



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA

INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

**EVALUACIÓN FÍSICA – QUÍMICA DE LOS SUELOS DE
LAGUACOTO III DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

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

AUTORA:

Delia Ximena Armas Armas

DIRECTOR:

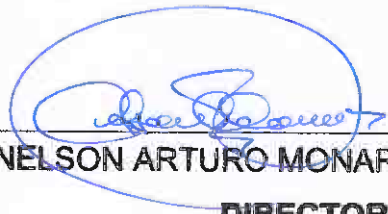
Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

Guaranda - Ecuador


2023

"EVALUACIÓN FÍSICA – QUÍMICA DE LOS SUELOS DE LAGUACOTO III
DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR"

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. NELSON ARTURO MONAR GAVILÁNEZ M.Sc.
DIRECTOR



Ing. DAVID RODRIGO SILVA GARCÍA Mg.
BIOMETRISTA



Ing. SONIA FIERRO BORJA Mg.
REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICADO DE AUTORÍA



Yo, Delia Ximena Armas Armas con cédula de identidad 060567264-1 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.

DELIA XIMENA ARMAS ARMAS
AUTORA
C.I 0605672641

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

Ing. DAVID RODRIGO SILVA GARCÍA Mg.
ÁREA DE BIOMETRÍA
C.I 0201600327

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



NOTARIA PÚBLICA PRIMERA DEL CANTÓN GUARANDA

REPÚBLICA DEL ECUADOR

Dr. Guido Fabián Fierro Barragán



DECLARACION JURADA

Señorita DELIA XIMENA ARMAS ARMAS

En la ciudad de Guaranda, Capital de la Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy día, MIERCOLES, VEINTE Y SEIS DE JULIO DEL DOS MIL VEINTE Y TRES, ante mí Doctor GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN, NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA, comparece: La señorita DELIA XIMENA ARMAS ARMAS, de estado civil soltera, por sus propios derechos. La compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, capaz de contraer obligaciones, domiciliada en esta ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar, con número de teléfono celular (0979015631), a quien de conocer doy fe en virtud de haberme exhibido su cédula de ciudadanía y papeleta de votación cuya copias adjunto a esta escritura.- Advertida por mí el Notario de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinada de que comparece al otorgamiento de la misma sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, juramentada en debida forma, prevenida de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, bajo juramento declara lo siguiente: "Previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar, manifiesto que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de proyecto de investigación titulado "EVALUACIÓN FÍSICA-QUÍMICA DE LOS SUELOS DE LAGUACOTO III DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR.", es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora". Para el otorgamiento de esta escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso. Leída que le fue a la compareciente íntegramente por mí el Notario, se ratifica en todo su contenido y firma conmigo en unidad de acto, e incorporo esta escritura pública al protocolo de instrumentos públicos, a mi cargo. De todo lo cual doy fe.-

Señorita DELIA XIMENA ARMAS ARMAS
C.C. 060567264-1
DECLARANTE

Dr. Guido Fabián Fierro Barragán
NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA
Resp. G.



Dir. 10 de Agosto s/n y Eloy Alfaro
Teléf: Of.2-985-202.Cel.0985100358
GUARANDA-PROVINCIA-BOLÍVAR
ECUADOR

Document Information

Analyzed document	Urkund_Ximena_Armas.docx (D172369200)
Submitted	7/25/2023 3:58:00 PM
Submitted by	
Submitter email	darmas@mailes.ueb.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	nmonar.ueb@analysis.arkund.com

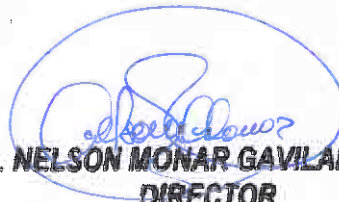
Sources included in the report

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 (Nelson Armas y Elvia Armas).

A mis hermanos, Pablo, Graciela, Rebeca, Livia, Claudio, cuñada Carmen Inga, 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, y a mis amigos fieles de cuatro patas de la buena suerte, que estaban durante todo el proceso académico para no sentirme sola, gracias (Cosí, Martín, Tonny, Peluchin y Coqui)

A mi segunda madre por su apoyo incondicional, porque ha fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, espero contar con su valioso e incondicional apoyo (Gloria Yamasque), a mi compañero fiel gracias por estar en mis fracasos, triunfos y poder disfrutar del privilegio de compartir una vida juntos con la bendición de Dios (Ángel Tenemasa).

Delia Ximena Armas Armas

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, 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, David Rodrigo Silva García, Sonia Fierro Borja, quienes contribuyeron en la planificación, ejecución, revisión y sistematización de la presente investigación.

Mil gracias a todos los docentes, quienes me han guiado en mi formación como profesional, de manera especial al ingeniero David Rodrigo 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, cuñad@s y sobrin@s.

A mi segunda madre por su apoyo incondicional, porque ha fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, espero contar con su valioso e incondicional apoyo (Gloria Yamasque), a mi compañero fiel gracias por estar en mis fracasos, triunfos y poder disfrutar del privilegio de compartir una vida juntos con la bendición de Dios (Ángel Tenemasa).

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG
1.1. INTRODUCCIÓN	1
2.1. PROBLEMA	4
CAPÍTULO III	5
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Suelo.....	5
3.2. Importancia del suelo.....	6
3.3. Perfil del suelo	6
3.3.1. Horizonte A	7
3.3.2. Horizonte B	7
3.3.3. Horizonte C	7
3.4. Propiedades físicas del suelo	7
3.4.1. Textura	8
3.4.2. Estructura.....	9
3.4.3. Densidad	9
3.4.4. Temperatura.....	10
3.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	10
3.5.1. Suelos gruesos.....	11
3.5.2. Suelos finos.....	12
3.6. Propiedades químicas del suelo	12
3.6.1. pH.....	12
3.6.2. Conductividad eléctrica del suelo	13
3.7. Nutrientes del suelo	13
3.8. Macronutrientes del suelo	14

3.8.1.	Nitrógeno (N).....	14
3.8.2.	Fósforo (P)	15
3.8.3.	Potasio (K)	15
3.9.	Micronutrientes del suelo	16
3.9.1.	Calcio (Ca)	17
3.9.2.	Magnesio (Mg)	17
3.9.3.	Azufre (S)	18
3.9.4.	Cobre (Cu)	19
3.9.5.	Hierro (Fe).....	19
3.9.6.	Molibdeno (Mo)	19
3.10.	Muestreo de suelos	20
3.11.	Técnicas de muestreo	21
3.12.	Calicata.....	22
3.13.	Infiltración	22
3.14.	Índice de penetración	23
3.15.	Análisis de suelos.....	24
4.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
4.1.	Materiales	25
4.1.1.	Localización de la investigación	25
4.1.2.	Situación geográfica y climática	25
4.1.3.	Zona de vida.....	25
4.1.4.	Materiales experimentales	26
4.1.5.	Materiales de campo.....	26
4.1.6.	Materiales de oficina	26
4.2.	Métodos.....	27

4.2.1.	Factores en estudio.....	27
4.2.2.	Tratamientos	27
4.2.3.	Procedimiento	27
4.2.4.	Análisis estadístico.....	28
4.3.	Métodos de evaluación y datos tomados.....	28
4.4.	Indicadores físicos	28
4.3.1	Indicadores químicos	29
4.4	Manejo de experimento	31
4.4.5	Etiqueta de muestras	32
4.4.6	Traslado de muestras.....	32
4.4.7	Ingreso de las muestras	33
4.4.8	Análisis de muestras	33
4.4.9	Índice de infiltración.....	33
4.4.10	Resistencia a la penetración	33
CAPÍTULO V.....		34
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1.	Análisis de indicadores físicos	34
5.1.1.	Determinación de textura	34
5.1.2.	Determinación de densidad real.....	36
5.1.4	Determinación de infiltración (DI)	40
5.1.5	Resistencia a la penetración (RP).....	41
5.2.	Análisis de indicadores químicos	43
5.2.1.	Determinación del nivel de pH.....	43
5.2.2.	Determinación del porcentaje de materia orgánica	45
5.3.	Análisis de macro y micro nutrientes	47

5.3.1. Nitrógeno (N).....	47
5.3.2. Fósforo (P)	49
5.3.3. Potasio (K)	50
5.3.4. Calcio (Ca)	52
5.3.5. Magnesio (Mg)	53
5.3.6. Azufre (S)	55
5.3.7. Boro (Bo).....	56
5.3.8. Hierro (Fe).....	58
5.3.9. Cobre (Cu)	60
5.3.10. Manganeso (Mn).....	61
5.3.11. Zinc (Zn).....	63
6.1. Comprobación de Hipótesis.....	65
CAPÍTULO VII.....	66
7.1. Conclusiones	66
7.2. Recomendaciones	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág
Nº 1 Determinación de textura	34
Nº 2 Determinación de la densidad real	36
Nº 3 Determinación de humedad	38
Nº 4 Determinación de infiltración (DI)	40
Nº 5 Resistencia a la penetración (RP)	41
Nº 6 Determinación del nivel de pH.....	43
Nº 7 Determinación de materia orgánica.....	45
Nº 8 Determinación de nitrógeno (N)	47
Nº 9 Determinación de fósforo (P)... ..	49
Nº 10 Determinación de potasio (K).....	50
Nº 11 Determinación de calcio (Ca).....	52
Nº 12 Determinación de magnesio (Mg)	53
Nº 13 Determinación de azufre (S)	55
Nº 14 Determinación de boro (B)	56
Nº 15 Determinación de hierro (Fe)	58
Nº 16 Determinación de cobre (Cu)	60
Nº 17 Determinación de manganeso (Mn)	61
Nº 18 Determinación de zinc (Zn).....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos	Pág
Nº 1 Determinación de textura	35
Nº 2 Determinación de la densidad real	37
Nº 3 Determinación de humedad	39
Nº 4 Determinación de infiltración (DI)	40
Nº 5 Resistencia a la penetración (RP)	42
Nº 6 Determinación del nivel de pH	43
Nº 7 Determinación de materia orgánica.....	45
Nº 8 Determinación de nitrógeno (N).....	47
Nº 9 Determinación de fósforo (P)... ..	49
Nº 10 Determinación de potasio (K).....	51
Nº 11 Determinación de calcio (Ca).....	52
Nº 12 Determinación de magnesio (Mg)	54
Nº 13 Determinación de azufre (S)	55
Nº 14 Determinación de boro (B).....	57
Nº 15 Determinación de hierro (Fe)	58
Nº 16 Determinación de cobre (Cu)	60
Nº 17 Determinación de manganeso (Mn).....	62
Nº 18 Determinación de zinc (Zn).....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

- N° 1 Ubicación del experimento
- N° 2 Base de datos
- N° 3 Análisis físico químico del suelo
- N° 4 Manejo del ensayo
- N° 5 Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta. El presente trabajo de investigación denominado, evaluación física – química de los suelos de Laguacoto III de la Universidad Estatal de Bolívar, en el cual se plantearon los siguientes objetivos i) Identificar el contenido de macro y micro nutrientes en los diferentes estratos ii) Valorar la calidad del suelo en función de las propiedades físicas – químicas y iii) Determinar la calidad química del suelo. Evaluado en tres zonas agroecológicas (alta, media y baja), donde se obtuvieron 6 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 la UEB 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 arcillo, complementando su origen volcánico. En el análisis físico-químico, se determinó un suelo moderadamente alcalino, la materia orgánica presentó un promedio de 1,87% evidenciando que el suelo se encuentra en un rango medio de MO y por tanto el que menos procesos erosivos presenta esta en la parte alta en las dos 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 micronutrientes, el elemento más deficiente en este suelo fue el Boro con 0.22 ppm, 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, zona, Macro y micro nutrientes, materia orgánica.

SUMMARY

Soil is a fundamental component of the environment, natural and finite, made up of minerals, air, water, organic matter, macro and microorganisms that carry out permanent biotic and abiotic processes, fulfilling vital functions for society and the planet. The present research work called, physical - chemical evaluation of the soils of Laguacoto III of the State University of Bolívar, in which the following objectives were raised i) Identify the content of macro and micro nutrients in the different strata ii) Assess the soil quality based on physical-chemical properties and iii) Determine the chemical quality of the soil. Evaluated in three agroecological zones (high, medium and low), where 6 units of homogenized samples 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 UEB Center and in the soil, plant and water analysis laboratory at the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research. Based on the results obtained, reference is made to the fact that the physical variables such as texture are of the clay loam type, complementing their volcanic origin. In the physical-chemical analysis, a moderately alkaline soil was determined, the organic matter presented an average of 1.87%, evidencing that the soil is in a medium range of OM and therefore the one that presents less erosive processes is in the upper part. high in the two depths that were studied. The NPK content, in the three transects, remained in a medium and high range, nutrients that are essential in agricultural soils for optimal plant development. The analysis of the micronutrients, the most deficient element in this soil was Boron with 0.22 ppm, while the rest are in a range of medium and high amounts in the soil of the study area.

Keywords: Soils, zone, Macro and micro nutrients, organic matter.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Como otras palabras comunes la palabra suelo tiene varios significados. Su significado tradicional se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO, 2020).

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro, organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta. Cubre la mayor parte de la superficie terrestre; su límite superior es el aire o el agua superficial; sus fronteras horizontales son las áreas donde el suelo cambia, a veces gradualmente, a aguas profundas, rocas o hielo; el límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales virtualmente desprovistos de animales, raíces u otras señales de actividad biológica y que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación - UNCC, 2019).

Así mismo, es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la biodiversidad. El suelo es parte esencial de los ciclos biogeoquímicos, en los cuales hay distribución, transporte almacenamiento y transformación de materiales y energía necesarios para la vida en el planeta (Van Miegrot y Johnsson, 2019).

El análisis físico y químico de suelos: Permiten determinar los contenidos de macro y micronutrientes de interés agrícola; así como, las características físicas que presenta el suelo. Adicionalmente se realizan análisis de fertilizantes y abonos orgánicos para determinar su composición química (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador – INIAP, 2020).

Las propiedades físicas de los suelos determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos que el ser humano les otorga. La condición física de un suelo determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes (Urriola, 2020).

Las propiedades químicas, permite realizar recomendaciones de fertilización con fósforo para los cultivos. Además, por medio de la determinación de la materia orgánica y pH, se obtiene una estimación de la calidad del suelo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA, 2020).

Dentro de esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar el contenido de macro y micronutrientes en los diferentes estratos.

- Valorar la calidad del suelo en función de las propiedades físicas-químicas.
- Determinar la calidad química del suelo.

CAPÍTULO II

2.1. PROBLEMA

A través del tiempo, la agricultura bolivarenses ha evolucionado en diferentes aspectos, entre los que se destaca el cambio de la producción tradicional, uso indiscriminado de maquinarias y productos químicos, que han llegado ocasionar cambios relativamente negativos al suelo, viéndose reflejados en una reducción significativa de la capacidad productiva, en el incremento de la carga de sedimentos hacia los caudales que contribuye a la alteración de los parámetros del ciclo hidrológico, siendo así, la erosión de los suelos uno de los problemas más críticos en los últimos tiempo dentro de la provincia de Bolívar.

La erosión del suelo representa un proceso que conlleva pérdida del material edáfico, entre ellos se encuentran los macro y micro nutrientes que se encuentran con normalidad en los suelos y que son indispensables para el desarrollo normal de los principales cultivos producidos en la provincia en general.

