.8. Función de macronutrientes	12
3.9. Macronutrientes esenciales en el suelo	12
3.9.1. Nitrógeno (N).....	12
3.9.2. Fósforo (P)	13
3.9.3. Potasio (K)	13
3.9.4. Azufre (S)	13
3.9.5. Calcio (Ca)	14
3.9.6. Magnesio (Mg)	14
3.10. Función de los micronutrientes	14
3.11. Micronutrientes esenciales en el suelo	15
3.11.1. Boro (B).....	15
3.11.2. Cobre (Cu)	15
3.11.3. Hierro (Fe).....	15
3.11.4. Manganeso (Mn).....	16
3.11.5. Zinc (Zn).....	16
3.12. Análisis de suelo	16
3.13. Causas del deterioro del suelo	17
CAPÍTULO IV.....	19
4. MARCO METODOLÓGICO.....	19
4.1. Materiales	19
4.1.1. Localización de la investigación	19
4.1.2. Situación geográfica y climática	19
4.1.3. Zona de vida	19
4.2. Material experimental.....	19
4.3. Material de campo	20

4.4.	Material de oficina.....	20
4.5.	Métodos.....	20
4.5.1.	Factores en estudio.....	20
4.5.2.	Procedimiento	21
4.5.3.	Análisis estadístico.....	21
4.6.	Métodos de evaluación y datos tomados.....	21
4.6.1.	Indicadores físicos.....	21
4.6.2.	Indicadores químicos	22
4.7.	Manejo de experimento	23
4.7.1.	Fase de campo.....	23
CAPÍTULO V.....		25
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1.	Análisis de indicadores físicos	25
5.1.1.	Determinación de textura	25
5.1.2.	Determinación de densidad real.....	27
5.1.3.	Determinación de humedad	28
5.2.	Análisis de indicadores físicos-químicos.....	30
5.2.1.	Determinación del nivel de pH	30
5.2.2.	Determinación del porcentaje de materia orgánica	32
5.3.	Análisis de macro y micro nutrientes	34
5.3.1.	Nitrógeno (N).....	34
5.3.2.	Fósforo (P)	35
5.3.3.	Potasio (K)	37
5.3.4.	Calcio (Ca)	39
5.3.5.	Magnesio (Mg)	40
5.3.6.	Azufre (S)	42

5.3.7. Boro (Bo).....	43
5.3.8. Hierro (Fe).....	45
5.3.9. Cobre (Cu)	47
5.3.10. Manganeso (Mn).....	48
5.3.11. Zinc (Zn).....	50
CAPÍTULO VI.....	52
6.1. Comprobación de Hipótesis.....	52
CAPÍTULO VII.....	53
7.1. Conclusiones	53
7.2. Recomendaciones	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág
N° 1 Determinación de textura	25
N° 2 Determinación de la densidad real	27
N° 3 Determinación de humedad	28
N° 4 Determinación de pH.....	30
N° 5 Determinación de materia orgánica.....	32
N° 6 Determinación de nitrógeno (N)	34
N° 7 Determinación de fósforo (P).....	35
N° 8 Determinación de potasio (K).....	37
N° 9 Determinación de calcio (Ca).....	39
N° 10 Determinación de calcio (Ca).....	40
N° 11 Determinación de azufre (S)	42
N° 12 Determinación de boro (B)	43
N° 13 Determinación de hierro (Fe)	45
N° 14 Determinación de cobre (Cu)	47
N° 15 Determinación de manganeso (Mn).....	48
N° 16 Determinación de zinc (Zn).....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	Pág
N° 1 Determinación de textura	25
N° 2 Determinación de la densidad real.....	27
N° 3 Determinación de humedad.....	29
N° 4 Determinación de pH	31
N° 5 Determinación de materia orgánica	32
N° 6 Determinación de nitrógeno (N).....	34
N° 7 Determinación de fósforo (P)	36
N° 8 Determinación de potasio (K).....	37
N° 9 Determinación de calcio (Ca).....	39
N° 10 Determinación de calcio (Ca).....	41
N° 11 Determinación de azufre (S)	42
N° 12 Determinación de boro (B)	44
N° 13 Determinación de hierro (Fe)	45
N° 14 Determinación de cobre (Cu)	47
N° 15 Determinación de manganeso (Mn).....	49
N° 16 Determinación de zinc (Zn).....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

N° 1 Ubicación del experimento

N° 2 Análisis macro y micro elementos del suelo

N° 3 Base de datos

N° 4 Manejo del ensayo

N° 5 Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El suelo juega un papel preponderante en el mantenimiento de la vida en el planeta, es la base fundamental para la producción agrícola, pecuaria, forestal, ambiental, para la seguridad alimentaria. El presente trabajo de investigación caracterizó macro y micro nutrientes en tres estratos de suelos agrícolas, en Pusorrumi, Cantón Alausí, provincia de Bolívar, en el cual se plantearon los siguientes objetivos i) Determinar los niveles actuales de macro y micro nutrientes en el suelo y ii) Establecer la calidad química del suelo. Evaluado en tres estratos (zona alta, media y baja) con dos repeticiones, donde se obtuvieron 12 unidades de muestras homogenizadas a diferentes profundidades (0 a 50 cm) y (50 a 100 cm), las cuales fueron evaluadas en el laboratorio de suelos y agua del Centro de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar y en el laboratorio de análisis de suelos plantas y aguas en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. En base a los resultados obtenidos se hace referencia que las variables físicas como textura son de tipo franco arenoso, esto debido a sus contenidos de arena, limo y arcilla, complementando su origen volcánico. En el análisis físico-químico, se determinó un suelo moderadamente ácido a neutro, la materia orgánica presentó un promedio de 4,30 evidenciando que el suelo más rico en nutrientes y por tanto que menos proceso erosivo presenta esta en la parte alta de ambas profundidades que fueron estudiadas. El contenido de NPK, en los tres transectos se mantuvo en un rango de medio y alto, nutrientes que son indispensable en los suelos agrícolas para el desarrollo óptimo de las plantas. El análisis de los micro nutrientes, el elemento más deficiente en este suelo fue el zinc, mientras que los restantes se encuentran en un rango de media y alta cantidad en el suelo de la zona en estudio

Palabras clave: Suelos, Estratos, Macro y micro nutrientes, Materia orgánica.

SUMMARY

Soil plays a preponderant role in the maintenance of life on the planet; it is the fundamental basis for agricultural, livestock, forestry, environmental and food security production. The present research work characterized macro and micro nutrients in three strata of agricultural soils, in Pusorrumi, Canton Alausi, province of Bolivar, in which the following objectives were set i) Determine the current levels of macro and micro nutrients in the soil and ii) Establish the chemical quality of the soil in. Evaluated in three strata (high, medium and low zone) with two replications, where 12 homogenized sample units were obtained at different depths (0 to 50 cm) and (50 to 100 cm), which were evaluated in the soil and water laboratory of the Research Center of the State University of Bolivar and in the soil, plant and water analysis laboratory of the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research. Based on the results obtained, physical variables such as texture are sandy loam, due to its sand, flax and clay content, complementing its volcanic origin. In the physical-chemical analysis, it was determined that the soil was moderately acidic to neutral, the organic matter presented an average of 4.30, showing that the soil richest in nutrients and therefore with the least erosive process is in the upper part of both depths that were studied. The NPK content in the three transects remained in the medium and high range, nutrients that are indispensable in agricultural soils for optimal plant development. In the analysis of micronutrients, the most deficient element in this soil was zinc, while the remaining elements were in the medium and high range in the soil of the area under study.

Key words: Soils, Strata, Macro and micronutrients, Organic matter.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El suelo se encuentra integrado por minerales, materia orgánica, pequeños organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha conformado muy lentamente, mediante siglos, con la descomposición de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales nacen, crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, convirtiéndose en materia orgánica y mezclados con el suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 2020).

A nivel mundial el suelo es el fundamento del sistema alimentario: el 95% de nuestros alimentos proviene del suelo. El suelo es la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas productoras de alimentos. Si se encuentran saludables, producen cultivos sanos que a su vez nutren a las personas y los animales. Hoy por hoy un tercio del suelo del mundo está degradado. En el continente africano, solo 8% del suelo es apropiado para la agricultura, y en el África subsahariana más de 180 millones de personas dependen de suelos agotados para el cultivo de sus alimentos, aspecto que amenaza su seguridad alimentaria, (Organización de las Naciones, Unidas, ONU. 2017).

Al analizar las superficies más importantes en relación al uso del suelo en Ecuador, a partir de la serie estadística de la ESPAC 2005 al 2012 se observa que la superficie dedicada a cultivos permanentes en estos años muestra una tasa media de crecimiento positiva del 1,35%, siendo el 2009 el año de mayor crecimiento con 6,73%. Durante el 2012 se observa un aumento del 0,25% respecto al año anterior, porcentaje mayor al -0,86% del 2011, (Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC.2017).

El suelo en la provincia de Chimborazo radica en su importancia en el uso agrícola, posee 648.124 hectáreas, un poco más de 246000 hectáreas de

ecosistema páramo (es decir el 38% de la superficie de la provincia), y otras 49571,16 hectáreas de bosque andino y altoandinos (8%) (Guzñay, J. 2022).

Los suelos a nivel local con fines agrícolas son muy relevantes, ya que el cantón de Alausí es considerado como un sector agrícola; productor de cultivos andinos de importancia a nacional. La estructura, calidad del suelo, disposición de macro y micronutrientes son de interés para que el productor o agricultor tenga conocimiento en qué condiciones se encuentra el suelo y poder producir cultivos de buena calidad y con resultados rentables.

Los macronutrientes son los que se necesitan en grandes cantidades. Entre ellos se encierra nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo; en tanto que los micronutrientes son aquellos elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades (en ocasiones cantidades traza), como hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno. Así como los macronutrientes y micronutrientes son alcanzados de manera natural del suelo (Marcelo, B. 2020).

Los macronutrientes son elementos necesarios en cantidades respectivamente abundantes para garantizar el crecimiento y supervivencia de las plantas. La presencia de una cantidad necesaria de elementos nutritivos en el suelo no garantiza por sí misma la correcta nutrición de las plantas, pues estos elementos han de encontrarse en formas moleculares que permiten la asimilabilidad por la vegetación. En síntesis, se puede mencionar que una cantidad suficiente y una conveniente disponibilidad de estos nutrientes en el suelo son esenciales para el correcto desarrollo de la vegetación (FAO. 2018).

Dentro de esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar los niveles actuales de macro y micro nutrientes en el suelo.
- Establecer la calidad química del suelo en tres estratos de suelo.

CAPÍTULO II

2.1. PROBLEMA

El uso agrícola intensivo del suelo, ocasiona como resultados cambios negativos en sus elementos, físicos, químicos y biológicos para consecutivamente deteriorarse por la utilización del hombre, en forma directa por la no agregación de macro elementos y micro elementos, y el uso excesivo de agroquímicos, originando degradación química, física y biológica.

La desertificación es reconocida como uno de los problemas ambientales a nivel nacional hace varios años; sin embargo, hasta el momento no se registran estudios que examinen de manera integral la variable climática y el proceso de degradación del suelo, por lo que es difícil equiparar con exactitud las áreas con problemas de desertificación o susceptibles a la misma.

Cuando el agricultor o productor no repone en cada cosecha los nutrientes, el suelo pierde la fertilidad, no recobra con mayor rapidez, y se mantiene inactivo, un suelo degradado la recuperación es lenta, no tiene la capacidad de retención del agua por la destrucción de su estructura. Las propiedades físicas y químicas del suelo simbolizan conocer los nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas y el potencial de los suelos para el desarrollo del cultivo sembrado, pero la realidad es que en diversos lugares de la provincia de Chimborazo no realizan análisis de suelo el cual por desconocimiento los agricultores tienen las desventajas de pérdidas de producción agrícola.

Por ello, es muy importante caracterizar en forma de macro y micro nutrientes en suelos agrícolas permitiendo ayudar a entender la dinámica de los nutrientes, asociado a los cambios de la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Suelo

El suelo es un material poroso formado de partículas sólidas que cumple funciones fundamentales en el ambiente para la vida en la tierra como alimento para las plantas, almacenando nutrientes, poseer y albergar materia orgánica de los residuos de animales y vegetales, factores que lo convierten en un factor esencial en el desarrollo del ecosistema (Rodas, I. 2017).

El suelo es un componente fundamental del ambiente y entorno en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, difícil, largo de recuperar y de extensión limitada, por lo que se considera como un recurso natural no renovable porque su formación tarda miles de años, y se lo usa para diversos fines como: agricultura, ganadería, extracción de minerales, construcción, actividades de diversión y entretenimiento (Arrovaye & Restrepo. 2019).

3.2. Formación del suelo

La formación del suelo es un proceso constante que involucra la interacción entre el material parental, la biota, el clima, el relieve y el tiempo. El suelo es un recurso no renovable a corto plazo, debido a que para la formación de 1 cm de suelo tienen que pasar cientos o miles de años. Se inicia cuando la roca es meteorizada por la acción de agentes atmosféricos o biológicos, originando una capa de fragmentos rocosos de todo tamaño y sales minerales. El proceso de formación puede durar miles de años (Bonilla, A. 2017).

3.3. Horizontes del suelo

Se designan horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del suelo y muestran distintas características de composición, textura, color, entre otros. Tradicionalmente, se diferencia tres

horizontes fundamentales en los suelos evolucionados que a partir de la superficie hacia abajo son (Fernández, T.2020).

De acuerdo con (Fernández, T.2020) los horizontes del suelo son los siguientes:

3.3.1. Horizonte O

Horizonte Orgánico que se determina como capa superior del suelo que se dispone de la materia orgánica descompuesta. (Warren Country Soil & Water Conservation District. 2020).

3.3.2. Horizonte A o zona de lavado vertical

Horizonte mineral que contiene materia orgánica que se halla en la superficie del suelo y debajo del horizonte O (Arias, L & Barrantes, D. 2018).

3.3.3. Horizonte B o zona de precipitado

Horizonte mineral que se localiza debajo del suelo, carece de humus y sus características son distintas a la roca debido a la destrucción total de su estructura (Cárdenas,C. 2020).

3.3.4. Horizonte C o subsuelo

Dado por material rocoso, donde se apoya el suelo por ser el horizonte poco afectado.

3.3.5. Horizonte D u horizonte R

Capa de roca continua dura que subyace al suelo. La roca de las capas R es bastante coherente, cuando está húmeda, para no permitir el cavar a mano con una azada. La roca puede mostrar fisuras, pero éstas son muy insuficientes y demasiado pequeñas para admitir un desarrollo significativo de las raíces. Las grietas pueden estar revestidas o rellenas con arcilla u otro material. Material gravilloso y pedregoso que consiente el desarrollo de las raíces, se denomina también como horizonte C (Rodríguez, L. 2018).

3.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Unified Soil Classification System (USCS), fue presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar suelos con tamaños menores de tres (3) pulgadas; se representa mediante un símbolo con dos letras, B (Holtz, R. 2019).

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N°. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos (Holtz, R. 2019).

3.4.1. Clasificación SUCS

Los suelos se clasifican de la siguiente manera Geonnet, (2019).

➤ Suelos gruesos:

Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario (Acosta, M. 2016).

➤ Suelos finos

Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas

tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino (Olguin, J. 2019).

➤ **Suelos orgánicos**

Conjunto de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal, que están en distintas etapas de descomposición, y que se amontonan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo (Martínez, E. 2018).

3.5. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas establecen la dinámica que tiene el suelo en su interior, es importante medir la calidad del suelo, ya que no se puede restaurar con facilidad. Las condiciones físicas del suelo determinan:

- Rigidez
- Drenaje
- Aireación
- Fuerza de sostenibilidad
- Fácil penetración radicular
- Retención de nutrientes
- Plasticidad
- Almacenamiento de agua (Zambrano, A. 2020).

