



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TEMA:**

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO, EN  
TRES ESTRATOS AGRÍCOLAS, EN DOS LOCALIDADES DE LA  
PROVINCIA BOLÍVAR.

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

**AUTORES:**

CALVACHE BONILLA JESSICA CORINA

YUQUILEMA GUAMAN JOFFRE DUVERLI

**DIRECTOR:**

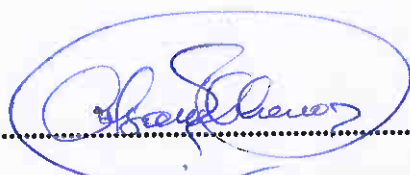
ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ MS.c.

**GUARANDA – ECUADOR**

**2024**

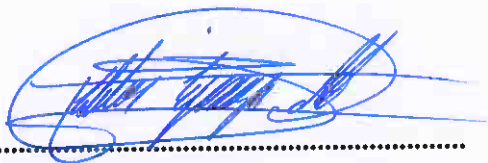
**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO,  
EN TRES ESTRATOS AGRÍCOLAS, EN DOS LOCALIDADES DE LA  
PROVINCIA BOLÍVAR.**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



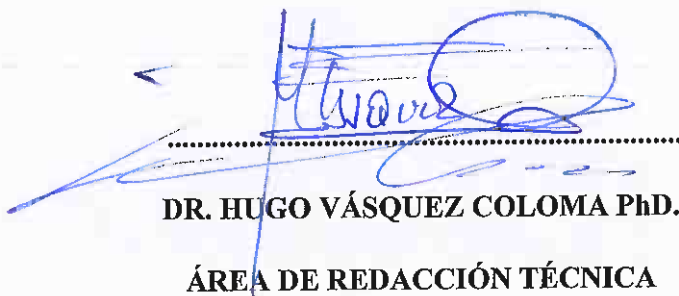
**ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ MS.c.**

**DIRECTOR**



**ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.**

**BIOMETRISTA.**



**DR. HUGO VÁSQUEZ COLOMA PhD.**

**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

## CERTIFICADO DE AUTORÍA

Nosotros, Jessica Corina Calvache Bonilla con CI: 1207849769 y Joffre Duverli Yuquilema Guaman con CI: 0202044632 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 sus respectivos autores(es).

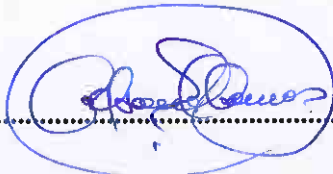
La Universidad Estatal de Bolívar puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamento y la normativa Institucional vigente.



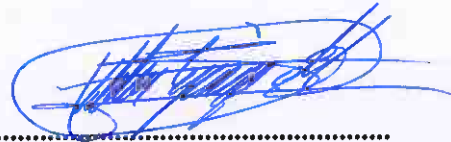
.....  
**Jessica Corina Calvache Bonilla**  
Autora  
CI: 1207849769



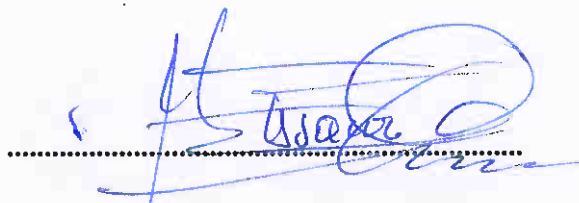
.....  
**Joffre Duverli Yuquilema Guaman**  
Autor  
CI: 0202044632



.....  
**Ing. Nelson Monar Gavilán MS.c.**  
DIRECTOR  
CI: 0201089836



.....  
**Ing. Kleber Espinoza Mora Mg.**  
BIOMETRISTA  
CI: 0200989630



.....  
**Dr. Hugo Vásquez Coloma PhD.**  
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA  
CI: 0200852523





*Notaria Tercera del Cantón Guaranda*  
*Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez*  
*Notario*

rio...

N° ESCRITURA: 20240201003P00241

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: CALVACHE BONILLA JESSICA CORINA y

YUQUILEMA GUAMAN JOFFRE DUVERLI

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000005442



En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día treinta de Enero del dos mil veinticuatro, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen CALVACHE BONILLA JESSICA CORINA, soltera de ocupación estudiante, domiciliada en la Ciudad de Echeandía Provincia Bolívar y de paso por este lugar, con celular número (0997813381), su correo electrónico es [icalvachebonilla@gmail.com](mailto:icalvachebonilla@gmail.com), y YUQUILEMA GUAMAN JOFFRE DUVERLI, soltero de ocupación estudiante, domiciliado en el Cantón el Guabo de la Provincia Del Oro y de paso por este lugar, con celular número (0981912945), su correo electrónico es [joffre.quibio@gmail.com](mailto:joffre.quibio@gmail.com), por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocer 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 instruída por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que proceden libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento declaran lo siguiente manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO, EN TRES ESTRATOS AGRÍCOLAS, EN DOS LOCALIDADES DE LA PROVINCIA BOLÍVAR.** es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores, previo a la obtención del título de Ingenieros Agrónomos en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que 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 los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta notaria, aquellos se ratifican y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

CALVACHE BONILLA JESSICA CORINA

C.C. 1207849769

YUQUILEMA GUAMAN JOFFRE DUVERLI

C.C: 02 02 04 463-2

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



EL NOTA....

NOMBRE DEL TRABAJO

PROYECTO DE INVESTIGACION- CALVA  
CHE Y YUQUILEMA.pdf

AUTOR

JESSICA CORINA y JOFFRE DUVER CAL  
VACHE BONILLA y YUQUILEMA GUAMA  
N

RECuento DE PALABRAS

20990 Words

RECuento DE CARACTERES

105604 Characters

RECuento DE PÁGINAS

92 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 26, 2024 11:13 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 26, 2024 11:15 AM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 4% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente

## **DEDICATORIA**

La presente Tesis, la dedico con todo mi corazón a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis Padres Beatriz Bonilla y José Calvache, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mujer fuerte con sueños y metas, a mis hermanos José Luis, Anthony, a mi Tío Miguel Bonilla por sus palabras y sabios consejos que siempre me ha brindado desde la niñez hasta ahora como es la vida Universitaria, a mi Abuelita Margarita "Muchachita Primorosa" como solíamos decirle, aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien.

A los amigos que me regaló la Universidad y a todas aquellas personas que de una u otra manera a contribuido para el logro de mis objetivos.

Jessica

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios es el quien me provee sabiduría, amor y salud para poder alcanzar cada uno de mis objetivos y también por la culminación con éxitos de esta etapa universitaria.

A mi padre, hermanos y familiares en general quienes aportaron en mi crecimiento personal y profesional, quienes me han guiado con valores los mismos que han sido de gran ayuda para poder alcanzar mis objetivos.

A mis amigos en especial Mayra y Ángel quienes han compartido momentos buenos y malos, por ser personas incondicionales al estar junto a mí en todo momento por ser pilares fundamentales de motivación y crecimiento.

Joffre

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, ser divino por darnos la vida y guiar nuestros pasos día a día. A la "Universidad Estatal de Bolívar", por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar nuestra carrera. Al Ing. Nelson Monar, Director de Tesis, Ing. Kleber Espinoza, Biometrista y al Dr. Hugo Vásquez, Redacción técnica, por brindarnos de su tiempo, valores y conocimientos como equipo, guía en nuestra Tesis. A nuestros maestros por sus enseñanzas para desarrollarnos y habernos brindado todos sus conocimientos. A la Facultad de Ciencias Agropecuarias por acogernos en esta maravillosa carrera.

Y para finalizar, también agradecemos a todos los que fueron nuestros compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a nuestras ganas de seguir adelante en nuestra carrera profesional.

Gracias infinitas, Dios les pague, mil bendiciones.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMA .....	3
2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.2. Suelo.....	5
2.3. Perfil del Suelo.....	6
2.3.1. Horizonte O.....	6
2.3.2. Horizonte A.....	6
2.3.3. Horizonte B.....	7
2.3.4. Horizonte R.....	7
2.3.5. Horizonte E.....	7
2.4. Clasificación del suelo. ....	7
2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	7
2.5. Composición Física del Suelo.....	8
2.5.1. Color del suelo. ....	8
2.5.2. Densidad del Suelo.....	9
2.5.3. La Textura del Suelo.....	9
2.5.4. La Estructura del Suelo.....	12
2.5.5. Densidad Real.....	12
2.5.6. Densidad Aparente.....	13
2.5.7. Humedad.....	13
2.6. Composición Química del Suelo.....	14
2.6.1. pH.....	14

2.6.2. Capacidad de Intercambio Catiónico .....	15
2.6.3. Materia Orgánica.....	15
2.7. Nutrientes del suelo.....	16
2.8. Macronutrientes presentes en el suelo.....	16
2.9. Funciones de los Macronutrientes.....	16
2.10. Clasificación de los Macronutrientes .....	17
2.10.1. Nitrógeno .....	17
2.10.2. Potasio .....	18
2.10.3. Fósforo .....	19
2.10.4. Calcio .....	20
2.10.5. Magnesio .....	21
2.10.6. Azufre.....	21
2.11. Micronutrientes presentes en el suelo .....	22
2.12. Funciones de los Micronutrientes .....	22
2.13. Clasificación de los Micronutrientes.....	23
2.13.1. Cobre .....	23
2.13.2. Boro.....	24
2.13.3. Hierro .....	25
2.13.4. Manganeso .....	26
2.13.5. Zinc .....	27
2.14. Análisis de Suelo.....	27
2.14.1. Beneficios del análisis del suelo .....	28
2.14.2. Muestreo de las parcelas .....	29
2.14.3. Análisis químico y físico de suelos .....	29

2.14.4. Análisis de la fertilidad .....	30
2.15. Desertificación del Suelo .....	30
2.15.1. Causas la desertificación .....	31
2.15.2. Consecuencias de la desertificación.....	31
2.15.3. Soluciones contra la desertificación.....	32
3.1. MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1.1. Materiales:.....	33
3.1.2. Localización de la investigación .....	33
3.1.3. Situación geográfica y climática .....	33
3.1.4. Zona de vida .....	33
3.1.5. Material experimental.....	33
3.1.6. Materiales de campo.....	34
3.1.7. Materiales de oficina .....	34
3.2. Métodos.....	35
3.2.1. Factor en estudio .....	35
Calidad física química del suelo en 3 estratos agrícolas en dos localidades. 35	
3.2.2 Tratamientos.....	35
3.2.3 Procedimiento .....	35
3.2.4. Tipos de Análisis.....	35
3.3. Métodos de evaluación y datos a tomarse.....	36
3.3.1 Análisis de los componentes físicos.....	36
3.3.2 Análisis de los componentes químicos .....	36
3.4.2. Selección de sitios de estudio.....	38
3.4.3. Toma de muestras .....	38

