



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

**CARACTERIZACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU ÍNDICE DE FERTILIDAD Y
APTITUD DE USO, EN LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA.**

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

Autores:

Jazmin del Rocio Mangui Ichina

Johana Lizbeth Sangacha Sangacha

Tutor:

Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

Guaranda – Ecuador

2024

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU ÍNDICE DE FERTILIDAD Y
APTITUD DE USO, EN LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA.

REVISADO Y APROBADO POR:



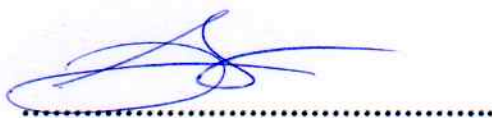
Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

TUTOR



Ing. Sonia Fierro Borja Mg.

DOCENTE LECTOR



Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Jazmin del Rocio Mangui Ichina, con cédula de identidad número 1851030021, y Johana Lizbeth Sangacha Sangacha, con cédula de identidad número 0202142311, declaramos 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 correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa vigente.



Jazmin del Rocio Mangui Ichina

AUTORA

CI. 1851030021.



Johana Lizbeth Sangacha Sangacha

AUTORA

CI. 0202142311



Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

TUTOR

CI. 0201089836



Notaria Tercera del Cantón Guaranda

Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez

Notario

No. ESCRITURA 20240201003P02858



DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

JAZMIN DEL ROCIO MANGUI ICHINA

JOHANA LIZBETH SANGACHA SANGACHA

FACTURA: 001-002-000013682

DI: 2 COPIAS

En la ciudad de Guaranda, capital la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veinticuatro de octubre dos de dos mil veinticuatro, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen las señoritas JAZMIN DEL ROCIO MANGUI ICHINA, soltera, domiciliada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua y de paso por este lugar, con celular número 0980088083, correo electrónico jasrosio1999@gmail.com; JOHANA LIZBETH SANGACHA SANGACHA, soltera, domiciliada en el cantón Colta, provincia de Chimborazo y de paso por este lugar, con celular número 0959172575, correo electrónico sangacha808@gmail.com, por sus propios derechos. Las comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, hábiles e idóneas para contratar y obligarse a quienes de conocerlas doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana, bien instruidas por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertidas de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento que dicen: **DECLARAMOS QUE EL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CON EL TEMA: CARACTERIZACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU ÍNDICE DE FERTILIDAD Y APTITUD DE USO, EN LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA**, previa la obtención del título de Ingeniera en Agronomía, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, de la Universidad Estatal de Bolívar, es de nuestra autoría, este documento no ha sido previamente presentado por ningún grado de calificación profesional y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas por las autoras. Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que la hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellas se afirman y se ratifican de todo lo expuesto y firman conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria, la presente declaración, de todo lo cual doy fe.-

JAZMIN DEL ROCIO MANGUI ICHINA

JOHANA LIZBETH SANGACHA SANGACHA

C.C. 1851030021

C.C. 0202142311

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ
NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



Tesis Jazmin del Rocio Mangui Ichina y Johana Lizbeth Sangacha Sangacha

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	4%
2	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	6%

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 6%
Excluir bibliografía Activo





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: VÍCTOR ALEJANDRO BÓSQUEZ BARCENES
Título del ejercicio: 14
Título de la entrega: Tesis Jazmin del Rocio Mangui Ichina y Johana Lizbeth Sang...
Nombre del archivo: Magui_24_22_SUELO.pdf
Tamaño del archivo: 8.35M
Total páginas: 86
Total de palabras: 16,088
Total de caracteres: 88,928
Fecha de entrega: 24-oct.-2024 10:08a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2495906825



DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios por brindarme salud y sabiduría y poder cumplir mis objetivos ya que, gracias a él, he logrado concluir mi carrera. A mis padres, Marco Mangui e Ines Ichina por estar a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano, Christian por formarme como profesional y brindarme su cariño, sus consejos, apoyo moral y de igual manera a mi hermana Jessica, el éxito del presente esfuerzo es dedicado para todos ustedes.

De igual manera a una persona muy especial en mi vida que me acompañó en todo trayecto de mi carrera desde el inicio hasta en final gracias Hector Quinatoa.

En honor a mi abuela Justita y a mi sobrina Keyla, mi fuente de inspiración y sabiduría. Aunque no estén físicamente conmigo, su espíritu y amor continúan guiándome en cada paso de este camino.

Jazmin

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme dado la vida y la salud, a mi madre Ermiña Sangacha, que con sus sabias palabras me llena de vida y ganas de seguir luchando cada día, siendo uno de, mis pilares fundamentales y ejemplo a seguir toda la vida, enseñándome valores de humildad, respeto, educación y amistad.

A mis hermanos por estar siempre presentes junto a mi cada día de mi vida por la confianza brindada durante el proceso de estudio. A la Universidad Estatal de Bolívar, a mis amigos que, a lo largo de mi carrera, me han transmitido sus conocimientos y sabios consejos.

Espero contar siempre con ustedes incondicionalmente.

Johana

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a Dios, por darnos salud y vida permitiéndonos lograr nuestros objetivos como es la culminación de esta fase académica.

Agradecemos infinitamente a nuestra querida Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar por ofrecernos una calidad académica excelente y formarnos como grandes profesionales. A nuestro tutor Ing. Nelson Monar M.Sc, por brindarnos su apoyo incondicional y habernos guiado en nuestro proyecto de investigación y haber concluido con éxito. A cada uno de los docentes que nos impartieron todos sus conocimientos durante todo el ciclo de nuestra carrera universitaria.

Jazmín y Johana

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pag.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Suelo	6
2.2. Importancia del suelo.....	6
2.3. Calidad del suelo	6
2.4. Perfil del suelo	7
2.4.1. Horizonte A.....	7
2.4.2. Horizonte B	7
2.4.3. Horizonte C	8
2.5. Propiedades físicas del suelo	8
2.5.1. Color del suelo.....	8
2.5.2. Textura	9
• Clasificación de la textura del suelo	9
2.5.3. Estructura	10
2.6. Propiedades químicas	10
• pH.....	10
• Materia orgánica	11
• Macronutrientes	11
• Macronutrientes primarios.....	12
• Nitrógeno (N)	12

• Fósforo (P).....	12
• Potasio (K).....	12
• Macronutrientes secundarios	13
• Calcio (Ca).....	13
• Magnesio (Mg)	13
• Micronutrientes.....	14
• Hierro (Fe).....	14
• Cobre (Cu).....	14
• Azufre (S)	13
• Molibdeno (Mo)	14
• Boro (B).....	15
2.7. Fertilidad del suelo	15
2.7.1. Factores que influyen en la fertilidad del suelo.....	15
2.8. Uso de suelo a nivel del país	16
2.9. Muestreo de suelo	16
2.10. Tipos de muestras.....	16
2.10.1. Muestra simple.....	16
2.10.2. Muestra compuesta	17
2.11. Técnicas del muestreo	17
2.12. Profundidad de muestreo.....	18
2.12.1. Calicata	19
2.13. Análisis del suelo	19
2.13.1. Descripción de uso de suelos	20
CAPÍTULO III.....	21
3.MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Ubicación de la investigación.....	21
• Localización de la investigación.....	21
• Situación geográfica y climática.....	21
• Zona de vida	21
3.2. Metodología.....	21

3.2.1. Material experimental	21
3.2.2. Factor en estudio	22
3.2.3. Tratamientos	22
3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico	22
3.2.5 Manejo del experimento	22
• Identificación de la zona de muestreo	22
• Selección de sitios	22
• Calicatas.....	22
• Toma de muestras	23
• Etiqueta de muestras	23
• Traslado de muestras	23
• Ingreso de las muestras.....	23
3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuestas).....	24
• Variables físicas.....	24
• Textura (T).....	24
• Humedad (HC)	24
• Variables fisicoquímicas.....	24
• pH.	24
• Porcentaje de materia orgánica.....	24
• Densidad aparente y real.....	25
• Variables químicas	25
• Cálculo de macro y micro nutrientes del suelo.....	25
• Nitrógeno	25
• Fósforo	25
• Potasio.	25
• Calcio.	26
• Magnesio	26
• Azufre.	26
• Hierro.	26

• Manganeso.....	26
• Zinc.	26
• Cobre.	27
• Boro.	27
• Molibdeno.....	27
• Suma de bases.....	27
• Agrícola	28
• Pradera natural y forestal.....	28
• Infraestructura.....	28
3.2.7 Análisis de datos.....	28
CAPÍTULO IV.....	29
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.1. Análisis de indicadores físicos	29
4.1.2. Análisis de indicadores químicos	32
4.1.3. Análisis de los macro - nutrientes.....	36
4.1.4. Análisis de los micro-nutrientes.....	44
4.1.5. Uso del suelo de la granja Laguacoto III.....	53
4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	56
CAPÍTULO V	57
5.1. CONCLUSIONES.....	57
5.2. RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag.
1	Determinación de textura.	29
2	Determinación de humedad	30
3	Determinación del pH	32
4	Determinación del porcentaje de materia orgánica	33
5	Determinación de la densidad aparente	34
6	Determinación de Nitrógeno (N)	36
7	Determinación de Fósforo (P)	37
8	Determinación de Potasio (K)	38
9	Determinación de Calcio (Ca)	40
10	Determinación de Magnesio (Mg)	41
11	Determinación de Azufre (S)	42
12	Determinación de Boro (B)	44
13	Determinación de Hierro (Fe)	45
14	Determinación de Cobre (Cu)	46
15	Determinación de Manganeso (Mn)	48
16	Determinación Zinc (Zn)	49
17	Resultados para la infiltración	50
18	Resultados para la penetración	52
19	Variables uso del suelo en ha, de la granja Laguacoto III	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pag.
1	Determinación de textura	29
2	Determinación de humedad	31
3	Determinación del pH	32
4	Determinación del porcentaje de materia orgánica	33
5	Determinación de la densidad aparente	35
6	Niveles de nitrógeno	36
7	Niveles de fósforo	37
8	Niveles de potasio	38
9	Niveles de calcio	40
10	Niveles de magnesio	41
11	Niveles de azufre	42
12	Niveles de boro	44
13	Niveles de hierro	45
14	Niveles de cobre	47
15	Niveles de manganeso	48
16	Niveles de zinc	49
17	Valores de la variable infiltración	51
18	Valores de la variable penetración	52
19	Uso del suelo en ha	53
20	Mapa temático: Uso del territorio - Agrícola	54
21	Mapa temático: Uso del territorio - Pradera natural y forestal	54
22	Mapa temático: Uso del territorio - Infraestructura	55
23	Mapa temático: Uso del territorio - General	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Detalle
1	Mapa de la ubicación del ensayo
2	Croquis del ensayo
3	Base de datos
4	Análisis de suelo
5	Fotografías
6	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

La investigación se realizó en dos sitios en localidad de Laguacoto III de la provincia Bolívar, cantón Guaranda con el fin de caracterizar el suelo según su índice de fertilidad y aptitud de uso, en tres estratos agrícolas. Los objetivos planteados fueron i) Valorar la calidad del suelo en relación de las propiedades físicas. ii) Evaluar la calidad del suelo de acuerdo a las propiedades químicas. iii) Identificar el uso potencial del suelo en base a la fertilidad y aptitud de uso. Se realizó una estadística descriptiva, máximos, mínimos y medias generales para comparar promedios de las propiedades físicas – químicas de los niveles de macro y micronutrientes. Para realizar los análisis se consideraron 6 tipos de muestreo a diferente profundidad cada uno con un transecto (alto, medio y bajo), con dos profundidades diferentes la primera a 0 – 0.50 m y la segunda de 0.50 a 1m. Según el análisis fisicoquímico se demostró que el suelo de la localidad de Laguacoto III en los seis tratamientos, reveló un alto predominio de partículas de arena. La humedad promedio registrada fue del 21.95%, lo que indica una baja retención de humedad en el suelo. Esto se debe a que la textura del suelo es franco arenosa, lo que facilita la filtración. Esta característica impacta negativamente en los procesos fotosintéticos y metabólicos esenciales para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas. Las propiedades químicas indicaron que la zona agroecológica en estudio presenta suelos neutros, con valores de pH que oscilan entre 7.19 y 7.34. Esto significa que los suelos se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo adecuado de los cultivos. El contenido de materia orgánica más alto se presentó en el T6, indicando que este suelo contiene más micro y macronutrientes para el crecimiento y sustento de las plantas cabe mencionar que las plantas a través de los pelos absorbentes absorben H₂O, sales minerales presentes en el suelo y en la MO. La identificación de macro y micro nutrientes se vio influenciada por el nivel de erosión al que estaban expuestos y la altitud del área de muestreo, lo que llevó a variaciones en el contenido de nutrientes entre los tres transectos analizados.

Palabras claves: Transectos, caracterizar, estratos, muestreo

SUMMARY

The research was carried out in two sites in the town of Laguacoto III in the province of Bolívar, canton of Guaranda in order to characterize the soil according to its fertility index and suitability for use, in three agricultural strata. The objectives were i) To assess the quality of the soil in relation to the physical properties. ii) To evaluate the quality of the soil according to the chemical properties. iii) To identify the potential use of the soil based on fertility and suitability for use. Descriptive statistics were carried out, with maximums, minimums and general means to compare averages of the physical-chemical properties of the macro and micronutrient levels. To carry out the analysis, 6 types of sampling were considered at different depths, each with a transect (high, medium and low), with two different depths, the first at 0 - 0.50 m and the second from 0.50 to 1 m. According to the physicochemical analysis, it was shown that the soil of the town of Laguacoto III in the six treatments revealed a high predominance of sand particles. The average humidity recorded was 21.95%, indicating low moisture retention in the soil. This is because the soil texture is sandy loam, which facilitates filtration. This characteristic negatively impacts the photosynthetic and metabolic processes essential for the proper growth and development of plants. The chemical properties indicated that the agroecological zone under study presents neutral soils, with pH values ranging between 7.19 and 7.34. This means that the soils are within the optimal range for the proper development of crops. The highest organic matter content was present in treatment T6, indicating that this soil contains more micro and macronutrients for the growth and sustenance of plants. It is worth mentioning that plants absorb H₂O, mineral salts present in the soil and in the OM through absorbent hairs. The identification of macro and micro nutrients was influenced by the level of erosion to which they were exposed and the altitude of the sampling area, which led to variations in nutrient content between the three transects analyzed.

Keywords: Transects, characterize, strata, sampling

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos básicos que sustentan la vida en el planeta. Este ha sido estudiado durante muchos años, y hoy es bien conocido que hay factores que dañan y amenazan su existencia; como también hay otros, que contribuyen a perpetuarlos para las futuras generaciones. Un diagnóstico completo del suelo no solo incluye los problemas de fertilidad si no también, cómo las condiciones ambientales (suelo-planta-clima) podrían incidir en una mejor producción del cultivo (Trelles, 2018).

El suelo a nivel mundial se define como el fundamento del sistema alimentario, se determina que el 95% de nuestros alimentos proviene del suelo. También se demuestran que es la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas productoras de alimentos. En el continente africano, solo 8% del suelo es apropiado para la agricultura, y en el África subsahariana más de 180 millones de personas dependen de suelos agotados para el cultivo de sus alimentos, aspecto que amenaza su seguridad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, 2023).

En el Ecuador, respecto al análisis de las superficies más importantes en relación al uso del suelo, se ha determinado que las superficies dedicadas a cultivos permanentes en los últimos años han ido creciendo de manera positiva en una tasa del 1.35%, en el año 2009 se evidenció el mayor crecimiento con el 6.73%. Para el año 2012 se observó un crecimiento del 0.25 % en relación al año pasado (Acosta, 2021).

La provincia Bolívar cuenta con un área de 50006 ha dedicadas a la producción de cultivos permanentes y cultivos transitorios. De datos obtenidos del Sistema de Información ESPAC 2003 - 2007 de los principales productos tradicionales del país, la Provincia de Bolívar aporta en mayor porcentaje con el cultivo maíz suave en la Sierra, cultivo de cacao y cítricos en el Subtrópico (Gomez, 2019).