La presente investigación estuvo orientada al análisis de las principales características físicas y químicas que se relacionan al suelo agrícola, así como los niveles de contenido de los principales nutrientes que se encuentran presentes en los tres estratos a diferentes profundidades para tener de esta manera datos más relevantes, de esta manera poder contribuir a estudiantes de la carrera de Agronomía y productores de la zona con los procesos de análisis físicos-químicos de suelo y sus principales componente.

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Suelo

El suelo es la capa que cubre la superficie terrestre y que sostiene la vida vegetal y animal. Es el gran motor energético de la naturaleza, ya que en su interior alberga nutrientes y agua de la que se alimentan las plantas y otros organismos. También es un soporte físico para el establecimiento de comunidades humanas y una fuente de recursos naturales que suministra materias primas a muchas actividades económicas fundamentales

El suelo es un componente vital del ambiente natural. Su disponibilidad es limitada y se encuentra constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microorganismos que desempeñan procesos fundamentales de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones indispensables para la sociedad y el planeta (FAO, 2018).

Además, el suelo ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio y se caracteriza por uno o varios horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural según menciona el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2012).

Los suelos son indispensables y determinantes para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la conservación de la biodiversidad. Esto debido a que son parte esencial de los ciclos biogeoquímicos, porque en ellos hay distribución, transporte, almacenamiento y transformación de materiales y energía, necesarios para la vida en el planeta (Van Miegrot & Johnson, 2018).

El suelo es la base de la agricultura, por ser el medio dónde se desarrollan las raíces de las plantas y de dónde ellas toman el agua y el alimento. Está compuesto por partículas minerales, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos, animales pequeños, como por ejemplo los insectos, y microorganismos que no se ven a simple vista (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 2017).

3.2. Importancia del suelo

Una gestión adecuada del suelo constituye un factor esencial en la agricultura sostenible y proporciona también un resorte valioso para regular el clima y salvaguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad. Los suelos saludables son un requisito previo básico para satisfacer las diversas necesidades de alimentos, biomasa (energía), fibra, forraje y otros productos, y para garantizar la prestación de los servicios ecosistémicos esenciales en todas las regiones del mundo (FAO, 2017).

El suelo es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes. Las funciones específicas que un suelo proporciona se rigen en gran medida por el conjunto de propiedades químicas, biológicas y físicas que se hallan en dicho suelo. Así mismo, los suelos son una reserva clave de biodiversidad mundial que abarca desde los microorganismos hasta la flora y la fauna. Esta biodiversidad tiene una función fundamental en el respaldo a las funciones del suelo y, por tanto, a los bienes y servicios ecosistémicos asociados con los suelos (Rivera, 2017).

3.3. Perfil del suelo

En condiciones naturales los suelos correctamente desarrollados presentan tres horizontes principales denominados con letras A, B y C.

3.3.1. Horizonte A

Es el más importante desde el punto de vista productivo pues en él se alcanza el máximo desarrollo de actividad biológica (presencia de microorganismos y pequeños animales); es el que presenta el contenido más elevado en el perfil de materia orgánica, elemento altamente responsable del potencial productivo de un suelo (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2017).

3.3.2. Horizonte B

En esta capa no hay humus prácticamente, por eso el color es más claro que el de la capa superior. En esta se depositan los materiales arrastrados desde arriba, sobre todo, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos (López, 2020).

3.3.3. Horizonte C

Es la zona de contacto entre el suelo y la roca madre. La región en la que la roca madre se disgrega (Padrón, 2021).

3.4. Propiedades físicas del suelo

El suelo es un cuerpo poroso que mezcla partículas orgánicas e inorgánicas en mayor o menor grado de desintegración, agua y aire en proporciones variables, la interacción de estos componentes le dan características de textura, estructura, consistencia, porosidad, drenaje y profundidad efectiva, con las cuales se pueden establecer pautas para su manejo y calcular el rendimiento esperado, las propiedades físicas se encuentran distribuidas de la siguiente manera (Castillo, 2018).

3.4.1. Textura

Es la que determina la proporción en la que se encuentran las partículas minerales de diversos tamaños que hay presentes en el suelo.

La textura del suelo es una propiedad que influye en la velocidad de infiltración del agua en el mismo (permeabilidad). Los suelos se clasifican en distintas clases texturales (CSR Laboratorios, 2019).

Estas clases texturales dependen de la cantidad de Arena, Limo y Arcilla del suelo. Existen cuatro grandes grupos de texturas en el suelo:

Arena: Conforman la fracción esquelética del suelo, con partículas que dejan macroporos entre sí, los que aumentan la permeabilidad y por lo tanto son pobres almacenadores de agua. Debido a su baja superficie específica y falta de cargas les confieren baja fertilidad a los suelos. Por su baja capacidad para formar estructura es una fracción susceptible a la erosión. Su consistencia en mojado es: no es plástico ni adhesivo. Impresiona al tacto como abrasivo, al poder apreciar grano por grano con sus espacios intermedios (Pellegrini, 2019).

Limo: Es una fracción derivada de la anterior por alteración física. Su tamaño de partícula es inferior, dejando poros también más pequeños, donde almacena agua. En general de baja actividad superficial por lo que es baja la fertilidad química. Los suelos con predominio de limo favorecen el encostramiento superficial. Por su tamaño es capaz de rellenar los poros grandes dejados por la fracción arena, limitando a veces la permeabilidad e infiltración, problema serio en zonas de riego. Su tamaño es pequeño, inferior al poder de resolución sensorial; impresiona al tacto suavemente, similar al talco. Su consistencia en mojado es plástica, al poder deformarse, pero no adhesivo o a lo sumo algo adhesivo, al no poseer actividad superficial (Lopez, 2019).

Arcilla: La fracción de suelo más fina. Por su pequeño tamaño de partícula, tiene valores muy elevados de superficie específica activa, por lo que incide fundamentalmente en la fertilidad de los suelos, almacenamiento de agua, etc. Desde el punto de vista físico-mecánico su rol más importante es generar estructura, al tener carga, posibilita ligar las partículas de limo y arena. Forma cuerpos de elevadas porosidades, con predominio de microporos. Suelos con predominio de textura arcillosa poseen permeabilidad e infiltración baja. Su consistencia en mojado: se comporta como muy plástico y adhesivo. La arcilla es un material que al intentar amasarlo, inicialmente es difícil de integrarlo con el agua y que luego resulta muy plástico y adhesivo. Esto se debe a que el agua penetra muy lentamente en los poros pequeños y aún en los espacios interlaminares. Cuando esto se produce con el sucesivo amasado se orientan las láminas de arcillas deslizándose unas sobre otras adquiriendo su máxima plasticidad (Pellegrini, 2019).

3.4.2. Estructura

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. La forma más provechosa de describir la estructura del suelo es en función del grado (grado de agregación), la clase (tamaño medio) y el tipo de agregados (forma). En algunos suelos se pueden encontrar juntos distintos tipos de agregados y en esos casos se describen por separado (FAO, 2020).

3.4.3. Densidad

Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en

general está alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (Caiza, 2020).

3.4.4. Temperatura

Es una característica del suelo que comúnmente se olvida, sin embargo es una de las más obvias y usadas para describir el suelo, así también para reconocer y describir los diferentes grupos genéticos, de hecho, las primeras clasificaciones de los suelos, de hace cerca de 100 años, se basaban principalmente en el color y en la vegetación. El color depende de sus componentes y varía con la cantidad de humedad presente en el suelo (UNLP, 2020).

3.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) fue planteado por Arthur Casagrande en 1942 para clasificar suelos usados principalmente en aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial, años más tarde fue ligeramente modificado y adoptado por el ASTM (American Society For Testing and Materials) como método normalizado de clasificación.

Para clasificar apropiadamente un suelo utilizando este sistema, deben conocerse el porcentaje de grava, el porcentaje de arena, el porcentaje de limo y arcilla, los coeficientes de uniformidad y curvatura y el límite líquido e índice de plasticidad (Das, 2021) Los primeros cinco datos se obtienen a partir de un análisis granulométrico. El método S.U.C.S tiene su propia nomenclatura, para suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduado) y P (mal graduado). Para suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad) y

para los suelos orgánicos la sigla es Pt (turba). El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No. 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso son finas (Juárez & Rico, 2018).

3.5.1. Suelos gruesos

Este grupo de suelos está constituido por las gravas y las arenas, las mismas que se separan con la malla No. 4, un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, caso contrario pertenece al grupo genérico S.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.

Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.

Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.

Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC (Juárez & Rico, 2018).

3.5.2. Suelos finos

Para este tipo de suelos, el sistema S.U.C.S también los agrupa, utilizando un símbolo de dos letras mayúsculas para cada grupo, las mismas que son elegidas de manera similar al utilizado para los suelos gruesos, dando lugar a tres divisiones:

- Limos inorgánicos, se los denomina por el símbolo M.
- Arcillas inorgánicas, de símbolo C.
- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo O.

Cada uno de estos tipos de suelos se subdividen en dos grupos, dependiendo de su límite líquido, si éste es menor de 50% (compresibilidad media o baja), se añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos, cuyo límite líquido supera el 50% (alta compresibilidad) llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility), obteniéndose así los grupos MH, CH y OH. Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (del inglés peat; turba (Juárez & Rico, 2018)).

3.6. Propiedades químicas del suelo

3.6.1. pH

El valor del pH del suelo es la medida de la acidez o alcalinidad del suelo. El pH del suelo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La escala del pH tiene un rango que va de 0 a 14, siendo el 7 el valor neutral. Los números menores a 7 indican acidez mientras que los números mayores a 7 indican alcalinidad.

El pH del suelo es una de las muchas condiciones ambientales que afectan la calidad del crecimiento de la planta. El pH ideal varía dependiendo de la planta. Plantas como “azaleas”, “rhododendrons”, arándanos y coníferas crecen mejor en suelos ácidos (pH 5.0 a 5.5). Otros tipos de plantas como la mayoría de los vegetales, céspedes y ornamentales crecen muy bien en suelos moderadamente ácidos (pH 5.8 a 6.5). Los suelos con valores de pH menor o mayor a estos rangos pueden resultar en crecimientos menos vigorosos y en deficiencias de nutrientes (Home & Garden Information Center - HGIC, 2016).

3.6.2. Conductividad eléctrica del suelo

La Conductividad eléctrica es la capacidad de transmisión de la corriente eléctrica en el agua. Suele expresarse en miliSiemens/cm (mS/cm) y está relacionada con la concentración de sales disueltas. En agricultura, se suele medir tanto el agua del riego como el suelo. Así, un suelo con alta salinidad nos hará pensar que el agua del riego también lo es. Mantener unos correctos valores de conductividad eléctrica en el suelo es fundamental para la consecución de unos niveles de producción óptimos. En el siguiente artículo te mostramos algunas claves a tener en cuenta (Maher, 2020).

3.7. Nutrientes del suelo

La geología, los nutrientes son sustancias químicas disueltas en la humedad del suelo, necesarias para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. Los nutrientes vitales son 13 elementos minerales. Son imprescindibles, porque si un suelo contiene cero gramos de los elementos, las plantas no crecen.

Existen suelos más pobres y más ricos en uno o más nutrientes, pero no conocen suelos que no contengan en absoluto. Por ejemplo, se podría pensar que en los suelos alcalinos (con pH alto) las plantas mueren o no

se desarrollan, por la carencia de hierro. En realidad, este elemento se encuentra insolubilizado, como mineral que no puede ser absorbido por las raíces. Aun así, muchas plantas experimentan un desarrollo normal, solamente las sensibles a la falta de hierro sufren clorosis férrica, es decir, sus hojas se tornan amarillentas, como azalea, la hortensia, el naranjo, el roble, etc (Velázquez, 2022).

3.8. Macronutrientes del suelo

Los macronutrientes se pueden definir como los elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Es importante afirmar que la presencia de una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no asegura por sí misma la correcta nutrición de las plantas, ya que estos elementos se tienen que encontrar en una forma asimilable los cultivos y haya un correcto desarrollo de esta (Álvaro, 2019).

3.8.1. Nitrógeno (N)

Este elemento merece mención especial dado que es considerado el cuarto elemento más abundante en los vegetales tras el C, H y O. Además, es el macronutriente que se suministra más frecuentemente como fertilizante, ya que las plantas lo requieren en grandes cantidades. Los procesos de combinación del nitrógeno con otro elemento reciben el nombre de fijación del nitrógeno y se realizan, en la naturaleza, gracias a la acción de ciertos microorganismos y a las descargas eléctricas que tienen lugar en la atmósfera. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno fijado suele ser pequeña en comparación con la que las plantas podrían utilizar. Cerca del 99% del nitrógeno combinado en el suelo, se halla contenido en la materia orgánica (Barceló et al, 2021).

El nitrógeno orgánico, incluido en moléculas grandes y complejas, sería inaccesible a los vegetales superiores si no fuera, previamente, liberado por los microorganismos. La actividad microbiana descompone, gradualmente, los materiales orgánicos complejos en iones inorgánicos simples, que pueden ser utilizados por las plantas. La rapidez con que, potencialmente, los cultivos serían capaces de utilizar el nitrógeno, suele exceder a la rapidez con que éste es liberado. En consecuencia, la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo suele ser muy pequeña (InfoAgro, 2020).

3.8.2. Fósforo (P)

A diferencia del nitrógeno, que puede incorporarse a los suelos por medio de la fijación bioquímica por microorganismos, el fósforo no posee tal ayuda microbiana. El fósforo procede únicamente de la descomposición de la roca madre que tiene lugar durante el proceso de meteorización, y representa alrededor del 0,10% de la corteza terrestre. Su contenido, bajo en las rocas primitivas o sedimentarias (0,03-0,08%), resulta notablemente más elevado en las rocas volcánicas (0,10-0,30%), que constituyen la fuente original del fósforo, que se encuentra principalmente como inclusiones apatíticas (Navarro & Navarro, 2018). El medio de P en la corteza terrestre es de 0,05%. La cantidad de fósforo total del suelo, expresada como P_2O_5 , en raras ocasiones sobrepasa el valor del 0,50% y puede clasificarse, en general, como inorgánico y orgánico. El fósforo inorgánico es casi siempre predominante, excepto en los suelos donde la materia orgánica se halla en una gran proporción. El fósforo orgánico suele ser mayor en las capas superficiales que en el subsuelo, debido a la acumulación de materia orgánica en las mismas (InfoAgro, 2020).

3.8.3. Potasio (K)

El potasio es, tal vez, el elemento mineral que se encuentra en mayor proporción en las plantas y es relativamente frecuente en las rocas. Con

independencia del potasio que se añade como componente de diversos fertilizantes, el potasio presente en los suelos procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos. Los minerales que se consideran fuentes originales de potasio son los feldespatos potásicos, la moscovita y la biotita. La disponibilidad del potasio en estos minerales, aunque baja, sigue el orden siguiente: biotita>moscovita>feldespatos potásicos. El potasio se halla también en el suelo bajo la forma de otros minerales como silvina, carnalita, silvinita, illita, vermiculita y clorita. Junto a este potasio mineral debe incluirse el procedente de la descomposición de restos vegetales y animales (Navarro García y Navarro Blaya, 2000). A diferencia del fósforo, el potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes. En general, su contenido como K_2O oscila entre 0,20-3,30% y depende de la textura. En suelos sódicos el contenido varía entre 2,50-6,70% (Schachtschabel et al, 2017). La fracción arcillosa es la que presenta un mayor contenido de K, por lo que los suelos arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos, teniendo en cuenta también que la variación en el contenido de potasio está influenciada por la intensidad de las pérdidas debidas a extracción por los cultivos, lixiviación y erosión (Navarro & Navarro, 2018).