3.5.1. Color

El suelo manifiesta algunas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas y está influenciado por el contenido de materia orgánica, material parental, clima, drenaje y aireación. El color afecta claramente a la temperatura y al grado de humedad del suelo e indirectamente tanto como al crecimiento de las plantas, la actividad microbiana y la estructura del suelo. Asimismo, se puede utilizar como indicador de las condiciones y fuerzas que operan durante la formación de los suelos o para augurar su capacidad productiva. Un color oscuro uniforme ordinariamente está relacionado con la presencia

de materia orgánica alterada, o si está presente una mezcla de colores, se puede suponer que los diversos materiales de los que se originó pueden no estar completamente degradados e incorporados. El color en sí posee poca excelencia, su auténtica importancia radica en que el suelo tiene un conjunto de atributos que de cierta manera están relacionados con el color, siendo este diferente entre horizontes (o capas de suelo) y entre diferentes tipos de suelos. En efecto, cualquier error en su determinación conduce conclusiones erróneas en cuanto a las particularidades que se relacionan. El análisis del color ofrece las siguientes ventajas:

- Es significativo para la taxonomía de suelos.
- Muestra apariencia de compuestos químicos.
- Refleja fisonomías ambientales (Cárdenas, C. 2020).

3.5.2. Textura (Triangulo de textura o diagrama textural)

La textura del suelo es la propiedad que personifica las cantidades relativas que se encuentran los elementos que componen el suelo. Una buena textura es cuando las dimensiones de los elementos que lo componen le ayudan en la contingencia de fijar el sistema de raíces de las plantas y su nutrición. Resumidamente, se refiere a partículas menores de 2mm, cuyas partículas se denominan separadas, por su tamaño se las clasifica por tres grupos: arcilla, limo y arenas, pero difieren los valores de los límites establecidos para definir cada clase. De estos niveles granulométricos, son la de Atterberg o Internacional (llamada de esta manera por ser aceptada por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo) y la americana del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Las fracciones usuales son:

- Gravas con tamaños menores a > 2 mm
- Arenas son partículas con diámetro entre 2 y 0,02 mm; con 2-0,2 mm para arenas gruesas y 0,2-0,02 mm para arenas finas (a veces de 0,2-0,05).

- Limos poseen tamaños entre 0,02 - 0,002 mm, es decir de 20-2 micras (y a veces 0,05 - 0,002).
- Arcillas con tamaños menores a < 2 micras; con las arcillas gruesas de 2-0,2 micras y las arcillas finas menores de 0,2 micras.

Las técnicas texturales se precisan gráficamente en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones. Existen varios modelos usados en distintos sistemas de clasificación de suelos (Romero, R. 2017).

De acuerdo a Cárdenas (2020) los tipos de suelos por textura son:

- Textura arcillosa: Son partículas muy finas y conforman barro cuando están saturadas de agua. Los suelos arcillosos son pesados, no drenan ni se desecan corridamente y contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles, pero dificultosos de trabajar cuando están muy secos (FAO. 2020).
- Textura arenosa: Es la textura más sencilla de identificar. Al frotarla entre los dedos se percibe de manera áspera y no se observan presencia de partículas finas (limo y arcilla) (Ciancaglini. 2020).
- Textura limosa: Este presenta carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura que comprimen con facilidad impidiendo el aire y la circulación del agua; la materia orgánica que domina se descompone rápido (Romero, R. 2017).
- Texturas francas: También citadas equilibradas porque al tener un mayor equilibrio entre los componentes, gozan de los efectos propicios sin sufrir sus deterioros de buena textura y fertilidad (FAO. 2020).

3.5.3. Estructura del suelo

La estructura de los suelos se reseña a la organización de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) y secundarias (agregados y unidades de mayor tamaño) del suelo, se halla en función de la fuerza cohesión de partículas finas y la fuerza de ordenación de las partículas más gruesas, con esto se determina el espacio entre dichas partículas. La agregación del suelo

puede tomar muchas características, dando como resultado a diferentes estructuras de suelo. Por definición, el tipo de estructura refiere la forma o configuración de los agregados (Arias, L & Barrantes, D. 2018).

3.6. Propiedades químicas del suelo

La meteorización del material de partida por el agua establece, en gran medida, la composición química del suelo que posteriormente se produce. Algunas sustancias químicas se exhibidas en las capas inferiores del suelo donde se almacenan, mientras que otras menos solubles, permanecen en las capas superiores del suelo. Las sustancias químicas que se descartan con mayor rapidez son los cloruros y los sulfatos, el calcio, sodio, magnesio y potasio. Una de las características que se precisan en la solución de la concentración es la determinación de la cantidad de soluto de una determinada cantidad de disolvente; esta analogía se expresa en términos peso o volumen y hay varias formas de hacerlo (Solis, F. 2018).

3.6.1. Cambio catiónico

El intercambio de cambio de iones se reduce como un proceso variable mediante el cual el polvo sólido del suelo absorbe iones en la etapa acuosa y liberan conjuntos equilibradas de otros iones, estableciendo así una igualdad entre las dos fases. Los procesos de cambio iónico suceden simultáneamente con cationes como con aniones y la retención se lleva a cabo debido a la presencia de cargas electrostáticas en los coloides y en los iones presentes en la solución del suelo, y estas cargas son atraídas por estas posiciones y cargadas de nuevo para neutralizarse. Esta atracción electrostática se denomina adsorción (Fernández, D. 2020).

3.6.2. Capacidad de intercambio de cationes

La capacidad de intercambio de cationes (CIC), también destacada como capacidad de cambio de cationes (CCC) es un indicador indirecto que se refiere a la cantidad de cationes que pueden retener el suelo un valor dado

de Ph, y que pueden ser transformados por el contenido en la solución del suelo (Pérez, A & Peña, M. 2017).

3.6.3. Acidez del suelo

Un ácido es una sustancia que libera protones con habilidad. Un ácido del suelo se puede medir de dos metodologías diferentes, una de ellas usa papel indicador como un modo de diagnóstico rápido en el campo. Esta técnica debe ser utilizado por operadores con experiencia para evitar errores, pero es un buen índice de campo que permite hacer un diagnóstico bastante inmediato del pH del suelo (Fernando, D. 2020).

3.7. Nutrientes presentes en el suelo

Los suelos tienen una serie de elementos nutricionales de los que obedecen una serie de factores como el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. Por esta razón, es muy trascendental utilizar la cantidad correcta de macronutrientes y micronutrientes a los cultivos, ya que cuando una planta requiere de alguno de ellos, comienza a mostrar diversos síntomas que se denomina “carencias”. Así como una cadena es tan fuerte como el eslabón más débil, el rendimiento y crecimiento de nuestros cultivos se verá limitado por la falta de algunos de los nutrientes, incluso si los demás se encuentran en condiciones ideales. Sin embargo, existen algunas deficiencias y en momentos excesos, que no se deben a la falta de un nutriente sino a una mala mezcla de los nutrimentos presentes en el suelo, dentro de la planta o ambos (García, A. 2019).

3.7.1. Tipos de nutrientes

Todos los elementos juegan un papel fundamental en el desarrollo de las plantas. Por tanto, se encuentran presentes en cantidades insuficientes pueden estimular graves cambios y, además, ayuda en una deducción de su crecimiento. Actualmente, se considera hasta 60 elementos nutritivos que las plantas absorben del suelo, entre ellos: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn y Cl, que se razonan fundamentales para su buen

desarrollo. Mientras que Na, Si, Co y V son estimados solo esenciales para algunas de ellas. En cuanto a los elementos fundamentales, los 3 primeros los aporta el aire y el agua mientras que el resto lo contribuye el propio suelo. Dentro de los últimos, podemos diversificar dos tipos: macro y micronutrientes dependiendo de si las plantas necesitan absorber cantidades relativamente grandes o pequeñas de ellos (Roca, A. 2019).

3.8. Función de macronutrientes

Los macronutrientes son sustancias que se derivan de los alimentos que proporcionan energía y nutrientes esenciales, estos nutrientes son esenciales para promover el crecimiento, y regular las funciones internas del cuerpo. Los resultados de la falta de estos nutrientes pueden cambiar el crecimiento dañando y descolorando las hojas como también la pérdida de los frutos (Salinas, M. 2018).

Los nutrientes tienen funciones fisiológicas en las plantas, pero si el contenido de nutrientes está por debajo del pequeño requerimiento, conlleva a una falta de nutrición y causará efectos negativos en el crecimiento y progreso de las plantas (Beard, J&Busso, G. 2018).

3.9. Macronutrientes esenciales en el suelo

Los nutrientes esenciales absorbidos del suelo son seis, los macronutrientes primarios son: (N), fósforo (P), potasio (K); y macronutrientes secundarios: azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg).

Estos nutrientes se restringen en los tejidos de las plantas en menores cantidades que el carbono, el hidrógeno y el oxígeno (Zambrano, A. 2020).

3.9.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es el nutriente más significativo en la producción de cultivos, pero también uno de los más difíciles de manejar. El compuesto es esencial para la producción agrícola mundial en particular para los principales cereales, pero si bien muchas partes del mundo no tienen suficientes

recursos para lograr la seguridad alimentaria y nutricional, la abundancia de nitrógeno de los fertilizantes se filtra al medio ambiente con consecuencias dañinas (Mario, C. 2020).

3.9.2. Fósforo (P)

Es uno de los 17 nutrientes fundamentales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser realizadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en manera adecuada. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es usualmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de fósforo en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 % (Fernández, M. 2019).

3.9.3. Potasio (K)

El potasio (K⁺) es un macronutriente esencial para las plantas, las cuales requieren cantidades elevadas de este nutriente, incluso semejantes a las necesidades del nitrógeno en algunos casos. Cumple un papel fundamental en la activación de más de 60 enzimas que actúan en diferentes procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis y la síntesis de proteínas y carbohidratos (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura, Intagri. 2017).

3.9.4. Azufre (S)

El azufre se encuentra de formas en el suelo en forma orgánica y/o inorgánica. De acuerdo a las características físico-químicas y ambientales del suelo, la fracción de azufre inorgánica está presente como azufre elemental o en los distintos niveles de oxidación (sulfuros, sulfatos, tiosulfatos entre otros) (Sadio, S. 2019).

3.9.5. Calcio (Ca)

El calcio es una alternativa para pugnar toxicidades por excesos de aluminio en el suelo, y el único elemento que puede desplazar los excesos de sodio del bulbo radicular. Es por estas razones que muchos agricultores resuelven abastecer de calcio sus suelos, asegurándose así un mejor crecimiento de la planta (Agroecología,edu. 2019).

3.9.6. Magnesio (Mg)

El magnesio es un elemento poco estimado en los planes de fertilización, aun cuando se han identificado numerosos procesos fisiológicos en los que interviene, por ejemplo, previene en: la fosforilación (formación de ATP en los cloroplastos), fijación fotosintética del dióxido de carbono (CO₂), síntesis de proteínas, formación de clorofila, recarga del floema, partición y asimilación de productos de la fotosíntesis, y foto-oxidación de los tejidos de las hojas (Intagri. 2018).

3.10. Función de los micronutrientes

Los micronutrientes son elementos importantes para que las plantas mejoren su ciclo vida, incluso si las cantidades necesarias de oligoelementos son pequeñas, generalmente se les llama como micronutrientes. Los micronutrientes suelen ser mecanismos de los fertilizantes y los transportan como impurezas (Condes, S. 2020).

Los micronutrientes generalmente se dicen como productos líquidos con la finalidad de aumentar la utilización de nutrientes para la planta. Estos productos tienen un alto contenido de sólidos y los micronutrientes habitualmente suelen ser muy espesos. Esto representa que son muy susceptibles a la precipitación y a otras fuerzas destructivas.

Por lo tanto, elegir el dispersante adecuado es de mucha importancia para el desarrollo de una formulación exitosa (Beard, J & Busso, G.2018).

3.11. Micronutrientes esenciales en el suelo

Los micronutrientes del suelo son parte de los nutrientes esenciales que son solicitados en cantidades pequeñas como parte de varios sistemas de enzimas vegetales, Los micronutrientes esenciales para las plantas son: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). El inadecuado suministro de micronutrientes en el suelo, puede limitar el crecimiento y rendimiento de cultivos y praderas, y los demás nutrientes esenciales estén en cantidades adecuadas. Todos los micronutrientes están presentes en el suelo, pero su disponibilidad para las plantas obedece de su material parental, edad, textura, humedad y contenido de materia orgánica del suelo (Beard, J & Busso, G. 2018).

3.11.1. Boro (B)

El boro se encuentra en la solución del suelo en forma de ácido bórico (H_3BO_3), y procede de la meteorización de la mica y la turmalina. Puesto que el boro es absorbido mediante el flujo de agua inducido en la planta por la transpiración, deficiencias de boro se muestran primordialmente durante periodos de sequía en suelos de pH neutral a alcalino (K & S. 2019).

3.11.2. Cobre (Cu)

El cobre es uno de los micronutrientes infaltables para las plantas en muy pequeñas dosis. En el sustrato, el rango normal es de 0,05-0,5 ppm, mientras que por otro lado en la mayor parte de los tejidos es de 3-10 ppm. En balance, el índice ideal de hierro en el tejido es 20 veces más alto que el de cobre. Si bien la deficiencia o la toxicidad del cobre rara vez se muestran, lo mejor es evitar los extremos, pues en ambos casos el crecimiento y la calidad de los cultivos podrían verse afectados (PROMIX. 2021).

3.11.3. Hierro (Fe)

El hierro es un elemento abundante en la tierra. Está vigente en la mayoría de los suelos pero en una forma insoluble, es decir se encuentra bloqueado

y no puede ser asimilado por las raíces. La cantidad de hierro nutritivo disminuye a medida que se incrementa la alcalinidad del suelo (Seipasa. 2021).

3.11.4. Manganeso (Mn)

El manganeso (Mn) es un significativo micronutriente para las plantas y, después del hierro, es el que las plantas solicitan en mayor cantidad. Al igual que sucede con cualquier otro elemento, su deficiencia o su toxicidad pueden personificar una limitante para el desarrollo de las plantas. En varias formas se asemeja al hierro, por lo que su deficiencia o su toxicidad suelen ser involucradas con las de éste (Marcelo, C. 2021).

3.11.5. Zinc (Zn)

El zinc es un micronutriente básico para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero se convierte en un elemento tóxico cuando se encuentra en exceso (Amezcuca & Lara. 2018).

3.12. Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta de gran ayuda para evaluar o evitar los inconvenientes de nutrientes y establecer recomendaciones de fertilización. Se destaca por ser una técnica de bajo costo, que es utilizado por agricultores y empresas. El análisis de suelo tiene como finalidad determinar el grado de suficiencia o carencia de nutrientes del suelo, así como las situaciones perjudiciales que pueden perjudicar los cultivos como la excesiva acidez, la cantidad de sales minerales y las sustancias químicas de los elementos. También permite establecer el grado de fertilidad del suelo para que sea productivo. Una problemática primordial que plantea el análisis del suelo es saber para que se lo desea conocer, por ejemplo, en el caso de los estudios agronómicos, este es usado para conocer los nutrientes que sujeta, la forma y su granulometría, etc. Si se trata de construir una ruta de transporte, se requiere conocer este parámetro para conocer los factores

mecánicos y los factores que puedan influir en él Análisis de suelos y su interpretación (Molina, N. 2017).

El análisis del suelo cumple con dos funciones básicas:

- Muestra los horizontes nutricionales presentes en el suelo y por lo que es ventajoso para desarrollar un sistema de fertilización.
- Es adecuado para monitorear de manera regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia del empleo agrícola y los efectos residuales del estudio de fertilizantes.