El análisis de fertilidad de suelo es una práctica que utiliza un análisis químico de muestras representativas de un terreno particular y datos de calibración derivados de investigaciones previas en diferentes suelos, con el fin de inferir dosis de fertilización adecuadas para un rendimiento dado. Las soluciones extractoras utilizadas en los laboratorios simulan la absorción de nutrimentos por las plantas. Así el nivel de cada elemento obtenido en el análisis de suelo, es un índice de la cantidad relativa de ese nutrimento disponible en el suelo para el desarrollo de las plantas (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, 2020).

Las plantas requieren alrededor de 16 nutrientes esenciales para su normal crecimiento y desarrollo. En la mayoría de los casos, los suelos presentan deficiencia de algunos de ellos y esto provoca que los cultivos no tengan la producción esperada (Trujillo, 2018).

1.2. PROBLEMA

Uno de los grandes problemas a nivel mundial es la contaminación del suelo, este tipo de contaminación implica cambios en la superficie terrestre con productos químicos que son dañinos para la vida en diversos grados, poniendo en riesgo los ecosistemas y la salud humana, a su vez este cambio en la calidad del suelo puede ser causado por muchos factores y al mismo tiempo sus diferentes efectos afectan gravemente a la flora y la fauna. La agricultura es la acción humana dedicada a la tierra, con el fin de producir provisiones de origen vegetal, tales como frutas, verduras, hortalizas o cereales, a nivel mundial debió al abuso de pesticidas, fertilizantes químicos, monocultivos, deforestación.

Otro de los problemas, es que no existe información referente al uso del suelo y a la fertilidad en la granja Laguacoto III. Sin embargo, la explotación de los recursos naturales, como el suelo principalmente es indiscriminado, tanto así que la productividad va disminuyendo cada año, a esto se suma las condiciones climáticas cambiantes y no predecibles. La producción agrícola es casi imprescindible, siendo que estas ejercen mayor presión al recurso suelo, propiciando una degradación del mismo; como resultado se tiene producción agropecuaria reducida.

El presente proyecto investigativo permitió caracterizar este suelo, mediante diversos indicadores físicos y químicos para conocer la realidad del mismo en base a los análisis de laboratorio y posteriormente proponer recomendaciones, lo cual busco crear conciencia del cuidado del ambiente, específicamente sobre el manejo adecuado del suelo, para producir de una mejor manera sus cultivos en una tierra más fértil, libre de plagas y enfermedades.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Caracterizar el suelo según su índice de fertilidad y aptitud de uso.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Valorar la calidad del suelo en relación de las propiedades físicas.
- Evaluar la calidad del suelo de acuerdo a las propiedades químicas.
- Identificar el uso potencial del suelo en base a la fertilidad y aptitud de uso.

1.4. HIPÓTESIS

H₀: La calidad del suelo no depende de su fertilidad y aptitud de uso.

H_a: La calidad del suelo depende de su fertilidad y aptitud de uso.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Suelo

El suelo es un recurso natural limitado y no renovable que ofrece diversas funciones ambientales, como ejemplo tenemos la participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos químicos como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que, por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta (Vistoso, 2019).

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 macroorganismos que desempeñan procesos fundamentales de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones indispensables para la sociedad y el planeta (FAO, 2018).

2.2. Importancia del suelo

Los suelos son la base de la agricultura, se estima que el 95% de nuestros alimentos se producen directa o indirectamente en ellos y a su vez, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y cantidad de alimentos. Los rendimientos de los cultivos en la actividad agrícola se basan en el conocimiento del suelo como sustento para el desarrollo de los cultivos (Valle, 2022).

Un suelo sano, debe contar con las condiciones mínimas esenciales para el desarrollo de los cultivos, suministrando los nutrientes esenciales, agua, oxígeno y el soporte que necesitan las plantas para crecer y prosperar, dando además la protección a las raíces frente a las fluctuaciones de temperatura (Valle, 2022).

2.3. Calidad del suelo

La calidad de suelo indica la utilización de este, con el principal propósito que se mantenga en un 16 intervalo amplio en el tiempo. Este término se empezó a acotar cuando se reconocieron las funciones del suelo:

- Promover la producción del suelo sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas. (Productividad biológica sostenible)
- Disminuir contaminantes ambientales y nocivos. (Calidad ambiental)
- Beneficiar la salud de plantas, animales y humanos.

La calidad del suelo también se referencia a la capacidad que presenta un suelo específico para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas ya sean naturales o antrópicos, asegurando así la productividad. Siendo capaz de desempeñar dentro de este, manteniendo la calidad del agua, el ciclaje de nutrientes y la producción de la materia orgánica animal y vegetal (Yara, 2023).

2.4. Perfil del suelo

El perfil del suelo, es un corte vertical del terreno que permite estudiar al suelo en su conjunto, desde la superficie hasta el material originario. Al observarse pueden distinguir capas llamados “Horizontes”, ya que su disposición suele ser horizontal o subhorizontalmente y cada una de ellas suele tener características y propiedades diferentes en un mismo suelo. La finalidad del perfil en la descripción de suelos es dar información que permita al lector la comprensión de las características del suelo y compararlas con las de otros suelos de los cuales posee descripciones o un conocimiento personal. Los principales horizontes son: A, B y C (MAGAP, 2019).

2.4.1. 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 (Riera, 2022).

2.4.2. Horizonte B

En esta capa no hay humus prácticamente, por eso el color es más claro que el de la capa alto. En esta se depositan los materiales arrastrados desde arriba, sobre todo, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos (López, 2022).

2.4.3. 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).

2.5. 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. Las primordiales propiedades físicas que influyen en el crecimiento de los cultivos se detallan a continuación: color, textura y estructura (Delli, 2022).

2.5.1. Color del suelo

El color es una característica que se puede evidenciar a simple vista al observar la superficie o el perfil de un suelo; con el color se puede afirmar si un suelo contiene más o menos materia orgánica, si tiene hierro, si puede drenar mejor o peor. El color del suelo viene dado por la proporción de compuestos orgánicos y minerales presentes en el mismo; la materia orgánica produce colores oscuros (negruzco, pardo) como consecuencia de ácidos húmicos. La acumulación de materia orgánica procede de la muerte y descomposición de organismos, microorganismos.

De acuerdo con la coloración del suelo se puede asumir algunos de sus compuestos, como los siguientes: El color rojo, se desarrolla por oxidación del hierro, que indica un suelo aireado y altamente meteorizado y que ha tenido un buen drenaje. El color amarillo se debe a la presencia de óxido de hierro hidratado, altamente meteorizado. El color gris se caracteriza por la abundancia de cuarzo, presenta una incipiente meteorización química y ausencia de materia orgánica. El color gris verdoso se debe a procesos de reducción de hierro, suelos saturados de agua durante largos periodos. El color oscuro indica la presencia de materia orgánica, la turba generalmente es un color pardo (café) y el humus de color negro (Graterón, 2020).

2.5.2. Textura

La textura exterioriza el porcentaje de partículas de limo, arena y arcilla en una muestra de suelo, las cuales se caracterizan por tener diferente tamaño, es importante considerar este indicador para conocer cuánta agua y aire retiene además de la velocidad con que el agua se sumerge y atraviesa el suelo (FAO, 2020).

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales (Acosta, 2021).

- **Clasificación de la textura del suelo**

TEXTURA DEL SUELO	CLASE
Arenoso (fina, media, gruesa)	Gruesa
Arenoso franco	Gruesa
Franco arenosos (fino a grueso)	Moderadamente gruesa
Franco limoso	Moderadamente gruesa
Franco	Media
Limoso	Media
Franco arcilloso (<35% de arcilla)	Media
Franco arcillo arenoso	Media
Franco arcillo limoso	Media
Franco arcilloso (>35%)	Fina
Arcillosos (40 - 60% de arcilla)	Fina
Arcillo arenosos	Fina
Arcillo limoso	Fina
Arcilloso (>60%)	Muy fina

Fuente: (MAGAP-IEE, 2019)

- **Arcilla.** - Mineral secundario del tipo cristalino, con una estructura compleja en capas en el caso de las arcillas cristalinas; arcillas de bajo grado de cristalinidad, como el alofán y la imogolita y las llamadas arcillas hidróxidos u óxidos de hierro y aluminio (Vásquez, 2022).
- **Limo.** - Mineral fragmentado de rocas, dominando en la fracción fina los minerales primarios individuales y eventualmente minerales secundarios del tipo arcilla de tamaño grueso como la caolinita.
- **Arena.** - Fragmentos de roca o minerales, en la arena fina predominan partículas individuales de minerales primarios y en la arena gruesa fragmentos de rocas (Graterón, 2020).

2.5.3. Estructura

La permanencia estructural de los agregados del suelo, hace referencia a la capacidad de éstos para mantener su forma al estar sometidos a fuerzas inducidas artificialmente, en concreto las derivadas de la humectación, impacto de las gotas de lluvia, el paso de agua o a un determinado proceso dispersivo, es decir representa la resistencia a toda modificación de los agregados (FAO, 2023).

2.6. Propiedades químicas

Las propiedades químicas están relacionadas con la eficacia y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, para comodidad de las mismas entre estas se puede destacar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, extractos de fósforo, nitrógeno y potasio; del mismo modo, las propiedades físicas reflejan la forma en que el suelo almacena agua, y la suministra a las plantas y permite la evolución de las raíces, entre ellas tenemos: estructura, densidad aparente, estabilidad general, permeabilidad, profundidad, conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento (Delli, 2022).

- **pH**

El pH del suelo determina el grado de adsorción de iones (H^+) por partículas del suelo indicando si un suelo es ácido o alcalino. También se considera el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influye en la

solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (Graterón, 2020).

El pH del suelo mide la acidez o alcalinidad de una muestra de suelo. El pH puede presentar un valor comprendido en una escala entre 0 a 14, de este modo cuando el valor es 7 se dice que es neutro, con valores menores a 7 se considera que el suelo es ácido y con valores mayores a 7 el suelo es alcalino.

Los suelos ácidos con pH menor a 6.5 provoca una menor disponibilidad de nutrientes para las plantas, pero suelos con pH entre 4.5 y 5.5 se recomienda realizar encalamiento para corregir la fijación de fósforo y mejorar el aprovechamiento de los nutrientes por parte del cultivo (Acosta, 2021).

- **Materia orgánica**

La materia orgánica es una mezcla variada y compleja de sustancias orgánicas. Todas las sustancias orgánicas, por definición, contienen el elemento carbono, y, en promedio, el carbono comprende casi la mitad de la masa de la materia orgánica del suelo. La materia orgánica del suelo regula la fertilidad química, a partir de la cantidad de nutrientes que proveerá para las plantas, así como el mantenimiento de la biodiversidad y la estructura física de los suelos, pues esa materia permite que las partículas minerales se peguen entre sí y formen terrones (agregados), que posibiliten al suelo mantener una cantidad suficiente de espacio poroso donde las raíces de las plantas toman agua, nutrientes y se anclan. Esto ayuda a que haya una mayor productividad vegetal, más residuos, más materia orgánica y se generan estos procesos de retroalimentación positiva que mantienen la fertilidad de los suelos o ciclos virtuosos en los ecosistemas (Sánchez, 2019).

- **Macronutrientes**

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 (Rodríguez, 2022).

- **Macronutrientes primarios**

Este grupo se denomina así porque, normalmente, la tierra no puede suministrarlos a las plantas en las cantidades relativamente altas que estas necesitan para desarrollarse en forma saludable. En la mayoría de los cultivos las necesidades de las plantas son alto es a las reservas existentes en forma asimilable de los elementos en el suelo, por lo que es necesario realizar aportes mediante el uso de fertilizantes (Trelles, 2018).

- **Nitrógeno (N)**

Es un componente integral que tiene varios compuestos esenciales para las plantas, entre los más importantes se destacan: Componente de los aminoácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas. Componente de moléculas de enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos (Vargas, 2019).

- **Fósforo (P)**

Es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos, es un elemento que da calidad y precocidad a las plantas, ya que adelanta la maduración, a diferencia del nitrógeno, que tiende a prolongar el crecimiento vegetativo, el nitrógeno es bastante móvil dentro de la planta y, cuando el suministro en el suelo es inadecuado, se transfiere a hojas jóvenes, provocando que las hojas viejas muestren clorosis, envejecan prematuramente y caigan (Delli, 2022).

- **Potasio (K)**

Es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, y son necesarios para su desarrollo y reproducción, y tienen un papel fundamental en la apertura y el cierre de tormentas, y el control del consumo que absorbe una distancia de la distancia desde la transmisión de azúcar y almidón para mantener la presión

de las células de las células lo que significa que impide que la planta se marchite. La deficiencia de este nutriente presenta quemaduras o disparos a lo largo del borde de la cuchilla. Las plantas pobres crecen lentamente con un desarrollo pobre de las raíces. Tallos débiles con alojamiento de semillas y frutos comunes y pequeños. Baja tolerancia al estrés (Quimagro, 2022).

- **Macronutrientes secundarios**

Las cantidades de estos elementos presentes en el suelo suelen cubrir las necesidades de los cultivos, por lo que generalmente no es preciso realizar aportes a ningún tipo de suelo.

- **Calcio (Ca)**

Esencial para el alargamiento y división celular. Requerido para el desarrollo y la función de las raíces y las hojas y la formación de membranas y paredes celulares. Implicado en la activación de enzimas. La deficiencia de este nutriente presenta un pobre crecimiento de las raíces que a menudo se vuelven negras y se pudren. Falta de desarrollo de yemas terminales y puntas apicales de las raíces para desarrollar (MAGAP-IEE, 2019).

- **Magnesio (Mg)**

Componente primario de la clorofila e importante para la fotosíntesis. Componente de ribosomas requerido para la síntesis de proteínas. Participa en el metabolismo del fosfato, la respiración y la actividad enzimática. La deficiencia ocasiona que las hojas muestren un color amarillento, bronce o rojizo mientras que las venas de las hojas permanecen verdes (PROAIN, 2021).

- **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 (Vargas, 2019).

- **Micronutrientes**

- **Hierro (Fe)**

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. Se emplea estrategias que combinan el aporte de quelatos de hierro de la máxima calidad, solubilidad y estabilidad como los que comercializa. A ello conviene añadir el uso de otras soluciones que estimulen el desarrollo radicular, consiguiendo una mejor absorción de los micronutrientes clave (Rodríguez, 2022).

- **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 (Sánchez, 2019).

- **Molibdeno (Mo)**

Es un micronutriente esencial para las plantas, ya que participa en la síntesis de enzimas clave para la fijación de nitrógeno y el metabolismo del azufre. Aunque se requiere en pequeñas cantidades, su deficiencia puede afectar el crecimiento y la salud de las plantas. Su disponibilidad depende del pH del suelo, siendo más accesible en suelos ligeramente alcalinos. Involucrando enzimas fundamentales: El nitrato reductasa y nitrogenasa (Yara, 2023).

- **Boro (B)**

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 (Pineda, 2023).

2.7. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo, considera al suelo como un medio que permite el crecimiento de las plantas. Esta es muy variante ya que en suelos con pH alto o un alto contenido de bases cambiables, se presentan problemas en la asimilación de nutrientes; también por la presencia de carbonatos de cal, porque realiza un bloqueo de los micro - elementos; la alcalinidad por el sodio lleva a una impermeabilización, formación de costra y otros. Las propiedades químicas del suelo, están muy relacionadas con la fertilidad, por lo tanto, los factores edáficos (químicos) en complemento con los factores climáticos y bióticos son los que afectan a la producción agrícola y por ende los rendimientos (Vargas 2019).