3.9. Micronutrientes del suelo

Reciben el nombre de micronutrientes, aquellos elementos indispensables para que las plantas puedan completar su ciclo vital, aunque las cantidades necesarias de ellos sean muy pequeñas. Suelen también llamarse oligoelementos o elementos menores, pero es preferible el término de micronutrientes. Los micronutrientes suelen ser componentes de los fertilizantes, a los cuales acompañan como impurezas. Actualmente, sin embargo, disminuye la proporción de éstas últimas, ya que, tanto los fabricantes como los compradores, favorecen los fertilizantes con elevada

concentración en los elementos principales. La eliminación de estas impurezas hace que muchos fertilizantes incluyan adiciones deliberadas de micronutrientes. El contenido total de micronutrientes en el suelo es función del material de partida y de los procesos edafológicos (White & Zasoski, 2016).

Aquellos elementos cuya concentración total en el suelo es inferior a 1.000 mg kg⁻¹ son llamados elementos traza. Dentro de este grupo podemos incluir a Cu, Mn y Zn, imprescindibles para las plantas y para los animales en baja concentración, pero que pueden volverse tóxicos al alcanzar determinados niveles. La excepción dentro de ellos está en el Fe, que es un micronutriente pero no estrictamente un elemento traza (White R. , 2020).

3.9.1. Calcio (Ca)

El Ca y su cantidad en el suelo van a depender del tipo de suelo. Los beneficios sobre las plantas son numerosos ya que estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de las paredes celulares, ayuda a reducir el nitrato (NO₃⁻) en las plantas, ayuda a activar varios sistemas de enzimas, a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta, influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio) y es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de N (Álvaro, 2019)

3.9.2. Magnesio (Mg)

El manganeso presente en los suelos es originado principalmente por la descomposición de las rocas ferromagnéticas. Es un microelemento similar al Fe, tanto en su química como en su geología y muy abundante en la litosfera, presentando una concentración media de 80 mg/kg, con un intervalo de 10-1600 mg/kg. En las rocas, el contenido de manganeso varía entre 350 y 2.000 mg/kg, hallándose las concentraciones más elevadas en

el basalto dentro de las rocas ígneas y, entre las sedimentarias en las calizas y en las dolomías (Seoáñez et al, 2017).

El contenido en el suelo muestra variaciones considerables, pero normalmente fluctúa entre 20 y 800 mg/kg. Sin embargo, pueden existir horizontes enriquecidos en Mn debido a fenómenos edafogénicos que poseen hasta 3.000 mg/kg. A partir de estudios realizados por otros autores estiman que el contenido medio de Mn total en la litosfera es de 1.000 mg/kg, oscilando la mayoría de los suelos entre los 50 y 1.000 mg/kg.

No obstante, y al igual que en el caso del hierro, estos contenidos totales no pueden considerarse como una indicación de su disponibilidad para las plantas ya que existen muchos factores que afectan a su absorción (Navarro García y Navarro Blaya, 2000). El Mn en el suelo está asociado a óxidos [MnO_2 , Mn(OH)], silicatos (SiO_3Mn) y carbonatos (MnCO_3). De forma natural, el manganeso aparece con tres valencias dependiendo directamente de las condiciones de óxido-reducción del suelo: Mn^{2+} , Mn^{3+} y Mn^{4+} , lo que le permite formar compuestos de distinta estabilidad, siendo más estables, en condiciones reductoras, los compuestos con la forma Mn^{2+} y en condiciones oxidantes los que presentan Mn^{4+} (Rovers, 2017).

3.9.3. Azufre (S)

Las plantas pueden sufrir la carencia de este elemento bien por la falta del elemento o bien a que el elemento está presente pero no se encuentra en una forma asimilable directamente por las plantas. Cuando está disponible, actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos, en la formación de la clorofila y contribuye a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico. Por otro lado, un déficit de este conlleva una disminución de la fijación del nitrógeno atmosférico y altera los procesos metabólicos y la síntesis de proteínas (Thompson, 2019).

3.9.4. Cobre (Cu)

El cobre es un componente integral de los cloroplastos por lo tanto participa en la fotosíntesis. Es esencial en la formación de enzimas involucradas en la respiración, la producción de energía y crecimiento. El cobre ayuda a intensificar el sabor, el color en las hortalizas y en las flores (AGROACTIVO, 2020).

3.9.5. Hierro

El hierro en las plantas es un microelemento esencial para su desarrollo. Su papel es clave porque interviene en la síntesis de la clorofila y participa en otros procesos enzimáticos y metabólicos sin los cuales las plantas no pueden llevar a cabo su ciclo vital. La deficiencia de hierro se manifiesta en forma de clorosis férrica, pero ésta no se produce por su ausencia en el suelo sino a causa de su baja disponibilidad como hierro asimilable por la planta. Abordar este problema exige el empleo de estrategias que combinan el aporte de quelatos de hierro de la máxima calidad, solubilidad y estabilidad como los que comercializa Seipasa. A ello conviene añadir el uso de otras soluciones que estimulen el desarrollo radicular, consiguiendo una mejor absorción de los micronutrientes clave (SEIPASA, 2019).

3.9.6. Molibdeno (Mo)

Este elemento está involucrado en 2 enzimas fundamentales: El nitrato reductasa y nitrogenasa, estas enzimas son responsables de la fijación del Nitrógeno. Además, transforma el fósforo inorgánico a orgánico en la planta. El pH es el principal regulador de la disponibilidad de Mo se hace cada vez más disponible al aumentar el pH (Souza, 2019).

3.9.7. Boro (B)

El Boro es asociado con las auxinas (Hormonas de crecimiento), la síntesis y movimiento de los azúcares, se involucra en la producción de carbohidratos; el Boro es esencial para la germinación y la viabilidad del polen, la calidad de las semillas, la actividad meristemática y los procesos de fructificación, por lo tanto, influye en el rendimiento del cultivo. Está presente en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica (Agroactivo, 2020).

3.10. Muestreo de suelos

La selección de una técnica del muestreo, depende de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad del sitio de estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras. Los equipos, las herramientas y los instrumentos a usarse en el muestreo estarán en función de:

- La profundidad máxima a la que se va a tomar la muestra.
- El tipo de textura del suelo.
- El tipo de enmienda a aplicar (fertilizantes o encalado).
- El tipo de cultivo o uso de la tierra.
- La escala del trabajo de campo o tamaño del área de muestreo.
- La accesibilidad al punto de muestreo.

Los recipientes y herramientas para la colecta de muestras en campo deben ser fáciles de limpiar, resistentes al desgaste y no deberán contener sustancias químicas que puedan contaminar o alterar las muestras (Mendoza, 2019).

3.11. Técnicas de muestreo

La técnica del muestreo a aplicar depende, entre otros, del objetivo del estudio, de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad de la contaminación en estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras.

Los equipos, las herramientas y los instrumentos a usarse en el muestreo estarán en función de:

- La profundidad máxima a la que se va a tomar la muestra.
- El tipo de textura del suelo.
- El tipo de contaminante (volátil, semivolátil, no volátil) que se presume en el sitio.
- La accesibilidad al punto de muestreo.
- El tamaño de muestra necesaria para los análisis requeridos, con base en la(s) característica(s) o propiedad(es) de interés del contaminante y del sitio, así como las especificaciones de los métodos analíticos.
- Los instrumentos para la colecta de muestras en campo, deben ser fáciles de limpiar, resistentes al desgaste y no deberán contener sustancias químicas que puedan contaminar o alterar las muestras.
- En el caso de contaminantes orgánicos, los instrumentos de muestreo y los envases o contenedores para la conservación de la muestra no deberán contener sustancias químicas que puedan producir interferencias al momento de realizar las pruebas analíticas.
- Cuando se trata de suelos contaminados con metales, se recomienda utensilios de plástico, teflón o acero inoxidable para el muestreo. Los más comunes son: palas rectas y curvas, picos, barrenas y barretas, nucleadores, espátulas, navajas y martillo de geólogo, considerar

lápices, marcadores y etiquetas, así como, cinta métrica o flexómetro, planos o fotografías aéreas de la zona con la ubicación tentativa de los puntos de muestreo (Luque, 2019).

3.12. Calicata

Una calicata es una técnica de prospección que consiste en la exploración de un terreno mediante excavación o perforación a profundidad baja o media para la toma de muestra de tierra. También es denominada como cata, y su objetivo es el de realizar algún tipo de estudio sobre dicho terreno. El objetivo de esta calicata puede ser diverso, y es lo que debe gobernar la técnica o metodología a seguir durante todo el proceso, que pueden ser muy diferentes según el estudio que se quiera realizar. Nosotros nos vamos a centrar en los estudios de tipo agronómico (Espinoza, 2022).

La calicata es el único medio disponible que realmente permite ver y examinar un perfil de suelo en su estado natural. Puede excavar a mano o con equipos especiales, como una excavadora de zanjas. De ser necesario, podrá obtener muestras no alteradas de horizontes seleccionados de una calicata (FAO, 2022).

3.13. Infiltración

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, qué caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para evitar que las plántulas introducidas en una reforestación sufran un exceso de agua. Aunque es muy posible que al inicio de la experiencia el suelo esté seco o parcialmente húmedo y por lo tanto en condiciones de no saturación, los valores inicialmente muy

elevados irán descendiendo con gran rapidez como consecuencia de la presión ejercida por la columna de agua, mayor cuanto más alta sea ésta. El tiempo que transcurra hasta alcanzarse las condiciones finales de saturación dependerá de la humedad previa, la textura y la estructura del suelo, el espesor del horizonte por el que discurre el agua, y la altura del agua en el anillo interior (Alvarado, 2019)

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente la expresamos en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado (Génova, 2022).

3.14. Índice de penetración

Básicamente consiste en la hincada en el terreno de una puntaza metálica mediante golpes por lo que da idea de la resistencia del terreno ya que se contabilizan el número de golpes necesarios para clavar el ensayo pero debido a su amplio uso, este ensayo puede correlacionarse con numerosos parámetros geotécnicos como veremos en los siguientes apartados.

Puede definirse como un ensayo que contabiliza el número de golpes necesarios para introducir una muestra tubular de acero hueco o con puntaza ciega, mediante una maza de 63,5 kg que cae repetidamente desde una altura de 76,2 cm. Son importantes estas medidas ya que sirven para diferenciarlos de otros ensayos de penetración. El tomamuestras debe introducirse en el terreno 60 cm y se contabilizan los golpes cada 15 cm. Tanto el tomamuestras tubular como la puntaza ciega y el varillaje necesario están estandarizados (Zambrano, 2020).

3.15. Análisis de suelos

El análisis de los resultados de la toma de muestras del Monitoreo de la Calidad del suelo, mediante los Informes de Ensayo emitidos por un laboratorio acreditado ante INACAL (Instituto Nacional de Calidad), determinan los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor que pueden o no representar un riesgo significativo para la salud de las personas y/o para el ambiente. Los Estándares de Calidad Ambiental para suelo constituye un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los Instrumentos de Gestión Ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios. El monitoreo de la calidad del suelo puede parecer oneroso para cualquier empresa; sin embargo, más costosa aún puede resultar la restauración de suelos con daño ambiental o su eliminación cuando el daño excede a las concentraciones aceptables. Este, podría ahorrar mucho trabajo en la restauración de tierra o eliminación del suelo si se establecen fronteras y límites precisos de las áreas contaminadas (López C. , 2018).

CAPÍTULO IV

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Materiales

4.1.1. Localización de la investigación

Ubicación	Granja Laguacoto III
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Veintimilla
Localidad	Granja experimental Laguacoto III

4.1.2. Situación geográfica y climática

Altitud	2608 msnm
Latitud	01°36' 51.63'' S
Longitud	78°59' 54.49'' W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media	14.4°C
Heliofanía	900 horas/luz/año
Pluviometría promedio anual	980mm
Humedad relativa promedio anual	70%

Fuente: Laguacoto- INAMHI (2021).

4.1.3. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a las zonas de vida de Holdridge, L, corresponde al bosque seco montano bajo (bs – MB) (Holdridge, 1979).

4.1.4. Materiales experimentales

- Muestras de suelo.

4.1.5. Materiales de campo

- Azadilla
- Flexómetro
- Barreno
- Libro de campo
- Botas
- Fundas transparentes
- GPS
- Regadera
- Penetrómetro
- Anillos de metal

4.1.6. Materiales de oficina

- Computadora
- Impresora
- Lápices, esferos, borrador
- Servicio de internet
- Flash memory
- Carpeta
- Statistix 9
- Microsoft Excel

4.2. Métodos

4.2.1. Factores en estudio

FA: profundidad de muestreo

- A1: 0 cm – 50 cm
- A2: 50 cm – 100 cm

FB: Zona de muestra

- B1: Alta
- B2: Media
- B3: Baja

4.2.2. Tratamientos

N°	Código	Descripción
T1	A1B1	0 cm – 50 cm + Zona alta
T2	A1B2	0 cm – 50 cm + Zona media
T3	A1B3	0 cm – 50 cm + Zona baja
T4	A2B1	50 cm – 100 cm + Zona alta
T5	A2B2	50 cm – 100 cm + Zona media
T6	A2B3	50 cm – 100 cm + Zona baja

4.2.3. Procedimiento

Localidades	1
Tratamientos	6
Profundidad de muestra	0-50 cm 50-100 cm
Número de unidades experimentales	6
Estratos	3

4.2.4. Análisis estadístico

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

4.3. Métodos de evaluación y datos tomados

4.4. 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)

Para la determinación de textura se tomó una muestra de aproximadamente 1 kilogramo de suelo de cada una de las calicatas, la misma que se envió al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Estatal de Bolívar y sus resultados se expresan según las categorías y contenidos en arena, limo y arcilla, según la pirámide de texturas.

Densidad aparente (DA)

Para la determinación de densidad, se tomó una muestra en cada una de las calicatas, se envió al laboratorio de la Universidad Estatal de Bolívar y sus resultados serán expresados en g/cm^3 .

Humedad (H)

Para este dato se tomó una muestra en cada una de las calicatas en tres zonas, se envió al laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Estatal de Bolívar para su análisis respectivo y sus análisis serán expresados en porcentaje (%).

4.3.1 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 determinado en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador y su resultado fue expresado de acuerdo a lo que establece los niveles de pH del suelo para acidez, alcalinidad y basicidad.

➤ Porcentaje de materia orgánica

Para calcular la materia orgánica se tomó una muestra de suelo y se envió al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador y su resultado de obtendrá en porcentaje (%).

➤ Determinación de macro y micro elementos

La determinación de macro y micro elementos (N, P, S, Bo, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe) en el suelo fue desarrollado en el laboratorio de suelos los y agua del INIAP, cuyos resultados se obtuvieron en sus unidades correspondientes.

➤ Índice de infiltración

El índice de infiltración se tomó según la técnica determinada del CIMYT, para la velocidad de infiltración del agua, sus resultados fueron expresados en L/s el cálculo se realizó a través de la siguiente formula.

$$\text{Flujo} = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}}{t}$$

Donde:

Flujo = velocidad de flujo (L s^{-1})

V_{inicial} = volumen de agua en la regadera antes de la medición (L)

V_{final} = volumen de agua en la regadera después de la medición (L)

t = tiempo de saturación (s). (MasAgro. 2015)

➤ Resistencia a la penetración

Con el uso de un penetrómetro construido artesanalmente, se procedió a calcular la resistencia a la penetración en el suelo según la metodología expresada por el CIMMYT y sus resultados se expresaron en megapascales (MPa), utilizando la siguiente formula:

$$R = \frac{(N \times M \times g \times SD)}{(A \times PD)}$$

Donde:

R = la resistencia a la penetración (Pa)

N = el número de impactos

M = la masa de la pesa (5 kg)

g = la gravedad = 9.81 m/s^2

SD = la distancia que se desliza el martillo (m)

A = el área de la superficie del cono (m^2)

PD = la distancia de penetración (m)

4.4 Manejo de experimento

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

4.4.1 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.