3.4.5. Traslado de muestras.....	38
3.4.6. Ingreso de muestras.....	39
4.4.7. Fase de laboratorio .....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
3.2. Análisis de indicadores físicos .....	40
4.1.1. Determinación de la textura (T) .....	40
4.1.2. Determinación de la humedad (H) .....	42
4.2. Análisis de indicadores químicos.....	43
4.2.1. Determinación del pH .....	43
4.2.2. Determinación de la materia orgánica (MO) .....	45
4.3. Análisis de los macronutrientes .....	46
4.3.1. Determinación del Nitrógeno (N) .....	46
4.3.2. Determinación del Fósforo (P).....	48
4.3.3. Determinación del Potasio (K).....	49
4.3.4. Determinación del Calcio (Ca).....	51
4.3.5. Determinación del Azufre (S) .....	52
4.3.6. Determinación del Magnesio (Mg) .....	54
4.4. Análisis de los micronutrientes .....	55
4.4.1. Determinación del Cobre (Cu).....	55
4.4.2. Determinación del Boro (B).....	57
4.4.3. Determinación del Hierro (Fe).....	58
4.4.4. Determinación del Manganeso (Mn) .....	60
4.4.5. Determinación del Zinc (Zn).....	61
5. Comprobación de la hipótesis .....	63

6.1. Conclusiones .....	64
6.2. Recomendaciones.....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXOS .....	

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº	Pag
1	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la propiedad física textura de las dos localidades. 42
2	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable humedad de las dos localidades. 44
3	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable pH de las dos localidades. 46
4	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable materia orgánica de las dos localidades. 47
5	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de nitrógeno de las dos localidades. 49
6	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de fósforo de las dos localidades. 50
7	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de potasio de las dos localidades. 52
8	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de calcio de las dos localidades. 53
9	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de azufre de las dos localidades. 55
10	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de magnesio de las dos localidades. 56
11	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de cobre de las dos localidades. 58
12	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de boro de las dos localidades. 59
13	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de hierro de las dos localidades. 60
14	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de manganeso de las dos localidades. 62
15	Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de zinc de las dos localidades. 63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>N°</b>		<b>Pag</b>
1	Valores de la variable textura de las dos localidades	43
2	Valores de la variable humedad de las dos localidades.	44
3	Valores de la variable pH de las dos localidades.	46
4	Valores de la variable materia orgánica de las dos localidades.	47
5	Niveles de nitrógeno en las dos localidades.	49
6	Niveles de fósforo en las dos localidades.	51
7	Niveles de potasio en las dos localidades.	52
8	Niveles de calcio en las dos localidades.	54
9	Niveles de azufre en las dos localidades.	55
10	Niveles de magnesio en las dos localidades.	57
11	Niveles de cobre en las dos localidades.	58
12	Niveles de boro en las dos localidades.	59
13	Niveles de hierro en las dos localidades.	61
14	Niveles de manganeso en las dos localidades.	62
15	Niveles de zinc en las dos localidades.	64

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Ubicación del experimento
<b>2</b>	Base de datos generales Guayabal Naranjal
<b>3</b>	Base de datos generales San Gerardo
<b>4</b>	Análisis de suelo por localidad.
<b>5</b>	Análisis de la variable humedad
<b>6</b>	Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo.
<b>7</b>	Glosario de términos técnicos

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en dos localidades de la provincia Bolívar: Guayabal Naranjal cantón Chillanes y San Gerardo cantón Echeandía, con el fin de determinar la calidad físico-química del suelo, en tres estratos agrícolas. Los objetivos planteados fueron i) Identificar los componentes físicos y químicos del suelo en las dos localidades de la provincia Bolívar. ii) Realizar un análisis de macro y micro nutrientes en tres estratos de suelos agrícolas y iii) Comparar los resultados de macro y micro nutrientes de las dos localidades. Se realizó un análisis estadístico y la prueba de T para comprar promedios de las propiedades físicas y los niveles de macro y micronutrientes. Para realizar los análisis se consideraron 6 tratamientos cada uno con un transecto (superior, intermedio e inferior), con dos profundidades diferentes la primera a 0 - 0,50m y la segunda de 0,50 a 1m. Según el análisis físico-químico el suelo de la localidad Guayabal Naranjal se caracterizó por presentar mayores cantidades de limo razón por la cual se clasificó como franco limoso con mayor contenido de humedad con 66,72 %, mientras que el suelo de San Gerardo presento mayores cantidades de arcilla por lo cual pertenece a la clasificación franco arcilloso con un contenido de humedad de 47,36 %. Las dos localidades presentaron cantidades optimas de materia orgánica y pH neutro que se encuentra en escala optima de acidez. La mayor cantidad de macronutrientes se presentaron en la localidad Guayabal Naranjal con niveles de 35,91 ppm de N, 0,13 meq/100g de K, 8,42 ppm de S y 13,79 de Ca y en San Gerardo los niveles mas altos fueron: P con 9,12 ppm y Mg con 3,69 meq/100g. En relación a la cantidad de micronutrientes la localidad Guayabal Naranjal presento mejores niveles en casi todos los tratamientos, comprobando en esta investigación que el suelo de Guayabal Naranjal presento mejores condiciones tanto físicas y químicas para los procesos de crecimiento y desarrollo de los cultivos a diferencia de la localidad de San Gerardo que tiene menores cantidades de nutrientes debido a que es un suelo que se encuentra en procesos de actividades agrícolas y necesita recuperar la fertilidad para completar los niveles necesarios y requeridos por las plantas

**Palabras clave:** estratos, niveles, franco, humedad y localidades

## SUMMARY

This research was carried out in two locations in the Bolívar province: Guayabal Naranjal, Chillanes canton, and San Gerardo, Echeandía canton, in order to determine the physical-chemical quality of the soil, in three agricultural strata. The objectives set were i) Identify the physical components and soil chemicals in the two localities of the Bolívar province. ii) Carry out an analysis of macro and micro nutrients in three strata of agricultural soils and iii) Compare the results of macro and micro nutrients of the two locations. A statistical analysis and the T test were carried out to compare averages of the physical properties and the levels of macro and micronutrients. To carry out the analyzes, 6 treatments were considered, each with a transect (upper, intermediate and lower), with two different depths, the first at 0 - 0.50m and the second from 0.50 to 1m. According to the physical-chemical analysis, the soil of the Guayabal Naranjal locality was characterized by presenting greater amounts of silt, which is why it was classified as silt loam with the highest moisture content with 66.72 %, while the soil of San Gerardo presented greater amounts of clay for which it belongs to the clay loam classification with a moisture content of 47.36%. The two localities presented optimal amounts of organic matter and neutral pH that is in the optimal scale of acidity. The highest amount of macronutrients occurred in the Guayabal Naranjal locality with levels of 35.91 ppm of N, 0.13 meq/100g of K, 8.42 ppm of S and 13.79 of Ca and in San Gerardo the highest levels high were: P with 9.12 ppm and Mg with 3.69 meq/100g. In relation to the amount of micronutrients, the Guayabal Naranjal locality presented better levels in almost all the treatments, verifying in this investigation that the soil of Guayabal Naranjal presented better physical and chemical conditions for the processes of growth and development of the crops, unlike the town of San Gerardo that has lower amounts of nutrients because it is a soil that is in the process of agricultural activities and needs to recover fertility to complete the levels necessary and required by the plants

**Keywords:** strata, levels, loam, humidity and localities

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Los suelos son una de las principales reservas de biodiversidad del mundo y albergan más del 25% de la biodiversidad. Estos microorganismos nos nutren y nos protegen del cambio climático e incluso de las enfermedades. Los organismos del suelo desempeñan un papel importante en la mejora de la producción de alimentos, la mejora de la nutrición alimentaria, la protección de la salud humana, la restauración de áreas contaminadas y la lucha contra el cambio climático. Los suelos son una de las mayores reservas de biodiversidad del mundo y albergan más del 25% de la biodiversidad del planeta. Asimismo, más del 40% de los organismos de los ecosistemas terrestres están conectados a la tierra durante su ciclo biológico. “La biodiversidad del suelo y la gestión sostenible de la tierra son condiciones esenciales para alcanzar muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Vatsyayana, 2020).

Los suelos del Ecuador se encuentran entre los más diversos del planeta. Según su composición, se agrupan en: suelos aluviales (zonas cercanas a ríos, propensas a inundaciones), suelos sobre cenizas volcánicas y suelos sobre otros materiales (rocas antiguas). En la costa, en las llanuras aluviales se han acumulado depósitos fértiles de tierras altas. Estas tierras costeras son muy fértiles. Tanto es así que los suelos de la cuenca del Amazonas parecen diversos, pero no han sido estudiados ni cartografiados por completo. El 9,9% de las zonas rurales están plantadas con cultivos permanentes y temporales. En estas zonas se cultiva plátano, papa, maíz, caña de azúcar, palma africana, arroz, café, cacao y muchos otros. En términos de tierra destinada a pastos, equivale al 19,4% del territorio del Ecuador. Se utilizan para la cría de ganado vacuno, porcino, aves de corral y, en menor escala, otras especies. Además, el 17,3% se destinó a la tala. El resto, el 53,5% del territorio ecuatoriano, son zonas urbanas (Lifeder, 2020).

Los suelos de la Provincia de Bolívar son estructuralmente diversos y han producido una variedad de tipos de suelos cuya composición y estructura física y

química se caracterizan por factores climáticos y topográficos. Los mayores aumentos se produjeron en usos como pastos cultivables, cultivos de transición, brezales y cultivos perennes, con disminuciones en los brezos del 0,87 %, los bosques y las zonas montañosas del 3,0 % y del 49 %, amenazando la conservación del agua y la biodiversidad. provincia; Debido a la expansión de la frontera agrícola y al hecho de que muchos agricultores eligieron la ganadería como su principal fuente de sustento económico (Coloma, 2020).

Los macronutrientes se necesitan en cantidades mayores, mientras que los micronutrientes sólo se necesitan en cantidades muy pequeñas (uns pocas partes por millón). Las plantas necesitan un aporte equilibrado de todos estos nutrientes esenciales para crecer con normalidad. Necesitan algunos nutrientes esenciales para su pleno desarrollo y su óptima productividad. Las consecuencias de una deficiencia de estos nutrientes pueden variar desde un crecimiento deficiente y decoloración de las hojas hasta la pérdida de cuerpos fructíferos. En todos los casos, los rendimientos de los cultivos disminuyeron. Análisis físico y químico del suelo: permite determinar el contenido de macronutrientes y micronutrientes útiles para la agricultura; Así como las propiedades físicas del suelo. Además, se realizan análisis de fertilizantes y compost para determinar su composición química. (Croda, 2023).

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Identificar los componentes físicos y químicos del suelo en las dos localidades de la provincia Bolívar.
- Realizar un análisis de macro y micro nutrientes en tres estratos de suelos agrícolas.
- Comparar los resultados de macro y micro nutrientes de las dos localidades.