Existen muchos métodos analíticos para el análisis de suelos, los cuales varían según las características de los suelos, así como su mineralogía de arcillas, el tipo de carga iónica, la Capacidad de Intercambio Catiónico, el pH, etc. Muchos de esos procedimientos son diseñados para condiciones específicas de suelos (Molina,A. 2020).

3.13. Causas del deterioro del suelo

El cuidado del suelo es fundamental para la supervivencia de los seres vivos, El deterioro del suelo es un fenómeno complejo que implica dos procesos: la ruptura de los agregados y el transporte de las partículas finas resultantes a otros lugares (Peláez, O. 2019).

Las causas del deterioro del suelo son:

- Acumulación incorrecta de productos y residuos en las actividades industriales.
- Residuos en las grandes industrias
- Botellas enterradas.
- Acidificación del suelo por la quemazón de combustibles fósiles.
- Descargas de aguas residuales incontrolable.
- Uso excesivo de químicos
- Abertura de residuos viejos.
- Crecimiento de la erosión del suelo.

- Disminución progresiva en el rendimiento del cultivo.
- Acumulación y degradación de sedimentos en los pozos de agua y represas.

Posibles soluciones para evitar el deterioro del suelo:

- Preservar la vegetación natural y la biodiversidad
- Usar árboles como cortinas
- Rotar y combinar cultivos
- Controlar la carga animal
- Mantener la cobertura vegetal
- Usar compost y lombricompostos
- Usar cocinas ahorradoras de leña con calefón (Juste, B. 2021).

CAPÍTULO IV

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Materiales

4.1.1. Localización de la investigación

Provincia	Chimborazo
Cantón	Alausí
Comunidad	Guaylla Chico
Sitio	Pusorrumi

4.1.2. Situación geográfica y climática

ZONA	ALTA	MEDIA	BAJA
Altitud Promedio	3.516 msnm	3.418 msnm	3.326 msnm
Latitud	2°12'0" S	2°12'0" S	2°11'0" S
Longitud	78°43'48" W	78°43'53" W	78°43'58" W
Temperatura media anual	14°C	14°C	14°C
Temperatura máxima	12°C	12°C	12°C
Temperatura mínima	7°C	7°C	7°C
Precipitación media anual	1976 mm	1976 mm	1976 mm
Velocidad de viento	11k/h	11k/h	11k/h

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Alausí. 2021).

4.1.3. Zona de vida

La investigación en estudio se encuentra en la zona de vida: bosque Seco Montano Bajo (bs – MB) (Holdridge.1979).

4.2. Material experimental

12 muestras de suelo agrícola, que fueron tomados en tres transectos a dos profundidades 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm.

4.3. Material de campo

- Flexómetro
- Azadón
- Barreno
- Cuaderno de campo
- Fundas para muestras
- Materiales de bioseguridad (mascarilla, alcohol y gel antibacterial)
- Entre otros

4.4. Material de oficina

- Lápiz
- Esfero
- Impresora
- Borrador
- Marcadores
- Calculadora
- Resaltadores
- Carpetas
- Flash memory
- Programas estadísticos Statistix y Excel

4.5. Métodos

4.5.1. Factores en estudio

Muestra de suelo	Zona alta
	Zona media
	Zona baja

4.5.2. Procedimiento

Localidades	1
Tratamientos	6
Profundidad de muestra	2
Número de unidades experimentales	12
Estratos:	3

4.5.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo-comparativo, empleando medidas estadísticas como: media aritmética, cuadro y gráficos.

4.6. Métodos de evaluación y datos tomados

4.6.1. Indicadores físicos

El proceso de análisis de los componentes físicos se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal de Bolívar, donde se utilizaron métodos de acuerdo a las normas aplicadas en el laboratorio

➤ **Textura (T)**

La textura de una muestra de suelo se especifica por el porcentaje de las distintas fracciones en función de la masa, mientras que este método permite conseguir porcentajes en función del volumen de las fracciones sedimentadas en medio acuoso; siendo principalmente arena, limo y arcilla.

➤ **Densidad aparente (DA)**

La densidad real es un referente a la capacidad de campo de los suelos, al ser más alta, menos será la porosidad y aireación, de acuerdo a que el grado de adherencia se aumenta, lo cual trae consigo mucha compactación, bajo porcentaje de penetración de raíces, teniendo como resultado una defectuosa extracción de nutrientes del suelo.

➤ **Humedad (H)**

La determinación de humedad en los suelos es un proceso importante, ya que mediante esta se logra establecer las condiciones y las necesidades de agua de riego que requiere el suelo, en el caso de medir la humedad puede demostrar la relación que existe entre el contenido de agua del suelo y la pérdida de este factor como escorrentía superficial y por drenaje, que se llegan a suscitarse a las capas con más profundidad.

4.6.2. Indicadores químicos

Para evaluar los componentes químicos como son los macros y micros nutrientes, se llevó a cabo en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, de acuerdo a las distintas metodologías aplicadas en el laboratorio.

➤ **Nivel de pH**

El potencial de hidrógeno (pH), fue realizado con el objetivo de establecer la acidez o alcalinidad del suelo y el nivel de los elementos nutritivos de la muestra para el desarrollo óptimo de los cultivos.

➤ **Porcentaje de materia orgánica**

La determinación del porcentaje de materia orgánica en los suelos, representó una actividad importante, debido a que se determinó la estructura del suelo, un factor muy significativo en la mejora de la capacidad de retención de agua y nutrientes, al igual que ayuda la prevención de la erosión.

La materia orgánica se encuentra constituida por residuos de plantas, cosechas y materiales de animales, lo que constituye mineralizar el suelo debido al contenido de compuestos que contiene, donde destaca los carbohidratos, proteínas y ligninas.

➤ **Determinación de elementos**

La determinación de macro y micro nutrientes (N, P, S, B, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe) en el suelo represento un procedimiento esencial para establecer el potencial que tiene el mismo para llegar a nutrir las plantas que se desarrolla en él. Las carencias de estos nutrientes pueden llegar a reflejarse en daños del cultivo viéndose reflejados en malos desarrollos, poca productividad, erosión entre otros.

4.7. Manejo de experimento

4.7.1. Fase de campo

Concierno a la fase inicial del proyecto, en la cual se realizó las siguientes actividades:

➤ **Identificación de la zona**

Se fundamentó en la observación de la zona mediante un recorrido en el cual se consideró los suelos más representativos de la unidad territorial, enfatizando aquellos de secciones complejas de relieve y su vegetación.

➤ **Selección de sitios de estudio**

Se determinó tres transectos a lo largo de toda la zona de impacto del estudio, uno en la parte alta, otro en la media y finalmente en la parte baja, los mismos que fueron geo-referenciados mediante el uso de GPS con el fin de obtener una ubicación precisa.

➤ **Toma de muestras**

Consistió en un proceso sistemático, en el cual en primer lugar se fragmento cada transecto en la parte alta, media y baja, dentro de cada una de estas se ubicó dos sitios con una distancia entre ellos de 100 m, de los cuales mediante la inserción de una calicata y el uso del barreno, se extrajo las muestras entre 0-50 cm, y 50-100 cm, mismas que fueron homogenizadas y

solo así se obtuvo la muestra patrón, siendo 4 por cada transecto, dando un total de 12 muestras, que una vez tomadas, fueron colocadas en una funda y entregados en los respectivos laboratorios.

Esquema de muestreo

Transecto	Profundidad	Muestra	Sitio	
			1	2
1 (Alta)	0 - 50 cm	1 A	A	B
	50 - 100 cm	1 B	A	B
2 (Media)	0 - 50 cm	1 A	A	B
	50 - 100 cm	1 B	A	B
3 (Baja)	0 - 50 cm	1 A	A	B
	50 - 100 cm	1 B	A	B

Fuente: Trabajo de campo

➤ Traslado de muestra

Se llevaron las 12 muestras de suelo al laboratorio del Centro de Investigación de Universidad Estatal de Bolívar para los análisis físicos y a la estación de Santa Catalina del INIAP para su respectivo análisis químico.

➤ Etiqueta empleada en la investigación.

Transecto	1
Sub Transecto	1 ^a
Profundidad	0 – 50
Peso (Kg)	0,500
Latitud	1°36´S
Longitud	79°02´W
Altura msnm	3050
Responsable	AFTY
Fecha	(...)

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de indicadores físicos

5.1.1. Determinación de textura

Cuadro N° 1

Determinación de textura

Transecto	Profundidad	Textura			
		Arena	Arcilla	Limo	Triángulo textural
Alto	0-50	76,5	11,5	12,50	Franco arenoso
Medio	0-50	76,5	11,5	11,50	Franco arenoso
Bajo	0-50	76,5	11,5	12,00	Franco arenoso
Alto	50-100	71,5	16,5	15,00	Franco arenoso
Medio	50-100	74,5	15,5	10,50	Franco arenoso
Bajo	50-100	76,5	11,0	11,00	Franco arenoso
\bar{X}		75.3%	12.9%	12.08%	Franco arenoso

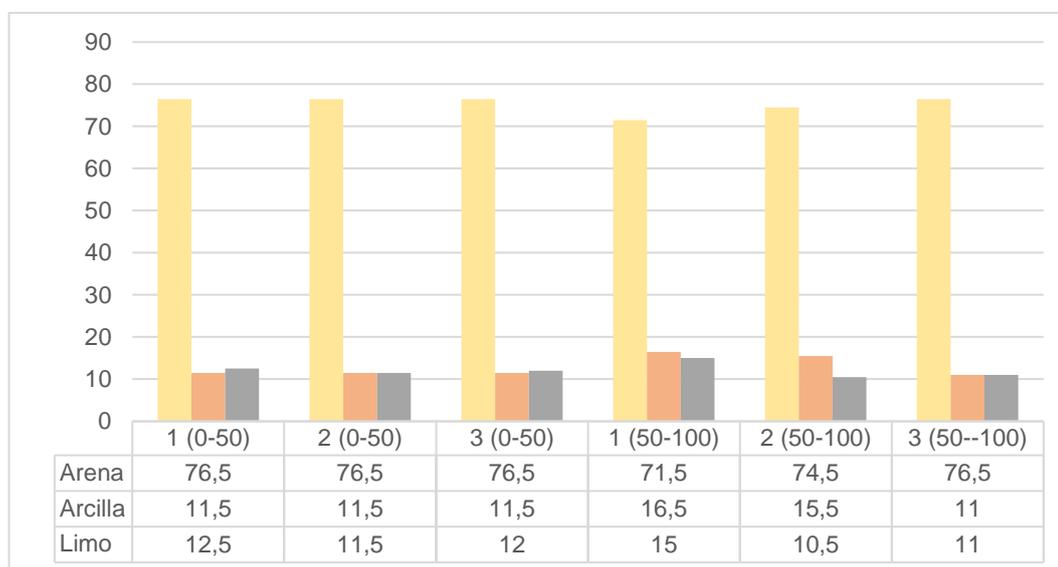


Gráfico N° 1

Determinación de textura

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tres estratos evaluados a distintas profundidades, se refleja que en la zona alta se encuentra 76,5% de arena, 11,5% arcilla y 12,5% de limo lo que se deduce que tiene un bajo poder adherente subsistiendo partículas individuales que se erosionan muy fácilmente, datos que muestran porcentajes similares en los tres estratos evaluados.

De la misma manera se evaluó las características del suelo en los tres estratos a una profundidad de 50 a 100 cm, donde se identificó los tamaños de las partículas, reflejando que en el estrato alto se encontró 72,5% de arena, 16,5% de arcilla y 15% de limo, mostrando que existe mayor propensión a la erosión de partículas ya sea por factores como viento y agua.

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, hacen referencia que el tipo de suelo en estudio es franco arenoso, sinónimo de un suelo con mayor productividad agrícola.

La textura de un suelo es una propiedad que da mucha información sobre la manera de este respecto a los vegetales, circulación del agua y erosión, ya que determina en gran parte la estructura, porosidad, capacidad de intercambio, entre otros.

De la misma manera, reconocer la heterogeneidad del suelo y manifestar la presencia o separar materiales distintos: gravas, arenas, limos y arcillas, es un objetivo que importunan la mayoría de materiales didácticos propuestos.

5.1.2. Determinación de densidad real

Cuadro N° 2

Determinación de la densidad real

Transectos	Profundidad (cm)	Densidad real (g/cm ³)
Alto	0-50	2,5
Medio	0-50	2,5
Bajo	0-50	2,5
Alto	50-100	2,5
Medio	50-100	2,0
Bajo	50-100	2,0
$\bar{X} = 2.33 \text{ g/cm}^3$		

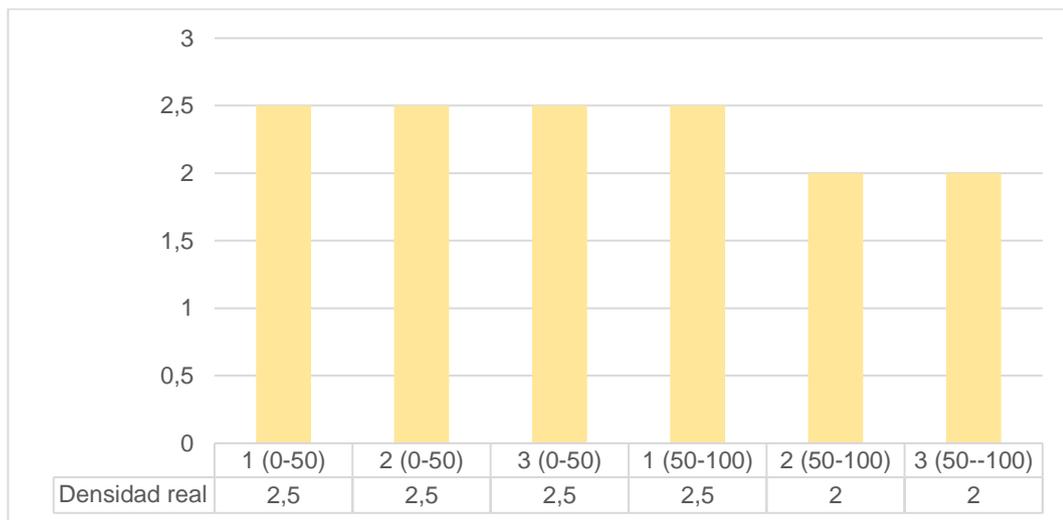


Gráfico N° 2

Determinación de la densidad real

En base a los resultados reflejados en la variable en estudio, desarrollado mediante el método de análisis del picnómetro: se presentan una constante (2,5 g/cm³) en los tres estratos evaluados (alto, medio y bajo) a una profundidad de 0-50 cm, mientras que de 50 a 100 cm se registró de 2 a 2,5 g/cm³.

Relativamente los resultados se mantienen en un mismo rango en los tres estratos a las distintas profundidades, lo que es óptimo, de acuerdo a la FAO. (2022) hace referencia a la densidad; está alrededor de 2,65 g/cm³, lo que demuestra que el suelo no se encuentra compacto sino en un ambiente favorecido para el crecimiento de plantas.

De acuerdo a los resultados indicados; los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de varios factores; textura, contenido en materia orgánica y manejo del suelo. Esta variable afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la dureza y la porosidad del suelo sobre las raíces.

En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es significativamente variable ya que está afectada por la estructura del suelo, y por sus características de retracción y expansión. Esto último obedece tanto de su contenido en arcilla como de la humedad del suelo. Aún en suelos considerablemente compactados, la densidad aparente sigue siendo menor que la densidad real porque las partículas nunca llegan a enlazar perfectamente espacio poroso puede verse muy imperceptible por compactación, pero nunca llega a eliminarse en su totalidad.