4.4.2 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.

4.4.3 Elaboración de calicatas

La elaboración de una calicata consiste en la exploración de un terreno mediante excavación o perforación a profundidad baja o media para la toma de muestra de tierra.

Se realizado tres calicatas en las tres zonas evaluadas (alta, media, baja), a una profundidad de 0- 50cm, se procedió a tomar las muestras, luego se realizó a una profundidad de 50- 100cm y se tomó las muestras respectivas.

4.4.4 Toma de muestras

Consistió en un proceso sistemático, en el cual en primer lugar se fragmentó cada zona en la parte alta, media y baja, dentro de cada una de estas se realizó las calicatas a dos profundidades de 0-50cm, y 50-100cm y con la ayuda de un barreno se tomaron las muestras respectivas aproximadamente 1kg de cada profundidad es decir 6 muestras, fueron colocadas en una funda plastica, etiquetadas y entregados en los respectivos laboratorios.

4.4.5 Etiqueta de muestras

Para un mejor manejo de las muestras e identificación oportuna, deberán llegar de la siguiente manera:

Transecto	1
Sub Transecto	1 ^a
Profundidad	0 – 50 cm 50 – 100 cm
Peso (Kg)	0,500
Latitud	01°36´ 51.63´´S
Longitud	78°59´ 54.49´´ W
Altura msnm	2608
Responsable	DXAA

4.4.6 Traslado de muestras

Se llevaron las 6 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.

4.4.7 Ingreso de las muestras

Las muestras obtenidas, fueron ingresadas al laboratorio de suelos, donde deben estar debidamente codificadas y etiquetadas.

4.4.8 Análisis de muestras

Las respectivas muestras se enviaron al laboratorio de análisis de suelos y aguas del INIAP en donde se realizó el análisis de macro y micronutrientes y luego se nos reportó el informe correspondiente.

4.4.9 Índice de infiltración

Se calibró una regadera para registrar valores exactos de agua que se vertieron, esto se logra agregando volúmenes de agua conocidos en la regadera y midiendo con una regla adherida a la misma, para saber el nivel que alcanza el agua. Se colocó un anillo de varilla inoxidable de 53 cm de diámetro la cual es utilizada en terreno plano, mientras que el anillo de 40 cm de diámetro se utiliza en terreno con pendiente, se procedió a dispersar el agua dentro del anillo, se tomó el valor inicial, valor final, el tiempo en el que el agua se demora en salir del área.

4.4.10 Resistencia a la penetración

El índice de la penetración se procedió a retirar cualquier residuo de cosecha de la superficie del suelo para poder realizar la práctica sin inconvenientes, se deslizo la pesa al nivel más alto, se dejó caer, se realizó 5 impactos por cada repetición, finalmente se registró los cm que ingreso del penetrómetro.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

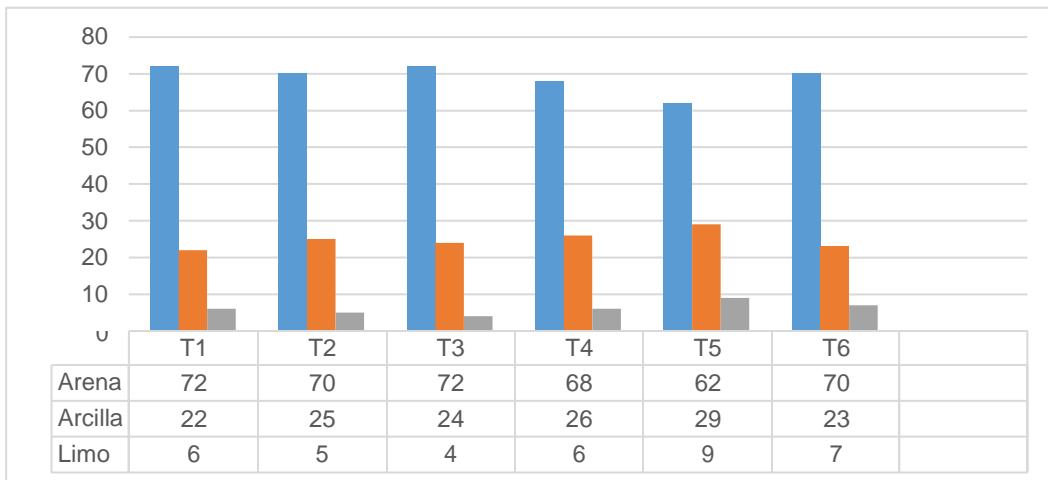
5.1. Análisis de indicadores físicos

5.1.1. Determinación de textura

Cuadro N° 1

Zona	Profundidad	Textura			
		Arena	Arcilla	Limo	Triángulo textural
T1 Alta	0-50	72	22	6	Franco arcillo arenoso
T2 Media	0-50	70	25	5	Franco arcillo arenoso
T3 Baja	0-50	72	24	4	Franco arcillo arenoso
T4 Alta	50-100	68	26	6	Franco arcillo arenoso
T5 Media	50- 100	62	29	9	Franco arcillo arenoso
T6 Baja	50-100	70	23	7	Franco arcillo arenoso
X		69%	24,83%	6,17%	Franco arcilla arenoso

Gráfico N° 1



Determinación de textura

De acuerdo a los resultados obtenidos, se refleja un valor máximo de 72% en el T1 y T3, 29% arcilla en el T5 y 9% de limo en el T5, lo que se deduce que tiene un bajo poder adherente subsistiendo partículas individuales que se erosionan muy fácilmente.

De la misma manera se evaluó valores mínimos con de 62% de arena en el T5, 22% arcilla en el T1 y 4% de limo en el T3, 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, y la referencia que nos otorga el triángulo de texturas, se hace evidente que el tipo de suelo en estudio es franco arcillo arenoso, es sinónimo de un suelo con buenas características para la producción 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.

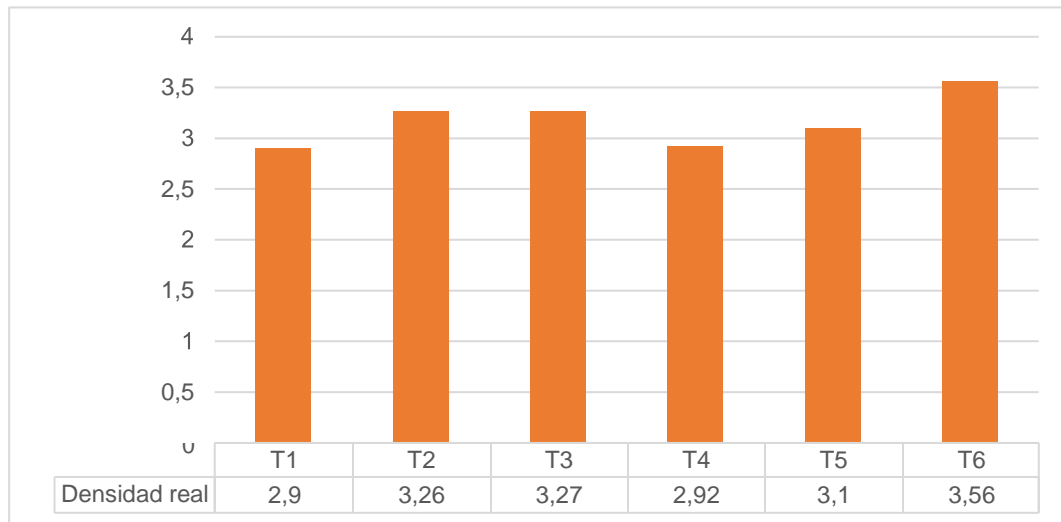
En general las muestras analizadas permiten observar un alto contenido de partículas grandes (arenas), seguido de arcillas y limos. Esta característica podría estar relacionada a la morfología y procesos de formación del suelo propios de la zona en estudio, además no se debería descartar la posibilidad de que estos suelos presenten estos niveles de componentes asociados también a los tipos de labranza que se han desarrollado durante las últimas décadas en dicha zona.

5.1.2. Determinación de densidad real

Cuadro N° 2

Zona	Profundidad (cm)	Densidad real (g/cm³)
T1 Alta	0-50	2,90
T2 Media	0-50	3,26
T3 Baja	0-50	3,27
T4 Alta	50-100	2,92
T5 Media	50- 100	3,10
T6 Baja	50-100	3,56
		$\bar{X} = 3,17\text{g/cm}^3$

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 un valor máximo de 3,56 g/cm³ en el T6 y un valor mínimo de 2,90 g/cm³ en el T1.

Relativamente los resultados son diferentes en las tres zonas a 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 se encuentra muy compacto causando efectos negativos 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.

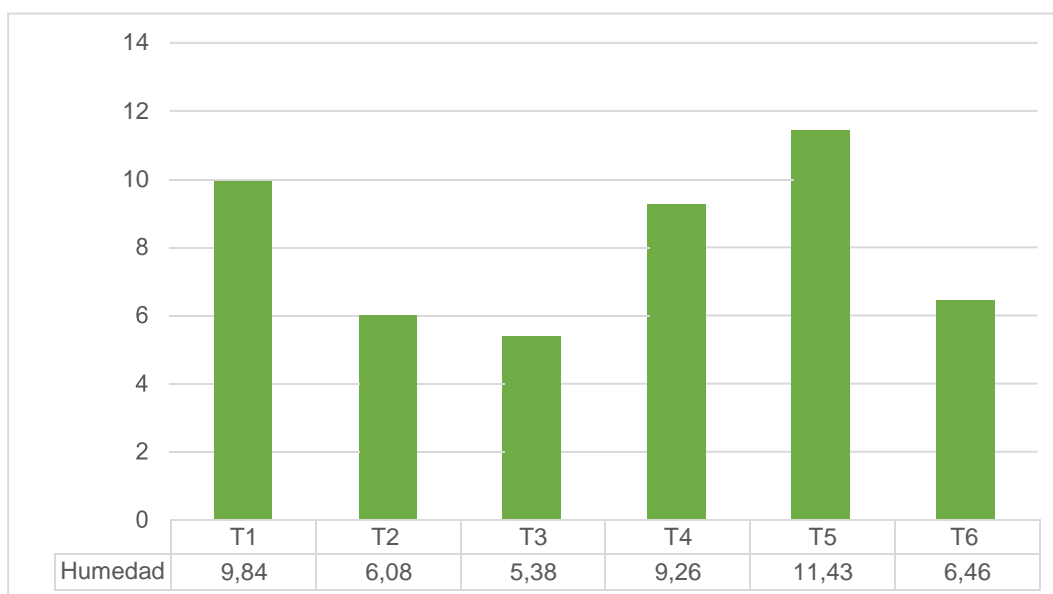
5.1.3 Determinación de humedad

Cuadro N° 3

Determinación de humedad

Zona	Profundidad (cm)	Humedad (%)
T1 Alta	0-50	9,84
T2 Media	0-50	6,08
T3 Baja	0-50	5,38
T4 Alta	50-100	9,26
T5 Media	50- 100	11,43
T6 Baja	50-100	6,46
		$\bar{X} = 8,08 \%$

Gráfico N° 3



Determinación de humedad

El contenido de humedad en las tres zonas evaluadas; se refleja una humedad máxima de 11,43 en el T5 y un valor mínimo de humedad de 6,08 en el T2, 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 las distintas evaluadas 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 absorbida 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.

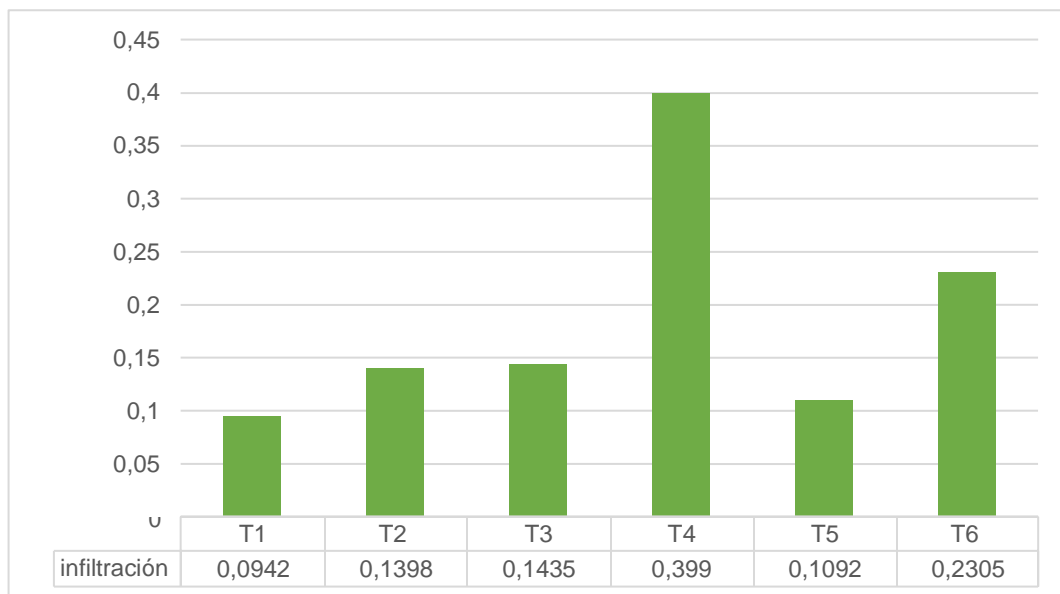
5.1.4 Determinación de infiltración (DI)

Cuadro N° 4

Determinación de infiltración

Zona	Profundidad (cm)	Flujo L/s
T1 Alta	0-50	0,0942
T2 Media	0-50	0,1398
T3 Baja	0-50	0,1435
T4 Alta	50-100	0,399
T5 Media	50- 100	0,1092
T6 Baja	50-100	0,2305

Gráfico N° 4



Determinación de infiltración

La velocidad de infiltración es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo, es un proceso complejo que depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de la cantidad de

agua que ha recibido en el pasado, de los cambios estructurales en las capas de suelo y de cuánto aire se encuentra atrapado en el suelo, de acuerdo a la práctica realizada en la granja experimental Laguacoto III se obtuvo una mayor infiltración en el T4 con un valor de 0,399 L/s, en el T1 existió menor infiltración con valor de 0,0942L/s, existen varias características que influyen en la velocidad de infiltración como la textura, estructura del suelo, grietas, prácticas de cultivo y expansión del suelo cuando se humedece.

Cuando la cantidad de agua de riego excede la velocidad de infiltración, puede haber escurrimiento, lo que causa una distribución desigual del agua y, posiblemente una erosión.