## **1.2. PROBLEMA**

En la actualidad los suelos de la provincia Bolívar se encuentran en un estado de desertificación, afectados directamente por una innecesaria incorporación de fertilizantes que se utilizan para obtener mejores niveles de producción sin realizar previamente un análisis de macro y micronutrientes para determinar el tipo de fertilizante que se debe utilizar y la cantidad que se debe incorporar correctamente, factores climáticos que intervienen en la lixiviación y lavado de los nutrientes que se encuentran en el suelo, además dentro de estos factores principalmente las constantes precipitaciones ocasionan la degradación de la composición y estructura química, física y biológica del suelo.

En Echeandía los suelos no han sido analizados por los productores razón por la cual desconocen la cantidad de fertilizante que deben incorporar en sus cultivos, mientras que en la localidad Chillanes se han hecho pocas investigaciones, debido a la falta de interés de los agricultores y a la falta de información de este proceso debido a que tienen sus prácticas ancestrales que no incluyen esta tecnología.

La pérdida de nutrientes y la infertilidad del suelo se debe principalmente a la aplicación de los agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas), debido a que los agricultores no tienen los conocimientos necesarios de las actuales técnicas agrícolas cómo realizar un análisis de suelo para mejorar la fertilización, ya que están acostumbrados a permanecer y producir los cultivos con prácticas ancestrales en las cuales no incluyen realizar este tipo de análisis, sin darse cuenta que este tipo de fertilización afecta la estructura del suelo y a la vez va perdiendo su contenido de nutrientes.

Al momento que agricultor incorpora el fertilizante sin realizar un análisis está generando una pérdida económica, porque desconoce lo que realmente necesita su cultivo e incorpora cantidades inapropiadas que también puede afectar de forma inconscientemente a los cultivos que también necesitan la cantidad determinada de nutrientes. Actualmente los productores desconocen las ventajas y los beneficios,

ya que no se ha realizado investigación de una caracterización física y química de suelos, por eso, es necesario realizar este tipo de análisis de suelo para determinar las características del suelo, conocer la cantidad de nutrientes que contiene para de esta manera incorporar solamente la cantidad necesaria y evitar en gran parte la degradación y desertificación de los suelos agrícolas.

## **2.1. MARCO TEÓRICO**

### **2.2. Suelo**

El suelo es la capa que cubre la superficie de la tierra y sustenta a las plantas y animales. Es la mayor fuente de energía de la naturaleza. Esto se debe a que contiene nutrientes y agua que alimentan a las plantas y otros organismos. También es un soporte físico para la construcción de sociedades humanas y una fuente de recursos naturales que proporcionan recursos para una variedad de actividades económicas básicas. El suelo está formado por muchas capas, agua, minerales, aire, pequeños organismos y materia orgánica (productos descompuestos de plantas y animales que viven en el suelo). El suelo es importante para el desarrollo del mundo ya que es el hogar de muchos seres vivos (Etecé, 2023).

El suelo es un componente estructural poroso y bioactivo que se encuentra en la superficie de la Tierra. El suelo contiene la materia prima de la superficie terrestre (la parte sólida de la Tierra). Se diferencia de la roca en que contiene materia orgánica (minerales, agua, aire) y materia inorgánica (humus) que cambian con el tiempo dando lugar a estructura y organización (García, 2019).

### **2.2. Importancia del suelo**

El suelo juega un papel importante en el éxito de la agricultura. Aquí es donde se encuentran las plantas y obtienen sus nutrientes, que son alimento para humanos y animales. Sin embargo, los diferentes tipos de suelo con sus diferentes colores, texturas y propiedades químicas no siempre ayudan a producir los nutrientes necesarios para un crecimiento saludable de los cultivos (Cherlinka, 2020).

Sin duda, el suelo es uno de los factores más importantes en la producción de alimentos, y su mantenimiento es un tema importante en la agricultura. Porque un mantenimiento adecuado dará buenos resultados en el campo ahora y en el futuro. Si bien es cierto que los efectos pueden no ser visibles en el corto plazo, sí pueden

verse en el largo plazo. Esto se debe a que ayuda a prevenir el desgaste y la fatiga (Belchim, 2021).

### **2.3. Perfil del Suelo**

La Tierra está dividida en regiones o capas llamadas horizontes. Sus paredes están estratificadas de tal manera que los perfiles verticales atraviesan todas las capas del suelo y forman un perfil de suelo. Desde la superficie hacia abajo, están etiquetados como O, A, E, B y C. Estos cinco niveles son comunes en suelos de regiones templadas (Tapia, y otros, 2018).

Al momento de estudiar los procesos generadores que se han creado en un determinado suelo, y las distintas capas de suelo que se crean a través de los años, es imprescindible contar con un estudio que permita apreciar la disposición del conjunto de capas paralelas entre sí. Para ello, es necesario que se haga un corte vertical que vaya desde la capa superficial del suelo hasta la roca madre, razón por la cual se logra apreciar todos los horizontes (Seco, 2023).

#### **2.3.1. Horizonte O**

Es la capa exterior de recursos que se puede identificar a simple vista y está formada por materiales orgánicos no completamente descompuestos (paja, hojas, residuos vegetales) con un contenido mineral inferior al 50% (Pineda, 2023).

#### **2.3.2. Horizonte A**

El horizonte A se denomina horizonte percolado, porque es en esta parte del perfil del suelo donde se produce la lixiviación de partículas finas, coloides y minerales. La infiltración de agua con la adición de altas concentraciones de dióxido de carbono puede disolver mejor ciertos tipos de minerales. El humus es un material orgánico altamente descompuesto que domina esta parte del suelo, favoreciendo el enraizamiento y el crecimiento de las plantas (Munilla, 2023).

### **2.3.3. Horizonte B**

La capa B carece de humus, lo que da como resultado un color más claro (también puede ser marrón o rojo). Esto se debe a la falta de materia orgánica. En este horizonte se transportaron y depositaron sedimentos y materiales de los horizontes superiores (O, A y E). Estos materiales pueden incluir arcillas, óxidos e hidróxidos metálicos, sales, carbonatos y otras sustancias diversas. Es rico en óxido de hierro y se acumula a través del agua, transportando material más soluble desde arriba. Sus propiedades están determinadas por la composición de la sustancia recolectada (Portillo, 2023).

### **2.3.4. Horizonte R**

Es el horizonte más importante porque corresponde al fondo o fondo de la tierra (no es tierra); también se le llama "base de roca". Está compuesto principalmente por granito, basalto, cuarcita, caliza, arenisca y otras rocas. Por su composición presenta generalmente un aspecto rocoso y claro, más claro y gris que los demás horizontes que hemos comentado (Parada, 2021).

### **2.3.5. Horizonte E**

El horizonte E suele ser un horizonte "lavado" con apariencia blanca. A medida que el agua atraviesa este horizonte, los minerales y nutrientes solubles se disuelven y parte del material disuelto es arrastrado (lavado). La principal característica de este horizonte es la pérdida de silicatos, hierro, aluminio, humus o una combinación de estos materiales, quedando grandes cantidades de partículas de arena y limo. Este proceso de lavado se llama elución (Marcano, 2022).

## **2.4. Clasificación del suelo.**

### **2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

En esta clasificación los suelos se dividen en: Suelos de grano grueso. Suelo de grano fino. Suelo orgánico. Separar el suelo de grano grueso del suelo de grano fino, mediante el tamiz N° 200. El suelo grueso corresponde al suelo retenido en el tamiz y el suelo fino corresponde al suelo que pasa por el tamiz. Si más del 50% de las partículas permanecen en el tamiz no. 200, el suelo se considera suelo grueso y, si tiene más del 50%, suelo fino. El % de sus partículas son más pequeñas que un tamiz. La Tierra está marcada con símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las primeras letras de los nombres en inglés de los seis tipos principales de suelo (grava, arena, limo, arcilla, suelo orgánico de grano fino y turba), y los sufijos indican la división categórica del suelo. Suelo duro. Divídalo en grava y arena y use no. 4 para separarlo. Si más del 50% del suelo retenido en el tamiz 4 es grava, caso contrario. linda tierra (Blanco & Matus, 2023).

- **Clasificación (SUCS)**

**Suelos gruesos.** Divídalo en grava y arena y use N.º 4 para separarlo. Si más del 50% del suelo retenido en el tamiz 4 es grava, caso contrario.

**Suelos finos.** El sistema unificado divide los suelos de grano fino en los siguientes grupos: limo inorgánico (M), arcilla inorgánica (C) y limo y arcilla orgánicos (O). Cada uno de estos suelos se divide a su vez en dos grupos según su límite líquido, limitado por  $LI = 50\%$ . Si el límite líquido del suelo es menor que 50, agregue la letra L al símbolo general (Geoxnet, 2019).

## **2.5. Composición Física del Suelo**

### **2.5.1. Color del suelo.**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, claras y fáciles de determinar que permiten la identificación de diferentes tipos de suelo. Es la propiedad más relevante utilizada para la separación de horizontes y está estrechamente relacionada con el componente sólido primario del recurso. El color es producido por los elementos formadores de color presentes en cada capa del

suelo, principalmente hierro en diversos estados de oxidación o hidratación, así como sustancias y componentes orgánicos como carbonato cálcico, yeso, arena, etc. El color puede ser heredado de la materia orgánica del suelo color piedra o puede ser el resultado de procesos de formación del suelo (*Gutiérrez, 2023*).

### **2.5.2. Densidad del Suelo**

Midiendo la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso del suelo por unidad de volumen. Hay dos tipos de densidad: densidad verdadera y densidad aparente. La densidad real de las partículas densas del suelo varía con la proporción de los elementos que componen el suelo y suele ser de alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica que el suelo es denso o contiene muchas partículas como arena. Una densidad aparente baja no necesariamente indica un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas (FAO, 2023).

La densidad aparente es la relación entre la masa seca del suelo y el volumen total del suelo, que es el volumen ocupado por las partículas del suelo más el volumen de huecos y poros entre las partículas. Por tanto, la densidad aparente no es una propiedad intrínseca del material, sino que depende del estado del material, ya que el volumen varía con el grado de compresión. La densidad aparente también se llama densidad aparente o densidad de empaquetamiento. Por tanto, la densidad aparente es una propiedad característica de los polvos, gránulos y otros tipos similares de sólidos. La densidad aparente se utiliza para indicar el estado de algunas propiedades del suelo como la compactación, la porosidad, la aireación o la capacidad de drenaje (Ingenierizando, 2023).