2.7.1. Factores que influyen en la fertilidad del suelo

La fertilidad de un suelo, es una consecuencia de los factores edáficos, principalmente de: Drenaje, textura, pendiente, profundidad, acidez (pH), materia orgánica y factores precedentes como el clima y la composición mineralógica del suelo. Los agentes y factores preponderantes que determinan la fertilidad del suelo son las propiedades físico-químicas del mismo, en estrecha relación con los factores hídricos (Mycsainc, 2021)

La fertilidad del suelo es influenciada por los siguientes parámetros:

- **Porosidad.** - Se debe a la capacidad de aireación y acumulación de agua.
- **Retención de agua.** - Por ser dependiente de otros como la textura que presenta la siguiente relación: En la arena es del 10 -15%, en suelo franco 20 - 30% y la Arcilla 39 - 40% de retención de agua. (Álvarez, 2020)

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).** - Los suelos arcillosos, presentan mayor contenido de cationes (Ca, Mg, K y Na); se consideran suelos más ricos, pero a la vez depende del contenido de la materia orgánica. En cambio, los suelos arenosos retienen pocos elementos nutritivos, pero estos ponen a disposición de las plantas muy fácilmente. (Vargas, 2019)
- **Reacción del suelo (pH).** - Influye en los aspectos como la adaptabilidad de los cultivos, disponibilidad de los nutrientes, actividad microbiana y contenido de bases de cambio. (Vargas, 2019)

2.8. Uso de suelo a nivel del país

El uso del suelo, se refiere a la categoría de utilización de las tierras en el sector rural del país, se mencionan los siguientes valores del uso del suelo a nivel de Ecuador donde tenemos los siguientes datos: montes y bosques con un 30,10%, pastos cultivados con un 29,85%, pastos naturales con un 11,96%, cultivos permanentes con un 11,62%, cultivos transitorios y barbecho con un 8,58%, paramos con un 5,11%, otros usos 1,73% y de descanso con un 1,07% (Moreno, 2019).

2.9. Muestreo de suelo

El muestreo de suelo es la actividad de recolección de las muestras de suelo (representativas), que permiten caracterizar el suelo en estudio. La muestra es definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando. Y, las muestras enviadas al laboratorio constituyen las muestras elegidas para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos (FAO, 2018).

2.10. Tipos de muestras

2.10.1. Muestra simple

Es la muestra obtenida de una sola extracción del suelo. Son usadas en trabajos de investigación, extensión, y en suelos muy homogéneos. Se recomienda tomar una

muestra de un kg por hectárea suelo, para fines de nutrición de plantas (Mendoza, 2018).

2.10.2. Muestra compuesta

Se refiere a la muestra de suelo obtenida de varias extracciones o muestras simples, reunidas en un recipiente codificado por profundidad, si es el caso, y luego bien mezcladas, de donde se retira un kg de suelo. Es el muestreo más utilizado para planificar fertilización. Se recomienda entre seis y doce submuestras por unidad de muestreo (Valle, 2022).

2.11. Técnicas del 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 (Delli, 2022).

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 (López, 2020)

- 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.
- Durante las actividades de muestreo, es importante incluir como material de apoyo, cartas topográficas, edafológicas, climáticas y geológicas, un plano cartográfico del sitio y mapas de carreteras, con toponimia actualizada. Además, es recomendable incluir una libreta para registrar las acciones de campo, una cámara fotográfica y la cadena de custodia para las muestras (Delli, 2022)

2.12. Profundidad de muestreo

La profundidad del muestreo está determinada por el tipo de cultivo (desarrollo radicular) y el propósito del análisis de suelo. En el caso de los cultivos, los resultados de los análisis de suelos se utilizan para gestionar el manejo de la fertilización, basados en la oferta nutricional del suelo y la demanda de los cultivos. En la Tabla 1, se indica las diferentes profundidades de muestreo por cultivos.

La CORPOICA recomienda las siguientes profundidades:

- 0 a 10 cm para pastos utilizados en pastoreo
- 0 a 25 cm para cultivos comerciales y pastos de corte
- 0 a 25 y 25 a 50 cm para frutales y especies forestales, en general. (Graterón, 2020).

2.12.1. 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 (Mycsainc, 2021).

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, 2020).

2.13. Análisis del suelo

El análisis de suelos agrícolas es una técnica compleja que une diversos métodos analíticos con sus respectivas extracciones, básicamente remueve los nutrientes más importantes del suelo (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, azufre, boro, hierro, cinc y manganeso) y mide su disponibilidad para la planta. El análisis de suelos también mide el pH del mismo, el cual está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes (INIAP, 2023).

Basado en la información obtenida por el análisis de suelos se puede hacer un cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar. La ventaja de realizar un análisis de suelos es que el programa de fertilización se hace en base a lo que la planta requiere, disminuyendo así la pérdida de fertilizantes.

La profundidad normal para la toma de muestras es de 15 a 30 cm en una superficie recientemente establecida y el número de muestras debe ser representativo del área. La muestra a enviar al laboratorio de análisis es una mezcla de 10 a 15 submuestras (INIAP, 2023).

2.13.1. Descripción de uso de suelos

Agrícola. - Esta categoría comprende agricultura tradicional y tecnificada, con fines de subsistencia (cultivos básicos) y comerciales (a gran escala).

Pasto. - (Pradera) Son áreas desprovistas de bosque y cultivadas con pastos, de uso predominante para ganadería extensiva.

Matorral. - Comprende a la superficie ocupada por vegetación de porte bajo, por lo general son terrenos agrícolas que se encuentran en estado de descanso o barbecho.

Bosque. - Esta categoría de uso está conformada por bosques de pino, bosques latifoliados y bosques mixtos. Se asigna esta categoría a las áreas cubiertas con más del 60% de vegetación arbórea.

Suelo desnudo. - En esta categoría se incluye las zonas de derrumbe, cauces de los ríos con evidencia de inundación reciente y las zonas de extracción de material selecto.

Zona poblada. - Incluye todas las zonas pobladas, áreas sometidas a uso intensivo, cubierto en gran parte por estructuras, a la vez incluye ciudades, poblados y aldeas (Quimagro, 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

La presente investigación se realizó en la provincia de Bolívar del cantón Guaranda en la parroquia Veintimilla del sector Granja el Laguacoto III.

- **Situación geográfica y climática**

Altitud promedio	2 608 msnm
Latitud	01° 36' 53.63"S
Longitud	79° 59' 54.49" O
Temperatura media anual	14.4 °c
Temperatura máxima	21 °c
Temperatura mínima	7 °c
Precipitación mínima anual	980 mm
Heliofanía promedio	900/horas/luz/año

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente UEB 2023.

- **Zona de vida**

De acuerdo con la clasificación de la zona de vida, el sitio corresponde a la formación bosque seco Montano Bajo (bs - MB).

3.2. Metodología

3.2.1. Material experimental

Muestras de suelos de las parcelas de Laguacoto III

3.2.2. Factor en estudio

6 tipos de muestreos, calidad físico – química del suelo a diferentes profundidades

3.2.3. Tratamientos

Tratamientos	Descripción	Transectos
T1	0cm – 50 cm	alto
T2	50 cm – 100 cm	alto
T3	0 cm – 50 cm	medio
T4	50 cm- 100cm	medio
T5	0 cm – 50 cm	bajo
T6	50 cm – 100 cm	bajo

3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico

Se empleó una estadística descriptiva e inferencial

3.2.5 Manejo del experimento

- **Identificación de la zona de muestreo**

Para la identificación se procedió a la visita in situ en los sitios de la granja Laguacoto III, mediante un recorrido, se reconoció los diferentes sitios de muestreo, teniendo en consideración aspectos como relieve y vegetación.

- **Selección de transectos**

Se determinaron tres transectos dentro de la granja Laguacoto III, a lo largo de toda la zona de estudio, en la parte alta, otros en la parte media y finalmente en la parte baja.

- **Calicatas**

Esta actividad se realizó con la ayuda de una pala plana, con las profundidades (0 – 0,50 m) y (0,50 – 1 m), de las cuales se obtuvieron 4 submuestras del suelo para homogenizar para así obtener 2 muestras, en cada uno de los sitios.

- **Toma de muestras**

Para la toma de muestras, se ubicó cada transecto en la parte alta, media y baja, dentro de cada una de estas se ubicó dos calicatas a una distancia entre ellos de 200 m, de los cuales, mediante el uso de una pala cuadrada se extrajeron 12 muestras, de un 1kg, las mismas que correspondieron a los diferentes sitios y en profundidades distintas 0 – 0.5 m y de 0.5 – 1 m. El proceso se llevó de manera sistemática para todas las muestras tomadas las cuales fueron raspadas con la ayuda de un bailejo en una bandeja, para así homogenizar y obtener la muestra patrón.

- **Etiqueta de muestras**

Para el envío de las muestras se realizó la identificación oportuna, fueron debidamente etiquetadas de la siguiente manera:

Sitio- código (.....)	Longitud: (.....)
Profundidad (.....)	Altura msnm (.....)
Peso (Kg) (.....)	Responsable (.....)
Latitud: (.....)	Fecha (.....)

- **Traslado de muestras**

Al terminar de recolectar las 12 muestras de suelo en la granja Laguacoto III fueron llevadas a los laboratorios del Centro de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en los cuales se realizaron los análisis físicos y químicos.

- **Ingreso de las muestras**

Cada una de las muestras extraídas de la granja, ingresaron a los laboratorios respectivamente codificadas y etiquetadas y se continuó con las otras fases.

3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuestas)

- **Variables físicas**

- **Textura (T)**

Se evaluó en las 12 muestras tomadas a la profundidad de 0 – 0.5 m y de 0,50 – 1 m, se empleó la metodología aplicada en cada uno de los laboratorios en donde se haga el análisis y se clasificó mediante el esquema triangular de texturas de la U.S.D.A (United States Department of Agriculture), estos datos fueron expresados en tamaño de partículas.

- **Humedad (HC)**

Se determinó mediante el método de secado a una temperatura de 85°C por 48 horas, el cual consistió en pesar los crisoles vacíos más su tapa correspondiente, se procedió agregar 10 g de suelo de cada muestra y fueron ubicados en una estufa por un tiempo de 48 horas, posterior a ello se dejó enfriar en un desecador, finalmente se pesó nuevamente cada uno de los crisoles conteniendo la muestra o se calcula de acuerdo a la metodología aplicada en cada uno de los laboratorios en donde se realice el análisis de este parámetro. Este dato se expresó en porcentaje.

- **Variables fisicoquímicas**

- **pH**

Para su determinación, se empleó el método potenciométrico, mismo que consistió en pesar 20 g de cada muestra y se agregó 50 ml de agua destilada, posterior a ello se colocó por 5 minutos en el agitador orbital a 500 rpm y se dejó reposar por 30 minutos para finalmente tomar la lectura con el pH metro portátil.

- **Porcentaje de materia orgánica**

Se procedió hacer el análisis de acuerdo a la metodología aplicada en el laboratorio en el parámetro evaluado de porcentaje de materia orgánica.

- **Densidad aparente y real**

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 fueron expresados en g/cm³.

- **Variables químicas**

- **Cálculo de macro y micro nutrientes del suelo**

Para efectuar el respectivo análisis de suelo en el Laboratorio del INIAP, se envió las respectivas muestras de suelo y para realizar el servicio de suelo 4, dentro de este servicio se evaluó determinaciones como:

- **Nitrógeno**

Parámetro que fue valorado de acuerdo a la metodología utilizada en el laboratorio de análisis considerando que es un elemento crucial para el crecimiento de las hojas y el desarrollo general de la planta, es un componente esencial de las proteínas, enzimas, clorofila y ácidos nucleicos y se expresó en ppm.

- **Fósforo**

Dato que fue valorado de acuerdo a la metodología utilizada en el laboratorio de análisis considerado ya que es importante para la formación de raíces y flores, así como para la producción de semillas. Es esencial para la formación de ATP (trifosfato de adenosina), que es la principal fuente de energía para las células y se expresó en ppm.

- **Potasio**

Se referenció ya que este ayuda a regular la apertura y cierre de las estomas, lo que afecta la regulación del agua en la planta. También es esencial para la síntesis de proteínas y carbohidratos, así como para la resistencia a enfermedades y el estrés y se expresó en ppm.

- **Calcio**

Este indicador fue valorado ya que es un componente importante de las paredes celulares y ayuda en la división celular, la formación de raíces y el crecimiento de las puntas de los brotes y se expresó en meq/100g.

- **Magnesio**

Se realizó un criterio porque es un componente central de la clorofila, por lo que es esencial para la fotosíntesis. También es importante para la síntesis de proteínas y la activación de enzimas y se expresó en meq/100g.

- **Azufre**

Parámetro que fue valorado, ya que es un componente clave de los aminoácidos, vitaminas y coenzimas. También es esencial para la formación de proteínas y la síntesis de clorofila y se expresó en ppm.

- **Hierro**

Este indicador fue valorado ya que es esencial para la formación de clorofila, el pigmento que permite a las plantas realizar la fotosíntesis. El hierro también participa en la transferencia de electrones durante la fotosíntesis y la respiración celular y se expresó en ppm.

- **Manganeso**

Dato que fue valorado, porque es necesario para la producción de oxígeno durante la fotosíntesis. También está involucrado en la activación de enzimas que son importantes para la síntesis de carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos y se expresó en ppm.

- **Zinc**

Se referenció ya que este es importante para el crecimiento de las plantas y la formación de semillas. El zinc participa en la síntesis de hormonas de crecimiento y en la regulación de la división celular y se expresó en ppm.

- **Cobre**

Este parámetro fue valorado porque es esencial para varias enzimas que participan en la fotosíntesis y en la síntesis de lignina, un componente importante de las paredes celulares y se expresó en ppm.

- **Boro**

Este indicador fue valorado ya que es necesario para el desarrollo de las paredes celulares, la formación de flores y la división celular y se expresó en ppm.

- **Molibdeno**

Dato que fue valorado porque es esencial para la fijación del nitrógeno, un proceso crucial para la síntesis de proteínas en las plantas y se expresó en porcentaje.

- **Suma de bases**

Se referenció ya que esta ayuda en la determinación de la suma de bases en el suelo es una parte importante del análisis de suelos, ya que proporciona información valiosa sobre la capacidad del suelo para suministrar nutrientes a las plantas. Este análisis es útil para los agricultores y los profesionales del manejo de suelos, puesto que les permite tomar decisiones informadas sobre la aplicación de enmiendas y fertilizantes para optimizar la fertilidad del suelo y se expresó en meq/100g.

- **Índice de 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 fueron expresados en cm.

- **Velocidad infiltración del agua**

El nivel máximo de agua que un suelo puede absorber dependiendo de sus propiedades físicas y del estado de humedad antecedente a la precipitación. Se midió por la altura de agua que se infiltra, y los resultados se expresaron en mm/hora.

- **Uso de suelo**

Se identificó las diferentes áreas espaciales de la Granjas Laguacoto III, en secciones, tomando en cuenta los diferentes parámetros en el uso efectivo del suelo, utilizando una codificación específica para cada una de ellas. Se evaluó 3 parámetros dentro de este proyecto de investigación tales como son: Agrícola, Pradera natural y forestal, Infraestructura con la ayuda de un paquete tecnológico.

- **Agrícola**

El suelo agrícola fue valorado de acuerdo a los cultivos que tenemos dentro de los sitios identificados como: cereales, leguminosas, pastos y forrajes.

- **Pradera natural y forestal**

Se identificó los sitios de vegetación natural y bosques fundamentalmente de especies con flor, y gramíneas, imitando la apariencia natural de un prado florido.

- **Infraestructura**

Este dato incluyo todo el acervo físico y material que sustenta o facilita el desarrollo productivo de la granja Laguacoto III. De esta forma se incluyó elementos como: carreteras, sistemas de riego, sistemas de alcantarillado, viviendas, represas, escuelas, redes de distribución eléctrica.