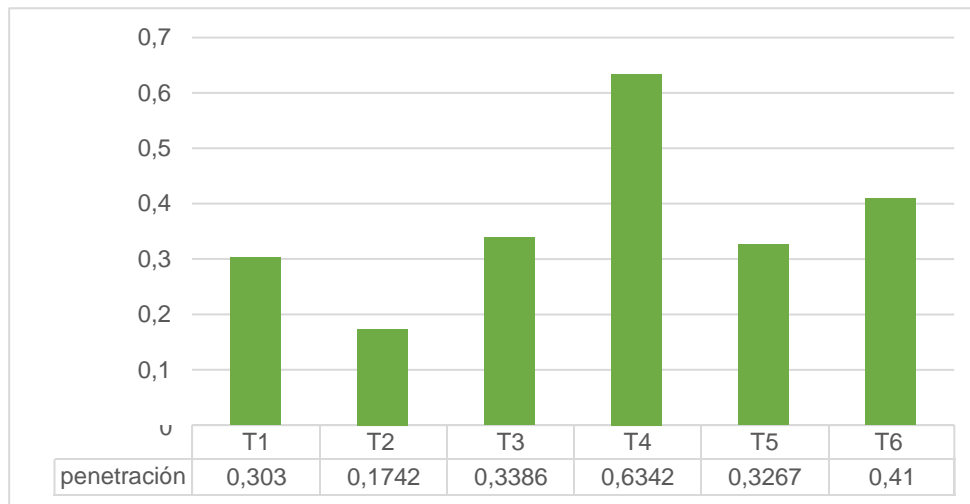
5.1.5 Resistencia a la penetración (RP)

Cuadro N° 5

Determinación a la resistencia de penetración

Zona	Profundidad (cm)	(RP) MPa
T1 Alta	0-50	0,3030
T2 Media	0-50	0,1742
T3 Baja	0-50	0,3386
T4 Alta	50-100	0,6342
T5 Media	50- 100	0,3267
T6 Baja	50-100	0,4100
		$\bar{X} = 290,6687$ MPa

Gráfico N° 5



Determinación a la resistencia de penetración

La resistencia a la penetración es un indicador del nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de que disponen las raíces, en la práctica desarrollada se evaluó el nivel de compactación de los suelos de la granja experimental Lagucoto III, donde se encuentra valor máximo de 0,6342MPa en la zona alta T4, mientras que un valor mínimo en la zona media T2 con un valor de 0,1742 MPa, los valores críticos son variables y dependen del tipo de planta, de las características y propiedades del medio edáfico. con superiores a 2 MPa se reduce significativamente el crecimiento de las raíces de la mayoría de las especies cultivadas, se encuentra en una escala de $0 \leq RP \leq 0,9 \text{MPa}$ es decir sin restricciones para el desarrollo de los cultivos.

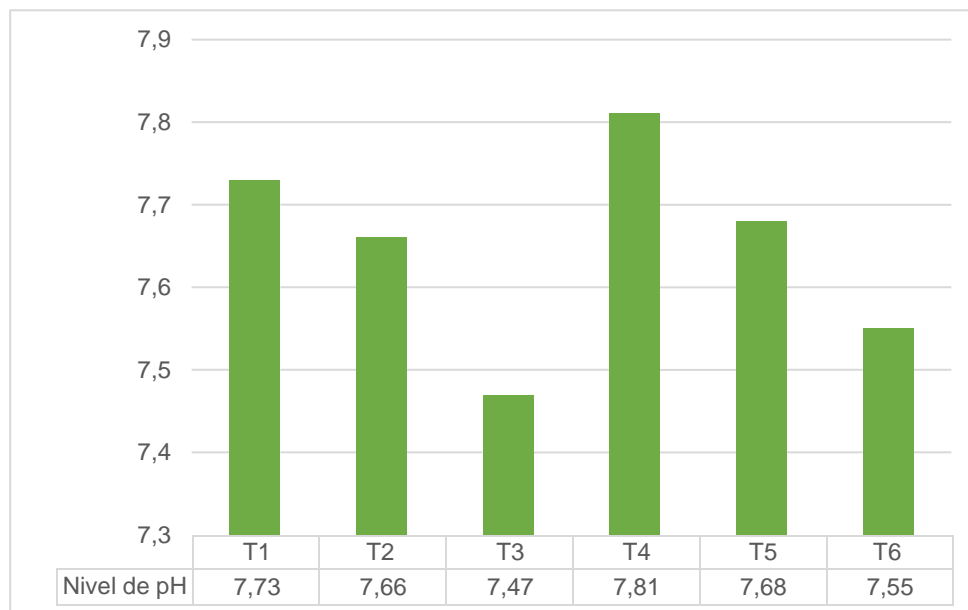
5.2. Análisis de indicadores químicos

5.2.1. Determinación del nivel de pH

Cuadro N° 6

Zona	Profundidad (cm)	pH
T1 Alta	0-50	7,73
T2 Media	0-50	7,66
T3 Baja	0-50	7,47
T4 Alta	50-100	7,81
T5 Media	50- 100	7,68
T6 Baja	50-100	7,55
		$\bar{X} = 7,65$

Gráfico N° 6



Determinación de pH

El pH que se presenta en la granja experimental Laguacoto III, específicamente en los estratos evaluados son de 7,73; 7,66; 7,47, datos presentados a una profundidad de 0 a 50 cm hacen referencia que el suelo se encuentra en una escala ligeramente alcalino. Mientras que en la profundidad de 50-100 cm se presentaron pH de 7,81; 7,68 y 7,55 encontrándose en la misma escala ligeramente alcalino, considerándose como lixiviados por acciones de la lluvia como factor principal de este proceso erosivo.

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

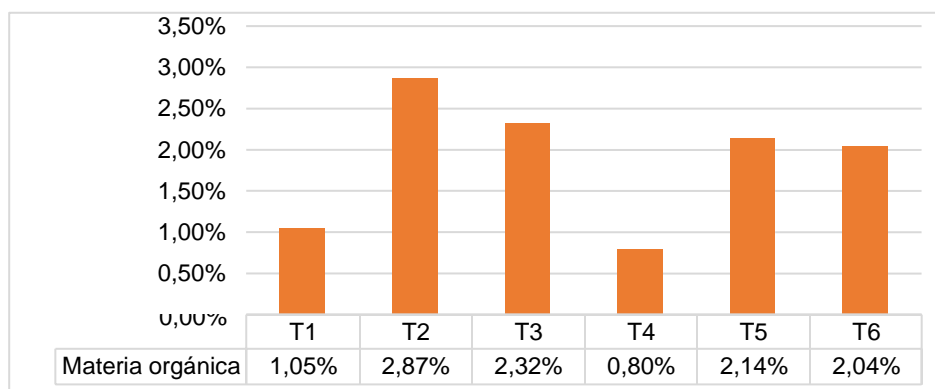
En general, el pH óptimo de los suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para conseguir los mejores rendimientos y mayor productividad, ya que el rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, por tanto, donde mejor desarrollo tendrán los cultivos. Así mismo hay nutrientes (habitualmente microelementos)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

5.2.2. Determinación del porcentaje de materia orgánica

Cuadro N° 7

Zona	Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)
T1 Alta	0-50	1,05
T2 Media	0-50	2,87
T3 Baja	0-50	2,32
T4 Alta	50-100	0,80
T5 Media	50-100	2,14
T6 Baja	50-100	2,04
		$\bar{X} = 1,87\%$

Gráfico N° 7



Determinación de materia orgánica

En referencia a los resultados se señala que existió mayor porcentaje de materia orgánica en el T2 con 2,87%, el suelo por el momento se encuentra en descanso, su cultivo anterior fue de morocho, además cabe recalcar que el suelo de la zona alta tiene un color amarillo se nota floramiento de canchagua aquellos datos corroboran los análisis respectivos.

El menor porcentaje de materia orgánica se encuentra en el T4 0,80%, debido a la profundidad, al uso de maquinaria el mal uso de insumos químicos donde el suelo va perdiendo su fertilidad, y además las plantas con raíces profundas absorben la materia orgánica que lo requiere, su cultivo anterior era de maíz y actualmente se encuentra establecido un cultivo de quinua.

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

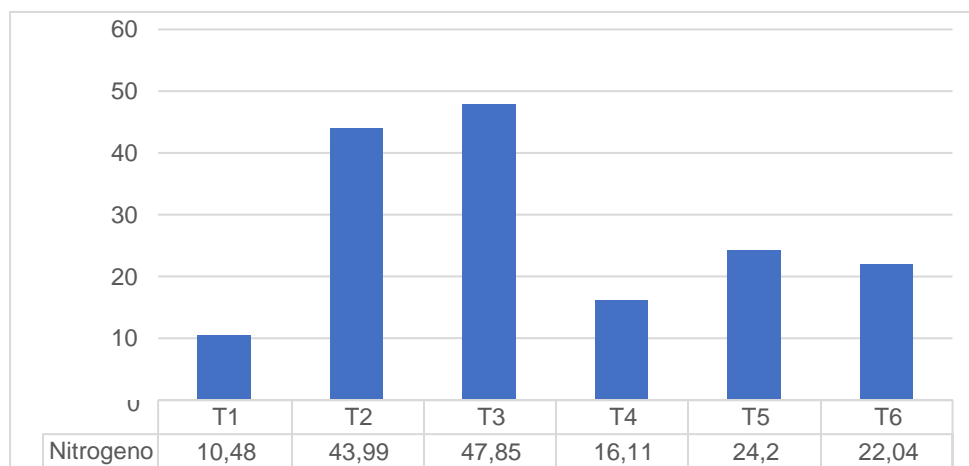
5.3.1. Nitrógeno (N)

Cuadro N° 8

Determinación de nitrógeno (N)

Zona	Profundidad (cm)	Nitrógeno (ppm)
T1 Alta	0-50	10,48
T2 Media	0-50	43,99
T3 Baja	0-50	47,85
T4 Alta	50-100	16,11
T5 Media	50-100	24,20
T6 Baja	50-100	22,04
		$\bar{X} = 27,51 \text{ ppm}$

Gráfico N° 8



Determinación de nitrógeno (N)

Con base a los resultados obtenidos en cuanto a la determinación de nitrógeno, se encuentra un alto contenido de nitrógeno en el T3 con un valor de 47,85ppm, esto se debe a los restos vegetales de la cosecha anterior

que era el cultivo de cebada, actualmente se encuentra un ensayo de quinua.

Un bajo contenido de nitrógeno se encuentra en la zona alta en el T1 con un valor de 10,48ppm ya que es un suelo de canchagua no muy fértil, datos de acuerdo con el INIAP se encuentra en un rango entre medio y bajo.

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, conservar un buen color verde en las hojas y tener abundante masa vegetal. Es fundamental porque participa de la formación y síntesis de proteínas vegetales, así mismo en el proceso de fotosíntesis, es un componente de vitaminas y sistemas de energía de la planta.

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, 2002).

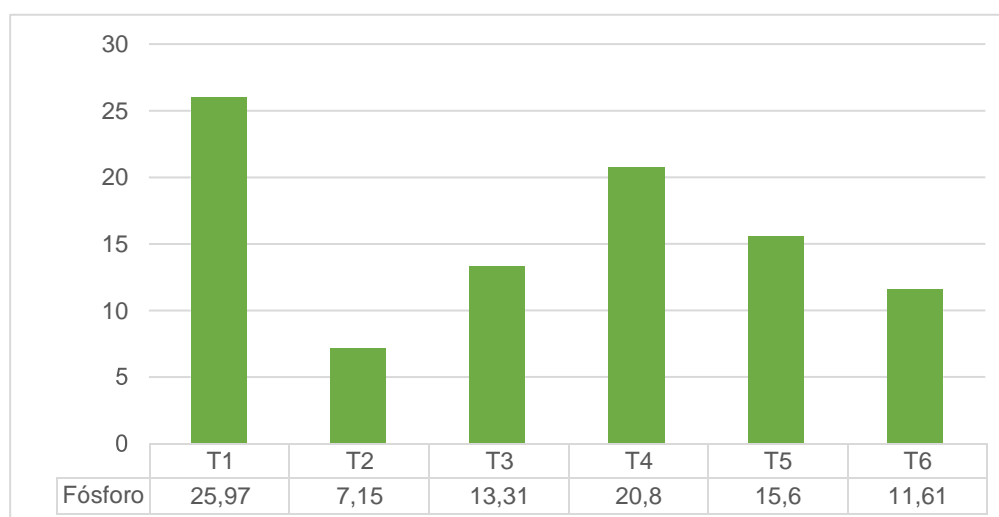
5.3.2. Fósforo (P)

Cuadro N° 9

Determinación de fósforo (P)

Zona	Profundidad (cm)	Fósforo (ppm)
T1 Alta	0-50	25,97
T2 Media	0-50	7,15
T3 Baja	0-50	13,31
T4 Alta	50-100	20,80
T5 Media	50-100	15,60
T6 Baja	50-100	11,61
		$\bar{X} = 15,74 \text{ ppm}$

Gráfico N° 9



Determinación de fósforo (P)

Los resultados obtenidos para el fósforo en las tres zonas evaluadas a profundidades distintas, con mayor contenido de fósforo se encuentra en el T1 con un valor de 25,97ppm, con menor contenido el T2 con un valor de 7,15ppm, se debe a la profundidad del suelo ya que son absorbidas por las plantas, datos 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 ayuda a las plantas a un desarrollo rápido, mejora su resistencia a bajas temperaturas, contribuye a la resistencia de plagas y enfermedades.

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 altas cantidades de este macro nutriente. Es un actor importante en la fotosíntesis, así como el transporte de nutrientes a la planta, esto se vuelve esencial para la formación de las raíces. Se localiza, en parte, en estado mineral, al igual que en compuestos orgánicos fosforados con lípidos, proteínas 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 (Palomares, 2021).

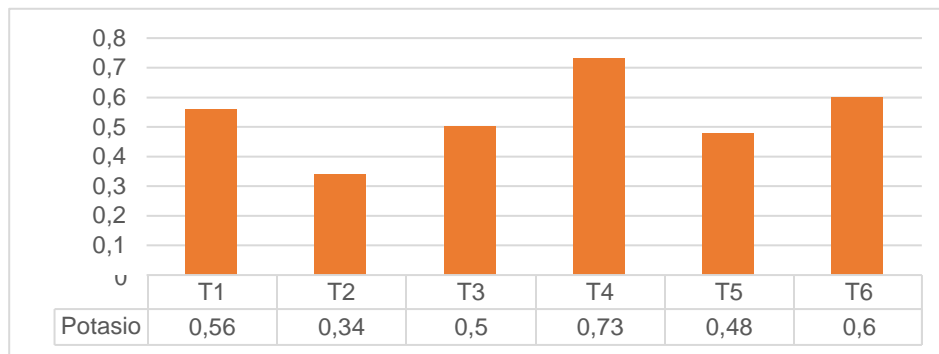
5.3.3. Potasio (K)

Cuadro N° 10

Determinación de potasio (K)

Zona	Profundidad (cm)	Potasio (meq/100g)
T1 Alta	0-50	0,56
T2 Media	0-50	0,34
T3 Baja	0-50	0,50
T4 Alta	50-100	0,73
T5 Media	50-100	0,48
T6 Baja	50-100	0,60
		$\bar{X} = 0,54 \text{ meq/100g}$

Gráfico N° 10



Determinación de potasio (K)

La determinación de potasio en la zona agroecológica en estudio a dos profundidades se refleja mayor porcentaje en el T4 con 0,73 meq/100g y en la zona baja con 0,60 meq/100g respectivamente, datos que se mantienen como bajo porcentaje de potasio en los suelos de la granja experimental Lagucoto III.

La cantidad de potasio en la solución del suelo es relativamente baja, lo que significa que por el hecho de estar disponible es 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. 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, en casos de deficiencia, el K se traslada hacia los meristemas, los síntomas se muestran en las hojas inferiores; en sus bordes muestran un amarillamiento y una posterior desecación conforme avanza la deficiencia, esta desecación continúa avanzando hacia el interior de la lámina foliar y de las hojas basales a las superiores e inclusive puede haber una defoliación prematura de las hojas viejas (DF GRUPO. 2021).

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. (Moscatelli et al. 2020).