### **2.5.3. La Textura del Suelo**

La textura del suelo se refiere a la proporción de arena (2,0-0,05 mm de diámetro), limo (0,05-0,002 mm) y arcilla (menos de 0,002 mm). La escala relativa determina la categoría de textura. La estructura del suelo afecta casi todos los aspectos del uso

y manejo de la tierra. Muchas propiedades físicas y químicas del suelo dependen de qué tan fino (arcilla) o grueso (arena) sea el suelo. La textura del suelo es una característica permanente a menos que el suelo sufra una rápida erosión, deposición remoción. Además, gran parte de la reactividad del suelo está relacionada con la cantidad de superficie disponible. A medida que el tamaño promedio de las partículas disminuye, el área superficial por unidad de peso (*Crouse, 2022*).

La textura del suelo es una característica importante que afecta la calidad del suelo de muchas maneras. La textura del suelo depende del porcentaje de arena, limo y tierra o arcilla que contenga. En general, el suelo se compone de tres tamaños de partículas diferentes. Los granos de arena son relativamente grandes, los granos de arcilla son muy pequeños en comparación con los granos de arena y los granos de limo son de tamaño mediano. La arcilla y el limo retienen más agua y nutrientes para las plantas que la arcilla y el limo (*Horticulture, Educator, & University, 2023*).

- **Suelos Arenosos**

El suelo arenoso, cuando se le da una cierta cantidad de humedad, es fácil de trabajar y tiene un fuerte drenaje, lo que hace que el suelo se seque rápidamente. Con una capacidad de infiltración tan alta, los suelos porosos están bien aireados, lo que permite una rápida mineralización de la materia orgánica. A diferencia de otros suelos como los arcillosos, estos suelos son menos propensos a la erosión, principalmente porque el agua puede penetrar más fácilmente en el suelo. Sin embargo, son menos fértiles que los suelos arcillosos porque contienen menos partículas químicamente activas ( *Coarval, 2022*).

- **Suelos Limosos**

Compuesta por limos o sedimentos discontinuos, pedregosos, susceptibles al oídio, de color marrón oscuro y muy densos. Se forman por la deposición de material muy fino depositado por el viento o el agua y se producen cerca de los cauces de los ríos. Son muy prolíficos y filtran el agua muy rápidamente. Además, es un suelo rico en

nutrientes y la materia orgánica se descompone rápidamente, pero puede causar problemas a las construcciones. Se ubican a orillas de ríos o en zonas inundadas y son muy utilizados para el cultivo de hortalizas (Pineda, 2022).

- **Suelos Francos**

El suelo franco es uno de los tipos de suelo más productivos desde el punto de vista agrícola porque contiene una proporción de arena, limo y arcilla ideal para los cultivos (o al menos los cultivos principales). Puede variar ligeramente, se cree que tiene las siguientes propiedades: 45% de arena

- ✓ 40% de limo
- ✓ 15% de arcilla (Sánchez, 2019).

- **Suelo arcilloso**

La arcilla está formada por varias partículas de tamaños muy diferentes. En un extremo de la curva encontramos las rocas y grava más grandes. A continuación, encontramos arena, luego arcilla y finalmente limo. La capacidad de retención de agua del suelo depende en gran medida de este tamaño (Probelte, 2020).

Como explica la FAO, la textura del suelo refleja el contenido relativo de partículas de diferentes tamaños. Todos los suelos están formados por componentes minerales de distintos tamaños: el más grueso se llama arena, el medio se llama limo y el más pequeño es arcilla. Sólo la arena es visible a simple vista. La clasificación por tamaño de partículas es la siguiente

- Hasta 2 micrones.....Arcilla
- De 2 a 20 micrones.....Limo
- De 20 a 200 micrones.....Arena fina
- De 200 a 2000 micrones.....Arena gruesa

- Más de 2000 micrones.....Gravillas y gravas
- (1 micrón es la milésima parte de un milímetro) (Consumer, 2022).

#### **2.5.4. La Estructura del Suelo**

La textura del suelo es la relación entre las tres partículas del suelo (arena, limo y arcilla), y la estructura del suelo indica cómo se organizan estas partículas en el espacio. No podemos cambiar la estructura de la tierra, pero podemos gestionarla para mejorar su estructura. Un suelo bien estructurado tiene alrededor del 40 al 60 por ciento de su volumen en espacios o poros, los espacios entre las partículas del suelo. Estos espacios vacíos permiten que entre agua y aire y permiten que crezcan raíces entre ellos. En suelos sanos, las partículas de arena, limo y arcilla no fluyen por sí solas. Estas partículas se combinan con otras partículas, materia orgánica y poros para formar los llamados agregados del suelo. Los agregados del suelo más fuertes y estables se mantendrán unidos con mayor fuerza, incluso cuando sean golpeados por las gotas de lluvia o aplastados por nuestros pies. Si cogemos un puñado de tierra sana, notaremos que se rompe con facilidad y es muy ligera porque los áridos del suelo son más estables (Gomez, 2023).

#### **2.5.5. Densidad Real**

La densidad real se refiere a la densidad de toda la partícula del suelo. Se expresa como la relación entre la masa de la partícula sólida y el volumen del sólido para excluir el espacio poroso. Las unidades de expresión más comunes son  $\text{g cm}^{-3}$  y  $\text{Mg m}^{-3}$ . Su valor está relacionado con la porosidad y la densidad aparente. No cambia mucho, en suelo mineral fluctúa alrededor de  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$  (esta es la densidad del cuarzo). Al aumentar el contenido de materia orgánica disminuye la densidad real del suelo. Para determinar la densidad real, se debe conocer la masa de la Tierra y su volumen. El primero se determina pesando; Determinar el volumen real es un valor más difícil porque el aire debe eliminarse completamente del suelo. La determinación se realiza mediante el método del picnómetro, que implica la

aplicación del principio de Arquímedes, que determina la cantidad de agua desplazada por un sólido al sumergirse (Agrounlp, 2019).

#### **2.5.6. Densidad Aparente**

Es una de las propiedades físicas más importantes de la tierra, no sólo porque a partir de ella se pueden determinar otras propiedades, sino también porque está constantemente sufriendo cambios, ya sea por el fraguado que sufre tras su remoción, o por la compactación que se produce en El suelo, esto se debe a los cambios a los que se somete la porosidad ante la influencia de fuerzas externas, como el peso de los áridos utilizados en las obras técnicas agrícolas o el peso de las placas de riego (González, Cid, & López, 2020).

#### **2.5.7. Humedad**

La humedad del suelo es fundamental para el correcto desarrollo de las plantas, y afecta directamente a su rendimiento, pues sin la humedad necesaria las plantas no pueden crecer de forma óptima. El contenido de humedad del suelo determina la cantidad de agua en el suelo, mientras que el potencial de humedad muestra qué tan fuertemente se adhiere el agua a las partículas del suelo, ya que afectan el contenido de aire y la salinidad del suelo. En los sistemas agrícolas es importante conocer los valores numéricos del contenido de humedad y determinar la frecuencia de riego y la cantidad de agua utilizada para cada cultivo (PROAIN, 2021).

El contenido del suelo varía mucho. Es bien sabido que la homogeneidad del suelo casi siempre brilla por su ausencia. Los métodos más precisos suelen ser los métodos de laboratorio, los métodos de cámara de presión, los métodos gravimétricos, etc. Para muestras de suelo homogéneas se determina el punto de marchitez, la capacidad hídrica del suelo, etc. Estos métodos nos dan los valores más precisos y de referencia, pero muchas veces necesitamos conocer los valores aproximados de forma casi inmediata para poder actuar adecuadamente sobre nuestros cultivos (Ruiz, 2023).

## **2.6. Composición Química del Suelo**

Propiedades químicas relacionadas con la calidad y disponibilidad del agua. Contenido nutricional vegetal a destacar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y K extraíbles; Asimismo, las propiedades físicas reflejan la forma en que el suelo almacena agua, la proporciona a la planta y permite el desarrollo de las raíces, incluidas propiedades como estructura, densidad aparente, estabilidad de los agregados, permeabilidad, conductividad hidráulica en profundidad y capacidad de almacenamiento (Calderón, Bautista, & Rojas, 2018).

### **2.6.1. pH**

El pH es una propiedad del suelo que indica la capacidad de las partículas del suelo para absorber iones de hidrógeno (H), lo que determina si el suelo es ácido o básico. Esta propiedad afecta la solubilidad, movilidad y disponibilidad de nutrientes y otros componentes inorgánicos en el suelo. El rango normal de pH del suelo es de 3,5 (fuertemente ácido) a 9,5 (fuertemente alcalino). En suelos ácidos, cantidades tóxicas de aluminio y magnesio inhiben la actividad de los organismos, mientras que, en condiciones alcalinas, algunos nutrientes reducen su disponibilidad, por lo que el pH recomendado para suelos agrícolas es 6,5 (Fertilab, 2019).

El rango de medición del pH es de 0 (cero) a 14 (catorce). El rango más aceptable es de 6,0 a 6,5, aunque algunos investigadores sugieren que podría ser de 5,5 a 7,0. Si queremos conseguir una mejor cosecha, es muy importante que los parámetros de pH del suelo de cultivo sean los suficientes para que se conserven al máximo la mayoría de nutrientes disponibles para las plantas. Si el pH cae por debajo del rango recomendado, pueden ocurrir deficiencias de los siguientes macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio. Por el contrario, si el pH está por encima del rango recomendado, se reduce la absorción de los siguientes micronutrientes: hierro, manganeso, boro, cobre y zinc (Mycsainc, 2021).

### **2.6.2. Capacidad de Intercambio Catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una medida de la cantidad de carga negativa en la superficie de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o humus) y representa el catión (Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub>), etc.) que pueda sujetarse por la superficie. Se intercambiarán con otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y serán liberados por las raíces. Los niveles de CIC indican la capacidad del suelo para retener cationes, la disponibilidad y cantidad de nutrientes para las plantas, los niveles potenciales de pH y más. Los suelos con una CIC más baja muestran menos capacidad para retener nutrientes, son arenosos o tienen poca materia orgánica. La CIC se mide en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/100g de suelo (FAO, 2023).

### **2.6.3. Materia Orgánica**

La materia orgánica del suelo juega un papel vital en el funcionamiento saludable del suelo. Las funciones clave del suelo, como la producción primaria, el tratamiento y regulación del agua, el secuestro y regulación de carbono, la biodiversidad y el ciclo de nutrientes, dependen en gran medida de la materia orgánica del suelo (MOS). Por lo tanto, los niveles de MOS son críticos no sólo para el suelo y los agricultores, sino también para el clima, el medio ambiente y la sociedad en su conjunto. La mayoría de los suelos destinados al cultivo de hierbas y hortalizas tienen un contenido de materia orgánica de entre el 1% y el 6% de la masa total del suelo, según el tipo de suelo. Incluso con una proporción tan pequeña de materia orgánica del suelo, ésta tiene una enorme influencia en la mayoría de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Grand & Michel, 2020).