3.2.7 Análisis de datos

- Estadística descriptiva
- Máximos
- Mínimos
- Media general

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Análisis de indicadores físicos

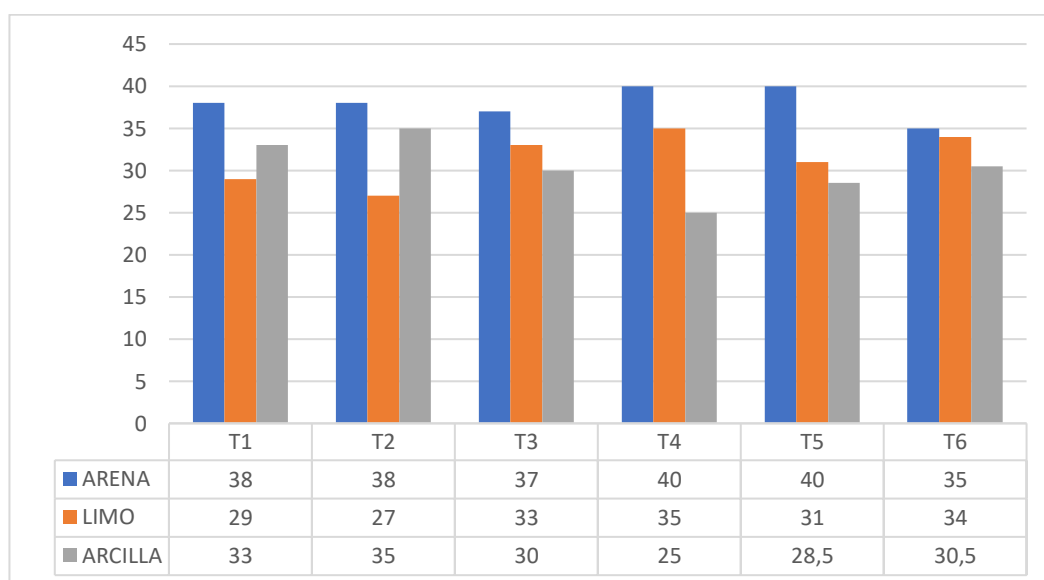
Tabla 1

Determinación de textura

Tra	Transectos	Textura			
		Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
T1	Alto	38.00	29.00	33.00	Franco arenoso
T2	Alto	38.00	27.00	35.00	Franco arenoso
T3	Medio	37.00	33.00	30.00	Franco arenoso
T4	Medio	40.00	35.00	25.00	Franco arenoso
T5	Bajo	40.00	31.00	28.50	Franco arenoso
T6	Bajo	35.00	34.00	30.50	Franco arenoso
	MG.	38	31,5	30.33	Franco arenoso

Figura 1

Determinación de textura



De acuerdo a los resultados obtenidos, en relación a la textura se determinó que los suelos de los seis tratamientos a diferentes profundidades presentaron un suelo franco arenoso demostrando que no existió diferencias entre los tratamientos, se identificó que el T4 y T5 presentaron la mayor concentración de arena en un 40%, mientras que el tratamiento T2 se observó una concentración de arcilla del 35%, y concentraciones menores de arena y limo. De tal manera las muestras analizadas en los seis tratamientos permiten observar un alto contenido de arena, seguido de limo y arcilla.

En base a los datos obtenidos del análisis de laboratorio, el tipo de suelo que presentan los seis tratamientos, en los cuales predominan las partículas de arena, la misma que presenta un promedio general de 38%, es decir que este suelo presenta menores cantidades de arcilla y limo.

El predominio de partículas de arena tiene implicaciones importantes para la retención de agua y nutrientes en el suelo. Dado que la arena tiene una capacidad de retención de agua baja en comparación con la arcilla y el limo, los suelos con esta composición tienden a ser menos aptos para retener la humedad necesaria para el crecimiento óptimo de las plantas (Graterón, 2020).

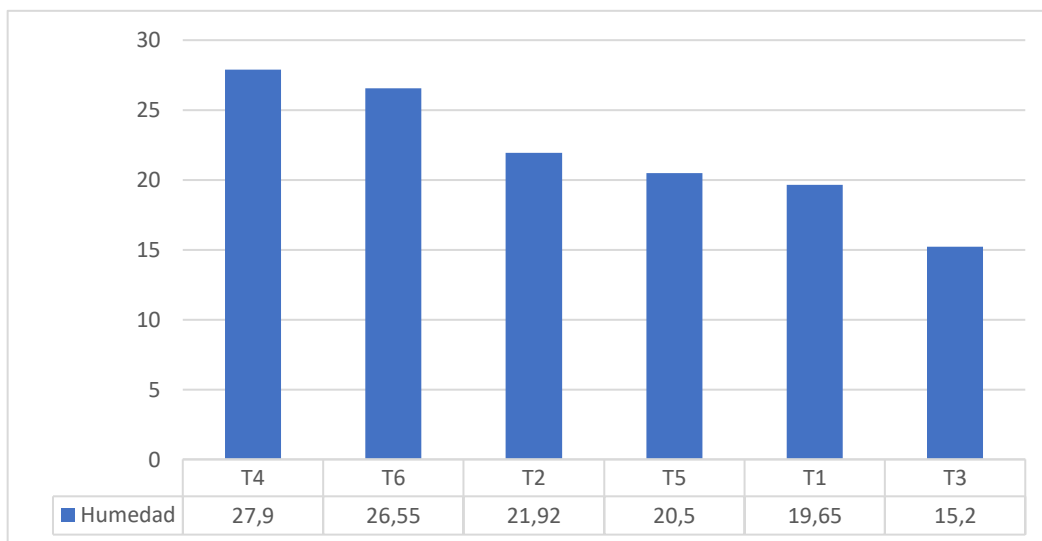
Tabla 2

Determinación de humedad

Tra	Transectos	Humedad (%)
T4	Medio	27.90
T6	Bajo	26.55
T2	Alto	21.92
T5	Bajo	20.50
T1	Alto	19.65
T3	Medio	15.20
	MG.	21.95

Figura 2

Determinación de humedad



En base a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, se puede determinar que existió diferencias numéricas para este indicador físico, donde el suelo del tratamiento T4 con 27.9% y T6 con el 26.55 %, obtuvieron el mayor contenido de humedad, mientras que el T3 registró el valor de humedad con 15.2 %, resultados que demuestran que la capacidad de retención de humedad (CC), está en un rango del 15.2% al 27.9%.

Se puede inferir que los tratamientos presentan promedios que indican baja disponibilidad de humedad en el suelo debido a que su clase textural es franca arenosa facilitando la filtración, lo cual afecta negativamente los procesos fotosintéticos y metabólicos necesarios para el crecimiento y desarrollo adecuados de las plantas.

La humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en los espacios porosos del suelo. Es importante para el crecimiento de las plantas, ya que actúa como un medio de transporte para los nutrientes y es fundamental para los procesos metabólicos y fotosintéticos. Una disponibilidad insuficiente de humedad es menor al 50% misma que limita la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas, lo que a su vez reduce su crecimiento y desarrollo (Padrón, 2021).

4.1.2. Análisis de indicadores químicos

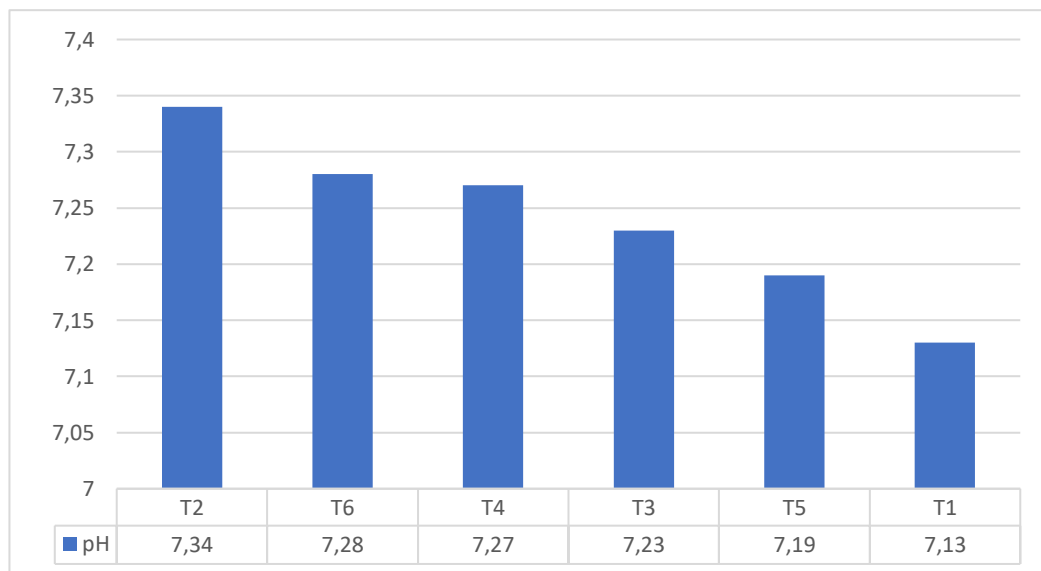
Tabla 3

Determinación del pH

Tra	Transectos	pH
T2	Alto	7.34
T6	Bajo	7.28
T4	Medio	7.27
T3	Medio	7.23
T5	Bajo	7.19
T1	Alto	7.13
	MG.	7.24

Figura 3

Determinación de pH



La determinación del pH, en la granja Laguacoto III, presentó un promedio de 7.24, suelo neutros, mismo que influye para la disponibilidad de nutrientes y pueden ser absorbidos en un 90 a 100%. El suelo de los seis tratamientos registró ser neutros que van desde los 7.13 a 7.34.

Se puede inferir que el suelo de la zona agroecológica en estudio se clasifica en suelos neutros con valores de 7.19 a 7.34, es decir que el suelo se encuentra en un rango óptimo para que los cultivos se desarrollen apropiadamente.

Es esencial mantener el pH del suelo dentro de un rango óptimo para garantizar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El rango típicamente aceptado es de 6.0 a 6.5, aunque algunos investigadores sugieren que podría ampliarse de 5.5 a 7.0 (Yara, 2023).

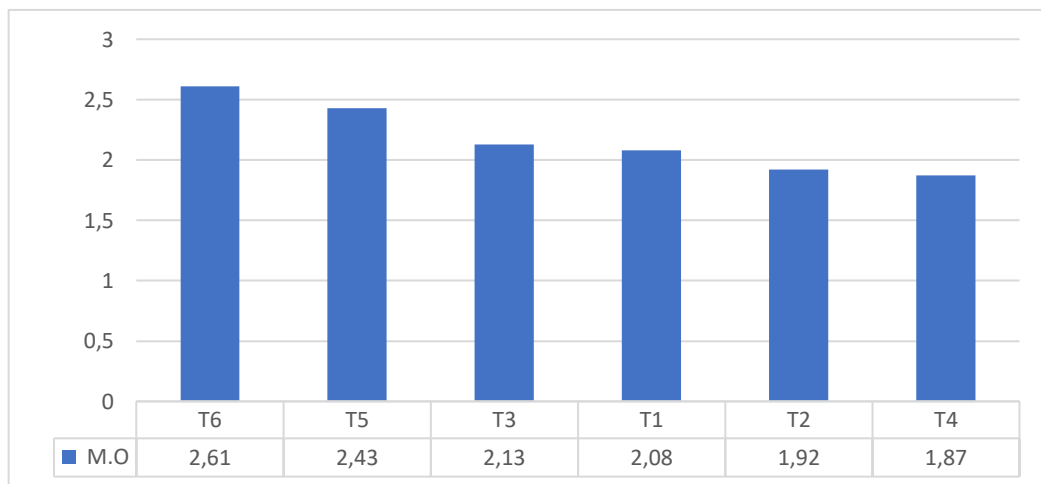
Tabla 4

Determinación del porcentaje de materia orgánica

Tra	Transectos	Materia orgánica (%)
T6	Bajo	2.61
T5	Bajo	2.43
T3	Medio	2.13
T1	Alto	2.08
T2	Alto	1.92
T4	Medio	1.87
	MG.	2.17

Figura 4

Determinación de porcentaje de materia orgánica



La determinación de materia orgánica, se observó que el suelo del tratamiento T6 obtuvo el mayor porcentaje de materia orgánica con 2.61%, cabe mencionar que el suelo en este tratamiento tiene mayor presencia de arena y limo, datos que corroboran con el análisis de suelo. El menor porcentaje de materia orgánica presentó en el T4 con 1.87% esto se debe a diversos factores como; mal uso de insumos químicos debido a los factores el suelo va perdiendo su fertilidad.

Lo que permite deducir que la mayor cantidad de materia orgánica fue del T6, indicando que este suelo contiene más micro y macronutrientes para el crecimiento y sustento de las plantas. Mientras que el T4 presenta menores cantidades de este componente, indicando que para obtener mejor crecimiento vegetal es necesario implementar otros componentes cabe mencionar que las plantas a través de los pelos absorbentes absorben H₂O, sales minerales presentes en el suelo y en la MO.

La materia orgánica del suelo es esencial para una serie de funciones clave que sustentan la vida en la Tierra, desde la producción de alimentos hasta la regulación del clima y conservación de la biodiversidad. Por lo tanto, su conservación y gestión sostenible son fundamentales para la salud y la resiliencia de los ecosistemas terrestres y la agricultura a largo plazo (FAO, 2020).

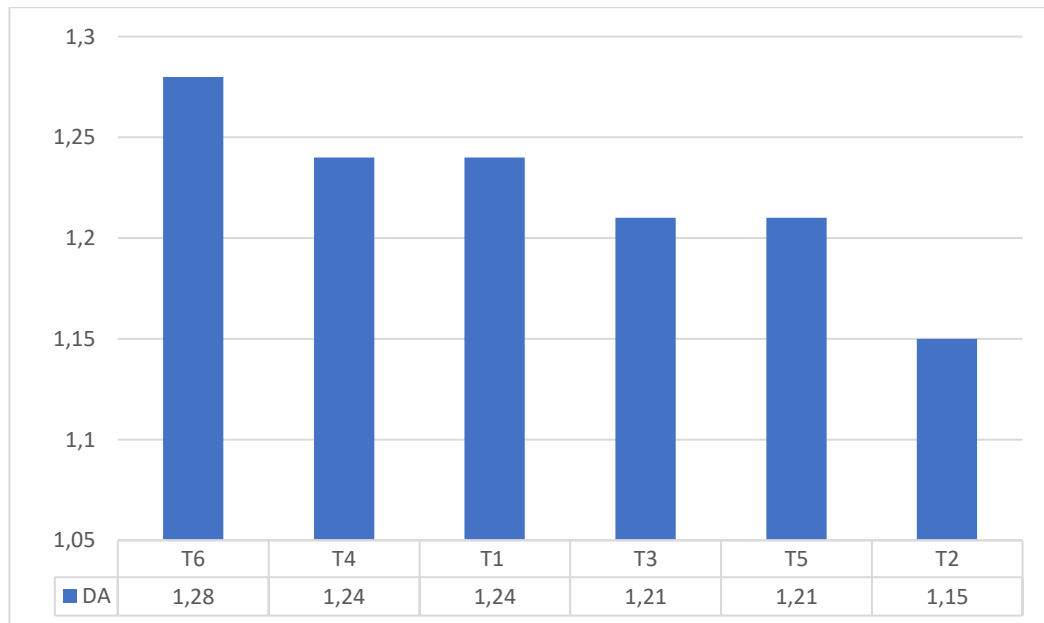
Tabla 5

Determinación de la densidad aparente.

Tra	Transectos	g/cm³
T6	Bajo	1.28
T4	Medio	1.24
T1	Alto	1.24
T3	Medio	1.21
T5	Bajo	1.21
T2	Alto	1.15
	MG	1.22

Figura 5

Valores para la densidad aparente.



En cuanto a la densidad aparente, se observó que el suelo del tratamiento T6 obtuvo el mayor porcentaje de 1.28 g/cm^3 . El menor porcentaje se presentó en el T2 con 1.15 g/cm^3 .

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 no afecta al crecimiento de las plantas debido a que presenta un promedio general de $1,22 \text{ g/cm}^3$ en la dureza y porosidad del suelo sobre las raíces.

Relativamente los resultados son casi similares en los seis tratamientos a distintas profundidades. Según la FAO. (2022) hace referencia a la densidad; constante alrededor de $1,65 \text{ g/cm}^3$, lo que demuestra los resultados que el suelo se encuentra no muy compacto que favorece el crecimiento de las plantas.