5.1.3. Determinación de humedad

Cuadro N° 3

Determinación de humedad

Transectos	Profundidad (cm)	Humedad (%)
Alto	0-50	20,5
Medio	0-50	20,5
Bajo	0-50	29,0
Alto	50-100	29,0
Medio	50-100	20,0
Bajo	50-100	20,0
$\bar{X} = 23.16 \%$		

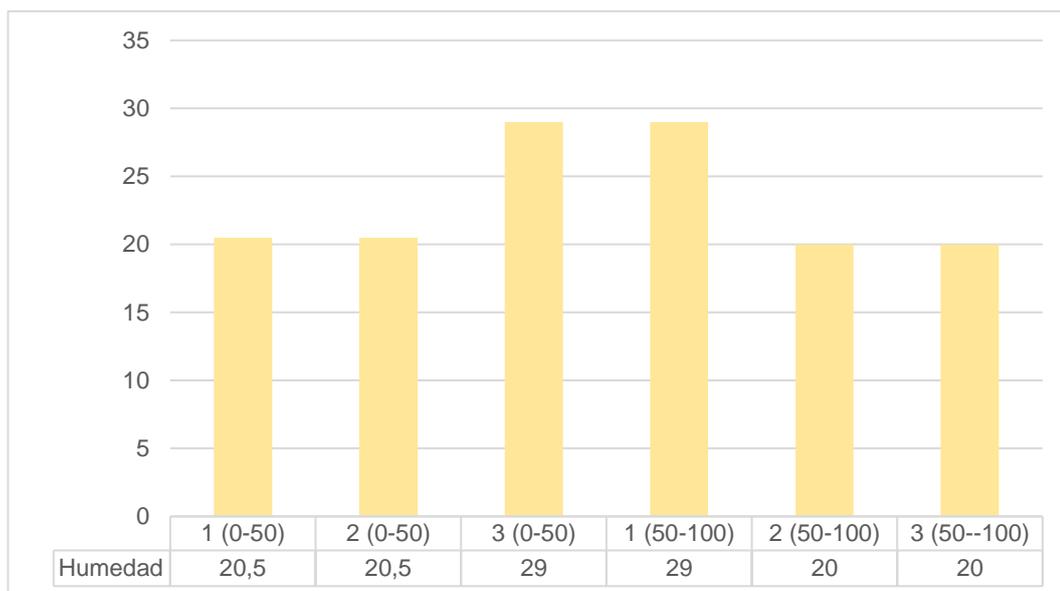


Gráfico N° 3

Determinación de humedad

El contenido de humedad en los tres estratos evaluados; a una profundidad de 0 a 50 cm, reflejan una cantidad máxima de 29%, mientras que la menor es de 20,5%, en la profundidad de 50 a 100 cm, datos que demuestran que la capacidad de retención de humedad (capacidad de campo) se encuentra en óptimas condiciones para los cultivos a producir.

En cuanto a los resultados, se evidencia las óptimas condiciones que se encuentra el terreno en los distintos estratos evaluados para la producción agrícola, en general el máximo crecimiento se produce cuando la humedad del suelo está próxima a la capacidad de campo.

La humedad del suelo se puede presentar como humedad adsorbida en las superficies internas y como agua condensada capilar en poros pequeños. En condiciones de humedad relativa baja, consiste principalmente en agua adsorbida. A mayor contenido, el agua líquida se vuelve cada vez más importante, dependiendo del tamaño de los poros.

En la investigación de Zaballós (2006), en relación a la agricultura menciona que las plantas van absorbiendo el agua capilar retenida en los microporos y la van desgastando por evaporación a través de sus hojas. Acorde va

descendiendo la humedad en el suelo la absorción de agua se va realizando con más dificultad y las plantas empiezan a sufrir un déficit de agua. En muchos de los casos se causa un marchitamiento durante las horas más calurosas, recobrando la turgencia durante la noche. Cuando ya no pueden humedecer más agua del suelo se presenta el marchitamiento permanente. A este nivel de humedad del suelo se le reconoce como punto de marchitamiento y se alcanza cuando el suelo ha perdido toda el agua nombrada capilar, que puede ser absorbida por las plantas, y sólo queda el agua ligada, tan vigorosamente adherida a las partículas del suelo que no puede ser absorbida.

5.2. Análisis de indicadores físicos-químicos

5.2.1. Determinación del nivel de pH

Cuadro N° 4

Determinación de pH

Transectos	Profundidad (cm)	pH
Alto	0-50	6,19
Medio	0-50	6,28
Bajo	0-50	6,30
Alto	50-100	6,48
Medio	50-100	6,17
Bajo	50-100	6,24
$\bar{X} = 6,27$		

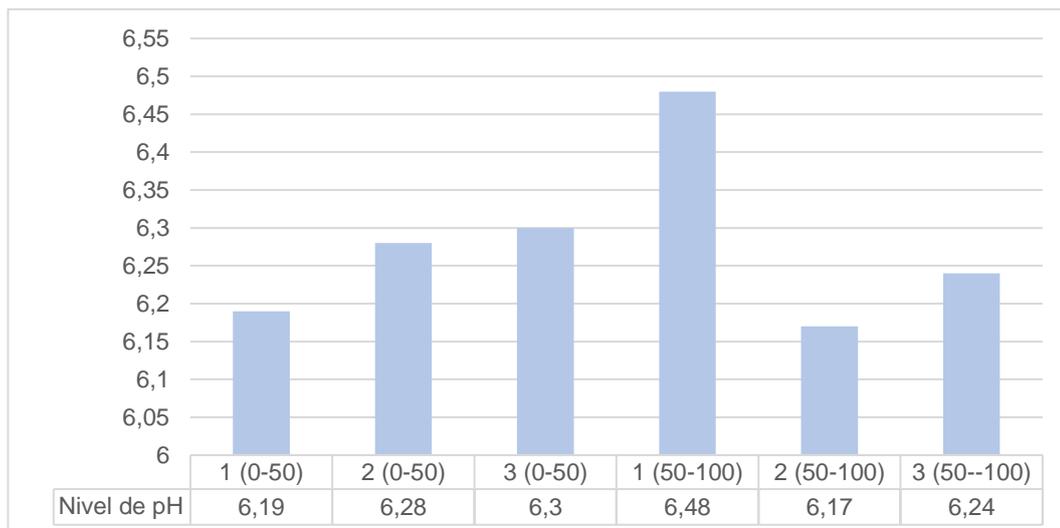


Gráfico N° 4

Determinación de pH

El pH que se presenta en la zona agroecológica de Pusorrumi, específicamente en los estratos evaluados son de 6,19; 6,28; 6,3 estos datos presentados a una profundidad de 0 a 50 cm hacen referencia que el suelo se encuentra en una escala moderadamente ácido a neutro. Mientras que en la profundidad de 50 a 100 cm se presentaron pH de 6,48; 6,17 y 6,24 encontrándose en la misma escala moderadamente ácido a neutro, considerándose como lixiviados por acciones de la lluvia como factor principal de este proceso erosivo.

En general, el pH óptimo de los suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para conseguir los mejores rendimientos y mayor productividad, ya que el rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, por tanto, donde mejor desarrollo tendrán los cultivos. Así mismo hay nutrientes (habitualmente microelementos) y cultivos que se adaptan mejor a pH más bien ácidos o básicos.

El pH de los suelos simboliza una de las variables más importantes en la determinación de calidad de los productores, se encuentra vinculado a los procesos químicos que tiene lugar en el mismo, fundamentalmente con disponibilidad de nutrientes para las plantas, basándonos a los resultados se puede inferir que el suelo de la zona agroecológica en estudio se clasifica

en suelos moderadamente ácido a neutro debido a que su pH es de 6,2 a 7 (FAO. 2022).

Los suelos con acidez están vinculados a suelos lixiviados o altas precipitaciones y suelos alcalinos están asociados a regiones más secas.

5.2.2. Determinación del porcentaje de materia orgánica

Cuadro N° 5

Determinación de materia orgánica

Transectos	Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)
Alto	0-50	6,43
Medio	0-50	2,67
Bajo	0-50	7,38
Alto	50-100	1,85
Medio	50-100	4,94
Bajo	50-100	2,57
$\bar{X} = 4.30 \%$		

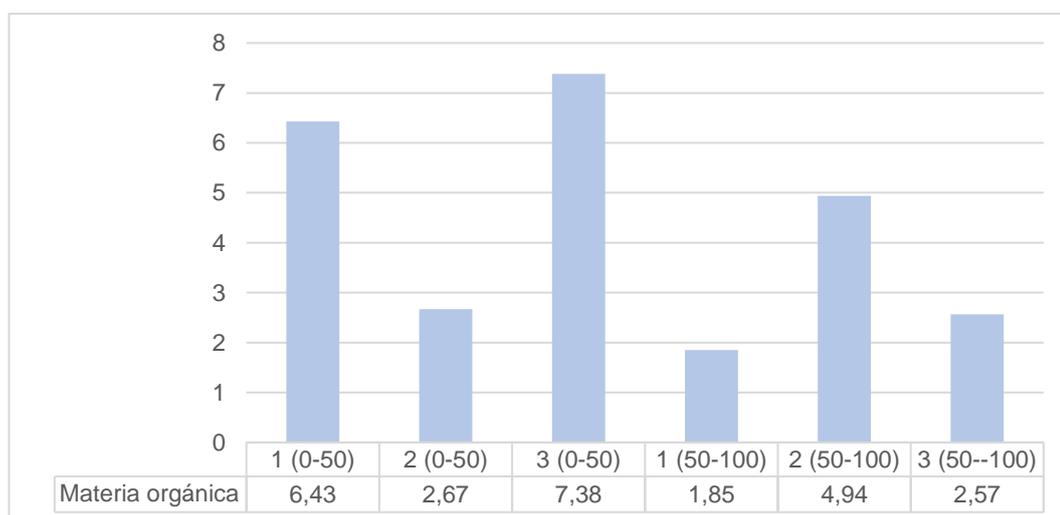


Gráfico N° 5

Determinación de materia orgánica

En referencia a los resultados se señala que existió mayor porcentaje de materia orgánica en la profundidad de 0 a 50 cm en el transecto bajo con

promedio de 7,38% y el transecto con menos promedio se presentó en la zona media con 2,67% de materia orgánica. En cuanto a la profundidad de 50 a 100 cm, la mayor concentración se obtuvo en la parte media con 4,94%, datos que hace referencia en que la materia orgánica se encuentra en la parte superficial del suelo, mientras que a profundidades de 50 a 100 son pobres en materia orgánica.

De esta forma se logra evidenciar que el suelo más rico en nutrientes y por tanto que menos proceso erosivo presenta esta en la parte alta de ambas profundidades de acuerdo a las zonas estudiadas. La presencia de MO en el suelo va a reincidir en la fertilidad del mismo, al permitir el crecimiento y desarrollo de cualquier vegetal.

La materia orgánica del suelo es uno de los elementos más importantes para determinar la productividad del suelo en forma sostenida. La presencia de MO en suelo es de importancia en la agricultura; debido a que las partículas minerales individuales del suelo forman agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo, de la misma forma la materia orgánica es una fuente de elementos nutritivos, los mismos que son aprovechados por las plantas cuando la materia orgánica ha llegado a descomponerse por los microorganismos. No obstante, la importancia de la materia orgánica es clave para las plantas debido a que la MO presente en el suelo facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como son los plaguicidas.

Las principales fuentes de materia orgánica en suelos de producción agropecuaria son los residuos de la actividad ganadera, agrícola, forestal, industrial y de actividad humana. Y los abonos orgánicos preparados como el compost, estiércol, bokashi, humus de lombrices, mulch, abono verde, etc (Brechelt. 2004).

5.3. Análisis de macro y micro nutrientes

5.3.1. Nitrógeno (N)

Cuadro N° 6

Determinación de nitrógeno (N)

Transectos	Profundidad (cm)	Nitrógeno (ppm)
Alto	0-50	101,50
Medio	0-50	71,50
Bajo	0-50	65,00
Alto	50-100	53,50
Medio	50-100	116,50
Bajo	50-100	63,50
$\bar{X} = 78.58$ ppm		

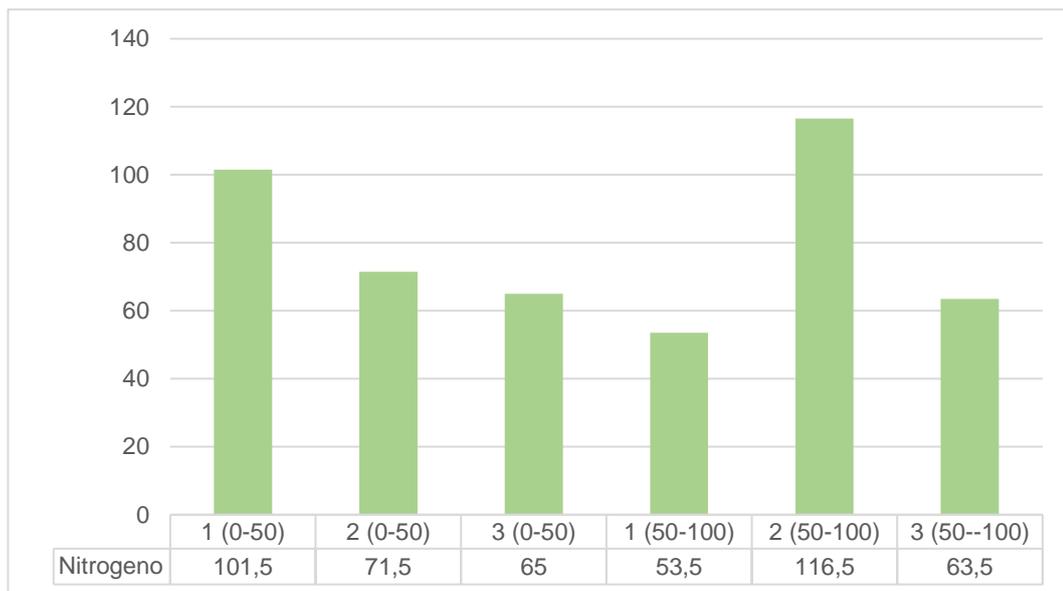


Gráfico N° 6

Determinación de nitrógeno (N)

Con base a los resultados obtenidos en cuanto a la determinación de nitrógeno, se establecieron resultados superiores en el transecto alto a una profundidad de 0 a 50 cm con 101,5 ppm, mientras que a una profundidad de 50 a 100 cm se registró mayor promedio en el transecto medio con 116,5

ppm, datos de acuerdo con el INIAP se encuentra en un rango entre medio y alto.

Lo que permite inferir que los suelos de la zona agroecológica en estudio se encuentran con óptimo nivel de nitrógeno, que es factor primordial para el desarrollo de los cultivos.

El alto contenido de N presente en esta zona de estudio es importante ya que es consumido por las plantas para producir hojas y conservar un buen color verde, es decir tener masa vegetal. Es fundamental porque participa de la formación de las proteínas vegetales, así mismo en la síntesis de proteínas y en el proceso de fotosíntesis.

La importancia de este macronutriente en el suelo para la agricultura se debe a que promueve el rápido crecimiento e incrementa el tamaño de las hojas en las plantas, este elemento afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento, el color de la hoja es un indicador de N en la planta, está estrechamente relacionado con la tasa de fotosíntesis y producción del cultivo (Fairhurst, T. 2002).