La materia orgánica del suelo es el depósito más importante de carbono orgánico en la Tierra y está formada por las mismas moléculas que los seres vivos, pero no puede convertirse en forma elemental. Por tanto, el suelo contiene restos de plantas, animales y microorganismos (López, 2020).

## **2.7. Nutrientes del suelo.**

Los nutrientes vegetales esenciales son elementos que las plantas necesitan para un crecimiento normal. Dieciséis elementos se consideran nutrientes esenciales para las plantas. Son carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Las legumbres pueden utilizar nitrógeno de la atmósfera. Forman una relación simbiótica con bacterias específicas que convierten el nitrógeno atmosférico en amoníaco y luego en amonio, una forma de nitrógeno que las plantas pueden absorber. Este proceso se llama fijación de nitrógeno (Sela, 2023).

## **2.8. Macronutrientes presentes en el suelo**

Los macronutrientes se pueden definir como grandes cantidades de elementos necesarios para el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Es importante señalar que la presencia de una cantidad suficiente de nutrientes en el suelo no asegura por sí sola la adecuada nutrición de la planta, pues estos elementos deben estar en una forma que el cultivo pueda absorber y su adecuado desarrollo. de esto existe (Álvaro, 2019).

## **2.9. Funciones de los Macronutrientes**

Los macronutrientes se necesitan en cantidades mayores, mientras que los micronutrientes se necesitan en cantidades muy pequeñas (partes por millón). Las plantas necesitan una cantidad equilibrada de todos estos nutrientes esenciales para crecer adecuadamente. La mayoría de los suelos del mundo tienen las condiciones necesarias para proporcionar la mayoría de los nutrientes que las plantas necesitan. Sin embargo, el suelo carece de nutrientes debido a factores como los métodos agrícolas intensivos y los cultivos diseñados para crecer más y más rápido (Croda, 2023).

## **2.10. Clasificación de los Macronutrientes**

### **2.10.1. Nitrógeno**

El nitrógeno es el nutriente más importante en la producción de cultivos y uno de los más difíciles de gestionar. Este compuesto es esencial para la producción agrícola mundial, especialmente de cereales básicos, pero si bien muchas partes del mundo carecen de recursos suficientes para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, el exceso de nitrógeno de los fertilizantes termina en el medio ambiente con consecuencias nocivas (Orchardson, 2020).

La estimación del nitrógeno que puede estar presente en el suelo es variable ya que depende en gran medida de las condiciones del suelo. Si hay un suelo de buena calidad en regiones con temperaturas frías, el contenido de nitrógeno debe ser de al menos 10 kg por Suponiendo que haya suficiente materia orgánica en el suelo, es aceptable entre un 1% y un 2% (Robledo, 2022).

- **Función del nitrógeno en las plantas**

Interviene en la división celular y en muchos otros procesos, como la producción de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no sería posible. También es el componente básico de proteínas y aminoácidos, así como de varias enzimas. Además, juega un papel importante en la producción de sustancias como azúcar, almidón y lípidos para la nutrición y otros procesos importantes de las plantas (Acosta, 2021).

- ✓ Es un importante material de construcción para proteínas, diversas vitaminas y ácidos nucleicos (ADN y ARN).
- ✓ Es un componente importante de la molécula de clorofila y por tanto necesario para la fotosíntesis.
- ✓ Es responsable del rápido crecimiento de los cultivos, mejora el desarrollo de las hortalizas de hoja y aumenta el contenido proteico de los cultivos forrajeros.

- ✓ Da a las plantas un color verde oscuro y favorece el crecimiento y desarrollo de hojas, tallos y otras partes vegetativas. Además, estimula el crecimiento de las raíces (Nature, 2022).

### **2.10.2. Potasio**

El potasio (K) es el tercero de los tres nutrientes vegetales más importantes, siendo los otros dos el nitrógeno (N) y el fósforo (P). Al leer la etiqueta de una bolsa de fertilizante (por ejemplo, 20-10-20), el tercer número indica el porcentaje en masa de potasio en el fertilizante. Técnicamente, este número se refiere al  $K_2O$ , que tiene un 83% de K elemental en peso. Los fertilizantes solubles en agua generalmente se formulan con nitrato de potasio o sulfato de potasio como fuente de potasio. El sulfato de potasio es un material útil cuando el programa de fertilización es deficiente en sulfato. Sin embargo, también se puede utilizar cloruro de potasio, pero se debe evitar ya que la planta no necesita el cloruro adicional y también formará sales no deseadas (Bloodnick, 2022).

- **Función del potasio en las plantas**

El potasio juega un papel importante para asegurar la mejor calidad del fruto, determinando el contenido de azúcar, así como características como la madurez y el almacenamiento óptimo (Yara, 2023).

- ✓ Interfiere con el metabolismo de las plantas al participar en la actividad catalítica de más de 60 enzimas.
- ✓ Interviene en la regulación de la apertura y cierre de los estomas, esencial para la fotosíntesis y la absorción de dióxido de carbono.
- ✓ En la fotosíntesis, participa en la activación de enzimas y en la producción de trifosfato de adenosina (ATP), que es una importante fuente de energía para muchos procesos químicos que ocurren en las células vegetales.
- ✓ Juega un papel importante en la resistencia de las plantas al estrés hídrico (Agrométodos, 2021).

### **2.10.3. Fósforo**

El fósforo es un macronutriente importante para el crecimiento de las plantas. El fósforo participa en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de carbohidratos. El fósforo se encuentra en compuestos orgánicos y minerales del suelo. Sin embargo, la cantidad de fósforo disponible en el suelo es muy pequeña en comparación con la cantidad total de fósforo en el suelo (Sandra, 2020).

La concentración permitida de fósforo en soluciones nutritivas es de 30 a 50 ppm, aunque se ha demostrado que se puede reducir a 10 a 20 ppm. Las soluciones de nutrientes de flujo continuo pueden tener concentraciones de fósforo tan bajas como 1-2 ppm. En los cultivos sin suelo, como en el suelo, el fósforo se acumula con cada adición y los minerales de fósforo que contienen calcio o magnesio comienzan a precipitar. Los tipos de minerales que se forman dependen del pH del ambiente (Garcia, 2020).

- **Función del fósforo en las plantas**

Una de las funciones más importantes del fósforo en las plantas está relacionada con su participación en el metabolismo energético. El fósforo participa en la formación de las membranas celulares, como las membranas mitocondriales, los cloroplastos y otros orgánulos (Admin, 2020).

- ✓ Intervención en el proceso de fotosíntesis. En este proceso, se encarga de regular la apertura y cierre del estoma. Por tanto, regula indirectamente la absorción de dióxido de carbono.
- ✓ El fósforo también provoca la activación de diversas enzimas, especialmente las implicadas en el crecimiento de las plantas.
- ✓ También promueve la síntesis de diversas proteínas. Además, la producción de almidón en las plantas también requiere de este elemento para activar el proceso.

- ✓ Otra función importante del potasio es aumentar la tolerancia de las plantas al estrés hídrico (Axayacatl, 2022).

#### **2.10.4. Calcio**

El calcio está presente en el suelo cultivado en forma de carbonatos o sulfatos y juega un papel importante en la estabilidad de la membrana y la integridad celular. Es muy importante en las condiciones hídricas de la planta porque regula la apertura y cierre de los estomas. Además, también es importante para la descongelación de tejidos durante la temporada de heladas, ya que determina la permeabilidad de las membranas celulares y cumple otras funciones como la germinación, el crecimiento y el envejecimiento. El calcio se une a varias proteínas receptoras, activa varias enzimas y regula actividades metabólicas como la mitosis, el crecimiento apical, los flujos citoplasmáticos, la germinación de esporas, la formación de yemas, la secreción de  $\alpha$ -amilasa y el transporte de auxinas (Pardo, 2018).

- **Función del calcio en las plantas**

- ✓ El calcio es importante como translocador de señales que desencadena la respuesta de las plantas a la infección por patógenos en forma de elongación y crecimiento celular.
- ✓ El calcio se une a varias proteínas receptoras que activan diferentes enzimas regulando actividades metabólicas como la mitosis, crecimiento de ápices, corriente citoplasmática, germinación de esporas, formación de yemas, secreción de la enzima alfa-amilasa y transporte de auxinas.
- ✓ La aplicación de calcio foliar es una alternativa viable para inducir resistencia estructural de los tejidos vegetales frente al ataque de hongos fitopatógenos

### **2.10.5. Magnesio**

Junto con el calcio y el azufre, el magnesio (Mg) es uno de los tres nutrientes menores necesarios para el desarrollo normal y saludable de las plantas. Muchas enzimas de células vegetales requieren magnesio para funcionar correctamente. Sin embargo, la función más importante de este elemento es la de átomo central de la molécula de clorofila. La clorofila es el pigmento que da el color verde a las plantas y realiza el proceso de fotosíntesis; también interviene en la activación de muchas enzimas necesarias para su desarrollo y ayuda en la síntesis de proteínas (Lopez, 2022).

- **Función del calcio en las plantas**

El magnesio es un macronutriente menor esencial para el óptimo desarrollo de árboles hortícolas o frutales, por lo que debe incluirse en cualquier plan de fertilización. Este nutriente juega un papel importante en determinadas funciones de las plantas, entre ellas:

- Interviene en el proceso de fotosíntesis.
- Interfiere con la activación de enzimas necesarias para el desarrollo de diversas plantas.
- Ayuda en la síntesis de proteínas (Sembralia, 2023).

### **2.10.6. Azufre**

El azufre es un nutriente menor y cada especie de planta necesita una determinada cantidad. En horticultura y agricultura, se utiliza como fertilizante natural del suelo porque los bajos niveles de este mineral hacen que las plantas no puedan absorber adecuadamente otros minerales esenciales como el potasio o el nitrógeno (Báez, 2022).

El azufre es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Participa en la producción de proteínas y la formación de aminoácidos, que son los componentes básicos de las proteínas. Además, ayuda a producir clorofila, una molécula que absorbe la luz y la utiliza para crear energía. También juega un papel importante en la protección de las plantas de los patógenos. Participa en la producción de compuestos que ayudan a las plantas a combatir enfermedades y repeler plagas (Vadecultivo, 2023).

- **Funciones del azufre en las plantas**

- ✓ Se encuentra en algunos aminoácidos y componentes básicos de proteínas. Aproximadamente el 90% del azufre absorbido por las plantas se utiliza para este fin.
- ✓ Es necesario para la formación de clorofila.
- ✓ Es importante para la síntesis de aceites vegetales.
- ✓ Metabolismo activo del nitrógeno(Ramos, 2019).

## **2.11. Micronutrientes presentes en el suelo**

Los micronutrientes son un subgrupo de nutrientes esenciales que se requieren en cantidades muy pequeñas como parte de los diversos sistemas enzimáticos de la planta. Los oligoelementos esenciales que necesitan las plantas son el boro (B), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo) y el zinc (Zn). Incluso si todos los demás nutrientes esenciales están disponibles en cantidades suficientes, un suministro insuficiente de micronutrientes en el suelo puede limitar el crecimiento y el rendimiento de cultivos y pastos (Vistoso & Martínez, 2019).