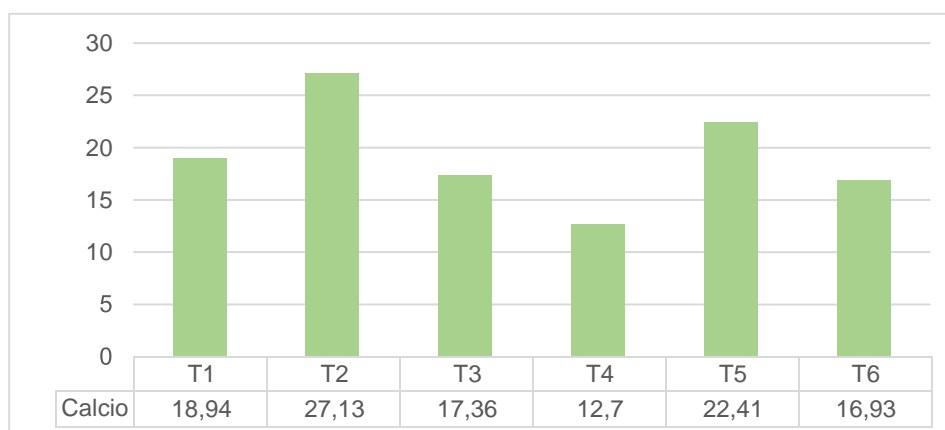
5.3.4. Calcio (Ca)

Cuadro N° 11

Determinación de calcio (Ca)

Zona	Profundidad (cm)	Calcio (meq/100g)
T1 Alta	0-50	18,94
T2 Media	0-50	27,13
T3 Baja	0-50	17,36
T4 Alta	50-100	12,70
T5 Media	50-100	22,41
T6 Baja	50-100	16,93
		$\bar{X} = 19,25 \text{ meq/100g}$

Gráfico N° 11



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 un alto porcentaje en la zona media en el T2 con 27,13 meq/100g y un bajo porcentaje en el T4 con 12,7 meq/100g. Datos que reflejan alto contenido de calcio en el suelo de la zona agroecológica en estudio, el contenido de Ca aumenta con la edad de la planta y se acumula de manera irreversible en los tejidos viejos, lo que propicia que se desarrolle la deficiencia en los órganos jóvenes y limite su crecimiento, los síntomas se presentan como una necrosis en los tejidos, que puede originar fisiopatías típicas como la pudrición apical.

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,2020).

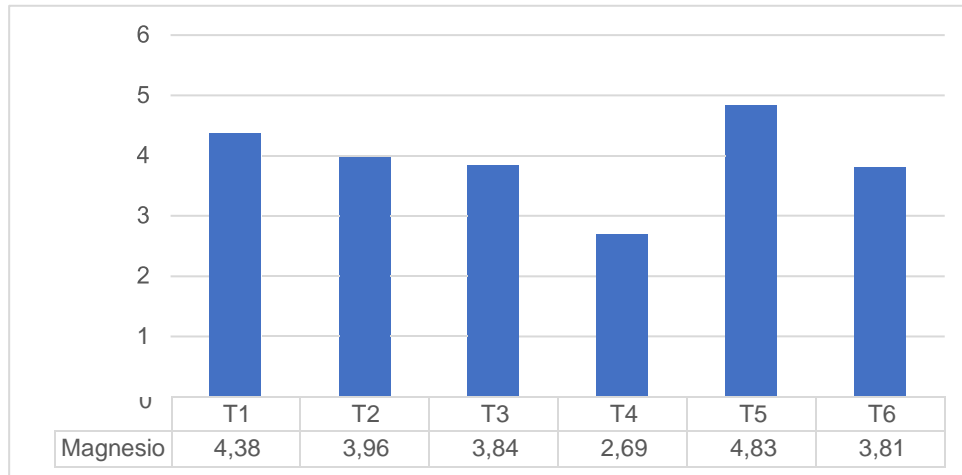
5.3.5. Magnesio (Mg)

Cuadro N° 12

Determinación de magnesio (Mg)

Zona	Profundidad (cm)	Magnesio (meq/100g)
T1 Alta	0-50	4,38
T2 Media	0-50	3,96
T3 Baja	0-50	3,84
T4 Alta	50-100	2,69
T5 Media	50-100	4,83
T6 Baja	50-100	3,81
		$\bar{X} = 3,92\text{meq}/100\text{g}$

Gráfico N° 12



Determinación de magnesio (Mg)

El análisis del magnesio en el suelo evaluado se determinó numéricamente porcentaje alto en el T5 con 4,83 meq/100g y un menor contenido de Mg se encuentra en el T4 con un valor de 2,69 meq/100g, datos que permiten confirmar que el suelo posee altos promedios de magnesio de acuerdo al departamento de suelos del INIAP, Los síntomas de deficiencia pueden aparecer en hojas medias, debido a la preferencia del transporte del Mn desde la raíz a las hojas medias y no a las jóvenes, los signos de la deficiencia se manifiestan por una clorosis.

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. (INCOSAL. 2021).

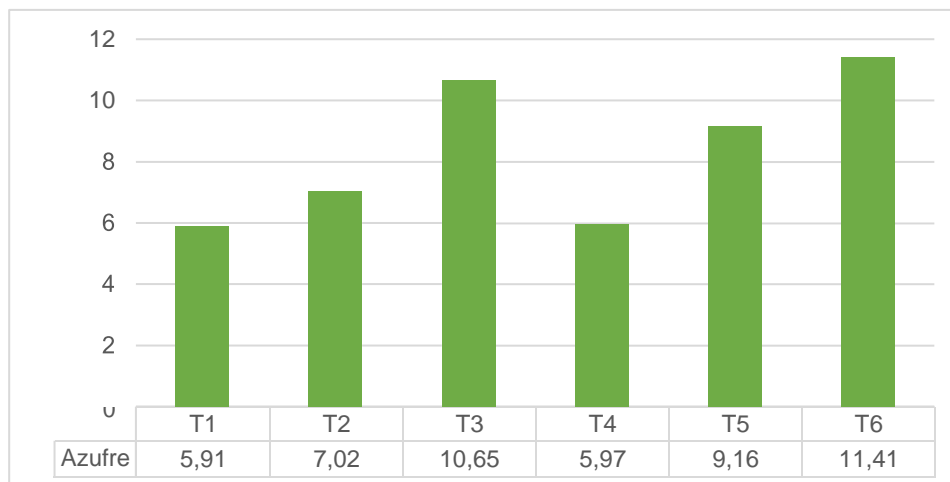
5.3.6. Azufre (S)

Cuadro N° 13

Determinación de azufre (S)

Zona	Profundidad (cm)	Azufre (ppm)
T1 Alta	0-50	5,91
T2 Media	0-50	7,02
T3 Baja	0-50	10,65
T4 Alta	50-100	5,97
T5 Media	50-100	9,16
T6 Baja	50-100	11,41
		$\bar{X} = 8,35 \text{ ppm}$

Gráfico N° 13



Determinación de azufre (S)

Los datos que determinan en el nivel de azufre, se refleja un alto promedio en el T6 con un valor de 11,41ppm, un bajo contenido de azufre se encuentra en el T1 con un valor de 5,91ppm, el azufre es lixiviado por lo tanto se halla mayor cantidad en la zona baja, datos que indican que el

suelo de la zona agroecológica contiene gran cantidad de azufre.

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.

Las deficiencias son muy parecidos a los del nitrógeno. La planta muestra una decoloración general, pero a diferencia que la deficiencia del N, los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes debido a la inmovilidad de este elemento.

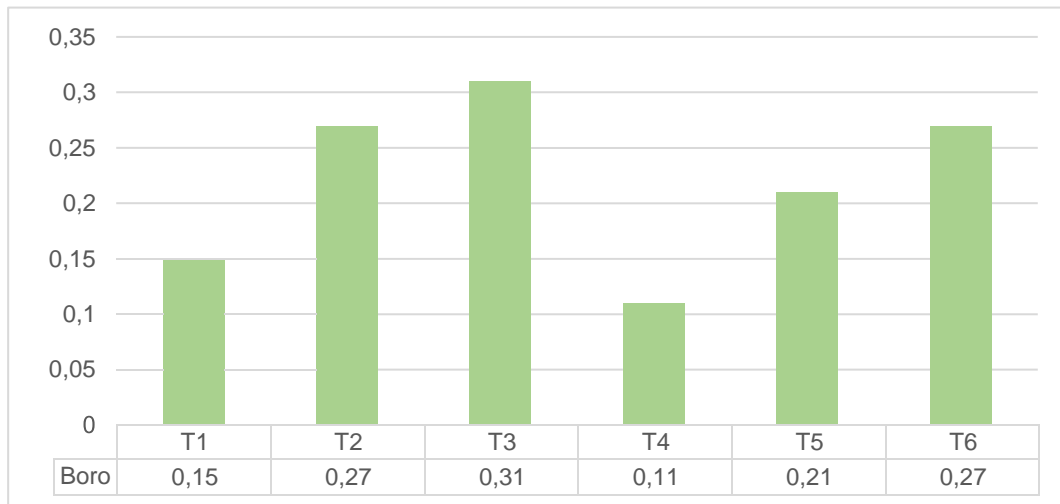
5.3.7. Boro (Bo)

Cuadro N° 14

Determinación de boro (B)

Zona	Profundidad (cm)	Boro (ppm)
T1 Alta	0-50	0,15
T2 Media	0-50	0,27
T3 Baja	0-50	0,31
T4 Alta	50-100	0,11
T5 Media	50-100	0,21
T6 Baja	50-100	0,27
		$\bar{X} = 0.22$ ppm

Gráfico N° 14



Determinación de boro (B)

El análisis del boro en las tres zonas evaluadas a dos profundidades, reflejaron un alto promedio en la zona media, T3 con 0,31ppm, un bajo contenido de boro se encuentra en el T4 con un valor de 0,11ppm, datos que se relacionan como bajo en el contenido de este nutriente. Los síntomas de deficiencia se presentan en los ápices y en las hojas jóvenes, la planta sufre una detención del crecimiento, los entrenudos se acortan, las hojas se deforman y el diámetro de los pecíolos se incrementa.

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 (Santacruz, 2021).

5.3.8. Hierro (Fe)

Cuadro N° 15

Zona	Profundidad (cm)	Hierro (ppm)
T1 Alta	0-50	111
T2 Media	0-50	52
T3 Baja	0-50	111
T4 Alta	50-100	100
T5 Media	50-100	77
T6 Baja	50-100	106
		$\bar{X} = 92,83 \text{ ppm}$

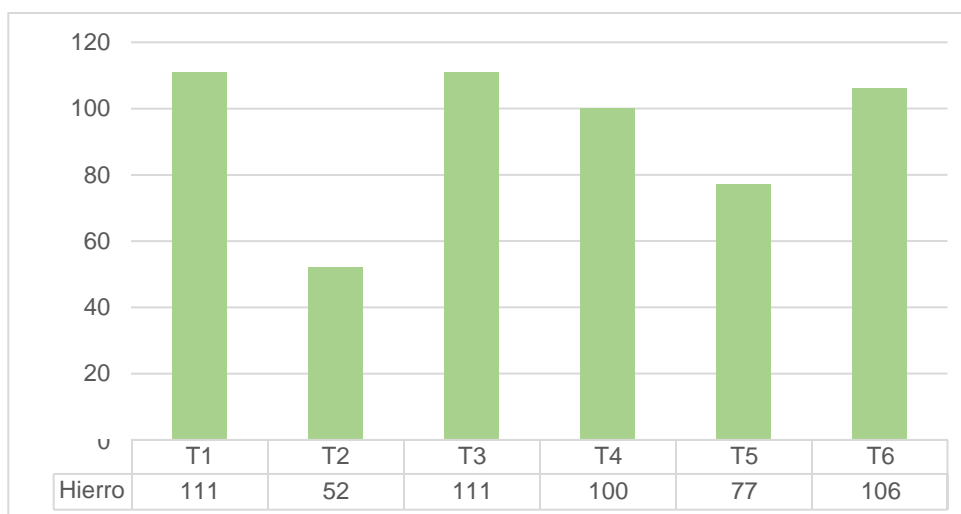


Gráfico N° 15

Determinación de hierro (Fe)

La determinación de hierro en el suelo, al ser evaluada a dos profundidades diferentes zonas agroecológicas de la granja experimental Lagucoto III, se determinó promedio alto en el T3 con un valor de 111ppm, un valor mínimo en el T2 con un valor de 52ppm, por lo tanto, el suelo de la zona agroecológico en estudio es alto en hierro, la deficiencia de Fe se hace

presente en las hojas jóvenes de la planta, son las que muestran primero los signos visibles de la clorosis férrica, debido a que el hierro se traslada principalmente de la raíz, a los meristemas de crecimiento, a pesar de la disminución de la concentración de clorofila, las hojas se desarrollan normalmente, aunque con deficiencias muy severas; en las hojas jóvenes pueden llegar a aparecer manchas cloróticas, en estos casos, la división celular puede inhibirse y detener el crecimiento de la hoja.

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, 2018).

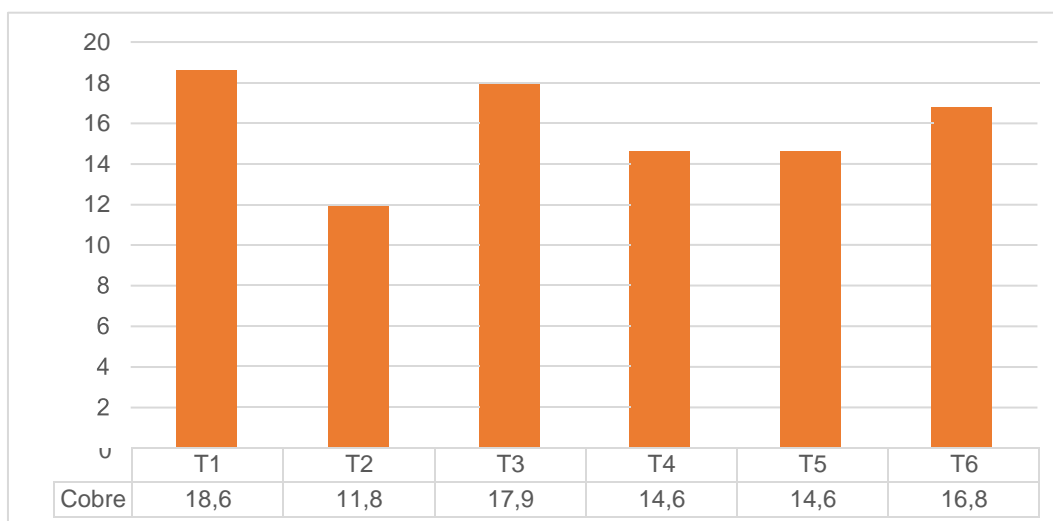
5.3.9. Cobre (Cu)

Cuadro N° 16

Determinación de cobre (Cu)

Zona	Profundidad (cm)	Cobre (ppm)
T1 Alta	0-50	18,6
T2 Media	0-50	11,8
T3 Baja	0-50	17,9
T4 Alta	50-100	14,6
T5 Media	50-100	14,6
T6 Baja	50-100	16,8
		$\bar{X} = 15,72 \text{ ppm}$

Gráfico N° 16



Determinación de cobre (Cu)

En base a los resultados obtenidos en la determinación de cobre en la zona agroecológica, evaluada en tres zonas, a dos profundidades se reflejan datos superiores en la zona alta T1 con un valor de 18,6ppm, un contenido mínimo de cobre se encuentra en el T2 con un valor de 11,8ppm,

determinándose una alta presencia de cobre, que es un factor determinante para la formación de clorofila y crecimiento idóneo para las plantas, el síntoma típico de deficiencia es una clorosis internerval, seguida de una necrosis y un curvado de las hojas hacia el envés. Los síntomas se manifiestan primero en las hojas jóvenes, en las cuales se expresa la escasa distribución de cobre.