5.3.2. Fósforo (P)

Cuadro N° 7

Determinación de fósforo (P)

Transectos	Profundidad (cm)	Fósforo (ppm)
Alto	0-50	19,15
Medio	0-50	19,40
Bajo	0-50	19,90
Alto	50-100	21,60
Medio	50-100	18,45
Bajo	50-100	13,40
$\bar{X} = 18.65$ ppm		

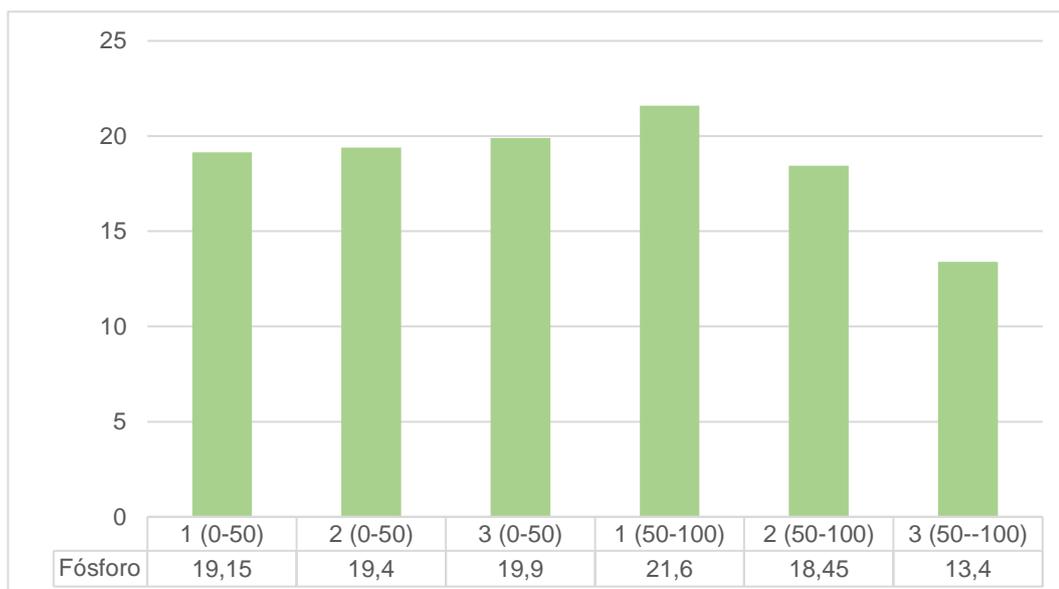


Gráfico N° 7

Determinación de fósforo (P)

Los resultados obtenidos para el fósforo en los tres transectos a profundidad de 0 a 50 cm se vieron reflejado para la zona baja promedio de 19,90 ppm, mientras que a una profundidad de 50 a 100 cm se indicó un promedio de 21,6 ppm en la zona alta, datos que de acuerdo con el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias estos resultados son de medios a buenos para la zona de estudio.

El fósforo es otro macro elemento de alta importancia para los cultivos agrícolas, luego del nitrógeno; es el más importante. Por ello, es muy trascendental que existan alta cantidades de este macro nutrientes. Es un actor importante en la fotosíntesis, así como el transporte de nutrientes a la planta, esto se vuelve en que es esencial para la formación de las raíces. Se localiza, en parte, en estado mineral, al igual que en compuestos orgánicos fosforados con lípidos, próticos y glúcidos así por ejemplo la lecitina o la fitina. Es un nutriente primario, lo cual supone que sea defectuoso comúnmente en la producción agrícola y los cultivos, por lo que lo que demandan en cantidades relativamente grandes. La insuficiencia de este elemento, ocasiona tardanzas en el crecimiento vegetal y una coloración púrpura en las hojas. De la misma manera, las plantas presentan muy baja

eficiencia fotosintética lo que sobrelleva a un retraso en los procesos de maduración. Frente a los elementos principales de nutrición, las plantas requieren al P en promedio entre 0,2 y 0,4% de su peso seco. A pesar de que el P es cuantioso, sólo el 0,1% del fósforo total está disponible (Palomares, D. 2021).

5.3.3. Potasio (K)

Cuadro N° 8

Determinación de potasio (K)

Transectos	Profundidad (cm)	Potasio (meq/100g)
Alto	0-50	0,64
Medio	0-50	0,27
Bajo	0-50	0,61
Alto	50-100	0,79
Medio	50-100	0,51
Bajo	50-100	0,19
$\bar{X} = 0,50$ meq/100g		

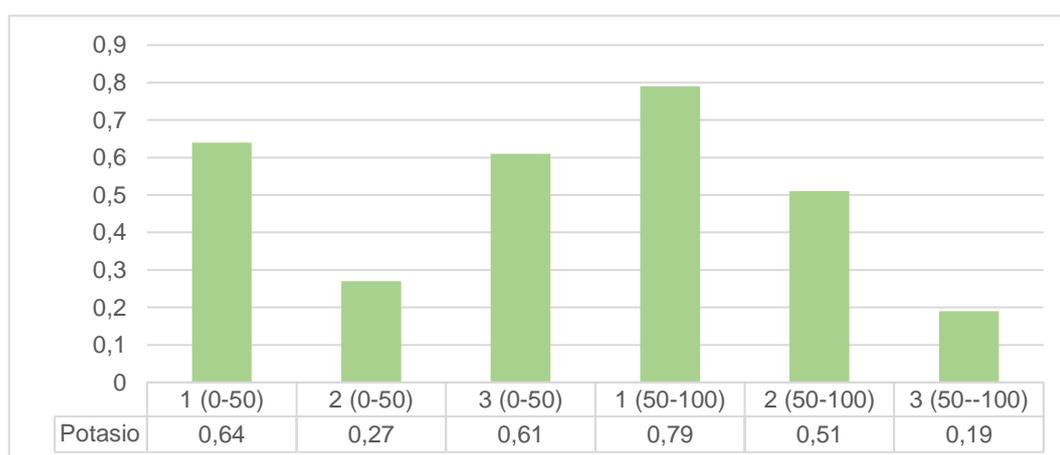


Gráfico N° 8

Determinación de potasio (K)

La determinación de potasio en la zona agroecológica en estudio a dos profundidades de 0 a 50 cm y 50 a 100 cm se refleja mayor porcentaje en los altos estratos con 0,64 meq/100g y 0,79 meq/100g respectivamente, datos que se mantienen como medio y alto porcentaje de potasio en el suelo de la zona de Pasorrumi.

La cantidad de potasio en la solución del suelo es relativamente baja, lo que significa que por el hecho de estar disponible rápidamente absorbido por las plantas. Cuando este potasio es absorbido y consumido por las plantas, es renovado y restablecido inmediatamente por la cesión de formas accesibles ubicadas en las zonas de adhesión de los coloides minerales y orgánicos del suelo.

Así mismo, no obstante, se encuentra presente en grandes cantidades en los suelos, sólo un pequeño porcentaje es disponible para la absorción de las plantas.

Se trata del Potasio que está disponible para las plantas, y se encuentra presente en la solución del suelo en pequeñas concentraciones, comprendidas entre 0,1 y 1000ppm, siendo renovado constantemente (DF GRUPO. 2021).

Por otro lado, autores como (Moscatelli et al. 2020) mencionan que los análisis químicos ratifican que el contenido de potasio total del suelo no es un índice de fertilidad para los cultivos y que los suelos contienen potasio en diferentes formas. Es una parte extraíble por reactivos muy suaves, así como el agua o soluciones salinas diluidas, puede extraerse simplemente con reactivos fuertes tales como ácido nítrico hirviendo, mostrando grandes diferencias entre ambas.

5.3.4. Calcio (Ca)

Cuadro N° 9

Determinación de calcio (Ca)

Transectos	Profundidad (cm)	Calcio (meq/100g)
Alto	0-50	16,75
Medio	0-50	16,59
Bajo	0-50	16,61
Alto	50-100	16,26
Medio	50-100	15,48
Bajo	50-100	11,87
$\bar{X} = 15.59$ meq/100g		

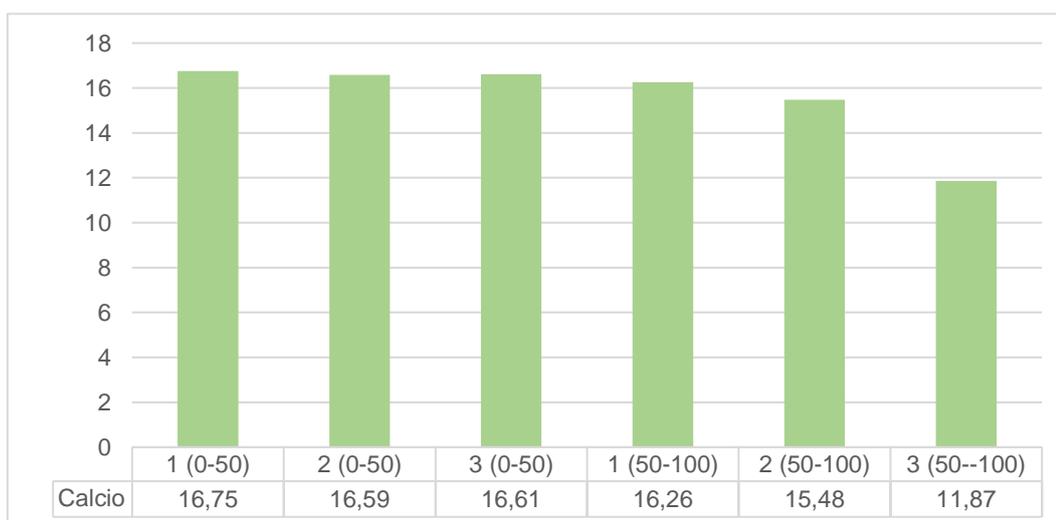


Gráfico N° 9

Determinación de calcio (Ca)

Al ejecutarse el análisis de la determinación de calcio se reflejaron datos que se mantienen dentro de un mismo rango; sin embargo, numéricamente se muestra que a una profundidad de 0 a 50 cm se dio alto porcentaje en la zona alta con 16,75 meq/100g y una profundidad de 50 a 100 cm se muestra alto porcentaje en el transecto alto con 16,26 meq/100g.

Datos que reflejan alto contenido de calcio en el suelo de la zona agroecológica en estudio.

Este macronutriente es acumulado por las plantas, en especial en las hojas, donde se deposita irreversiblemente. Este elemento es participe en el desarrollo y crecimiento del sistema radical, así como de tallos, hojas y frutos; ya que está afín con la formación de la rizosfera y con los microorganismos que viven en el suelo.

El contenido medio de calcio en la corteza terrestre es de 3,64%. A este nutriente se le atribuye ser el quinto elemento más abundante. El contenido de calcio en los distintos de suelo cambia considerablemente dependiendo principalmente de los materiales de origen y del grado en que la meteorización y la lixiviación a influir el proceso de edafización.

El calcio es el responsable de crear y conservar la estructura de los suelos agrícolas. Con una correcta congregación de partículas, el aire y el agua pueden entrar a través de los poros, beneficiar el crecimiento, desarrollo de las raíces, contribuir a absorber los nutrientes y el agua del suelo (Álvarez, L. 2020).

5.3.5. Magnesio (Mg)

Cuadro N° 10

Determinación de magnesio (Mg)

Transectos	Profundidad (cm)	Magnesio (meq/100g)
Alto	0-50	6,77
Medio	0-50	7,15
Bajo	0-50	6,43
Alto	50-100	5,98
Medio	50-100	6,66
Bajo	50-100	7,13
$\bar{X} = 6.68 \text{ meq/100g}$		

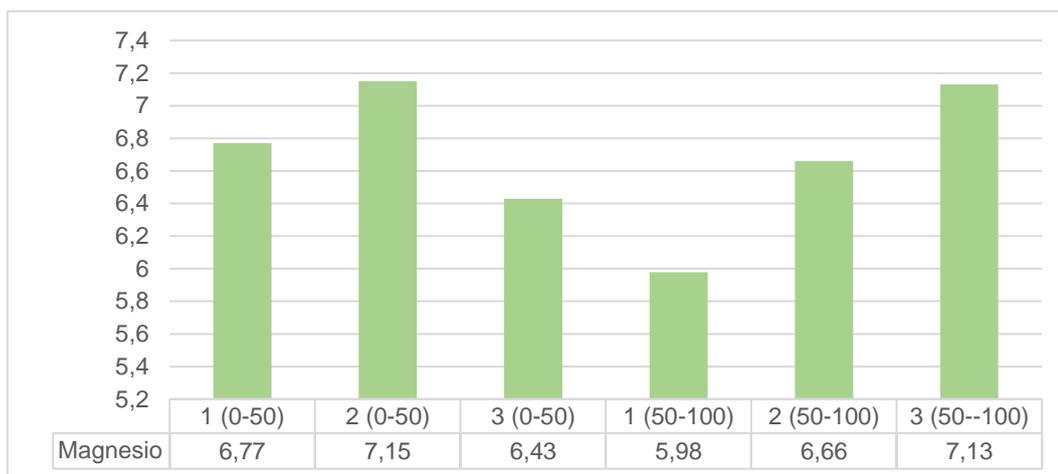


Gráfico N° 10

Determinación de magnesio (Mg)

El análisis del magnesio en el suelo evaluado se determinó numéricamente porcentajes altos en el transecto medio a una profundidad de 0 a 50 cm con 7,15 meq/100g, a profundidad de 50 a 100 cm se reflejó mayor porcentaje en el transecto bajo con 7,13 meq/100g, datos que permiten confirmar que el suelo posee altos promedios de magnesio de acuerdo al departamento de suelos del INIAP.

De acuerdo con (INCOSAL. 2021) menciona que los suelos francos arenosos tienen un contenido de magnesio disponible de 70-90 mg/kg, debido a las estructuras que conforman la textura del suelo.

El magnesio cumple una importante función en la conservación de la estructura del suelo. En unión con otros cationes multivalentes, sobre todo el calcio, el magnesio forma puentes entre los minerales arcillosos con carga negativa. De esta forma, se atenúa una estructura del suelo estable y grumoso que impide el apelmazamiento. Esto provee la función del suelo de acumular una gran cantidad de agua disponible para las plantas, las que pueden formar allí un buen entramado de raíces para producir nutrientes.

Del Mg total del suelo, el que se encuentra en rocas y minerales primarios simboliza entre 90 y 99% de la reserva total y está presente en cantidades

mayores que las absorbidas por las plantas. No obstante, esta es sólo la reserva de donde el Mg es disponible por la acción de elementos naturales.

5.3.6. Azufre (S)

Cuadro N° 11

Determinación de azufre (S)

Transectos	Profundidad (cm)	Azufre (ppm)
Alto	0-50	5,55
Medio	0-50	4,83
Bajo	0-50	5,19
Alto	50-100	4,38
Medio	50-100	6,01
Bajo	50-100	4,59
$\bar{X} = 5.09$ ppm		

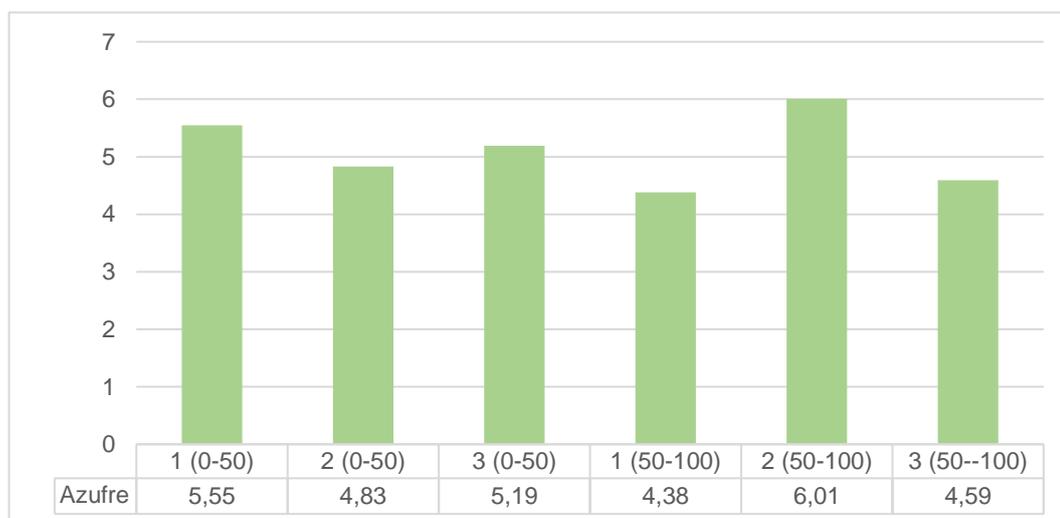


Gráfico N° 11

Determinación de azufre (S)

Los datos que se determinaron en el nivel de azufre, en cuanto a la profundidad de 0 a 50 cm reflejaron un alto promedio en el estrato alto con 5,55 ppm, mientras que a una profundidad de 50 a 100 cm el alto promedio

fue en el estrato medio con 6,01 ppm, datos que indican que el suelo de esa zona agroecológica es relativamente pobre en azufre.