## **2.12. Funciones de los Micronutrientes**

Aunque están presentes en cantidades muy pequeñas en nuestro suelo, son nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Desempeñan un papel complejo en los sistemas del suelo y están vinculados a otros procesos fundamentales en los que intervienen otros nutrientes. Los oligoelementos más

importantes son el cobre, el manganeso y el zinc, que son esenciales para las plantas y los animales en pequeñas concentraciones, ya que resultan tóxicos para ambos cuando alcanzan un determinado nivel, por lo que su ausencia en el suelo provocará una deficiencia. un exceso causará toxicidad. Su carencia puede ser un factor limitante en el crecimiento y/o desarrollo de las plantas (Fertibox, 2019).

## **2.13. Clasificación de los Micronutrientes**

### **2.13.1. Cobre**

El cobre es uno de los micronutrientes más importantes para las plantas y está disponible en cantidades muy pequeñas. En sustratos, el rango normal es de 0,05 a 0,5 ppm y para la mayoría de las sustancias el rango normal es de 3 a 10 ppm. En comparación, el índice ideal de hierro en los tejidos es 20 veces mayor que el del cobre. Aunque la deficiencia o el envenenamiento por cobre son raros, es mejor evitar los casos extremos, ya que ambos pueden afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos. Las plantas absorben cobre en forma iónica o quelada y lo almacenan en forma de sal. Es un nutriente fijo en plantas con niveles promedio entre 1 y 25 ppm. La demanda de azúcar varía entre especies de plantas. Por un lado, el valor crítico para plantas con alta demanda es de 7 ppm, por otro lado, el valor crítico para plantas con alta demanda es de 7 ppm. El umbral para plantas con baja demanda es de sólo 4 ppm (Celuz, 2022).

- **Funciones del cobre en las plantas**

El cobre es uno de los elementos esenciales en los cultivos, pero se necesita en cantidades muy pequeñas para realizar sus funciones. El cobre es un activador enzimático de varios procesos, incluida la síntesis de lignina. Además, es necesario para el proceso de fotosíntesis y el metabolismo y síntesis de carbohidratos y proteínas. Además, una dosis adecuada ayuda a mejorar las propiedades sensoriales del feto. Además de su nutriente fundamental para el normal desarrollo de las

plantas, el cobre también las protege de ataques de hongos y bacterias gracias a sus propiedades fungicidas y bactericidas (Agrota, 2019).

### **2.13.2. Boro**

En realidad, el boro es uno de los micronutrientes vegetales más importantes. Se relaciona con la construcción de paredes celulares y el procesamiento de fotoasimilados (azúcares y carbohidratos) producidos por el cultivo. Su uso también está asociado a la terapia con calcio, ya que ambos elementos tienen un papel directo en la síntesis de las paredes celulares. Como concepto simple, podemos decir que un elemento es el ladrillo y el otro elemento es el cemento que forma la estructura de la fábrica (AGRAN, 2021).

El nivel óptimo de boro en el suelo es de 2 a 6 mg/kg. Los sombreros pueden significar toxicidad. En cuanto a la concentración de boro en las hojas, depende de la planta. Si se confirma la deficiencia de boro mediante análisis del suelo o de las hojas, la situación debe corregirse utilizando un fertilizante que contenga este elemento como componente esencial o como elemento secundario o suplementario. La selección debe basarse en la importancia de los efectos de la tabla observada (Labiser, 2020).

- **Funciones del boro en las plantas**

- ✓ Interviene en la división y desarrollo de las raíces.
- ✓ En la formación del material genético (ADN y ARN), el boro es esencial para la síntesis de uracilo (base nitrogenada), por lo que la falta de boro afecta la formación de ribosomas, lo que conduce a una mala síntesis de proteínas.
- ✓ Debido a la deficiencia de boro, los pecíolos o tallos se vuelven gruesos, fibrosos y quebradizos.
- ✓ Las raíces se vuelven más gruesas, a veces más delgadas y débiles, y las puntas se necrosan y dejan de crecer (Disper, 2021).

- ✓ El boro también desempeña un papel importante en la polinización y la formación de frutos, ya que proporciona energía al polen, es decir, desempeña un papel importante en la maduración del polen y el crecimiento del tubo polínico, lo que mejora el tamaño del grano de polen y la fertilidad (Intagri, 2023).

### **2.13.3. Hierro**

El hierro es un micronutriente vegetal importante. Es necesario para la biosíntesis de las moléculas de clorofila y actúa como portador de electrones en las reacciones de respiración y fotosíntesis. Además, también participa en muchos procesos enzimáticos. La deficiencia de hierro es un factor limitante en el crecimiento de las plantas. El hierro se encuentra en grandes cantidades en el suelo, pero las plantas lo utilizan en niveles bajos, por lo que la deficiencia de hierro es un problema común (Sela, 2023).

En la solución del suelo obtenemos hierro en forma de iones  $Fe^{3+}$ ; su forma de hierro,  $Fe^{2+}$ ; e hidróxido de  $Fe(OH)_2$  dependiendo de las condiciones de aireación o reducción del suelo del que la planta lo absorbe. Los minerales de hierro tienen baja solubilidad porque el hierro es poco soluble en el rango de pH de 7 a 8 y no puede satisfacer las necesidades de las plantas. A niveles de pH más bajos, aumenta la disponibilidad de hierro; Esto sugiere que debe haber otra forma de extraer hierro de la solución del suelo en forma de quelatos que se forman naturalmente con los compuestos orgánicos del suelo, aumentando su solubilidad y poniéndolo a disposición de las plantas (Peñaranda, 2021).

- **Funciones del hierro en las plantas**

- ✓ El hierro en las plantas es un oligoelemento esencial para su desarrollo. Su papel es fundamental porque interviene en la síntesis de clorofila y participa en otros procesos enzimáticos y metabólicos sin los cuales la planta no puede completar su ciclo vital.

- ✓ La principal función del hierro en las plantas es la producción de clorofila. Si falta hierro, las hojas más jóvenes se vuelven amarillas porque la planta no puede producir clorofila. Si la clorosis férrica es más grave, la decoloración afecta más a las hojas adultas. Con el tiempo, también se producirán necrosis, desecación y contracción, lo que en última instancia afectará a la producción (Seipasa, 2021).

#### **2.13.4. Manganeso**

El manganeso (Mn) es un oligoelemento importante en las plantas y el segundo elemento más importante después del hierro. Como cualquier otro elemento, si la concentración en el tejido foliar es baja o alta (toxicidad), puede convertirse en un factor limitante del crecimiento de las plantas. Las plantas lo utilizan como uno de los principales facilitadores de procesos biológicos como la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno. También participa en la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico, el alargamiento de las células de la raíz y la resistencia a los patógenos de la raíz. La proporción de manganeso a calcio debe estar entre 1:2 y 1:4. Una proporción baja de manganeso puede provocar una deficiencia de manganeso (Chen, 2022).

- **Funciones del manganeso en las plantas**

El manganeso es un importante regulador de la actividad enzimática, pero su función no siempre es específica. Además, interfiere con la fotosíntesis en la etapa de hidrólisis del agua y juega un papel importante en la etapa final de reducción de nitratos. Desafortunadamente, la agricultura "moderna" ha provocado escasez de ciertos productos (por ejemplo, manganeso) debido a algunas tecnologías inapropiadas causadas por el uso de fertilizantes modernos, un mayor análisis de rendimiento y el consiguiente aumento de la demanda. Utilizar suplementos orgánicos porque los micronutrientes no suelen incluirse en los planes de fertilización, y la fertilización de estos elementos suele reservarse para cultivos de alta calidad o cuando hay síntomas variables importantes (Bissanti, 2022).

### **2.13.5. Zinc**

El zinc (Zn) juega un papel importante en la producción de enzimas y sustancias de crecimiento. La deficiencia puede causar anomalías en las hojas. Por ello, es muy importante conocer los síntomas de la deficiencia de zinc para poder prevenirla, compensarla o tratarla. En este artículo, nuestros especialistas en fertilizantes brindan más información sobre la deficiencia de zinc. El zinc es necesario para las plantas porque ayuda a producir clorofila y sustancias de crecimiento. Además, las plantas lo utilizan para desarrollar adecuadamente las venas de sus tallos y hojas. Gracias a la presencia de zinc se puede observar una mejora en la resistencia de las plantas (también llamada rusticidad de las plantas), lo que puede reducir la susceptibilidad a virus y bacterias. Finalmente, muchos sistemas vegetales relacionados con enzimas requieren zinc (Díez, 2023).

- **Funciones del zinc manganeso en las plantas**

- ✓ Sintetiza proteínas que las plantas no pueden funcionar por sí solas, mejorando así la salud y vitalidad de las plantas.
- ✓ Mejora el estado de la clorofila, haciéndola mejor y distribuida en todos los tejidos.
- ✓ Ayuda a que el almidón que contiene se convierta en azúcar.
- ✓ Esto es importante cuando las plantas tienen que afrontar bajas temperaturas, aumentando su resistencia.
- ✓ Fortalecer la estructura y tamaño del maletero (Robledo, 2022).

### **2.14. Análisis de Suelo**

El primer paso en el manejo de la fertilidad del suelo es el análisis del suelo. Un análisis de suelo proporciona información muy importante sobre los niveles de nutrientes del suelo, incluidos fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como su pH o acidez. También puedes analizar la materia orgánica. La mayoría de las pruebas

de suelo no incluyen nitrógeno. El nitrógeno es un nutriente muy importante que a menudo falta en el suelo (University, 2023).

La frecuencia del muestreo del suelo depende de varios factores, como el tipo de suelo, el tipo de cultivo y las prácticas previas de manejo del uso de la tierra. En general, se recomienda tomar muestras de suelo al menos una vez cada 1 o 2 años en parcelas de muestra o áreas agrícolas con las mismas características de suelo y métodos de manejo. Las granjas con diferentes tipos de suelo o prácticas de manejo pueden requerir muestreos más frecuentes. Además, se recomienda recolectar muestras de suelo antes de plantar nuevos cultivos o después de cambios significativos en las prácticas de manejo del suelo, como ajustes en los fertilizantes o el riego. También es importante recolectar muestras de suelo en la misma época cada año para garantizar resultados consistentes y rastrear los cambios en la salud del suelo a lo largo del tiempo (Makers, 2022).