4.1.3. Análisis de los macro - nutrientes

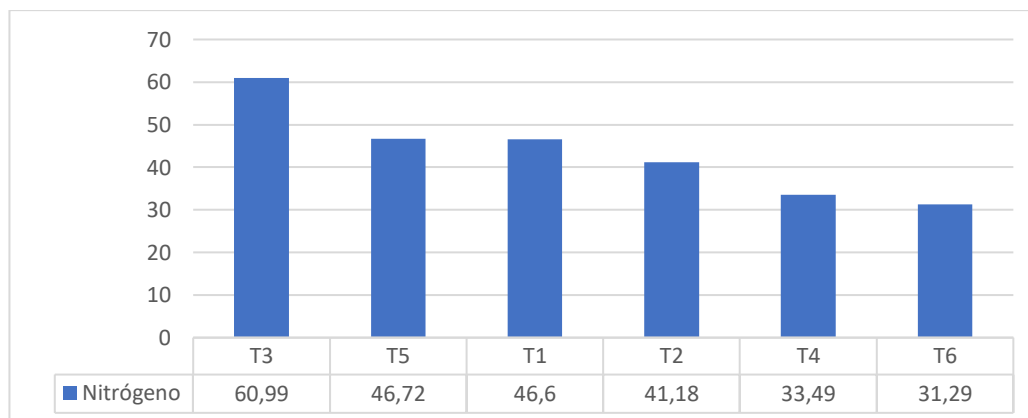
Tabla 6

Determinación de Nitrógeno (N)

Tra	Transectos	Nitrógeno (ppm)
T3	Medio	60.99
T5	Bajo	46.72
T1	Alto	46.60
T2	Alto	41.18
T4	Medio	33.49
T6	Bajo	31.29
	MG.	43.38

Figura 6

Niveles de nitrógeno



Los resultados obtenidos en la determinación del contenido de N, presentaron una media general de 43.38 ppm. El mayor contenido se presentó en el suelo del tratamiento T3 con un valor de 60.99 ppm, y el menor porcentaje en el T6 con 31.29 ppm.

Se puede inferir que el tratamiento T3 presentó el mayor nivel de N a una profundidad de 0,5 – 1 m, esto se debe en gran parte al manejo de rastrojos vegetales

que han pasado por un proceso de desintegración y mineralización por el efecto de factores bióticos (microorganismos que se encuentran en el suelo) y abióticos (temperatura, humedad).

El nitrógeno emerge como un macroelemento vital para las plantas, promoviendo crecimiento vigoroso en los cultivos, potenciando el desarrollo de hortalizas de hoja, ampliando el valor proteico en los cultivos forrajeros y otorgando a las plantas un tono verde intenso característico. Favorece la expansión y desarrollo de las hojas, tallos y otras estructuras vegetativas, al tiempo que impulsa el crecimiento radicular. (Delli, 2022)

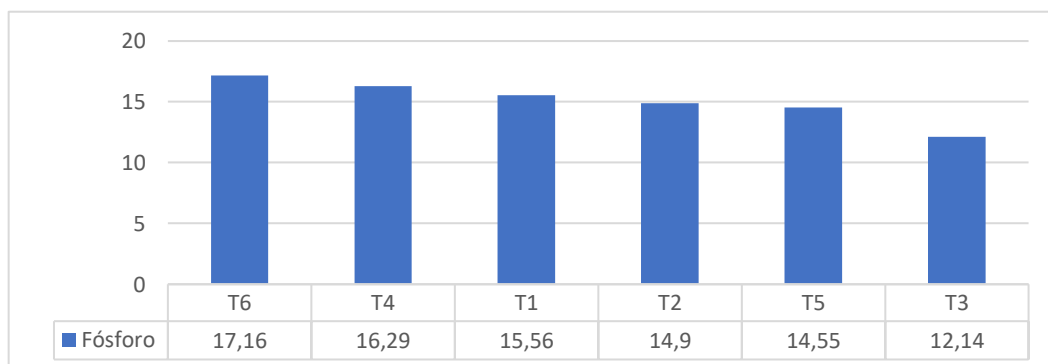
Tabla 7

Determinación de Fósforo (P)

Tra	Transectos	Fósforo (ppm)
T6	Bajo	17.16
T4	Medio	16.29
T1	Alto	15.56
T2	Alto	14.90
T5	Bajo	14.55
T3	Medio	12.14
	MG.	43.38

Figura 7

Niveles de Fósforo



En base los resultados obtenidos del análisis de laboratorio para la determinación de fósforo, se registró un valor de 17.16 ppm de contenido de P en el suelo del tratamiento T6 a una profundidad de 50 cm – 100 cm, mientras que el menor contenido de fósforo presenta el T3 a una profundidad 0 cm – 50 cm con un valor de 12.14 ppm.

Se puede inferir que el fósforo en los seis tratamientos está estable y por ende no necesitan una fertilización fosfatada, el fósforo presente en los tratamientos puede contribuir a las plantas a un desarrollo más adecuado en la floración y fructificación.

El fósforo es otro macroelemento de suma importancia para los cultivos agrícolas, siendo el segundo en relevancia después del nitrógeno. Es esencial para el desarrollo vegetal ya que desencadena procesos cruciales, como la fotosíntesis y el transporte de nutrientes dentro de la planta. La presencia adecuada de este macro nutriente es vital para la formación y el fortalecimiento de las raíces de las plantas. El fósforo se encuentra principalmente en forma mineral, así como en compuestos orgánicos fosforados presentes en lípidos, proteínas y carbohidratos. Dado que es un nutriente primario, su deficiencia es común en la producción agrícola y en los cultivos, por lo que se requiere en cantidades relativamente altas para garantizar un crecimiento saludable y una alta productividad (Acosta, 2021).

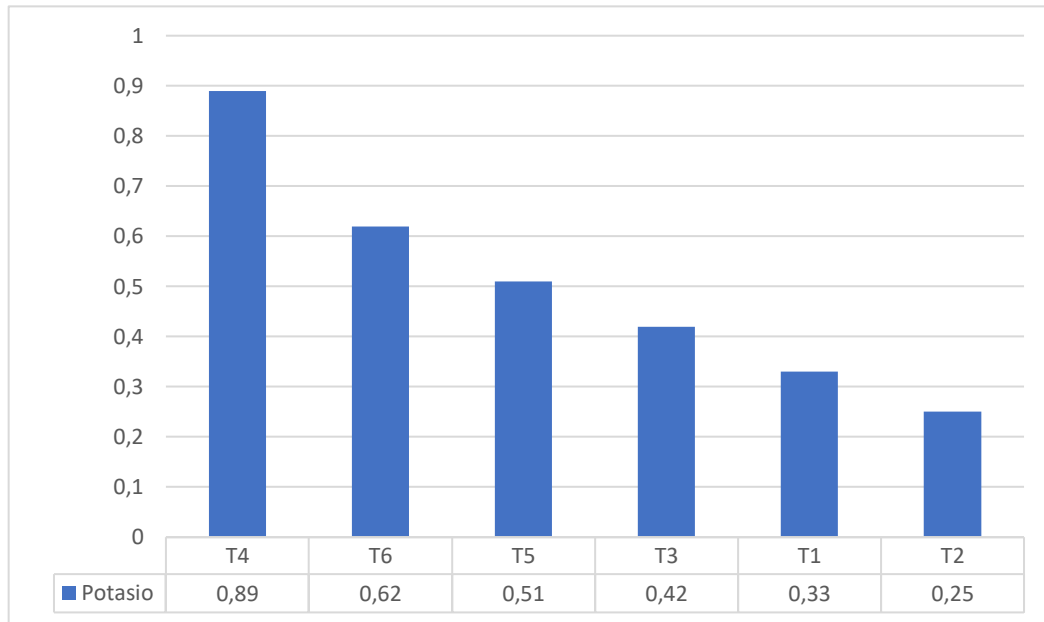
Tabla 8

Determinación de Potasio (K)

Tra	Transectos	Potasio (meq/100g)
T4	Medio	0.89
T6	Bajo	0.62
T5	Bajo	0.51
T3	Medio	0.42
T1	Alto	0.33
T2	Alto	0.25
	MG.	0.50

Figura 8

Niveles de Potasio



En el reporte de potasio, se obtuvo una media general de 0.50 meq/100g. Se registró que el suelo del tratamiento T4 obtuvo la mayor concentración de potasio con un valor de 0.89 meq/100g, mientras que el T2 presentó el más bajo contenido de potasio con un valor de 0.25 meq/100g. La respuesta de los seis tratamientos evaluados en la presente investigación resultó ser casi iguales entre sí, mostrando cantidades de K que van desde los 0.25 a 0.89 meq/100g.

En la zona agroecológica en estudio para el tratamiento T4 se encuentran con un nivel de potasio notorio, a una profundidad de 50 cm – 100 cm. 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 o de la misma manera se puede perder, por factores climáticos adversos.

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 (Vásquez, 2022).

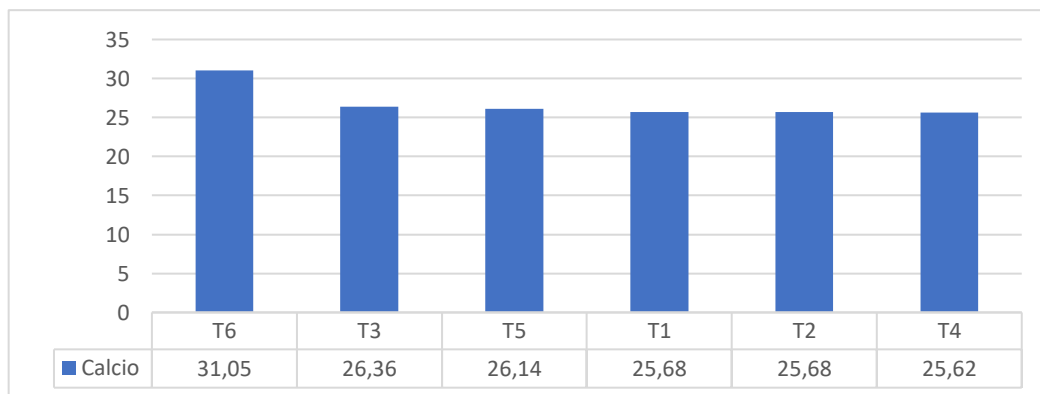
Tabla 9

Determinación de Calcio (Ca)

Tra	Transectos	Calcio (meq/100g)
T6	Bajo	31.05
T3	Medio	26.36
T5	Bajo	26.14
T1	Alto	25.68
T2	Alto	25.68
T4	Medio	25.62
	MG.	26.76

Figura 9

Niveles de Calcio



Al evaluar el Calcio, presentó un efecto similar entre tratamientos, reportando una media general de 26.76 meq/100g. Para el reporte de calcio en el ensayo en los seis tratamientos, se encontraron diferencias mínimas entre tratamientos, no obstante, el contenido de Ca es alto de acuerdo a los análisis realizados.

El mayor contenido de Ca se obtuvo el suelo del tratamiento T6 con un valor de 31.05 meq/100g, el menor contenido de calcio presenta el T4 con un valor de 25.62 meq/100g. El Ca es un elemento que participa en el desarrollo y crecimiento del sistema radical, así como de tallos, hojas y frutos; ya que está a fin con la formación de la rizosfera y con los microorganismos que viven en el suelo.

El calcio desempeña un papel fundamental en la creación y mantenimiento de la estructura de los suelos agrícolas. Facilita la formación de una agregación adecuada de partículas, permitiendo así que el aire y el agua penetren a través de los poros del suelo. Esta adecuada estructura del suelo favorece el crecimiento y desarrollo saludable de las raíces de las plantas al facilitar su penetración y expansión. Además, contribuye a mejorar la capacidad de retención y disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo, proporcionando condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. (Graterón, 2020)

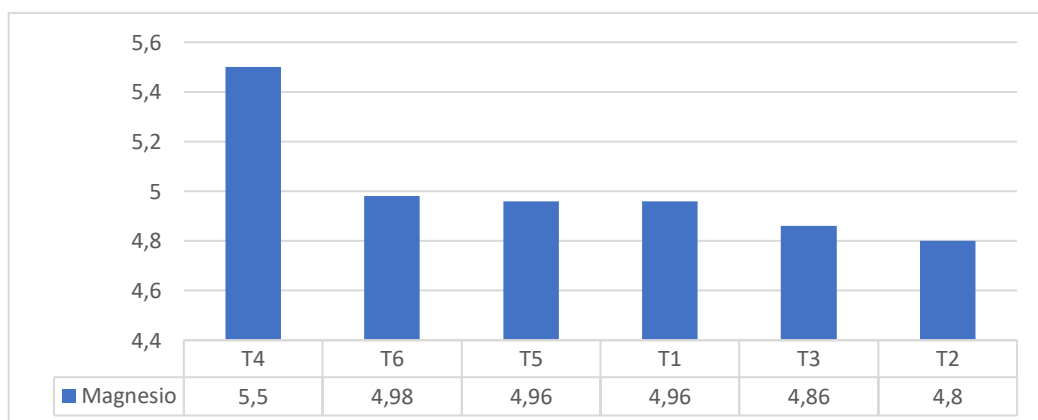
Tabla 10

Determinación de Magnesio (Mg)

Tra	Transectos	Magnesio (meq/100g)
T4	Medio	5.50
T6	Bajo	4.98
T5	Bajo	4.96
T1	Alto	4.96
T3	Medio	4.86
T2	Alto	4.80
	MG.	5.01

Figura 10

Niveles de Magnesio



En respuesta de los seis tratamientos evaluados para el magnesio se determinó una media general de 5.01 meq/100g, el suelo del tratamiento T6 obtuvo la mayor concentración de Magnesio con un valor de 4.98 meq/100g, mientras que, el suelo del T2 presenta el más bajo contenido de magnesio con un valor de 4.80 meq/100g.

Se puede deducir que los tratamientos T3, T4, T5, T6 y T1 mantienen un alto contenido de este nutriente necesarios para el desarrollo de las plantas. El departamento del INIAP señala que las concentraciones de magnesio en el suelo de las localidades son relativamente altas, lo que significa que el contenido de este nutriente es óptimo para el desarrollo normal de las plantas.

El magnesio desempeña una función importante en la conservación de la estructura del suelo al unirse con otros cationes multivalentes, especialmente el calcio, para formar puentes entre los minerales arcillosos cargados negativamente. Esta interacción resulta en la formación de una estructura de suelo estable y grumosa que previene el apelmazamiento. Como resultado, el suelo es capaz de retener una cantidad significativa de agua disponible para las plantas, lo que les permite desarrollar un sistema radicular robusto para absorber nutrientes (Padrón, 2021).

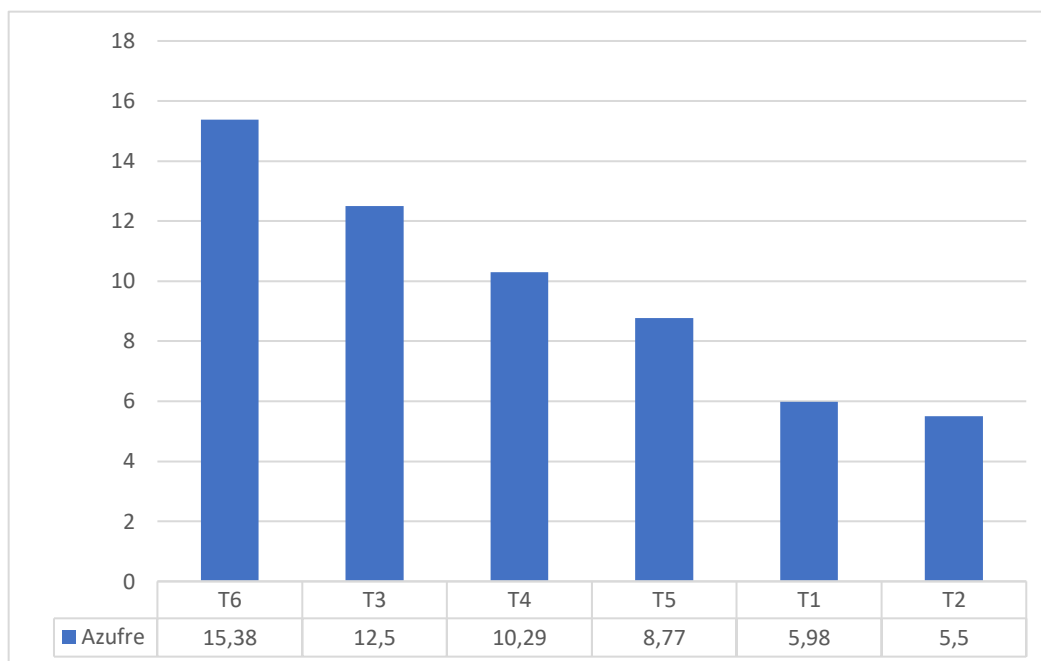
Tabla 11

Determinación de Azufre (S)

Tra	Transectos	Azufre (ppm)
T6	Bajo	15.38
T3	Medio	12.50
T4	Medio	10.29
T5	Bajo	8.77
T1	Alto	5.98
T2	Alto	5.50
	MG.	9.74

Figura 11

Niveles de Azufre



En base los resultados obtenidos del análisis de laboratorio para la determinación de Azufre, se registró una media general de 9.74 ppm, se registró que el mayor contenido de S se obtuvo del suelo del T6 con un valor de 15.38 ppm, mientras que el tratamiento que presentó el más bajo contenido de S fue el T2 con un valor de 5.5 ppm.