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,2022).

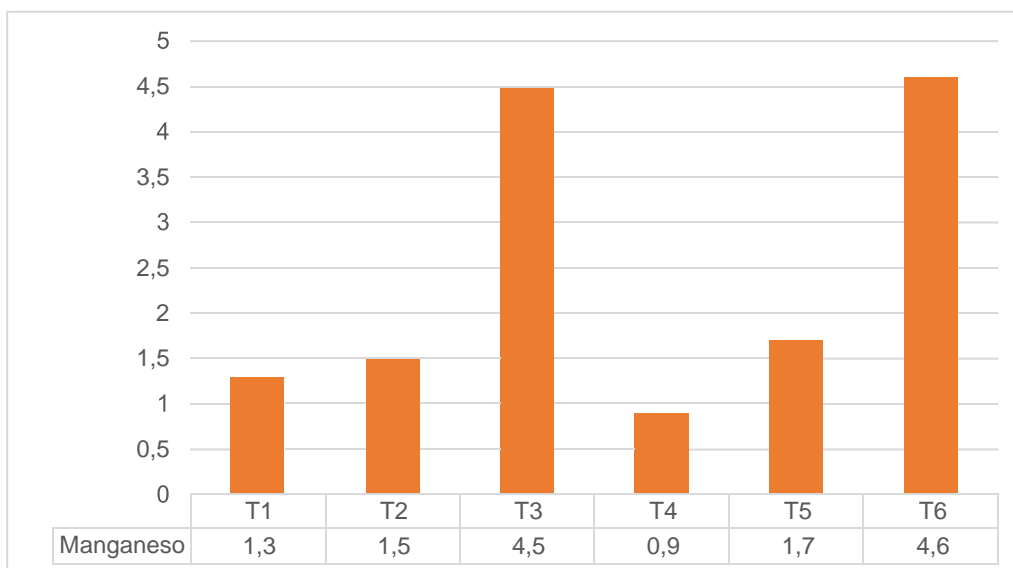
5.3.10. Manganeso (Mn)

Cuadro N° 17

Determinación de manganeso (Mn)

Zona	Profundidad (cm)	Manganeso (ppm)
T1 Alta	0-50	1,3
T2 Media	50-100	1,5
T3 Baja	0-50	4,5
T4 Alta	50-100	0,9
T5 Media	0-50	1,7
T6 Baja	50-100	4,6
		$\bar{X} = 2,42$ ppm

Gráfico N° 17



Determinación de manganeso (Mn)

La determinación de manganeso refleja como resultados datos que se mantienen en un rango máximo de 4,6ppm en el T6, un rango mínimo en el T4 con un valor de 0,9ppm, 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, los síntomas de deficiencia pueden aparecer en hojas medias, debido a la preferencia del transporte del Mn desde la raíz a las hojas medias y no a las jóvenes.

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, 2000).

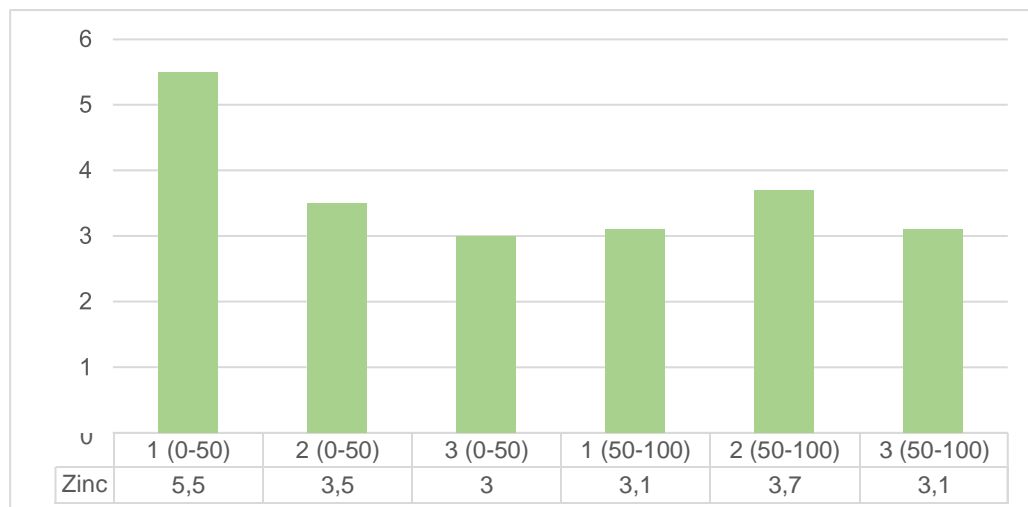
5.3.11. Zinc (Zn)

Cuadro N° 18

Determinación de zinc (Zn)

Zona	Profundidad (cm)	Zinc (ppm)
T1 Alta	0-50	5,5
T2 Media	0-50	3,5
T3 Baja	0-50	3,0
T4 Alta	50-100	3,1
T5 Media	50-100	3,7
T6 Baja	50-100	3,1
		$\bar{X} = 3,65 \text{ ppm}$

Gráfico N° 18



Determinación de zinc (Zn)

En la determinación de zinc, se llegó a determinar altos porcentajes en la

zona alta con 5,5ppm en el T1, se refleja un bajo contenido de Zn en el T3 con un valor de 3ppm, estos resultados determinan que el suelo se encuentra en un rango bajo, es decir un suelo que tiene poca disponibilidad de este elemento, los signos característicos de esta deficiencia son: el enanismo de la planta, acortamiento entre los nudos y la restricción del crecimiento de las hojas (crecimiento de rosetas y hojas pequeñas en algunos cultivos).

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 desdoblar 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-, 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 $\mu\text{g.L}^{-1}$), pero además es fácilmente lixiviado en los suelos tropicales con altas precipitaciones pluviales (Palomino, 2019).

CAPÍTULO VI

6.1. Comprobación de Hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la evaluación física química de los suelos, se llega a comprobar que existieron diferencias matemáticas en la evaluación de cada zona, por tanto, se acepta la hipótesis alterna, misma que señala “la calidad física química del suelo de Laguacoto III depende del estrato y profundidad de muestreo”.

CAPÍTULO VII

7.1. Conclusiones

- Las variables físicas como textura se establecen que el suelo de la granja experimental Laguacoto III son de tipo franco arcillo arenoso, esto debido a sus contenidos de arena, limo y arcilla, complementando su origen volcánico. Presentando una humedad con media general de 8,08 % 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 7,65 encontrándose en la escala moderadamente ligeramente alcalino, 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 1,87 evidenciando que el suelo con poco contenido de materia orgánica 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 las tres zonas evaluadas se mantuvo en un rango de medio alto, nutrientes que son indispensable en los suelos agrícolas de la granja experimental Laguacoto III para el desarrollo óptimo de las plantas.
- El análisis de los macronutrientes, secundarios, elementos evaluados como Ca, Mg se encuentra en un rango alto y el S se encuentran en un rango bajo 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.
- 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 - químico y sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROACTIVO. (2020). Los micronutrientes del suelo. Obtenido de <https://agroactivocol.com/nutricion-vegetal/los-nutrientes-del-suelo-segunda-parte-los-micronutrientes/>
- Alvarado, C. (2019). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf>
- Álvaro, G. (2019). Macronutrientes del suelo. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>
- Castillo, C. (2018). Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca cusamá el Tuma. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>
- Convención Internacional de lucha contra la desertificación - uncc. (2019). Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES). Obtenido de <https://www.usbcali.edu.co/sites/default/files/plantillaponenciasvcv-minambiente1olga.pdf>
- CSR Laboratorios. (2019). La textura en los suelos agrícolas. Obtenido de <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/la-textura-en-los-suelos-agricolas/>
- Das, B. (2021). Fundamentos de ingeniería geotécnica. California State University: Sacramento, Editorial Thomson & Learning.
- Espinoza, J. (2022). Realización de calicatas. Obtenido de <https://www.gmcingenieria.com/servicios/geotecnia-en-madrid/realizacion-de-calicatas/>
- FAO. (2017). Las amenazas a nuestros suelos. Obtenido de <http://www.fao.org/resources/info-graphics/infographics-details/es/c/326259/>

- FAO. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i8864es/l8864ES.pdf>
- FAO. (2020). Estructura del suelo. Obtenido de <https://www.fao.org/fishery/static/faotraining/faotraining/general/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=la%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20>.
- FAO. (2020). Portal de suelos de la Fao. ¿Qué es el Suelo. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO. (2020). Propiedades físicas del suelo. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=densidad%20del%20suelo&text=se%20refiere%20al%20peso%20por,est%c3%a1%20alrededor%20de%202%2c65>.
- FAO. (2022). Planificación y realización de un levantamiento de suelos. obtenido de <https://www.fao.org/fishery/static/fao-training/faotraining/general/x6706s/x6706s02.htm>
- Génova, L. (2022). Hidrología aplicada al estudio y manejo de cuencas y de sistemas de riego y drenaje: Aplicación de metodologías para la medición y estimación del escurrimiento y la infiltración. Obtenido de <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15618/modresource/content/2/unidad%202%202017.pdf>
- Globe. (2019). Protocolo de temperatura del suelo. Obtenido de <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolo+de+Temperatura+del+suelo/f7bf6f08-2779-4250-ae41-74e61c1fca38#:~:text=la%20temperatura%20del%20suelo%20est%c3%a1,sol%20y%20su%20temperatura%20aumenta>.
- Gutierrez, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Holdridge, L. (1979). ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: lica.

- Home & Garden Information Center - HGIC. (2016). Combinando el pH del suelo. Obtenido de <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/#:~:text=el%20valor%20del%20ph%20del,el%207%20el%20valor%20neutral.>
- InfoAgro. (2020). Macro-, micronutrientes y metales pesados presentes en el suelo. Obtenido de <https://www.infoagro.com/documentos/macro-micronutrientes-y-metales-pesados-presentes-suelo.asp>
- INIA. (2017). El suelo. Obtenido de <http://www.inia.uy/documentos/p%C3%bablicos/inia%20tacuaremb%C3%b3/2015/los%20suelos.pdf>
- INIAP. (2020). Análisis químico y físico en muestras de suelos, plantas y aguas. obtenido de <https://www.iniap.gob.ec/servicio-1/#:~:text=an%c3%a1lisis%20qu%c3%admico%20y%20f%c3%adsico%20de,para%20determinar%20su%20composici%c3%b3n%20qu%c3%admica.>
- INTA. (2020). Análisis de propiedades químicas del suelo. Obtenido de <https://inta.gob.ar/servicios/analisis-de-propiedades-quimicas-del-suelo/#:~:text=La%20determinaci%c3%b3n%20de%20las%20propiedades,de%20la%20calidad%20del%20suelo.>
- Juárez, E., & Rico, A. (2018). Fundamentos de la mecánica de suelos. México: Editorial Limusa.
- López, C. (2018). Evaluación y monitoreo de los suelo. obtenido de <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/sistemagestiondecualidad/procesos%20y%20procedimientos%20vigente/0130caracterizacion%20y%20balance%20de%20los%20recursos%20naturales%20y%20sus%20actores%20sociales%20relevantes/guias/gu.0130.09%20evaluacion%20>
- López, J. (2022). La estructura del suelo y su clasificación. Obtenido de <https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructura-clasificacion/#:~:text=%e2%96%ba%20horizonte%20b%3a%20en%20esta,c%3a%20tambi%c3%a9n%20conocido%20como%20subsuelo.>

- Luque, J. (2019). Guía para el muestreo de suelos. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia-para-el-muestreo-de-suelos-final .pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia-para-el-muestreo-de-suelos-final.pdf)
- Maher. (2020). Qué es la conductividad eléctrica y su importancia en los cultivos. Obtenido de <https://www.maherelectronica.com/conductividad-electrica-agricultura>
- Mendoza, R. (2019). Guía técnica para muestreo de suelos. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2016). Política para la Gestión y sostenible del suelo. Bogotá, Colombia.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2018). Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Madrid: Mundi-Prensa.
- Padrón, J. (2021). El suelo: concepto y formación. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/penetrometro-hidraulico-1ra-parte-ii/penetrometro-hidraulico-1ra-parte-ii>
- PDOT BOLÍVAR. (2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Bolívar. Obtenido de <https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/portalsni/datasigadplus/sigadplusdocumentofinal/0260000170001pdot%20Bolivar%20201502-09-2015-12-08-14.pdf>
- Pellegrini, A. (2019). Textura y color del suelo. Obtenido de <https://aula.virtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42831/modresource/content/1/tema%203%20-%20textura%20y%20color.pdf>
- Pinareque et al. (2013). Manual de procedimientos de laboratorios de suelos. Santa Marta, Colombia: Universidad de la Magdalena.
- Rovers, h. (2017). La ciencia del suelo y su manejo. Madrid, España: Paraninfo.
- Schachtschabel et al. (2017). Lehrbuch der bodenkunde.

- SEIPASA. (2019). 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/hierro-en-las-plantas-y-correccion-de-la-clorosis-ferrica/>
- Seoáñez et al. (2017). Contaminación del Suelo: estudios, tratamiento y gestión. Madrid: Mundi-Prensa.
- Thompson, L. (2019). Los suelos y su fertilidad. Barcelona: Reverté.
- UNLP. (2020). El suelo: un universo invisible. Obtenido de <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/98/27598/3f23fc987dbbda82587753c9796000a.pdf>
- Urriola, L. (2020). ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/343/3431370003/html/>
- USDA. (2012). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. traducción de area de cartografía de suelos y evaluación de tierras 2000. Argentina.
- Van Miegrot, H., & Johnson, D. W. (2018). Retroalimentación y sinergismo entre biogeoquímica, ecología básica y ciencia de suelos forestales. Revisión ecología forestal y manejo. Estados Unidos de America.
- Van Miegrot, H., & Johnsson, D. (2019). Feedbacks and synergism among biochemistry, basic ecology, and forest soil science. *Forest Ecology and Management*, 2214-23.
- Velázquez, C. (2022). Nutrientes del suelo: qué son y para qué sirven. Obtenido de <https://www.abc.com.py/articulos/nutrientes-del-suelo-866315.html>
- White, J., & Zasoski, R. (2016). Mapping soil micronutrients.
- White, R. (2020). Principles and practice of soil science. *The soil science*, 348.