#### **2.14.1. Beneficios del análisis del suelo**

Mediante el análisis del suelo, los agricultores lograrán altos rendimientos y productos de mayor calidad mediante el equilibrio de nutrientes y optimizarán los costos de producción utilizando la cantidad adecuada de fertilizante en el momento adecuado. En cambio, sin un análisis adecuado del suelo, tomamos decisiones sobre fertilizantes, usamos menos fertilizantes, no cumplimos con los objetivos de cosecha o fertilizamos en exceso, lo que encarece nuestros procesos de producción y provoca desequilibrios físicos y químicos (Fertibox, 2019)

El análisis de suelos es una herramienta muy útil que puede orientar sobre la suficiencia o deficiencia de nutrientes del suelo, así como sobre condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, como acidez excesiva, salinidad excesiva y toxicidad de ciertos elementos. Por otro lado, un adecuado análisis del suelo ayuda a tomar decisiones sobre fertilizantes y manejo del suelo y qué especies cultivar en él. También puede darte una idea de la fertilidad del terreno que deseas comprar o alquilar. Lo más importante es que nos permite entender la evolución de

las tasas de natalidad a medio y largo plazo y, por tanto, si la gestión es respetuosa con el medio ambiente (Quimagro, 2022).

### **2.14.2. Muestreo de las parcelas**

Cada parcela debe ser submuestreada desde al menos 3 puntos diferentes. En parcelas grandes (varias hectáreas) se puede cosechar aproximadamente una planta de cada una. Estos puntos deben estar bien distribuidos en la parcela, se recomienda incluir en estas zonas: el centro de la parcela, sus zonas limítrofes o zonas con pendientes, ya que son puntos muy importantes en la zona de plantación. Otro aspecto al que vale la pena prestar atención es la profundidad a la que se deben recolectar las muestras. En general, es interesante enterrarlas a una profundidad de 0 a 40 cm, porque es aquí donde las plantas echan raíces. En otros tipos de laboreo, como las raíces son profundas y penetran fácilmente, se recomienda tomar muestras a una profundidad de unos 60 o 70 cm. Una vez obtenidas las muestras, el siguiente paso es mezclarlas. Se recomienda que el peso de esta mezcla sea de aproximadamente medio kilogramo. Si la cantidad recaudada es mayor, el exceso se puede tirar a la basura (Tornos, 2018).

### **2.14.3. Análisis químico y físico de suelos**

Proporciona información precisa sobre el suelo, permitiendo comprender su pH y su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes clasificando el suelo según su composición, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica y microbiana y macronutrientes. De esta manera, la información se puede utilizar para gestionar mejor el suelo y los cultivos, ya que es el punto de partida para las decisiones de aplicación de fertilizantes (INIAP, 2023).

El análisis físico-químico y microbiológico del suelo es una herramienta poderosa para comprender el valor nutricional del suelo (propiedades físico-químicas), así como su salud, es decir, o la población que abastece el suelo tiene las capacidades bioquímicas y fisiológicas necesarias para hacer uso de estos nutrientes por parte

de los cultivos. Características funcionales (características microbianas). En particular, los análisis fisicoquímicos y microbianos del suelo permiten a los productores agrícolas predecir los rendimientos, prevenir y eliminar problemas que pueden limitar los rendimientos y aumentar la eficiencia de las técnicas de producción como fertilizantes, aditivos orgánicos y enmiendas del suelo. y el uso de inoculantes biológicos (Días & Ruíz, 2023).

#### **2.14.4. Análisis de la fertilidad**

Los resultados del análisis de fertilidad del suelo proporcionan información sobre los nutrientes disponibles para las plantas. Los resultados generalmente se expresan en unidades de ppm o meq/100 g, donde ppm en este caso es mg/kg (1 ppm = 1 mg/kg). Se han desarrollado diferentes métodos de extracción para estimar el contenido de nutrientes disponibles para las plantas. A menudo, el suelo contiene muchos más nutrientes de los que indica el análisis del suelo. Sin embargo, las plantas no pueden absorber todas las sustancias. La extracción es el proceso de agregar extractos (químicos) a las muestras de suelo. La extracción libera nutrientes adsorbidos en las partículas del suelo a la solución de extracción. Algunos métodos de extracción se adaptan mejor a condiciones específicas del suelo. Por lo tanto, diferentes laboratorios pueden dar resultados diferentes para la misma muestra de suelo (Cropaia, 2023).

#### **2.15. Desertificación del Suelo**

La desertificación es la degradación de la tierra en regiones áridas, semiáridas y subáridas. Esto se debe principalmente a la actividad humana y al cambio climático. Es uno de los mayores desafíos ambientales de nuestro tiempo. Sin embargo, la mayoría de la gente nunca ha oído hablar del problema o desconoce su alcance. De hecho, uno de los principales problemas es distinguir entre desertificación y desertización. La desertificación es causada por la fragilidad de los ecosistemas en las zonas secas que cubren un tercio de la superficie terrestre, la sobreexplotación de la tierra y el uso inadecuado de la tierra. A esto hay que añadir también que

factores como la deforestación, la minería, el pastoreo excesivo y el riego inadecuado también tienen un impacto negativo en la productividad de la tierra (Flores, 2022).

Las causas naturales de la desertificación son fenómenos climáticos extremos asociados al cambio climático (períodos frecuentes de sequía, precipitaciones insuficientes, erosión del suelo, etc.). El calentamiento global es una consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con actividades humanas, de las que los humanos son indirectamente responsables. Estas causas tienen consecuencias catastróficas para el medio ambiente, la sociedad y la economía. De hecho, la desertificación amenaza la biodiversidad y las poblaciones humanas, ya que más de 2 mil millones de personas dependen de los ecosistemas terrestres. Esto empeoró sus condiciones de vida: la tierra quedó inutilizable, aparecieron enfermedades y hambre (Garrett, 2023).

#### **2.15.1. Causas la desertificación**

- ✓ **Deforestación:** La tala incontrolada de árboles y arbustos para obtener combustible, tierras cultivables o recursos madereros, lo que resulta en la pérdida de la cubierta vegetal que mantiene la capa superior del suelo fértil.
- ✓ **Sobrepastoreo:** El sobrepastoreo no da a las plantas suficiente tiempo para regenerarse y también daña la capa superior del suelo.
- ✓ **Agricultura intensiva:** la agricultura que se centra en obligar a la tierra a producir el máximo beneficio puede agotar rápidamente los nutrientes del suelo (Rodríguez, 2020).

#### **2.15.2. Consecuencias de la desertificación**

- Pérdida de especies vegetales y animales, suelos fértiles y ecosistemas.
- Disminución de la producción agrícola y falta de alimentos.
- Cambios en los recursos naturales.

- Los efectos del cambio climático se están intensificando.
- Impacto en el desarrollo sostenible y la calidad de vida (Aqua, 2021).

### **2.15.3. Soluciones contra la desertificación**

La solución reside en la gestión sostenible de los recursos naturales, especialmente la protección de los recursos hídricos y terrestres. Algunas claves útiles:

- Aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo. Mejora su capacidad de retención de nutrientes y el agua proporciona una fuente de alimento a los microorganismos beneficiosos.
- Incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo. Esto mejora su capacidad para retener nutrientes y el agua es una fuente de alimento para los microorganismos beneficiosos.
- Minimizar la alteración excesiva del suelo.
- Promover la educación sobre el cambio climático.
- Comprometidos con la agricultura orgánica y las prácticas sustentables.
- Implementar rotación de cultivos o cultivos de cobertura para prevenir la erosión del suelo y la sequía.
- Comience a trasplantar.
- Fomentar el pastoreo rotacional.
- Utilice inoculantes y activadores del suelo para promover el crecimiento de poblaciones microbianas saludables (Alltech, 2021).

### 3.1. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.1. Materiales:

#### 3.1.2. Localización de la investigación

Esta investigación se realizó en dos localidades de la provincia Bolívar: Guayabal Naranjal cantón Chillanes y San Gerardo cantón Echeandía.

**Tabla 1.** Localización de la investigación

	<b>Localidad 1</b>	<b>Localidad 2</b>
<b>País</b>	Ecuador	Ecuador
<b>Provincia</b>	Bolívar	Bolívar
<b>Cantón</b>	Chillanes	Echeandía
<b>Parroquia</b>	Chillanes	Central
<b>Sector</b>	Guayabal Naranjal	San Gerardo

#### 3.1.3. Situación geográfica y climática

	<b>Localidad 1</b>	<b>Localidad 2</b>
<b>Altitud</b>	3.741 msnm	1762 msnm
<b>Latitud</b>	1° 56' 00" S	1°26'00" S
<b>Longitud</b>	79° 04' 0" W	79°16'00" W
<b>Temperatura máxima</b>	16°C	31° C
<b>Temperatura mínima</b>	4°C	5° C
<b>Temperatura media anual</b>	10°C	16° C
<b>Precipitación media anual</b>	2141 mm	1687 mm
<b>Humedad relativa</b>	83%	78%

**Fuente:** Estación Meteorológica Echeandía, 2021; GADM Chillanes, 2023.

#### 3.1.4. Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida, la localidad Guayabal Naranjal corresponde a la formación bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y San Gerardo a bosque subtropical húmedo (bh-S) (Holdridge, 1979)

#### 3.1.5. Material experimental

6 muestras de suelo por localidad.

### **3.1.6. Materiales de campo**

- Croquis del sector
- Flexómetro
- Azadón
- Pala
- Barreno
- Cuaderno de campo
- Fundas para muestras
- Materiales de bioseguridad (mascarilla, alcohol y gel antibacterial)
- Botas
- Etiquetas.

### **3.1.1. Materiales de laboratorio**

- Vasos de precipitación
- Matraz Erlenmeyer
- Balones de aforo
- pH metro
- Agitador orbital
- Micro pipetas
- Reactivos

### **3.1.7. Materiales de oficina**

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Esfero gráfico
- Lápiz
- Regla
- Papel Boom
- Borrador

- Anillado
- Programa estadístico Statgraphiges y Statistics

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Factor en estudio

Calidad física química del suelo en 3 estratos agrícolas en dos localidades.

#### 3.2.2 Tratamientos

Se consideró un tratamiento a cada estrato del suelo agrícola con su correspondiente profundidad de la toma de muestra, según el siguiente detalle:

TRATAMIENTOS	Estratos
T1A	Superior + 0 - 0,50 m
T1B	Superior + 0,50 - 1 m
T2A	Intermedio + 0 - 0,50 m
T2B	Intermedio + 0,50 - 1 m
T3A	Inferior + 0 - 0,50 m
T3B	Inferior + 0,50 - 1 m

#### 3.2.3 Procedimiento

Localidades	2
Número tratamientos	6
Profundidad de la muestra	2
Número de unidades experimentales	12
Número de estratos	3

#### 3.2.4. Tipos de Análisis

- Prueba de T
- Frecuencia y porcentaje de frecuencia
- Media

### **3.3. Métodos de evaluación y datos tomados**

#### **3.3.1 Análisis de los componentes físicos**

##### **➤ Textura (T)**

Esta variable se evaluó en el laboratorio de suelos al momento de realizar los análisis físicos, tomando las muestras representativas de cada extracto, para lo cual se extrajo 1kg por cada sitio homogenizando la muestra y posteriormente se llevó al laboratorio para ser analizada, para lo cual se empleó el método de Bouyoucos y se clasificó mediante el esquema triangular de texturas de la U.S.D.A (United States Department of Agriculture).