Los resultados obtenidos demuestran que en el suelo de los tratamientos en la cantidad de azufre no es uniforme a las diferentes profundidades y se hace referencia la importancia de este elemento; debido a que agricultores no lo consideran por ser nutriente secundario.

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. (Acosta, 2021)

4.1.4. Análisis de los micro-nutrientes

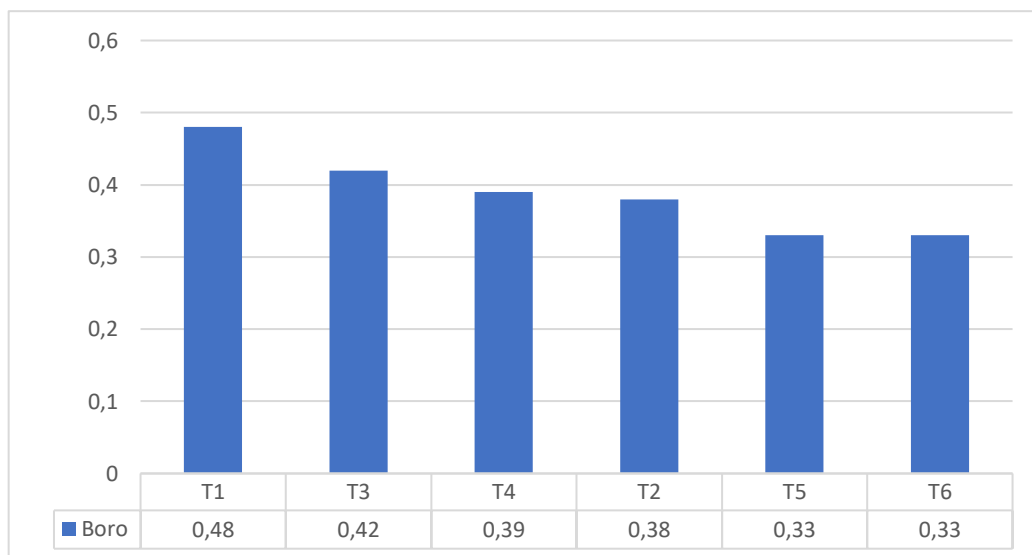
Tabla 12

Determinación de Boro (B)

Tra	Transectos	Boro (ppm)
T1	Alto	0.48
T3	Medio	0.42
T4	Medio	0.39
T2	Alto	0.38
T5	Bajo	0.33
T6	Bajo	0.33
	MG.	0.39

Figura 12

Niveles de Boro



Al realizar el análisis para la determinación de Boro se obtuvo una media general en los extractos de 0.39 ppm, se determinó que el mayor contenido de B obtuvo el suelo del T1 con un valor de 0.48 ppm, mientras que los suelos del tratamiento que presentan un menor contenido de boro fueron el T5 y T6 con un valor de 0.33 ppm.

El T1 presentó los mayores niveles de boro, sin embargo según el departamento del INIAP presentan un rango medio en relación a este nutriente. Existe una estrecha relación entre el contenido de M.O. y el boro asimilable presente en los suelos evaluados.

El Boro asimilable para las plantas se encuentra concentrado en las capas superficiales de los suelos que tengan un buen drenaje y este ligado de manera estricta con la materia orgánica (Graterón, 2020).

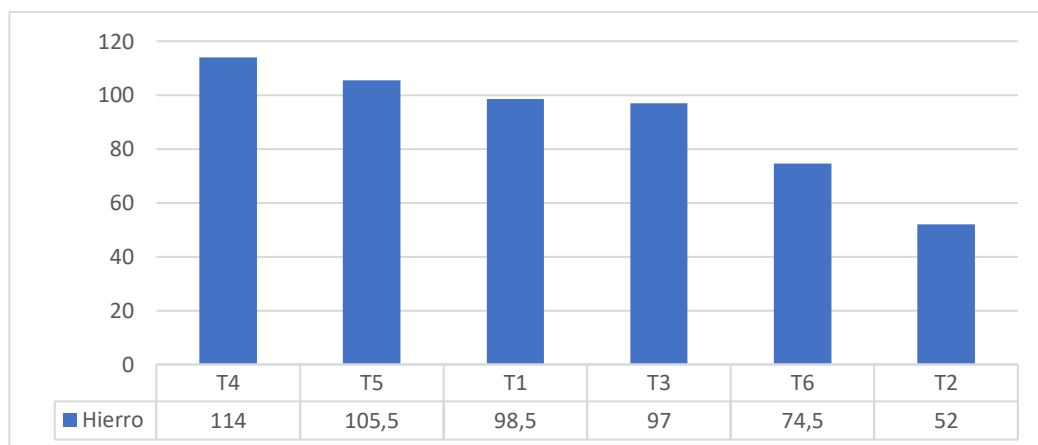
Tabla 13

Determinación de Hierro (Fe)

Tra	Transectos	Hierro (ppm)
T4	Medio	114.00
T5	Bajo	105.50
T1	Alto	98.50
T3	Medio	97.00
T6	Bajo	74.50
T2	Alto	52.00
	MG.	90.25

Figura 13

Niveles de Hierro



En base al análisis de laboratorio en relación a la determinación de Hierro, se registró que el suelo del tratamiento T4 obtuvo la mayor concentración de Hierro con un valor de 114 ppm, mientras que el T2 presenta el más bajo contenido de Hierro con un valor de 52 ppm.

Según los análisis realizados en el laboratorio del instituto INIAP, los seis tratamientos mantienen un buen contenido de hierro es decir que el suelo tiene niveles óptimos de este nutriente.

El Fe al presentar altas cantidades puede causar deficiencias de P, K y Zn, además no solo se necesita este nutriente para el desarrollo de las plantas de los sistemas, también está distribuido de dos formas diferentes, siendo que en el horizonte superficial los patrones de distribución de este elemento son distintos a los horizontes subsuperficiales y también dependería de las prácticas realizadas por el agricultor. (Fertilab, 2021).

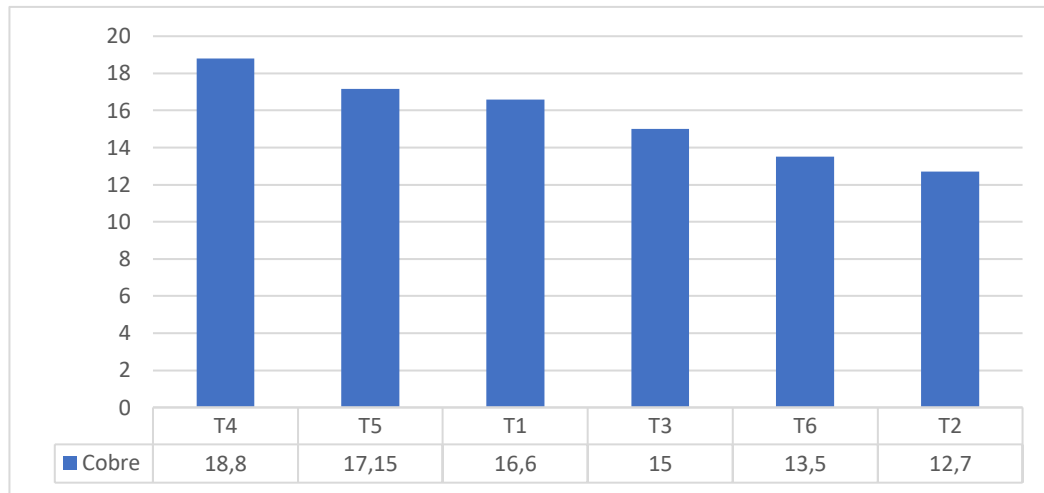
Tabla 14

Determinación de Cobre (Cu)

Tra	Transectos	Cobre (ppm)
T4	Medio	18.80
T5	Bajo	17.15
T1	Alto	16.60
T3	Medio	15.00
T6	Bajo	13.50
T2	Alto	12.70
	MG.	15.63

Figura 14

Niveles de Cobre



En respuesta de los seis tratamientos evaluados para el cobre se determinó una media general de 15.63 ppm, el mayor contenido de Cu obtuvo en el suelo del T4 con un valor de 18.8 ppm, mientras que el tratamiento que presentan un menor contenido de cobre fue el T2 con un valor de 12.7 ppm.

En relación a los resultados presentados se deduce que la presencia de cobre es un factor importante para la formación de clorofila y un crecimiento idóneo para las plantas. La deficiencia de cobre ocasiona diferentes aspectos como una clorosis intervenal, necrosis y un curvado en las hojas jóvenes donde ellas presentan una escasa distribución de cobre.

El cobre se reconoce como uno de los micronutrientes indispensables para el adecuado desarrollo de las plantas, siendo requerido en cantidades mínimas. Normalmente, en el suelo, su concentración se sitúa en un rango de 0,05 a 0,5 ppm, mientras que en la mayoría de los tejidos vegetales oscila entre 3 y 10 ppm. Aunque los problemas de deficiencia o toxicidad de cobre son poco frecuentes, es prudente evitar los extremos, ya que tanto la falta como el exceso pueden incidir negativamente en el crecimiento y la calidad de los cultivos. Por lo tanto, es crucial mantener un equilibrio adecuado en la disponibilidad de cobre en el suelo para garantizar un desarrollo óptimo de las plantas. (López, 2022)

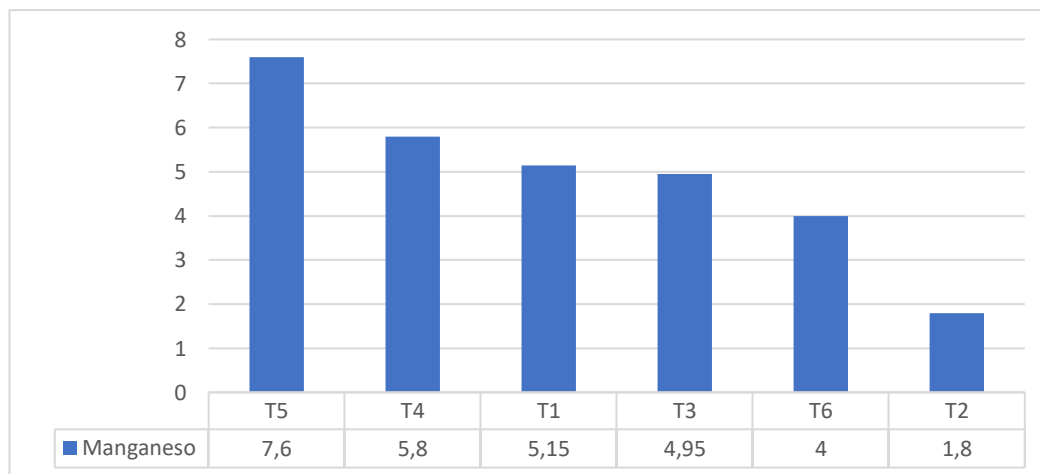
Tabla 15

Determinación de Manganeso (Mn)

Tra	Transectos	Manganeso (ppm)
T5	Bajo	7.60
T4	Medio	5.80
T1	Alto	5.15
T3	Medio	4.95
T6	Bajo	4.00
T2	Alto	1.80
	MG.	4.88

Figura 15

Niveles de Manganeso



De acuerdo a los resultados registrados en esta investigación en relación a la determinación de Manganeso se obtuvo una media general de 4.88 ppm, los suelos de los tratamientos T4 y T5 obtuvieron la mayor concentración de Mn con un valor de 5.8 y 7.6 ppm. Se observa que el T2 presenta el más bajo contenido de manganeso con un valor de 1.8 ppm.

Se puede inferir que en los seis tratamientos se observaron los niveles más bajos de manganeso, con una media general de 4.88 ppm. De acuerdo con los promedios,

los tratamientos muestran cantidades reducidas de este micronutriente, lo que indica la necesidad de incorporar manganeso en estos suelos. El manganeso es fundamental para varios procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno.

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 (Moreno, 2019).

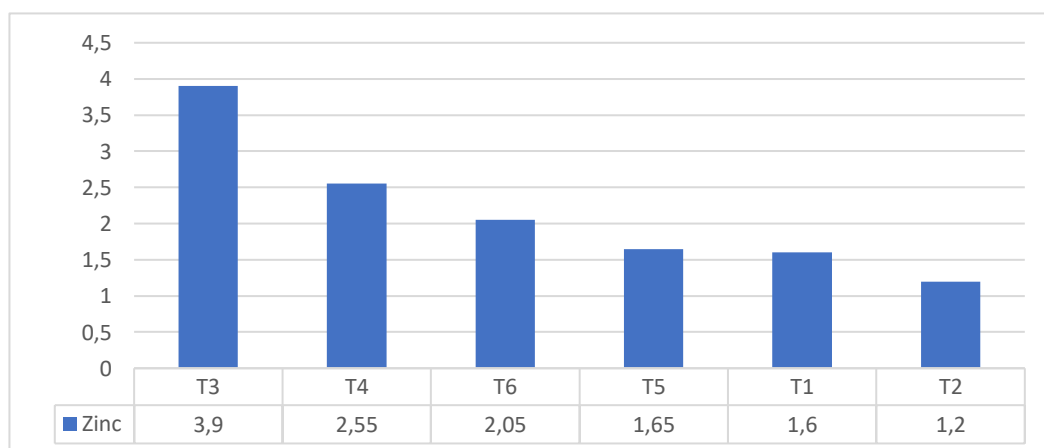
Tabla 16

Determinación Zinc (Zn)

Tra	Transectos	Zinc (ppm)
T3	Medio	3.90
T4	Medio	2.55
T6	Bajo	2.05
T5	Bajo	1.65
T1	Alto	1.60
T2	Alto	1.20
	MG.	2.16

Figura 16

Niveles de Zinc



El contenido de zinc presente en la granja Laguacoto III en los tratamientos, mostró una media general de 2.16 ppm, el suelo del T3 registró el mayor contenido de Zn con un valor de 3.90 ppm, mientras que el T2 presentó un menor contenido de zinc con un valor de 1.2 ppm.

La respuesta de los seis tratamientos evaluados mostró ser iguales, sin embargo, de acuerdo a la metodología usada, el contenido de Zn es bajo con un promedio de 2.16 ppm, sin embargo, en los tratamientos T4 y T6 los niveles se encuentran a una mayor proporción con valores de 2.05 a 2.55 ppm.

El Zinc se encuentra vinculado al pH y a la disponibilidad de elementos entre ellos el Ca y Mg, ya que son indispensables para alcanzar el equilibrio y de esta manera sean asimilados para las plantas. Además, es un micronutriente que cumple funciones importantes como son: la fotosíntesis, síntesis de proteínas, la estructura de membranas y defensa frente al ataque de enfermedades. Sin embargo, es importante destacar que esta fracción también es propensa a ser lixiviada en suelos tropicales con altos niveles de precipitación pluvial (FAO, 2018).