Zambrano, A. (2020). Ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test). Obtenido de <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/>

ANEXOS

Anexo N° 1 Mapa del experimento



Granja Laguacoto III
2608 msnm

Fuente: (PDOT BOLÍVAR, 2019)



Fuente: Google Maps 2023

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	72	22	6	2,90	9,84	7,73	1,05	10,48	25,97	5,91	0,15	0,56	18,94	4,38	5,5	18,6	111	1,3
Medio	0-50	70	25	5	3,26	6,08	7,66	2,87	43,99	7,15	7,02	0,27	0,34	27,13	3,96	3,5	11,8	52	1,5
Bajo	0-50	72	24	4	3,27	5,38	7,47	2,32	47,85	13,31	10,65	0,31	0,50	17,36	3,84	3,0	17,9	111	4,5
Alto	50-100	68	26	6	2,92	9,26	7,82	0,80	16,11	20,80	5,97	0,11	0,73	12,70	2,69	3,1	14,6	100	0,9
Medio	50-100	62	29	9	3,10	11,43	7,68	2,14	24,20	15,60	9,16	0,21	0,48	22,41	4,83	3,7	14,6	77	1,7
Bajo	50-100	70	23	7	3,56	6,46	7,55	2,04	22,04	11,61	11,41	0,27	0,60	16,93	3,81	3,1	16,8	106	4,6

Anexos N° 3 Análisis físico químico del suelo



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: 23-0182

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

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 18/05/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 8:42
FECHA DE ANÁLISIS: 22/05/2023
FECHA DE EMISIÓN: 31/05/2023
ANÁLISIS SOLICITADO: 53

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	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	ppm	B	A	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural				
23-1034	7,73	L AI	10,48	B	25,97	A	5,91	B	0,15	B	0,56	A	18,94	A	4,38	A	5,5	M	18,6	A	111	A	1,3	B	4,32	7,82	41,64	23,88	1,05	M						Zona Alta 0 a 50 cm
23-1035	7,81	L AI	16,11	B	20,80	A	5,97	B	0,11	B	0,73	A	12,70	A	2,69	A	3,1	M	14,6	A	100	A	0,9	B	4,72	3,67	20,99	16,13	0,80	B						Zona Alta 50 a 100 cm
23-1036	7,66	L AI	43,99	M	7,15	B	7,02	B	0,27	B	0,34	M	27,13	A	3,96	A	3,5	M	11,8	A	52	A	1,5	B	6,85	11,69	91,72	31,43	2,87	A						Zona Media 0 a 50 cm
23-1037	7,68	L AI	24,20	B	15,60	M	9,16	B	0,21	B	0,48	A	22,41	A	4,83	A	3,7	M	14,6	A	77	A	1,7	B	4,64	10,06	56,75	27,72	2,14	A						Zona Media 50 a 100 cm
23-1038	7,47	P N	47,85	M	13,31	M	10,65	B	0,31	B	0,50	A	17,36	A	3,84	A	3,0	M	17,9	A	111	A	4,5	B	4,52	7,66	42,30	21,70	2,32	A						Zona baja 0 a 50 cm
23-1039	7,55	L AI	22,04	B	11,61	M	11,41	B	0,27	B	0,60	A	16,93	A	3,81	A	3,1	M	16,8	A	106	A	4,6	B	4,45	6,35	34,58	21,34	2,04	A						Zona baja 50 a 100 cm

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

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente


METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olan Modificado
S.B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olan Modificado
	B = Curcúmina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Phac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Fanta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titración NaOH

INTERPRETACION			
AIHLAI y Na	C.E.		M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lige. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLIVAR 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
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME N° 123-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas
Muestra	Suelo zona alta 0-50 cm
Código asignado UEB	INV 218
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Funda plástica
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura
Fecha de recepción	18/05/2023
Fecha de análisis	22-23/0352023
Fecha de informe	25/05/2023
Técnico (s) asignado	MIPV

RESULTADOS DE DENSIDAD

Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 218	Suelo zona alta 0-50 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	2,66	2.90
	Suelo zona alta 0-50 cm- R2				3,13	
	Suelo zona alta 0-50 cm- R3				2,91	

RESULTADOS DE HUMEDAD


Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 218	Suelo zona alta 0-50 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	9,84	9,84
	Suelo zona alta 0-50 cm- R2				9,81	
	Suelo zona alta 0-50 cm- R3				9,87	

RESULTADOS DE TEXTURA

Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 218	Suelo zona alta 0-50 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	72	Franco arcillo arenoso
				Limo	6	
				Arcilla	22	



Dr. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB




 UNIVERSIDAD ESTADAL 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
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME N° 124-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas					
Muestra	Suelo zona alta 50 -100 cm					
Código asignado UEB	INV 219					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura					
Fecha de recepción	18/05/2023					
Fecha de análisis	22-23/0352023					
Fecha de informe	25/05/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS DE DENSIDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 219	Suelo zona alta 50-100 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	2,92	2,92
	Suelo zona alta 50-100 cm- R2				2,89	
	Suelo zona alta 50-100 cm- R3				2,95	
RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 219	Suelo zona alta 50-100 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	9,26	9,26
	Suelo zona alta 50-100 cm- R1				9,17	
	Suelo zona alta 50-100 cm- R1				9,34	
RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 219	Suelo zona alta 50-100 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	68	Franco arcillo arenoso
				Limo	6	
				Arcilla	26	


Dr. Favian Bayas Morejón
 Director-DIVIUEB




 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLIVAR	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	2023
				Página	Página 1 de 1

INFORME N° 125-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas					
Muestra	Suelo zona media 0-50 cm					
Código asignado UEB	INV 220					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura					
Fecha de recepción	18/05/2023					
Fecha de análisis	22-23/0352023					
Fecha de informe	25/05/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS DE DENSIDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 220	Suelo zona media de 0-50 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	3,35	3,26 <i>z</i>
	Suelo zona media de 0-50 cm- R2				3,22	
	Suelo zona media de 0-50 cm- R3				3,21	
RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 220	Suelo zona media de 0-50 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	6,10	6,08
	Suelo zona media de 0-50 cm- R2				6,09	
	Suelo zona media de 0-50 cm- R3				6,06	
RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 220	Suelo zona media de 0-50 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	70	Franco arcillo arenoso
				Limo	5	
				Arcilla	25	


Dr. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB




 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	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME N° 126-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas					
Muestra	Suelo zona alta 50 -100 cm					
Código asignado UEB	INV 221					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura					
Fecha de recepción	18/05/2023					
Fecha de análisis	22-23/0352023					
Fecha de informe	25/05/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS DE DENSIDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 221	Suelo zona media de 50-100 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	2,81	3,10
	Suelo zona media de 50-100 cm- R2				3,36	
	Suelo zona media de 50-100 cm- R3				3,14	
RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 221	Suelo zona media de 50-100 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	11,43	11,43
	Suelo zona media de 50-100 cm- R2				11,46	
	Suelo zona media de 50-100 cm- R3				11,42	
RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 221	Suelo zona media de 50-100 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	62	Franco arcillo arenoso
				Limo	9	
				Arcilla	29	


Dr. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB




 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacolo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME N° 127-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas					
Muestra	Suelo zona baja de 0-50 cm					
Código asignado UEB	INV 222					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura					
Fecha de recepción	18/05/2023					
Fecha de análisis	22-23/0352023					
Fecha de informe	25/05/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS DE DENSIDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 222	Suelo zona baja de 0-50 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	3,42	3,27 ξ
	Suelo zona baja de 0-50 cm- R2				3,14	
	Suelo zona baja de 0-50 cm- R3				3,25	
RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 222	Suelo zona baja de 0-50 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	5,37	5,38
	Suelo zona baja de 0-50 cm- R2				5,38	
	Suelo zona baja de 0-50 cm- R3				5,39	
RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 222	Suelo zona baja de 0-50 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	72	Franco arcillo arenoso
				Limo	4	
				Arcilla	24	

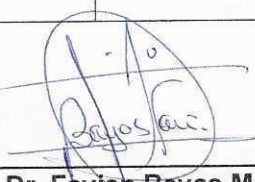

Dr. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB



 UNIVERSIDAD ESTADAL 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
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME N° 128-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Delia Ximena Armas Armas					
Muestra	Suelo zona baja de 50 -100 cm					
Código asignado UEB	INV 223					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Determinación de densidad real, humedad en suelo seco y textura					
Fecha de recepción	18/05/2023					
Fecha de análisis	22-23/0352023					
Fecha de informe	25/05/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS DE DENSIDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 223	Suelo zona baja de 50-100 cm- R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	3,44	3,56
	Suelo zona baja de 50-100 cm- R2				3,61	
	Suelo zona baja de 50-100 cm- R3				3,63	
RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 223	Suelo zona baja de 50-100 cm- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	6,11	6,46
	Suelo zona baja de 50-100 cm- R2				6,72	
	Suelo zona baja de 50-100 cm- R3				6,56	
RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 223	Suelo zona baja de 50-100 cm	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	70	Franco arcillo arenoso
				Limo	7	
				Arcilla	23	


Dr. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB



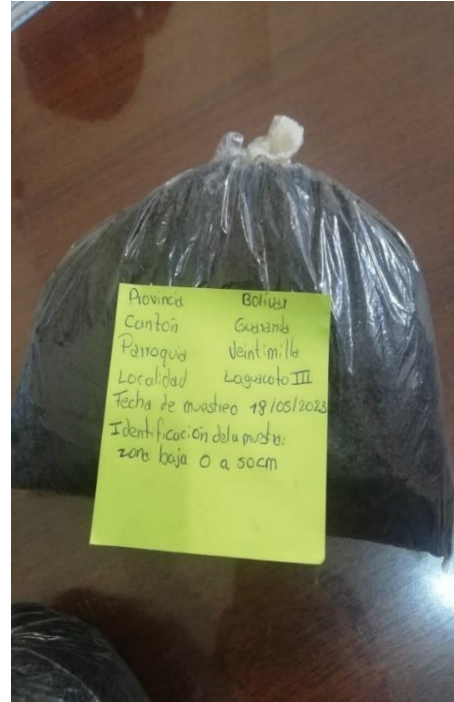
Anexo N° 4 Manejo del ensayo



Delimitación de zonas



Toma de muestras



Provincia Bolívar
Cantón Guasimó
Parroquia Veintimilla
Localidad Lagunoto III
Fecha de muestreo 19/05/2023
Identificación de la muestra:
zona baja 0 a 50cm

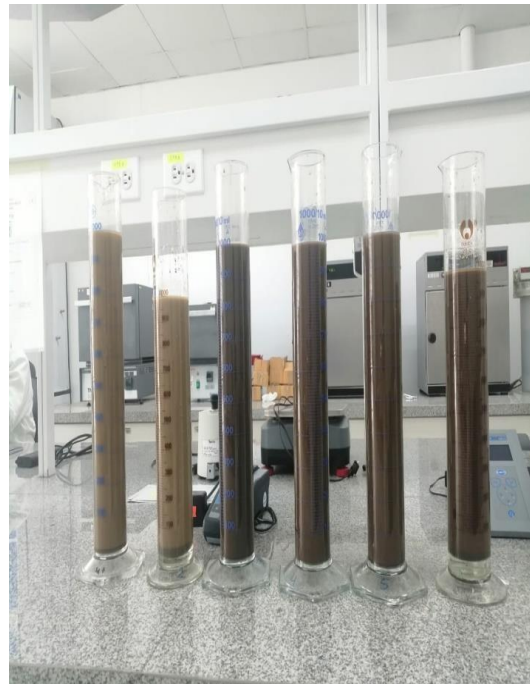
Etiquetado de muestras



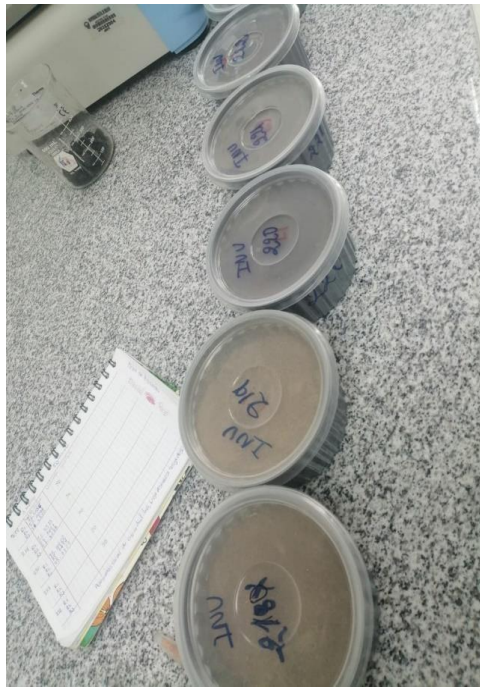
Entrega de 6 muestras en el INIAP



Pesado de muestra del análisis físico



Preparación de muestras para la determinación de humedad



Colocación de anillo en la superficie



Índice de infiltración



Resistencia a la penetración



Calicatas de infiltración, penetración

Visita de campo



Anexo N° 5 Glosario de términos

Agua subterránea: La parte de la precipitación total que en un tiempo dado está pasando o permanece en el suelo y los estratos subyacentes y que está libre para moverse por gravedad.

Arcilla: Partícula de suelo cuyo tamaño es inferior a 0,002 milímetros.

Arcilloso: Suelo que contiene una elevada proporción de arcilla.

Arenoso: Suelo que contiene una elevada proporción de arena.

Bancal: Escalón horizontal que se construye en terrenos de mucha pendiente para evitar la erosión.

Bioma: Una unidad de comunidad grande, fácilmente identificable, formada por la interacción de los climas regionales con la biota y los sustratos locales. En un bioma dado, la forma de vida de la vegetación clímax climática es uniforme. Así la vegetación clímax del bioma de pastizales es pastizal (gramíneas), aunque las especies dominantes de estas puedan variar en las diferentes partes del bioma

Capa dura: (formada por presión o inducida) Un horizonte o capa subsuperficial que tiene una mayor densidad aparente y menor porosidad que el suelo que esta inmediatamente arriba o debajo de ella, como resultado de presión que ha sido aplicada en operaciones normales de labranza con otros medios artificiales. Llamado pie de arado o pie de tránsito.

Capacidad de campo: El porcentaje de agua que queda en el suelo 2 o 3 días después de haberlo saturado y una vez que el drenaje prácticamente ha cesado (El porcentaje se puede expresar en base al peso o volumen)

Complejo arcilloso-húmico: Conjunto de arcilla y humus que tienen la facultad de adsorber iones e intercambiarlos con la solución del suelo.

Densidad aparente del suelo (DA): La masa del suelo seco por unidad de volumen aparente. El volumen aparente se determina antes de secar a peso constante a 105 °C.

Elementos primarios: Son aquellos elementos nutritivos que las plantas necesitan en gran cantidad. Por lo general los suelos no contienen la cantidad suficiente que requiere una cosecha abundante.

Elementos secundarios: Son aquellos elementos nutritivos que las plantas necesitan en cantidad moderada. Su abundancia en el suelo suele estar acorde con la demanda de los cultivos.

Erosión: El desgaste de la superficie del suelo por agua corriente, viento, hielo u otros agentes geológicos, incluyendo procesos como el deslizamiento gravitacional.

Escurrimiento: La parte de la precipitación que cae en una zona y que es descargada de la misma mediante corrientes o cauces. La porción que se pierde sin penetrar al suelo se llama escurrimiento superficial; y la que entra al suelo antes de llegar a un cauce es denominada escurrimiento de agua subterránea o flujo de infiltración.

Evapotranspiración: La pérdida combinada de agua de una superficie dada y en un tiempo determinado por evaporación de la superficie del suelo y por transpiración de las plantas.

Materia orgánica: Materia existente en el suelo que procede de la descomposición de residuos vegetales y animales.

Microelementos: Son aquellos elementos nutritivos que las plantas necesitan en pequeña cantidad. Normalmente se encuentran en los suelos en las cantidades requeridas por las cosechas.

Mineralización: Proceso por el cual los residuos orgánicos se convierten en sustancias minerales (agua, amoníaco, anhídrido carbónico, etc.).

Suelo salino-sódico: Un suelo que contiene una combinación de sales solubles y una cantidad de sodio intercambiable suficiente para interferir

con el desarrollo de la mayoría de las plantas cultivadas. La conductividad eléctrica es > 4 dS/m y el PSI es $> 15\%$. El pH es 8,5 o menos en la pasta del suelo saturado.

Unidad fertilizante: Es la cantidad de un kg del elemento químico fertilizante, salvo en el caso del fósforo (que es un kg de P_2O_5) y del potasio (que es un kg de K_2O).