Bortolotti (2014) hace referencia que los suelos agrícolas tienen generalmente muy bajos niveles de azufre extraíble. Valores habitualmente son menores a 5 ppm.

En relación a los datos reflejados, se hace referencia la importancia de este elemento; debido a que agricultores no lo consideran por ser nutriente secundario. No obstante, el azufre juega un papel muy importante, sobre todo debido al equilibrio que presenta junto a otro nutriente como el nitrógeno.

Si bien, los requerimientos de azufre para cada cultivo van a depender del tipo de suelo, así como de la cantidad de materia orgánica almacenada por las plantas en el mismo.

5.3.7. Boro (Bo)

Cuadro N° 12

Determinación de boro (B)

Transectos	Profundidad (cm)	Boro (ppm)
Alto	0-50	0,12
Medio	0-50	0,09
Bajo	0-5	0,09
Alto	50-100	0,04
Medio	50-100	0,11
Bajo	50-100	0,07
$\bar{X} = 0.08$ ppm		

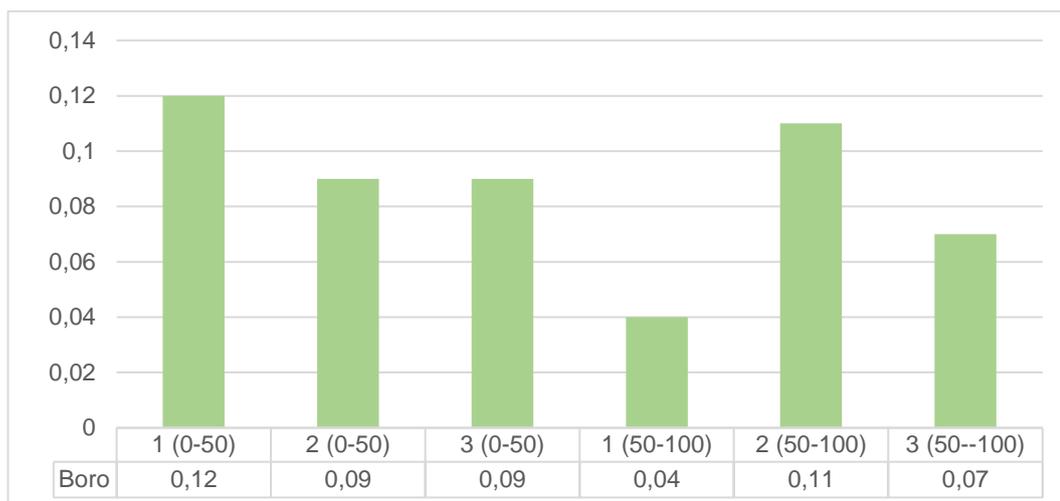


Gráfico N° 12

Determinación de boro (B)

El análisis del boro en tres transectos evaluados a dos profundidades, reflejaron un alto promedio en la zona alta con 0,12 ppm a una profundidad de 0 a 50 cm, mientras que a profundidad de 50 a 100 cm el alto promedio se vio determinado en el transecto medio con 0,11 ppm, datos que se relacionan como bajo en el contenido de este nutriente.

En relación a los resultados se infiere que los suelos arenosos, con textura ligera, contienen en general menos boro asimilable que los suelos arcillosos, asimismo este nutriente es sencillamente lavable de los suelos de textura ligera. Hay una estrecha relación entre el contenido de materia orgánica y boro asimilable presente en un suelo. El boro asimilable se encuentra concentrado en las capas superficiales de los suelos bien drenados, donde está intrínsecamente ligado a la materia orgánica.

El contenido de boro total en el suelo varía de 2 a 200 ppm, el no logra ser asimilado por las plantas, en general la cantidad de boro total que puede hallarse de forma asimilable es inferior al 5%. Esto es debido a que es un componente habitual de los minerales del grupo de la turmalina, granitos y otras rocas eruptivas (muy resistentes a la meteorización).

En estos minerales el boro sustituye al silicio en las estructuras tetraédricas (Santacruz, L. 2021).

5.3.8. Hierro (Fe)

Cuadro N° 13

Determinación de hierro (Fe)

Transectos	Profundidad (cm)	Hierro (ppm)
Alto	0-50	349,0
Medio	0-50	339,5
Bajo	0-50	251,0
Alto	50-100	244,0
Medio	50-100	340,0
Bajo	50-100	216,0
$\bar{X} = 289,92$ ppm		

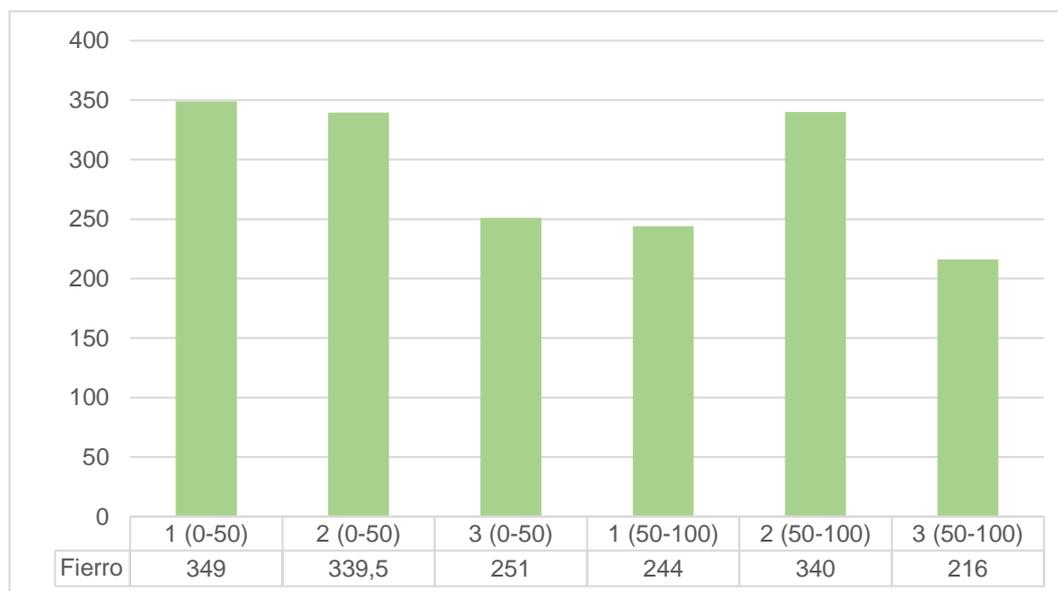


Gráfico N° 13

Determinación de hierro (Fe)

La determinación de hierro en el suelo, al ser evaluada a dos profundidades diferentes en tres transectos de la zona agroecológica de Pusurrumi, determinó promedios desde 340 ppm a 349 ppm en profundidades de 0 a 50

cm y 50 a 100 cm, presentado en transectos medio y alto respectivamente, por lo tanto, el suelo en estudio es rico en hierro.

La distribución del hierro, en función a la profundidad en los perfiles del suelo, es un reflejo de los procesos pedogenéticos. En el horizonte superficial, los patrones de distribución de estos elementos pueden ser distintos que, en los horizontes subsuperficiales, en cuanto a las prácticas agrícolas que el agricultor realiza.

A pesar de que el hierro es el cuarto elemento más concentrado en la tierra, y el suelo en general contiene entre 1 a 5 % de hierro total, la mayor parte se localiza en minerales de silicatos u óxidos e hidróxidos de hierro, formas que no están disponibles para las plantas, lo que puede originar deficiencias en los cultivos y mermar los rendimientos (Acevedo et al. 2017).

Se desconoce la congregación de hierro en la solución del suelo que garantice la velocidad excelente de crecimiento para las distintas especies cultivadas. Es posible que en la interface suelo-raíz se descompongan los complejos férricos y se reduzca el Fe^{3+} antes de su absorción por las plantas (Römheld, P. 1991).

5.3.9. Cobre (Cu)

Cuadro N° 14

Determinación de cobre (Cu)

Transectos	Profundidad (cm)	Cobre (ppm)
Alto	0-50	20,45
Medio	0-50	22,30
Bajo	0-50	20,40
Alto	50-100	20,55
Medio	50-100	14,65
Bajo	50-100	8,25
$\bar{X} = 17,76$ ppm		

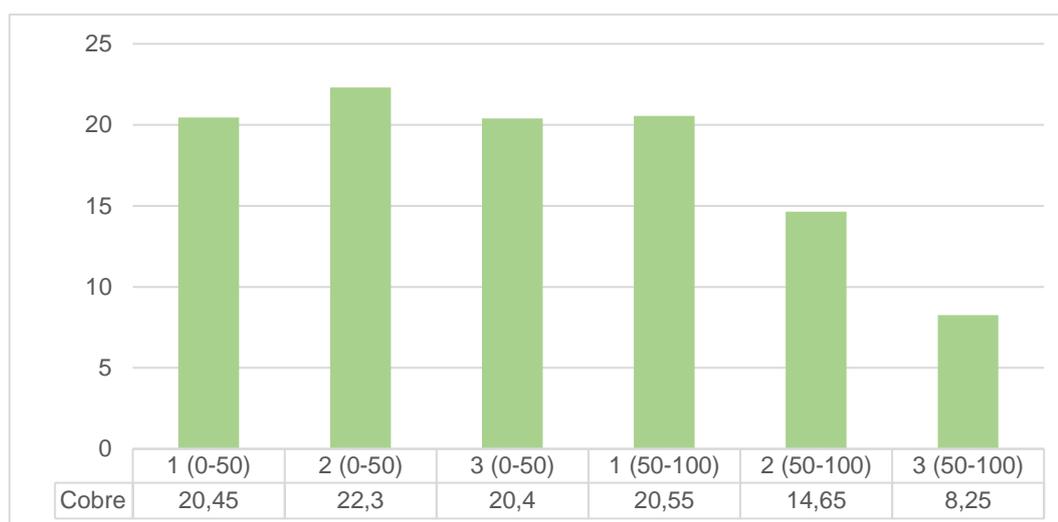


Gráfico N° 14

Determinación de cobre (Cu)

En base a los resultados obtenidos en la determinación de cobre en la zona agroecológica de Pusurrumi, evaluado en tres estratos, a dos profundidades se reflejaron datos superiores en la zona media de evaluación con 22,30 ppm y 20,55 ppm en la zona alta a profundidades de 0 a 50 cm y 50 a 100 cm respectivamente, determinándose una alta presencia de cobre, que será un

factor determinante para la formación de clorofila y crecimiento idóneo para las plantas.

En las plantas, el Cu llega a activar ciertas enzimas mezcladas en la síntesis de lignina y es esencial para varios sistemas enzimáticos. Asimismo, es necesario en el proceso de la fotosíntesis, fundamental para la respiración de las plantas y coadyuvante de éstas en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, ayuda a intensificar el sabor, el color en plantas.

El cobre es considerado como uno de los micronutrientes necesarios para las plantas en muy pequeñas dosis. En el sustrato, el rango normal es de 0,05-0,5 ppm, en tanto la mayor parte de los tejidos es de 3-10 ppm. En comparación, el índice ideal de hierro en el tejido es 20 veces más elevado que el de cobre. Si bien la deficiencia o la toxicidad del cobre rara vez se presentan, lo mejor es evitar los extremos, pues en ambos casos el crecimiento y la calidad de los cultivos podrían verse afectados (López, J. 2022)

5.3.10. Manganeseo (Mn)

Cuadro N° 15

Determinación de manganeseo (Mn)

Transectos	Profundidad (cm)	Manganeseo (ppm)
Alto	0-50	6,77
Medio	0-50	7,15
Bajo	0-50	6,43
Alto	50-100	5,98
Medio	50-100	6,66
Bajo	50-100	7,13
$\bar{X} = 6,68$ ppm		

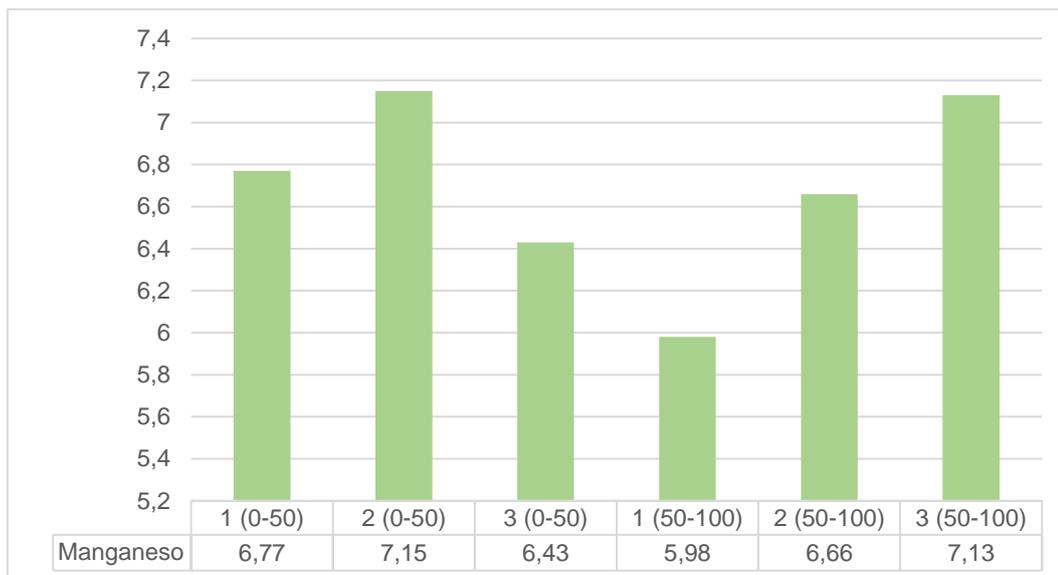


Gráfico N° 15

Determinación de manganeso (Mn)

La determinación de manganeso refleja como resultados datos que se mantienen en un rango de 6,43 ppm a 7,13 pmm, en el transecto bajo en dos profundidades de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm, demostrando que la mayor parte de este nutriente se encuentra en la parte media y baja, sin embargo, se indica que los suelos de este sector son relativamente pobres en manganeso.

La importancia del manganeso en la agricultura se debe a que es uno de los nutrimentos reportados como esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. De la misma forma, este elemento es clasificado como un micronutriente por la cantidad tan pequeña que necesita la planta, pero no así su importancia, pues la necesidad que tiene la planta por este micronutriente es tan significativa como la de nitrógeno o potasio, por poner un ejemplo.

Generalmente el contenido de manganeso total en el suelo oscila entre 20 a 3000 ppm, aunque en promedio se dice que contiene 600 ppm (Castellanos,R. 2000).