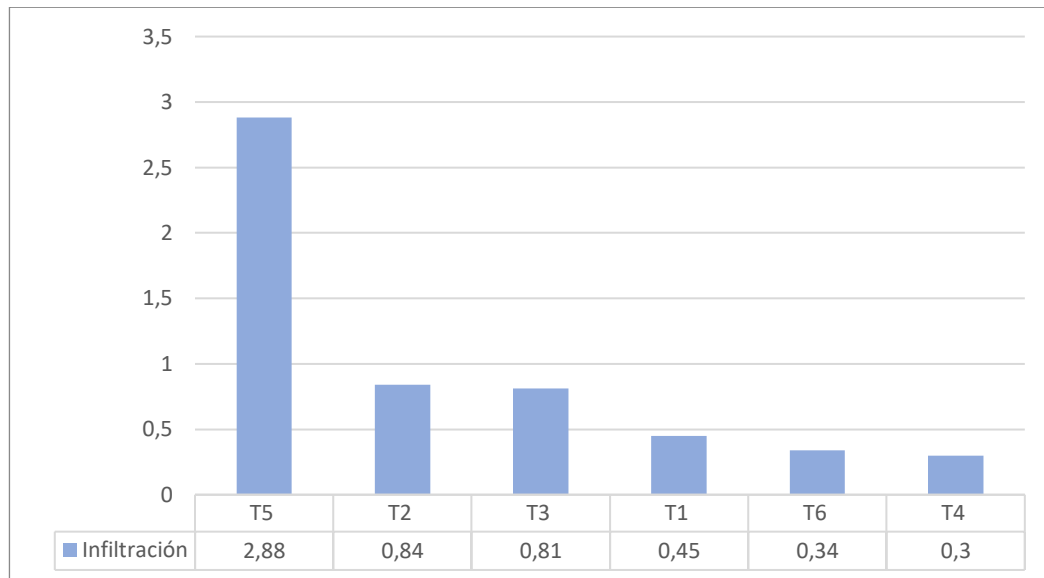
Tabla 17

Resultados para la infiltración

Tra	Transectos	Profundidad	Infiltración
T5	Bajo	0cm – 50 cm	2.88
T2	Alto	50 cm – 100 cm	0.84
T3	Medio	0cm – 50 cm	0.81
T1	Alto	0cm – 50 cm	0.45
T6	Bajo	50 cm – 100 cm	0.34
T4	Medio	50 cm- 100cm	0.30
		MG	0.94 l/s

Figura 17

Valores de la variable 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. De acuerdo a la práctica realizada en la granja Laguacoto III se obtuvo una mayor infiltración en el T5 con un valor de 2.88 l/s, en el T6 existió la menor infiltración con un valor de 0.34 l/s, y una media general de 18.83 l/s de infiltración del agua.

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 (Moreno, 2019).

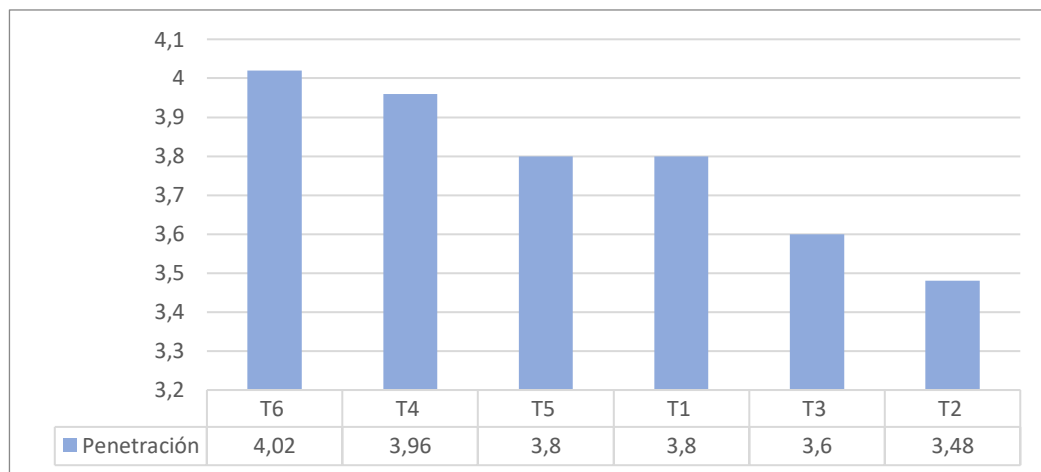
Tabla 18

Resultados para la penetración

Tra	Transectos	Profundidad	Penetración
T6	Bajo	50 cm – 100 cm	4.02
T4	Medio	50 cm- 100cm	3.96
T5	Bajo	0cm – 50 cm	3.80
T1	Alto	0cm – 50 cm	3.80
T3	Medio	0cm – 50 cm	3.60
T2	Alto	50 cm – 100 cm	3.48
		MG	3.78 Mpa

Figura 18

Valores de la variable penetración



En la práctica desarrollada se evaluó el índice de compactación de los suelos de la granja Laguacoto III, donde se encuentra valor máximo de 4.02 Mpa en el T6, mientras que un valor mínimo de 3.48 Mpa en el T2 y con una media general de 3.78 Mpa de penetración.

El índice de penetración es un indicador del nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua que disponen las raíces. Los valores críticos son variables y dependen del tipo de planta, de las características y propiedades del medio edáfico (Delli, 2022).

4.1.5. Uso del suelo de la granja Laguacoto III.

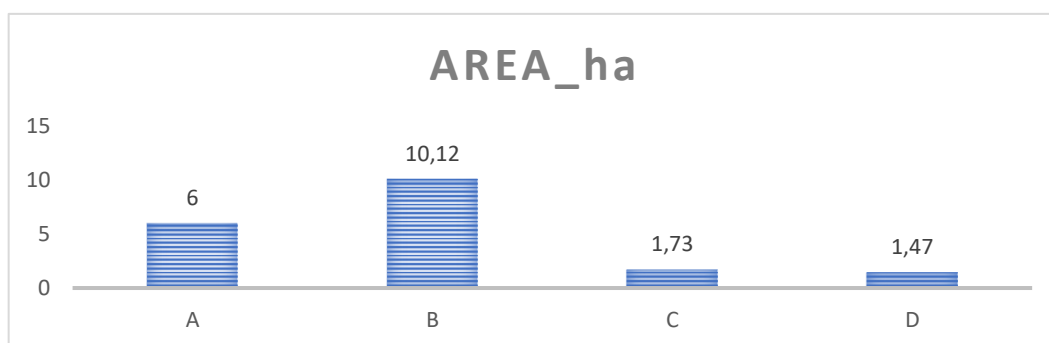
Tabla 19

Variables uso del suelo en ha, de la granja Laguacoto III.

Código	Área_ha	Porcentaje %
A	6.00	31
B	10.12	53
C	1.73	9.1
D	1.47	6.9
TOTAL	19.32	100

Figura 19

Uso del suelo en ha

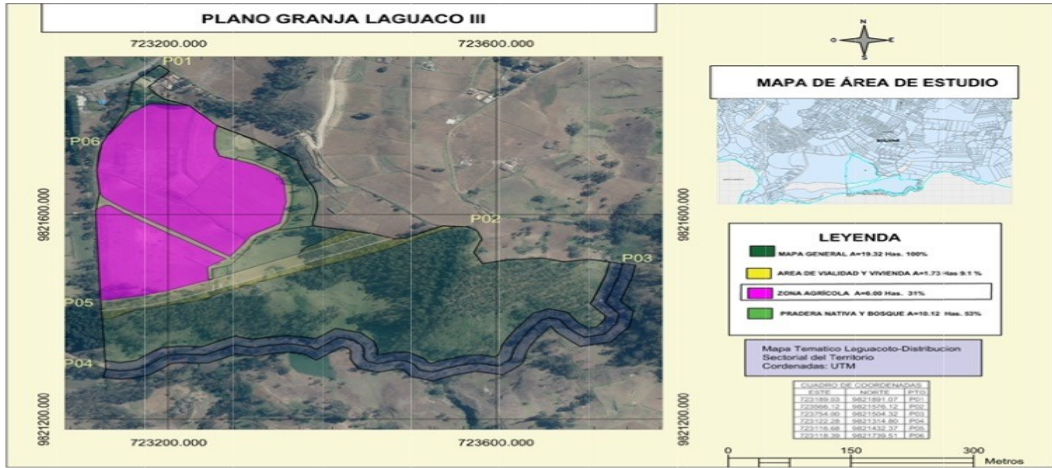


Para la generación de los usos de suelo en la granja Laguacoto III, se tomaron en cuenta aspectos convergentes de los diferentes espacios de producción, tales como: usos agrícolas, pradera e infraestructura.

La sección A, con 6 hectáreas equivalente a 31%, corresponde al territorio de la granja destinada a las actividades agrícolas; la sección B con un total de 10.12 hectáreas equivalente al 53%, corresponde a las pradera natural y forestal; la sección C con un total de 1.73 hectáreas 9.1%, corresponde al área infraestructura; la sección D con un total de 1.47 hectáreas 6.9%, corresponde otros componentes presentes en la granja como ríos etc.

Figura 20

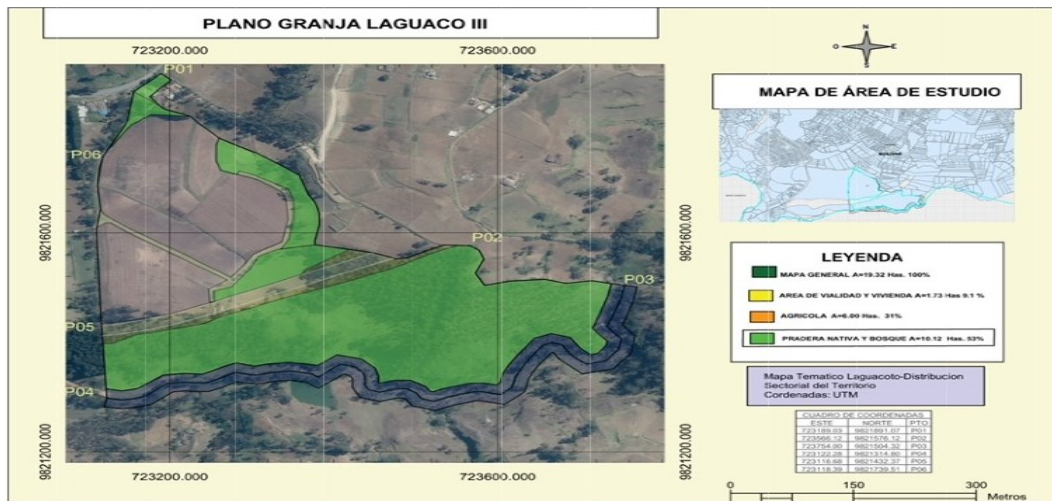
Mapa temático: Uso del territorio - Agrícola



El suelo agrícola de la granja Laguacoto III, se sitúa en 6 ha, que representa el 31% de la zona de estudio, misma que mantiene los cultivos transitorios como: maíz, trigo, cebada, y fréjol, además se desarrollan trabajos académicos.

Figura 21

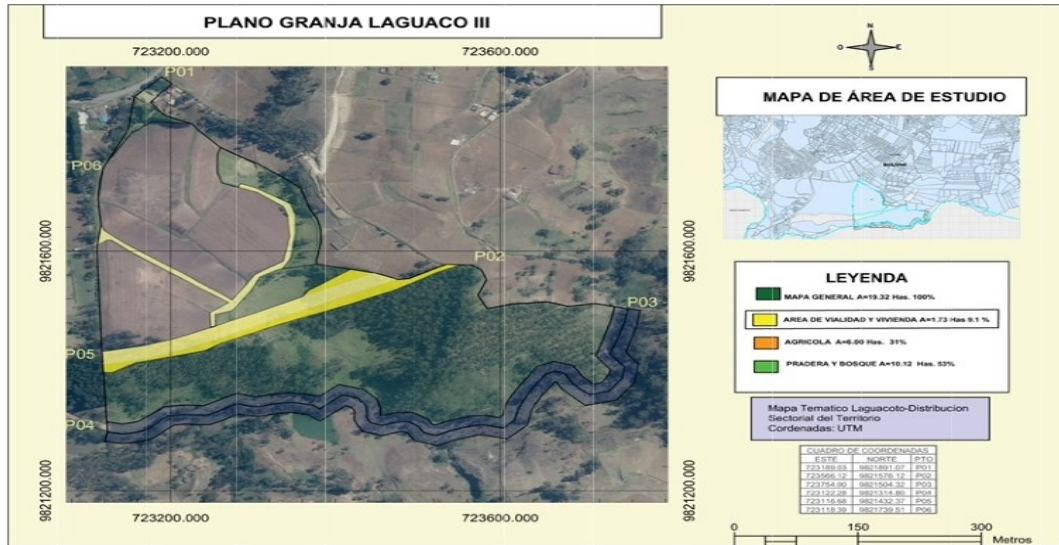
Mapa temático: Uso del territorio – Pradera natural y forestal



Dentro de las praderas y bosque naturales se establece la mayor área, la mayor parte es de bosque inducido por eucalipto y el resto de pradera es heterogéneo, el cual no es muy útil para la siembra y pastoreo, por lo que permanece en descanso.

Figura 22

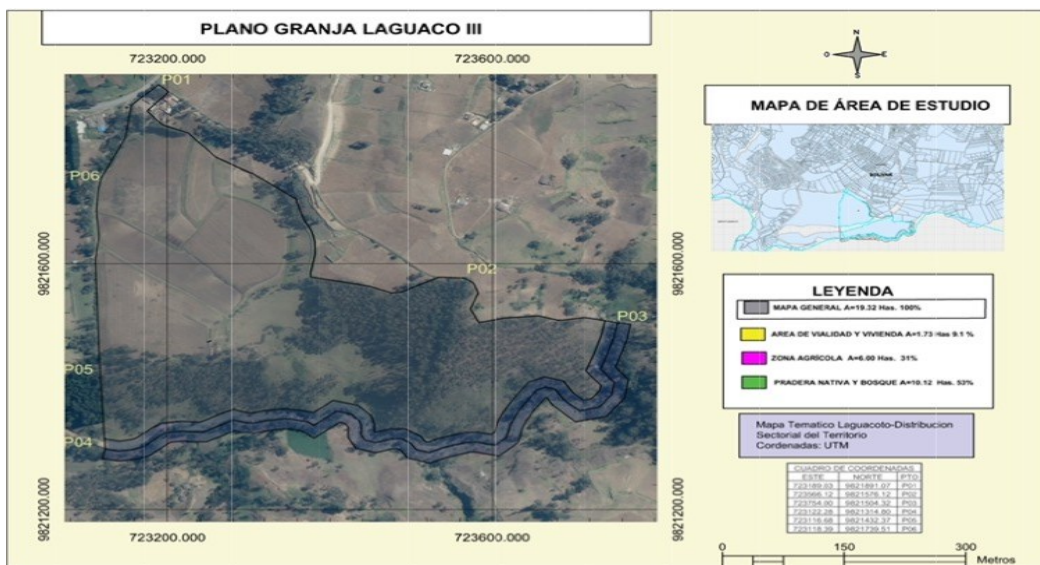
Mapa temático: Uso del territorio - Infraestructura



La infraestructura de acervo físico y material facilita el desarrollo productivo de la granja Laguacoto III se sitúa en 1.73 ha. De esta forma incluye elementos como: carreteras, sistemas de riego, sistemas de alcantarillado, viviendas, represas, escuelas, redes de distribución eléctrica.