5.3.11. Zinc (Zn)

Cuadro N° 16

Determinación de zinc (Zn)

Transectos	Profundidad (cm)	Zinc (ppm)
Alto	0-50	4,75
Medio	0-50	3,65
Bajo	0-50	4,20
Alto	50-100	4,05
Medio	50-100	3,35
Bajo	50-100	2,75
$\bar{X} = 3,79$ ppm		

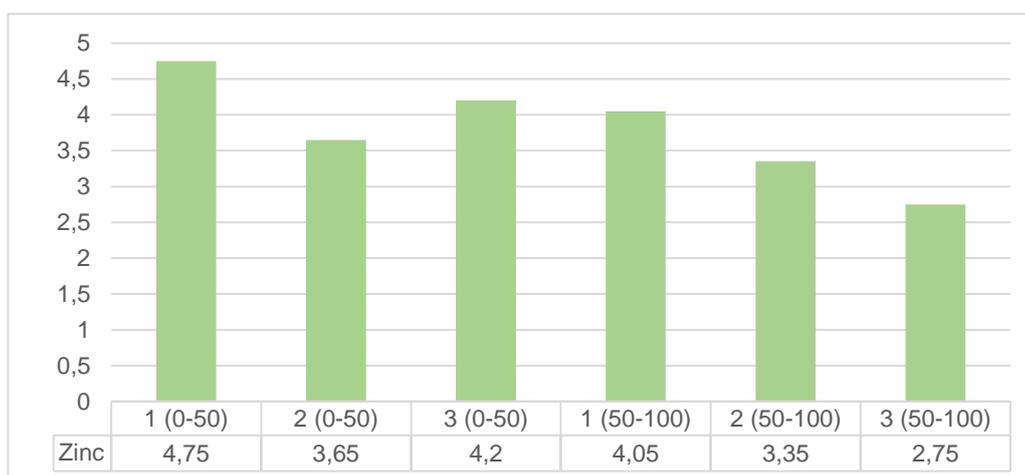


Gráfico N° 16

Determinación de zinc (Zn)

En la determinación de zinc, se llegó a determinar altos porcentajes en los estratos altos de ambas profundidades con 4,75 ppm y 4,05 ppm respectivamente, demostrando que la gran parte de este micro nutriente se encuentra en la parte superficial del suelo, sin embargo, estos resultados determinan que el suelo se encuentra en un rango medio, es decir un suelo que tiene poca disponibilidad de este elemento.

Estos resultados tienen estrecha relación a lo mencionado por Cakmak (2019) quien señala que la deficiencia de Zn en un 40% de los suelos y alrededor del 50% con producción de cereales presenta deficiencia de este

elemento. El Zn es un micronutriente que desempeña un papel vital en funciones claves como la estructura de la membrana, fotosíntesis, síntesis de proteína y defensa frente a sequias y enfermedades.

Una de las funciones más fundamentales del Zn se encuentra relacionada con su impacto en el correcto funcionamiento y estabilidad estructural de algunas proteínas, donde cerca del 10 % de ellas requieren a este elemento (2,800 proteínas) para desdoblarse acciones reguladoras, catalíticas y estructurales. En tanto, la integridad estructural y funcional de las membranas biológicas obedece de una cantidad suficiente de Zn.

De la misma forma muchos investigadores han reportado que la concentración de Zn total en los suelos es de 55 mg.kg⁻¹, donde el rango distintivo oscila entre las 10 a 300 ppm. Este contenido total se halla distribuido en tres fracciones; soluble (vigente en la solución del suelo); intercambiable (adsorbido a los coloides); y fijado. De las tres fracciones sólo la que reside en solución del suelo y el que puede ser sencillamente desadsorbido es disponible para las plantas (4 a 270 µg.L⁻¹), pero además es fácilmente lixiviado en los suelos tropicales con altas precipitaciones pluviales (Palomino, D. 2019).

CAPÍTULO VI

6.1. Comprobación de Hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la caracterización macro y micro nutrientes en tres estratos de suelos agrícolas, se llega a comprobar que existieron diferencias matemáticas en la evaluación de cada estrato, por tanto, se acepta la hipótesis alterna, misma que señala “Los niveles de macro y micro nutrientes en Pusorrumi es distinto en cada uno de los estratos de suelo agrícola en estudio”.

CAPÍTULO VII

7.1. Conclusiones

En cuanto a los resultados generados por la caracterización macro y micro nutrientes en tres estratos de suelos agrícolas, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- Las variables físicas como textura se establece que el suelo del sector de Pusorrumi, son de tipo franco arenoso, esto debido a sus contenidos de arena, lino y arcilla, complementando su origen volcánico. Presentada humedad con media general de 23,16% en lo que se evidencia las óptimas condiciones en los distintos estratos evaluados para la producción agrícola.
- En el análisis físico-químico, el pH presenta una media de 6,27 encontrándose en la escala moderadamente ácido a neutro, considerándose como suelos lixiviados por acciones de la lluvia como factor principal de este proceso erosivo. De la misma manera se determinó el porcentaje de materia orgánica, presentando un promedio de 4,30 evidenciando que el suelo más rico en nutrientes y por tanto que menos proceso erosivo presenta esta en la parte alta de ambas profundidades que fueron estudiadas.
- En la determinación de macro y micro nutrientes, fueron dependientes del grado de erosión al que se encuentra expuesto, así también el piso altitudinal del muestreo, por lo mismo que su contenido fue diferente en los tres transectos evaluados.
- El contenido de NPK, en los tres transectos se mantuvo en un rango de medio alto, nutrientes que son indispensable en los suelos agrícolas para el desarrollo óptimo de las plantas.
- El análisis de los macronutrientes, secundarios, elementos evaluados como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) se encuentran en un rango

de media alta cantidad en el suelo de la zona en estudio, lo que permite que el agricultor o productor tenga la certeza que sus cultivos se van a desarrollar y producir de manera óptima.

7.2. Recomendaciones

En base a los resultados, conclusiones y análisis, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Los suelos destinados a la agricultura, deben partir siempre de un análisis de suelo, debido a que es el método en que se puede conocer la realidad en cuanto a las propiedades, déficit o suficiencias de nutrientes y poder tomar la mejor decisión previo a establecer y manejo del cultivo. A lo que conlleva que el agricultor genere un programa de fertilización.
- Capacitar y motivar a los productores y/o agricultores a realizar implementaciones de nuevos sistemas, así como también la construcción de terrazas y curvas de nivel, en especial en las zonas altas enfocándose en la conservación de los recursos del suelo.
- Planificar un manejo adecuado de los suelos y realizar labores como siembra de cultivos con medio de cobertura y de esta manera mantener el lugar.
- Continuar con los procesos de validación más profundos del suelo, determinando el estado, físico y sus necesidades.
- Exponer los resultados de la presente investigación a la población para que sirvan como base de futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo et al. (2017). El papel de óxidos de hierro en suelos. Terra latino.
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>
- Acosta, M. (2017). Los Páramos Andinos el Ecuador.
- Agroecología.edu. (2019). Calcio: Su importancia en los cultivos y suelos.
Obtenido de página web:
<http://agroecologia.edu.umh.es/2019/07/19/calciointerimportanciaaloscultivosylos/>.
- Álvarez, G. (2020). El calcio y su importancia en el crecimiento vegetal.
Obtenido de página web: <https://www.fertibox.net/single-post/calcio-agricultura>
- Amezcuca, J., & Lara, M. (2018). El zinc en las plantas.resistencia a la resaca
Revistaciencia.amc.edu.mx.Obtenidodehttps://www.revistaciencia.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- AQG. (2017). La importancia del análisis de suelos agrícolas. por lo Obtenido de <https://agqlabs.co/2017/02/03/la-importancia-del-analisis-suelos-agricolas/>
- Arias, L; Barrantes, D. (2018). Estructura de los suelos y minerología de las arcillas. Obtenido de Universidad Fidélitas, Carrera de Ingeniería Civil. Mecánica de suelos. Obtenidos en web: <https://www.academia.edu/37780515/Estrucuradelossuelosyminerolog%C3%A>
- Arrovaye, S. S., & Restrepo, C. F. (2016). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulacion económica. Revista SCIELO, 65-76. Obtenido de página web.:<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci&pid=S012063462009000100002>
- Beard, J; Busso, G. (2018). Funciones de los Macro y Micronutrientes. Obtenido de página web.: <https://www.ag.org.ar/funcione-de-macro-y-micronutrientes/>

- Bonilla, A. (2017). El suelo y sus etapas de formación. Obtenido de <https://entreelespacioyeltiempo.wordpress.com/2017/09/30/elsueloysusetapasdeformacion/>
- Bortolotti, V. (2014). Determinación de Azufre extraíble en Suelos. Obtenido de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/samla/jornadas/_archivos/020142014/000000Determinaci%C3%B3n%20de%20Azufre%20extra%C3%ADble%20en%20Suelos.pdf
- Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico del Suelo.
- Cakmak, I. (2014). ¿Por qué las plantas necesitan zinc? 3er. Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas. Guadalajara, Jalisco, México: INTAGRI.
- Cárdenas, C. (2020). Propiedades físicas y químicas del suelo. Obtenido de Universidad Intercultural del Estado de México. Obtenido de: <http://ri.utn.edu.mx/bitstream/handle/123456789/48/PROPIEDADDE20SICAS,%>.
- Castellanos, J. (2000). Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Guanajuato, México: Intagri, S.C.
- Ciancaglini, N. (2020). Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. Obtenido de página web: <http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20sueloagricola%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf>
- Condes, S. (2020). Los micronutrientes de suelo: Funciones, fuentes y época de aplicación. Obtenido de: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/01/06/losmacronutrientemicronutrientes-del-suelo-funciones-fuentes-y-epoca-de-aplicacion/>
- DF GRUPO. (2021). Potasio. Macronutrientes en el suelo. Obtenido de web: <https://www.dfgrupo.com/convencionales/potasio/>
- Fairhurst, T. (2002). Guía práctica para el manejo de nutrientes. Phosphate Institute of Canada.
- FAO. (2018). Función de los macronutrientes en las plantas.

- FAO. (2020). El suelo, diferencias según su aspecto físico y químico. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ah645s/AH645S04.htm>
- FAO. (2022). ¿Qué es el pH del suelo?. pH del suelo. Obtenido de web: <https://www.fao.org/3/ca7162es/ca7162es.pdf>
- FAO. (2022). Propiedades físicas del suelo. Obtenido de web.: <https://www.fao.org/soilsportal/soilsurvey/propiedadesdelsuelo/propiedadesfisicas/es/#:~:text=La%20densidad%20real%2C%20de%20lae st%C3%A1%20alrededor%20de%202%2C65.>
- Fernández, D. (2020). Propiedad Fisicoquímicas del suelo. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema05/ccc.htm>
- Fernández, M. (2020). Horizonte del suelo- Tipos de suelo. Obtenido de <https://sites.google.com/tiposdesuelosoff/home/horizontesdelsuelo>
- Fernández, M. (2019). Funciones de fósforo en las plantas. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/542916612D123EFE852579A3007A3286/\\$FILE/Funciones%20del%20F%C3%B3sforo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/542916612D123EFE852579A3007A3286/$FILE/Funciones%20del%20F%C3%B3sforo.pdf)
- Fernando, D. (2020). Acidez en los suelos. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/soil-acidity/>
- García, A. (2019). Importancia de los nutrientes del suelo en el crecimiento vegetal. Obtenido de web.: <https://www.fertibox.net/singlepost/nutrientesdelsuelo>
- Geoxnet, E. (2019). Clasificación de suelos. Obtenido de Geoxnet: <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Alausí. (2021). Clima. Obtenido de <https://www.alausi.gob.ec/>
- Guzñay, J. (2022). Evaluación del comportamiento del aluminio en suelos de sistemas lacustres y valles periglaciares de las microcuencas de atillo y azogoché. Obtenido de web: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15436/1/236T0577.pdf>
- Holdridge, L. (1979). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA.

- Holtz, R. (2019). Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) en la Ingeniería Geotécnica. Obtenido de Geo: <https://geo-webonline.com/sistema-unificado-de-clasificacion-del-suelo/>
- ICGC - Instituto Cartográfico de Cataluña. (2019). Concepto suelo. ¿Qué es el suelo? componentes del suelo. Obtenido de página web: <https://www.icgc.cat/es/Administracionyempresa/Servicios/Suelos/Concepto-suelo>
- INCOSAL. (2021). El Magnesio puede salvar sus cultivos. Obtenido de: http://incosal.co/index.cfm?doc=submodulo_detalle&id_submodulo117&key_submodulo=93BB4C5E-7E61-4498-8853-0E6314B7FC3E
- INEC. (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticasagropecuarias/espac/espac2012/InformeEjecutivo.pdf>.
- INFORURAL. (2020). Los macronutrientes y su relación en el suelo. Obtenido de web: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/los-macronutrientes-y-su-relacion-en-el-suelo>
- Intagri. (2017). Fijación de Potasio en el Suelo. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- Intagri. (2018). El Magnesio en el Suelo y su Efecto en las Raíces. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices>
- Juste, I. (2021). ¿Como cuidar la tierra en zonas áridas? Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/afiche_final.pdf
- K+S. (2019). Azufre en el suelo. Obtenido de http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sulphur.html
- K+S. (2019). Boro (B) en el suelo. Obtenido de http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/boron.html
- López, J. (2022). La función del cobre en el cultivo de plantas. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/>

- Marcelo C. (2021). La función del manganeso en el cultivo de plantas. Obtenido de web: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-manganeso-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Mario C. (2020). El nitrógeno en la agricultura. Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>
- Martínez, E. (2018). Carbono orgánico y propiedades del suelo. SciELO.
- Molina, E. (2017). Análisis de suelos y su interpretación. Obtenido de Universidad de Costa Rica, centro de investigaciones agronómicas: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SU>
- Molina, E. (2020). Análisis de suelos y su interpretación. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanaliseinterpretacion.pdf>
- Moscatelli et al. (2020). Niveles de disponibilidad y reservas de potasio en Argentina. El potasio disponible. Obtenido de página web: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Sesion%20I.pdf>
- Olguin, J. (2019). Diferentes clasificaciones de suelos para fines de ingeniería. Clasificación. Obtenido de web: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Lectura/icbi/asignatura/MecaSuelosI.pdf
- ONU. (2017). ¿Es el suelo tan importante? Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/es-el-suelo-tan-importante>
- Palomares, D. (2021). Análisis del nutriente vegetal fósforo en los suelos amazónicos del departamento del caquetá. Obtenido de <https://repository.unad.edu./jspui/bitstream/10596/43181/1/dypaloma resc.pdf>
- Peláez, O. (2019). Deterioro de los suelos. Obtenido de <https://www.ecured.cu/DiscusiC3%B3n:Deteriorodelossuelos>
- Pérez, A; Peña, M. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata. revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 171-177.

Obtenido de web: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-171.pdf>

PROMIX. (2021). La función del cobre en el cultivo de plantas. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/>

Roca, A. (2019). Elementos del suelo esenciales para las plantas. Los elementos en las plantas. Obtenido de página web: <https://www.infoagro.com/documentos/elementosdelsueloesencialesplantas.asp>

Rodas, I. (2017). Trabajo de titulación de Ingeniero Ambiental. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPSCT007228.pdf>

Rodriguez, L. (2018). Horizontes principales. Obtenido de <http://www.edafologia.net/programassuelos/practclas/abcsol/comun/horprinc.htm#anchor703505>

Romero, R. (2017). Escalas granulométricas del suelo. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>

Salinas, M. (2018). Micronutrientes. Los diferentes tipos de micronutrientes. Obtenido de web: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/discovery-zone/market-areas/micronutrients>

Santacruz, L. (2021). Importancia del boro en la productividad y conformación del racimo en el cultivo de palma de aceite. Obtenido de <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2021/06/BOLETIN-LA-PALMA-19junio-2021.pdf>

Seipasa. (2021). El hierro en las plantas: por qué es importante ponerlo a disposición para corregir la clorosis férrica. Obtenido de <https://www.seipasa.com/es/blog/hierroenlasplantasycorrecciondelaclorosisferrica/>

Solis, F. (2018). Las propiedades químicas del suelo. Obtenido de <https://sites.google.com/site/cienciadelsueloutmach/LA-GNESIS-DE-LOS-SUELOS/las-propiedades-quimicas-del-suelo>

Warren Country Soil & Water conservation district. (15 de Diciembre de 2016). www.warrenswcd.com. Recuperado el 08 de Octubre de 2018: [https://www.warrenswcd.com/uploads/7/2/5/9/72597023/soilstructurp articles.jpg?497](https://www.warrenswcd.com/uploads/7/2/5/9/72597023/soilstructurp%20articles.jpg?497)

Zaballos, J. (2006). Niveles de humedad del suelo y agua disponible: El Agua en El Suelo y su disponibilidad 3. Obtenido de web: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>

Zambrano, A. (2020). Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2929/1/TESIS%20ANGELICA%20ZAMBRANO%20REVISION%20FINAL%20TRIBUNAL%2026%20%20DE%20MARZO%202021.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 1 Ubicación del experimento



Anexo N° 2 Base de datos

Transectos	Profundidad	Textura			Densidad aparente	Humedad	pH	Materia orgánica	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
		Arena	Arcilla	Limo															
Alto	0-50	77	11	12,00	2,966	18,72	6,01	10,22	152	25,3	6,37	0,15	0,6	18,76	7,67	5,5	17,4	478	14,7
Medio	0-50	77	12	11,00	2,902	18,78	6,19	2,97	102	25,8	5,6	0,11	0,3	18	8,08	4	21,4	484	7,2
Bajo	0-50	77	11	12,00	3,26	37,98	6,46	2,24	33	20,3	4,03	0,07	0,9	15,53	6,76	3,9	22,4	188	25,6
Alto	50-100	71	17	11,00	3,032	37,94	6,85	0,73	17	29,6	2,46	0,03	1,34	16,6	5,84	5,2	20,5	131	3,4
Medio	50-100	74	15	10,00	2,447	16,24	6,42	3,3	90	16,4	5,61	0,09	0,97	14,33	7,16	3,8	18	260	20,6
Bajo	50-100	77	11	11,00	2,467	16,65	6,56	0,2	17	2,5	2,63	0,05	0,35	8,51	8,24	1,9	5	25	2,2
Alto	0-50	76	12	13,00	3,047	23,76	6,37	2,64	51	13	4,74	0,1	0,69	14,75	5,87	4	23,5	220	14,3
Medio	0-50	76	11	12,00	3,593	23,74	6,38	2,37	41	13	4,07	0,07	0,24	15,19	6,23	3,3	23,2	195	8
Bajo	0-50	76	12	12,00	2,709	21,38	6,14	12,53	97	19,5	6,35	0,11	0,33	17,7	6,11	4,5	18,4	314	13,5
Alto	50-100	72	16	19,00	2,726	21,48	6,11	2,97	90	13,6	6,3	0,05	0,24	15,93	6,12	2,9	20,6	357	8,2
Medio	50-100	75	16	11,00	2,118	24,22	5,92	6,59	143	20,5	6,41	0,13	0,05	16,63	6,17	2,9	11,3	420	17,6
Bajo	50-100	76	11	11,00	2,108	24,23	5,93	4,94	110	24,3	6,55	0,1	0,04	15,23	6,02	3,6	11,5	407	15,8

Anexos N° 3 Análisis macro y micro elementos del suelo

MC-LASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
 Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 22-0514

NOMBRE DEL CLIENTE: Monar Gavilánez Nelson Arturo
PETICIONARIO: Monar Gavilánez Nelson Arturo
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Monar Gavilánez Nelson Arturo
DIRECCIÓN: Guaranda

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

30/08/2022
 9.11
 05/09/2022
 09/09/2022
 S3

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN	
			ppm	A	ppm	A	ppm	B	ppm	B	meq/100g	M	meq/100g	A	meq/100g	M	ppm	M	ppm	M	ppm	M	ppm	M	ppm	M	ppm	M	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural
22-1981	6,01	L Ac	152	A	25,3	A	6,37	B	0,15	B	0,60	A	18,76	A	7,67	A	5,5	M	17,4	A	478	A	14,7	M	2,45	12,68	43,70	27,03	10,22	A						Muestra 1
22-1982	6,19	L Ac	102	A	25,8	A	5,60	B	0,11	B	0,30	M	18,00	A	8,08	A	4,0	M	21,4	A	484	A	7,2	M	2,23	27,28	88,07	26,38	2,97	A						Muestra 2
22-1983	6,46	L Ac	33	M	20,3	A	4,03	B	0,07	B	0,90	A	15,53	A	6,76	A	3,9	M	22,4	A	188	A	25,6	A	2,30	7,47	24,64	23,19	2,24	A						Muestra 3
22-1984	6,85	P N	17	B	29,6	A	2,46	B	0,03	B	1,34	A	16,60	A	5,84	A	5,2	M	20,5	A	131	A	3,4	B	2,84	4,35	16,74	23,78	0,73	B						Muestra 4
22-1985	6,42	L Ac	90	A	16,4	M	5,61	B	0,09	B	0,97	A	14,33	A	7,16	A	3,8	M	18,0	A	260	A	20,6	A	2,00	7,35	22,05	22,47	3,30	A						Muestra 5
22-1986	6,56	P N	17	B	2,5	B	2,63	B	0,05	B	0,35	M	8,51	A	8,24	A	1,9	B	5,0	A	25	M	2,2	B	1,03	23,29	47,34	17,10	0,20	B						Muestra 6
22-1987	6,37	L Ac	51	M	13,0	M	4,74	B	0,10	B	0,69	A	14,75	A	5,87	A	4,0	M	23,5	A	220	A	14,3	M	2,51	8,45	29,68	21,31	2,64	A						Muestra 7
22-1988	6,38	L Ac	41	M	13,0	M	4,07	B	0,07	B	0,24	M	15,19	A	6,23	A	3,3	M	23,2	A	195	A	8,0	M	2,44	25,54	87,87	21,66	2,37	A						Muestra 8
22-1989	6,14	L Ac	97	A	19,5	M	6,35	B	0,11	B	0,33	M	17,70	A	6,11	A	4,5	M	18,4	A	314	A	13,5	M	2,90	18,69	72,88	24,14	12,53	A						Muestra 9
22-1990	6,11	L Ac	90	A	13,6	M	6,30	B	0,05	B	0,24	M	15,93	A	6,12	A	2,9	B	20,6	A	357	A	8,2	M	2,60	25,83	93,07	22,29	2,97	A						Muestra 10
22-1991	5,92	Me Ac	143	A	20,5	A	6,41	B	0,13	B	0,05	B	16,63	A	6,17	A	4,8	M	11,3	A	420	A	17,6	A	2,69	116,55	430,65	22,86	6,59	A						Muestra 11
22-1992	5,93	Me Ac	110	A	24,3	A	6,55	B	0,10	B	0,04	B	15,23	A	6,02	A	3,6	M	11,5	A	407	A	15,8	A	2,53	147,98	522,28	21,29	4,94	A						Muestra 12

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E. *	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm		

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
		Informe de Resultados	Versión	1	
			Año	2022	
			Página	Página 1 de 3	

INFORME N° 136-2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Ángel Franklin Tenemasa Yamasque					
Muestra	Suelo					
Código asignado UEB	INV 241- INV 242- INV 243- INV 244- INV 245- INV 246					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda ziploc					
Análisis requerido(s)	Determinación de humedad, textura y densidad real					
Fecha de recepción	30/09/2022					
Fecha de análisis	30/09/2022-04-05/10/2022					
Fecha de informe	06/10/2022					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultado	Promedio
INV 241	Pusorrum N°1-R1	Humedad	%	Método del secado al horno. INEN 690	18,7175	18,7432
	Pusorrum N°1-R2				18,7841	
	Pusorrum N°1-R3				18,7278	
INV 242	Pusorrum N°2-R1				37,9821	37,9524
	Pusorrum N°2-R2				37,9358	
	Pusorrum N°2-R3				37,9392	
INV 243	Pusorrum N°3-R1				16,2430	16,4184
	Pusorrum N°3-R2				16,6478	
	Pusorrum N°3-R3				16,3644	
INV 244	Pusorrum N°4-R1				23,7500	23,7499
	Pusorrum N°4-R2				23,7354	
	Pusorrum N°4-R3				23,7644	
INV 245	Pusorrum N°5-R1				21,3818	21,4383
	Pusorrum N°5-R2				21,4825	
	Pusorrum N°5-R3				21,4506	
INV 246	Pusorrum N°6-R1				24,2222	24,2230
	Pusorrum N°6-R2				24,2298	
	Pusorrum N°6-R3				24,2170	

 UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
		INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
				Año	2022
				Página	Página 2 de 3

Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 241	Pusorrum N°1	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	77	Franco Arenoso
				Lino	11	
				Arcilla	12	
INV 242	Pusorrum N°2			Arena	77	Franco Arenoso
				Lino	12	
				Arcilla	11	
INV 243	Pusorrum N°3	Arena	77	Franco Arenoso		
		Lino	11			
		Arcilla	12			
INV 244	Pusorrum N°4	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	71	Franco Arenoso
				Lino	17	
				Arcilla	11	
INV 245	Pusorrum N°5			Arena	74	Franco Arenoso
				Lino	15	
				Arcilla	10	
INV 246	Pusorrum N°6	Arena	77	Franco Arenoso		
		Lino	12			
		Arcilla	11			

Anexo N° 4 Manejo del ensayo



Delimitación de transectos



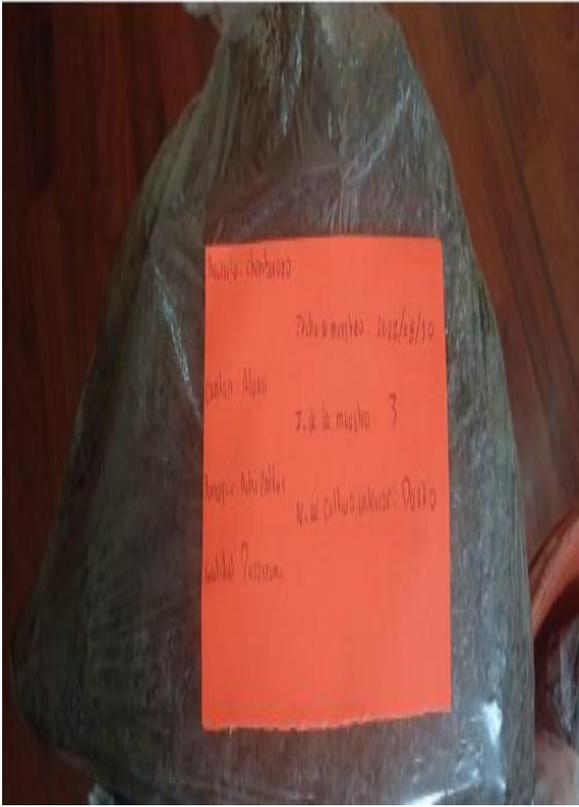
Toma de muestra de la zona alta



Toma de muestra de la zona media



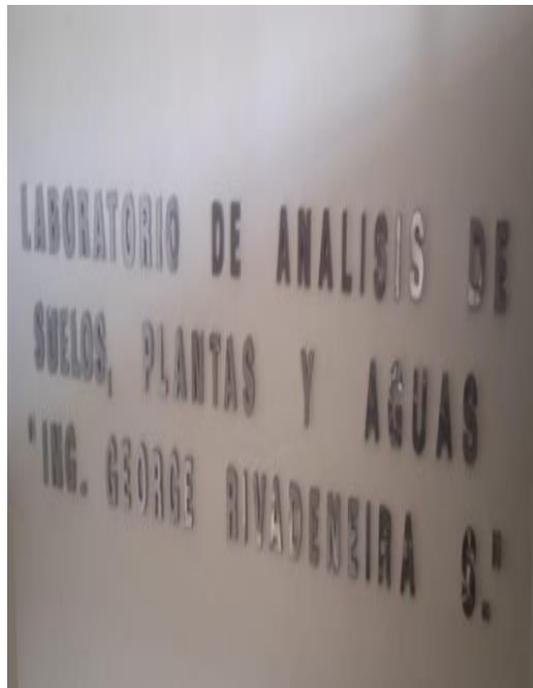
Toma de muestra de la zona baja



Etiquetado de las muestras



Etiquetado de los 12 tratamientos



Ingreso al laboratorio de suelos



Evaluación de profundidades a través de calicata



Visita del tribunal en día de campo

Anexo N° 5 Glosario de términos técnicos

Agentes cementantes: Es aquel material capaz de cubrir el espacio entre dos superficies, y que mediante un mecanismo de adhesión permitirá que las partes se mantengan en contacto.

Aireación: El proceso de aireación del suelo proporciona un suministro de aire al subsuelo moviendo el O₂ y el CO₂ entre los poros de la tierra y la atmósfera. Ayuda a evitar la falta de oxígeno en los cultivos y a reducir los niveles nocivos de dióxido de carbono en el aire del subsuelo si empiezan a ser altos.

Cationes: Un catión es un ion (sea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, esto es, con defecto de electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo.

Degradación: La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.

Desertificación: La desertificación consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre. Está presente en todos los continentes (salvo en la Antártida) y afecta al medio de vida de millones de personas, entre los que se encuentran buena parte de los pobres que viven en las tierras secas.

Diagrama textural: El diagrama textural es un triángulo equilátero, en el que a cada lado de éste se sitúa cada una de las fracciones cuyo valor cero corresponde al 100 de la anterior y su 100 con el cero de la siguiente, siempre según el movimiento de las agujas del reloj.

Drenaje: Es un término que proviene del francés drenaje y que hace referencia a la acción y efecto de drenar. Este verbo, a su vez, significa asegurar la salida de líquidos o de la excesiva humedad por medio de cañerías, tubos o zanjas.

Erosión: Es el desgaste que sufre la superficie de la tierra por la acción de las fuerzas naturales. Es una serie de procesos naturales, sean de naturaleza física o química que desgastan y destruyen los suelos y rocas de la corteza del planeta.

Estructura del suelo: Se define por la forma en que se concentran las partículas individuales de arena, limo y arcilla

Fertilidad: Es la capacidad que tiene el terreno para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos. Ello puede potenciarse por medio de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que nutran el suelo.

Fisonomías ambientales: Se define por la proporción en que cada forma de vida contribuye a la comunidad vegetal. Esta definición de la estructura, de menor detalle conceptual que la florística es, en muchas ocasiones, suficiente para describir a nivel regional la heterogeneidad de la vegetación. Así, por ejemplo, se puede hablar de fisonomía de bosque cuando la proporción de fanerófitas supera a la de las demás formas de vida.

Granulometría: Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

Humus: Es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal. Estos provienen de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos como hongos y bacterias.

Iones: Es una molécula o átomo que presenta carga eléctrica positiva o negativa. Es decir, un ion es un átomo cuya carga eléctrica no es neutra.

Materia orgánica: Es toda aquella compuesta químicamente en torno al carbono como sus átomos fundamentales, razón por la cual se conoce a la química orgánica como la “química del carbono”. Así, cuando hablamos de materia orgánica nos referimos a la que está vinculada con la vida: la que conforma los cuerpos de los seres vivos, así como la mayoría de sus sustancias y materiales de desecho.

Meteorización: La descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biósfera.

Microporosidad: puede ser definida como el volumen de poros del suelo que posee un diámetro menor que 0,050 mm (50 μm), lo cual corresponde al agua remanente después de ser el suelo drenado de los macroporos cuando se logra un equilibrio de una columna de agua de 0,60 m.

Nitratos y nitritos: Son dos de los compuestos de nitrógeno que son usados por las plantas y los animales que eventualmente devuelven el nitrógeno en forma de gas al aire. Nitrato y nitrito también pueden ser producidos en el cuerpo.

Plasticidad: Se denomina plasticidad a la propiedad que presentan algunos suelos de modificar su consistencia (o, dicho de otra forma, su resistencia al corte) en función de la humedad.

Transecto: Es una secuencia de suelos que contiene varias topoformas, entre ellas: materiales parentales, ecosistemas, climas y el uso del suelo, en ocasiones toma en cuenta el gradiente altitudinal, habitualmente se hacen en escala grande y se manejan en estudios edafogeográficos.