Figura 23

Mapa temático: Uso del territorio – General



4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, mediante la evaluación física – química del suelo en la Granja Laguacoto III. Se puede comprobar que existieron diferencias numéricas en los seis tratamientos, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que presentaron diferencias en la calidad del suelo dependiendo de su fertilidad y aptitud de uso.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis físico demostró que en los suelo de la localidad de Laguacoto III en los seis tratamientos, reveló un alto predominio de partículas de arena. La humedad promedio registrada fue del 21.95%, lo que indica una baja retención de humedad en el suelo. Esto se debe a que la textura del suelo es franco arenosa, lo que facilita la filtración.
- Las propiedades químicas indicaron que la zona agroecológica en estudio presenta suelos neutros, con valores de pH que oscilan entre 7.19 y 7.34. Esto significa que los suelos se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo adecuado de los cultivos, ya que permanecen en una escala de 7.0 a 7.5 en todos los tratamientos a diferentes profundidades.
- El contenido de materia orgánica fue más alto en el tratamiento T6, indicando que este suelo contiene residuos vegetales en mineralizados.
- La identificación de macro y micro nutrientes se vio influenciada por el nivel de erosión al que estaban expuestos y la altitud del área de muestreo, lo que llevó a variaciones en el contenido de nutrientes entre los tres transectos analizados.
- El contenido de NPK se mantuvo en un nivel de medio a alto en los sitios evaluados, estos nutrientes son esenciales en los suelos agrícolas de la granja Laguacoto III para garantizar el óptimo desarrollo de las plantas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar prácticas de manejo que mejoren la estructura del suelo y aumenten su capacidad de retención de agua y nutrientes. Estrategias como la adición de materia orgánica, el uso de cultivos de cobertura y la labranza mínima pueden ayudar a mejorar la textura del suelo y promover un crecimiento saludable de los cultivos.
- Se recomienda implementar prácticas de manejo que promuevan la acumulación de materia orgánica en el suelo. Esto puede incluir la aplicación de compost, rotación de cultivos con leguminosas fijadoras de nitrógeno y reducción de la erosión mediante técnicas de conservación del suelo.
- Seguir realizando evaluaciones periódicas de nutrientes en el suelo para identificar posibles deficiencias o excesos. Basándose en los resultados, se pueden implementar estrategias de fertilización precisas para corregir desequilibrios y garantizar que los cultivos tengan acceso a los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo y una alta productividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. (2021). Comparación de las texturas de los suelos provenientes de diferentes lugares. Obtenido de <https://proyectosdemetodologia.blogspot.com/2015/01/escuela-superior-politecnica-facultad.html>
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117. Recuperado el 2023, de <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Delli, B. (2022). Caracterización físico-química del suelo en cultivos de ciclo corto comunidad, Corazón de Jesús. Obtenido de La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta.: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10246/1/Delli%20B%2c%20%282022%29%20Caracterizaci%c3%b3n%20f%c3%adsico-qu%c3%adm%20del%20suelo%20en%20cultivos%20de%20ciclo%20corto%20comunidad%2c%20Coraz%c3%b3n%20de%20Jes%c3%bas..pdf>
- FAO. (2020). Portal de suelos de la FAO. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedadesfisicas/es/>
- FAO. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Obtenido de Uso sostenible de los suelos: <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>
- FAO. (2023). Portal de suelos de la FAO. Obtenido de Suelos : <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Gomez, J. (2019). Introducción a los suelos. Obtenido de la calidad de los suelos.: <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>

- Graterón, A. (2020). Caracterización fisicoquímica y mineralógica de un suelo de uso agrícola ubicado en el campus El Limonal de la Universidad Santo Tomás, Piedecuesta.
- Graterón. (2020). Caracterización fisicoquímica y mineralógica de un suelo de uso agrícola ubicado en el campus El Limonal de la Universidad Santo Tomás, Piedecuesta. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29850/2020GrateronAndres.pdf?sequence=12>
- INIAP. (2023). Análisis físico - químicos y microbiológicos del suelo. Obtenido de INIAP Repositorios: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-fisico-quimicos-y-microbiologicos-del-suelo>
- INTA. (2020). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad . Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- 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%3a%9n%20conocido%20como%20subsuelo.>
- López. (2020). Indagan la composición de la materia orgánica del suelo. Obtenido de <https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/>
- MAGAP-IEE. (2019). Grupo Técnico Clima e Hidrología, MAGAP-IEE. Obtenido de MAGAP-IEE: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17934>
- MAGAP. (2019). El perfil del suelo. Quito: Investigación Geología. Obtenido de <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- Moreno. (2019). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo . Revista Científica Ecuatoriana, 2(1), pag 34.

- Mycsainc. (2021). El pH y sus efectos en el suelo de nuestros cultivos. Obtenido de Nuestros cultivos: <https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/03/03/el-ph-y-sus-efectos-en-el-suelo-de-nuestros-cultivos/>
- Padrón, J. (2021). El suelo: concepto y formación. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/penetrometro-hidraulico-1ra-parteii/penetrometro-hidraulico-1ra-parte-ii>
- Pineda, M. (2023). Estructura del suelo. Obtenido de Encolombia suelos: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/estructura-del-suelo/>
- PROAIN. (2021). La humedad del suelo y como monitorearla. Obtenido de Monitoreo del suelo : <https://proain.comblogs/notastecnicas/la-humedad-del-suelo-y-como-monitorearla>
- Quimagro. (2022). La importancia de realizar un análisis de suelo. Obtenido de Análisis del suelo: <https://www.quimagro.com.mx/blog/al-servicio-de-la-agricultura-1/la-importancia-de-realizar-un-analisis-de-suelo-11>
- Riera, Y. (2022). Perfiles de suelos y sus horizontes. Obtenido de Horizontes del suelo: <https://es.scribd.com/document/579506361/suelo>
- Rodriguez, B. (2022). ¿Qué es la desertificación y cuáles son sus causas? Obtenido de Desertificación del suelo: <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/desertificacion-causas/:textLa20desertificaci%C3%B3n20es20el20proceso,humana20y20los20cambios20clim%C3%A1ticos>.
- Sánchez, M. (2019). ¿Cuáles son las características del suelo franco? . Obtenido de Perfiles del suelo: <https://www.jardineriaon.com/suelo-franco.htmlmselkid=12f7f96cabd811ecb47cb042aa59d3fe>
- Trelles, F. (2018). Caracterización y mapeo de suelos según su índice de fertilidad y capacidad de uso agrícola en el área de influencia del sistema para riego carrizal - chone. Obtenido de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de

Manabí Manuel Félix López: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9138650>

Trujillo, G. (2018). Degradación del suelo en el Ecuador. Obtenido de suelo en el Ecuador: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-842010/26531.pdf

Valle. (2022). Los suelos y su importancia en la producción de cultivos. Obtenido de <https://semillasvalle.com/site/blog/los-suelos-y-su-importancia-en-la-produccion-de-cultivos/>

Vargas, B. (2019). Caracterización de suelos según su índice de fertilidad y aptitud de uso, en el municipio de ancoraimes. Obtenido de Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5036/T-1343.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

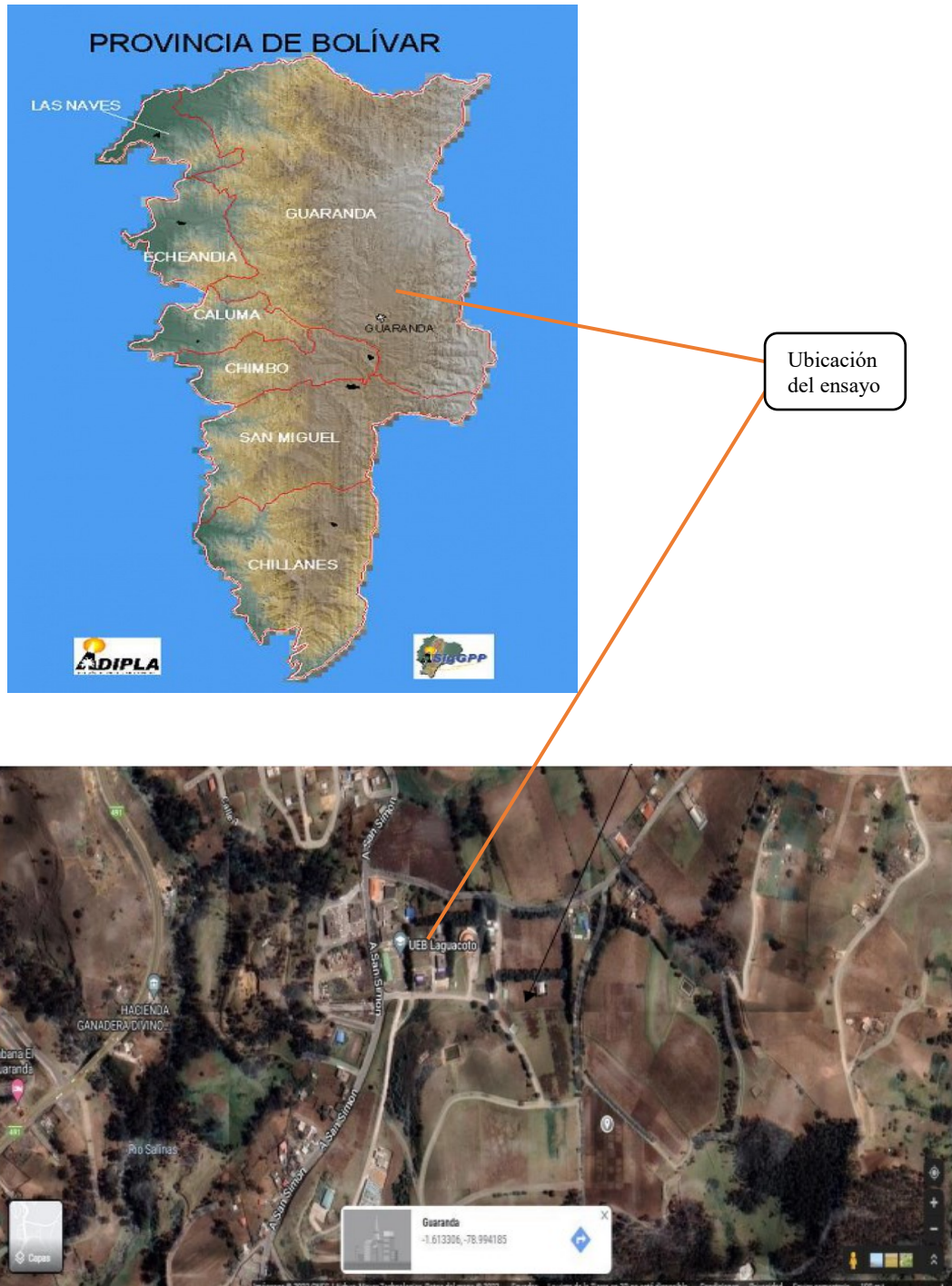
Vásquez, D. (2022). Suelos y fertilidad. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/598931482/Manual-de-Practicos-Alumnos-2-2022>

Vistoso, E. (2019). Los micronutrientes del suelo. Obtenido de Micronutrientes : [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66900/Ficha20TC3A9cnica20INIA20NC2B02018sequence=1isAllowed:text=Los%20micronutrientes20forman20parte20de,\)20y20zinc20\(Zn\).](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66900/Ficha20TC3A9cnica20INIA20NC2B02018sequence=1isAllowed:text=Los%20micronutrientes20forman20parte20de,)20y20zinc20(Zn).)

Yara. (2023). Función del potasio . Obtenido de suelo: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-potasio-en-la-produccion-de-tomate/:text=El20potasio20mantiene20el20equilibrio,de20pigmentos2C20sobre20toda20licopeno.>

ANEXOS

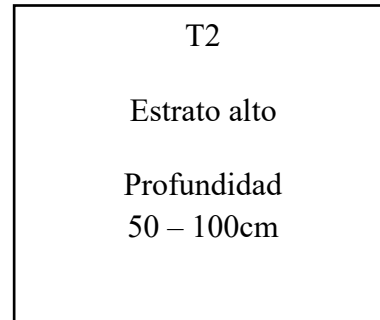
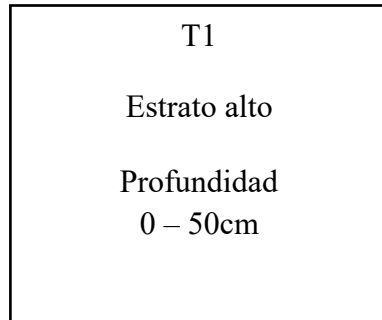
Anexo 1. Mapa de la ubicación de la investigación



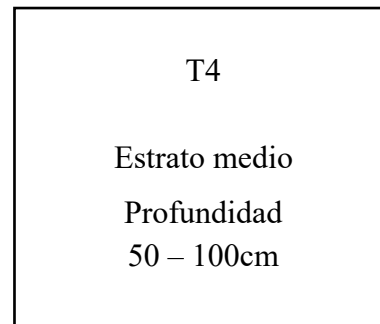
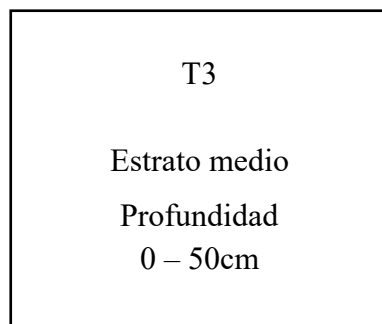
Fuente: Google Maps 2023

Anexo 2. Croquis del ensayo

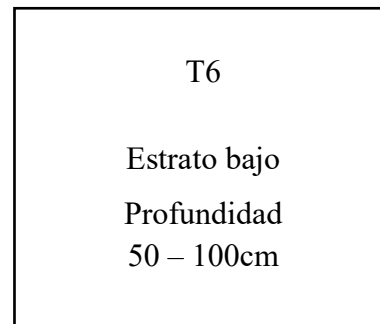
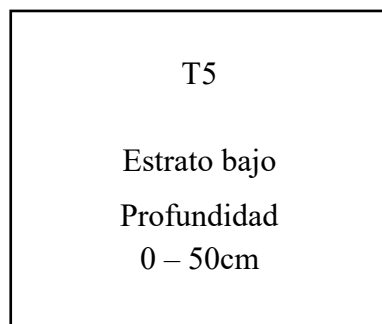
PARTE ALTA



PARTE MEDIA



PARTE BAJA



Anexo 3. Base de datos de los análisis físicos – químicos del suelo de la Granja Laguacoto III

Transectos	Profundidad	Textura			Densidad Aparente	Humedad	pH	MO	N	P	K	S	B	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
		Arena	Arcilla	Limo															
Alto	0 - 50	38.00	29.00	33.00	1.24	19.65	7.13	2.08	46.60	15.56	0.33	5.98	0.48	25.68	4.96	1.60	16.60	98.50	5,15
Alto	50 – 100	38.00	27.00	35.00	1.15	21.92	7.34	1.92	41.18	14.90	0.25	5.50	0.38	25.68	4.80	1.20	12.70	52.00	1,8
Media	0 - 50	37.00	33.00	30.00	1.21	15.20	7.23	2.13	60.99	12.14	0.42	12.50	0.42	26.36	4.86	3.90	15.00	97.00	4,95
Media	50 – 100	40.00	35.00	25.00	1.24	27.90	7.27	1.87	33.49	16.29	0.89	10.29	0.39	25.62	5.50	2.55	18.80	114.00	5,8
Baja	0 - 50	40.00	31.00	28.50	1.21	20.50	7.19	2.43	46.72	14.55	0.51	8.77	0.33	26.14	4.96	1.65	17.15	105.50	7,6
Baja	50 – 100	35.00	34.00	30.50	1.28	26.55	7.28	2.61	31.29	17.16	0.62	15.38	0.33	31.05	4.98	2.05	13.50	74.50	4

Anexo 5. Fotografías



Recorrido mediante una vista in situ



Elaboración de una calicata



Extracción de 12 muestras



Homogenización de las muestras



Etiquetado para una mejor laboratorio identificación.



Envío de las muestras al INIAP Santa Catalina



Toma de datos de velocidad de infiltración



Toma del dato de índice de penetración

Visita de campo



Anexo 6. Glosario de términos técnicos

Barreno. - Herramienta utilizada para realizar agujeros cilíndricos extrayendo el material sólido perforado.

Calicata. - Exploración de un terreno mediante una barrena o una sonda para saber los minerales que contiene.

Cangahua. - Es una roca sedimentaria de origen volcánico, de textura no foliada, porosa y baja compactación.

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.

Creeping (Progresivo). - Son los movimientos lentos casi imperceptibles que ocurren en el 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.

Desmenuzados. - Deshacer o trocear algo en partes muy pequeñas, generalmente con las manos y sin utilizar ningún instrumento cortante. Analizar o examinar algo pormenorizadamente teniendo en cuenta muchos elementos que lo integran.

Disgregación. - Reducción de una roca a sus componentes por acción de agentes externos.

Dolomita. - Es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio.

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.

Enmienda. - Corrección o arreglo de los errores o defectos de una cosa o persona.

Lixiviación. - Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

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.).

Recurrente. - Que ocurre, o se realiza con cierta frecuencia o de manera repetida.

Silvinita. - Es un mineral del grupo de los haluros, químicamente es cloruro de potasio (KCl) cristaliza, como la sal gema, en el sistema regular, dominante en cubos.

Tectónica. - Parte de la geología que estudia los plegamientos, deformaciones y fallas de la corteza terrestre y las fuerzas internas que los originan.

Turbulencia. - Movimiento desordenado de un fluid, en el cual las moléculas, en vez de seguir trayectorias paralelas, describen trayectorias sinuosas y forman torbellinos.