##### **➤ Humedad (H)**

Se realizó en el laboratorio de Laguacoto 1, luego de obtener las muestras del suelo para lo cual se tomaron en proporción a un 1kg por cada hoyo o sitio que se realizó en los tres extractos, se pesaron las muestras, luego se colocaron en la estufa por 24 horas a una temperatura de 105°C, y después de su desecado, nuevamente se pesaron las muestras y se calculó su contenido de humedad mediante una diferencia entre el peso fresco y el peso seco.

#### **3.3.2 Análisis de los componentes químicos**

Se realizaron al momento que las muestras fueron tomadas y enviadas para determinar la cantidad de macro nutrientes (potasio, calcio, magnesio, fósforo, nitrógeno) y micro nutrientes (hierro, cobre, manganeso, zinc y boro) y se tomaron como referencia los resultados realizados en los laboratorios realizados en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP con sus protocolos establecidos.

### ➤ **Nivel de pH**

Este componente se evaluó en los laboratorios del INIAP, en el momento que fueron analizados los componentes químicos con el fin de determinar el rango de acidez o la alcalinidad del suelo de las localidades para lo cual se tomó en cuenta la siguiente escala:

- Ácido: hasta 6,5.
- Neutro: 7.
- Básico o alcalino: a partir de 7,5 (Calvo, 2019).

### ➤ **Cantidad de materia orgánica**

Se evaluó en un laboratorio al momento de enviar las muestras tomadas de un 1 kg por cada profundidad y por cada extracto, con el fin de indicar la calidad del suelo, que tenía referencia a los restos de plantas, animales y microbios, en diferentes etapas de descomposición, además, su cuantificación se utilizó para recomendar la cantidad y el tipo de enmiendas que se debe aplicar al suelo.

### ➤ **Cantidad de Macro y micronutrientes**

Se realizó en el laboratorio del INIAP, mediante un análisis para conocer la cantidad de macro nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio), y micro nutrientes (zinc, boro, molibdeno, manganeso, cloro y cobre), disponibles que se encuentran en el suelo y que alimentan las plantas.

## **3.4. Manejo agronómico**

### **3.4.1. Identificación de las zonas agroecológicas en estudio**

Se realizó aplicando una observación de las zonas de San Gerardo y Guayabal Naranjal, mediante un recorrido en el cual se consideró los suelos más representativos, aquellos de secciones complejas de relieve y su vegetación.

### **3.4.2. Selección de sitios de estudio**

Se determinaron tres transectos a lo largo de toda la zona de impacto del estudio, uno en la parte superior, otro en la intermedia y finalmente en la parte inferior.

### **3.4.3. Toma de muestras**

Primeramente, se fragmentó cada transecto en la parte alta, media y baja, dentro de cada una de estas se ubicó tres sitios con una distancia entre ellos de 200 m, de los cuales, mediante el uso excavadora, se extrajeron 4 submuestras, aproximadamente de un 1kg, con una profundidad entre 0 y 50 cm, y 4 submuestras entre 50 y 100 cm, las mismas que fueron homogenizadas para obtener la muestra patrón, siendo 2 por cada transecto, dando un total de 6 muestras en una localidad y 12 muestras de las dos localidades que fueron colocadas y selladas en fundas herméticas, posteriormente fueron llevadas para ser analizadas en el laboratorio de suelos.

### **3.4.4. Elaboración de calicatas**

Esta actividad se realizó con la ayuda de un barreno y palas, con las profundidades (0 – 0,50 m) y (0,50 – 1 m), de las cuales se obtuvieron las submuestras del suelo para conseguir la muestra patrón, con la finalidad de analizar sus componentes físicos y químicos.

### **3.4.5. Traslado de muestras**

Al terminar de recolectar las 12 muestras de suelo en las 2 localidades, se llevaron a los laboratorios del Centro de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en los cuales se realizaron los análisis respectivos.

#### **3.4.6. Ingreso de muestras**

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

#### **4.4.7. Fase de laboratorio**

Consistió en la segunda fase de la investigación, proceso en el cual se realizó las siguientes actividades: secado de muestras, análisis de estructura, tinturado de estructura y peso analítico, todas estas actividades se realizaron dentro del Laboratorio de suelos con el fin de determinar su calidad física-química.

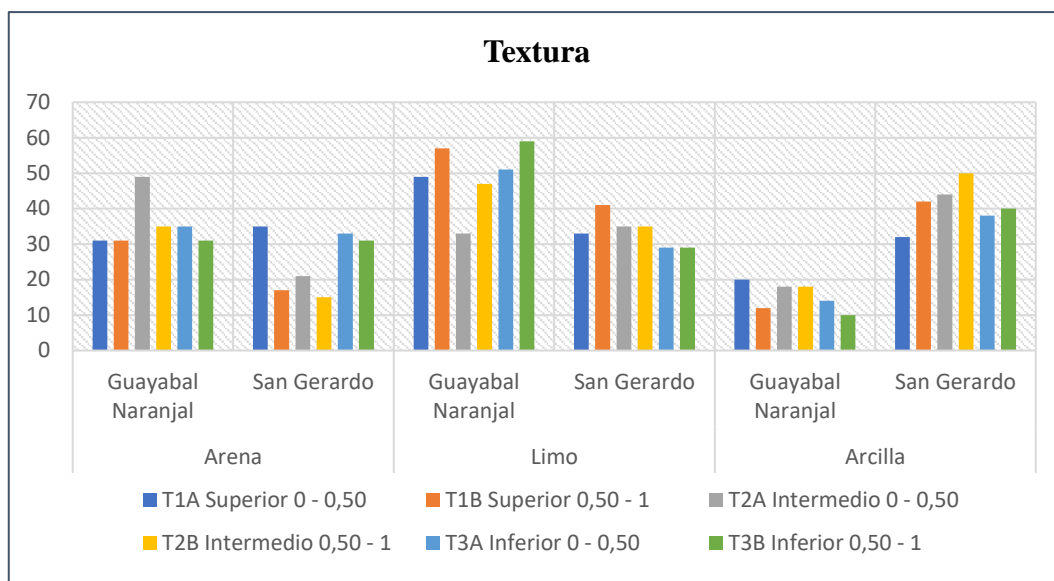
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.2. Análisis de indicadores físicos

#### 4.1.1. Determinación de la textura (T)

**Cuadro N° 1.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la propiedad física textura de las dos localidades.

Textura											
Trat:	Transectos	Profundidad	Arena		Prueba T	Limo		Prueba T	Arcilla		Prueba T
			Guayabal Naranjal	San Gerardo		Guayabal Naranjal	San Gerardo		Guayabal Naranjal	San Gerardo	
T1A	Superior	0 - 0,50	31	35	0.56 NS	49	33	1,00 NS	20	32	2.33 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	31	17		57	41		12	42	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	49	21	6.00 *	33	35	0.71 NS	18	44	9.67 *
T2B	Intermedio	0,50 - 1	35	15		47	35		18	50	
T3A	Inferior	0 - 0,50	35	33	1.00 NS	51	29	6.50 *	14	38	9.00 *
T3B	Inferior	0,50 - 1	31	31		59	29		10	40	
		$\bar{x}$	<b>35,33</b>	<b>25,33</b>		<b>49,33</b>	<b>33,67</b>		<b>15,33</b>	<b>41,00</b>	



**Gráfico N° 1.** Valores de la variable textura de las dos localidades.

Los resultados en relación a la variable textura según la prueba estadística de T, mostraron que los extractos superior e inferior de las dos localidades no presentaron diferencias estadísticas en el contenido de arena sin embargo en la profundidad intermedia existió diferencias estadísticas. Mientras que para la cantidad de limo los resultados indicaron que las profundidades superior e intermedia obtuvieron diferencias significativas es decir que el contenido de limo era diferente en las dos localidades, además en la parte inferior el contenido de limo se mantiene constante es decir que no presenta diferencias. Y según los valores de la prueba T el contenido de arcilla es estadísticamente similar en los extractos inferior e intermedio, mientras que el superior el contenido de arcilla es homogéneo en las dos localidades.

En la localidad Guayabal Naranjal predomina las partículas de limo, la misma que presenta un promedio general de 49,33%, es decir que este suelo presenta menores cantidades de arcilla y arena.

Lo que permite indicar que es un suelo franco limoso, ya que según (Sánchez, 2019) es un suelo rico en nutrientes, la materia orgánica se descompone rápidamente. Se localizan en los bordes de los ríos o en zonas inundadas, muy utilizados para el cultivo de las verduras y hortalizas.

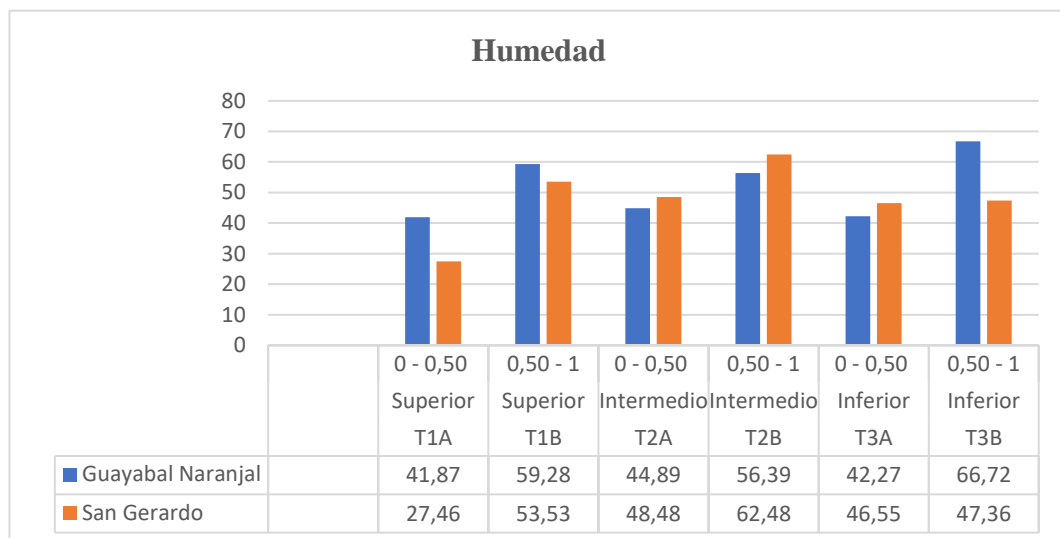
Mientras que en San Gerardo predomina las partículas de arcilla con un promedio de 41%, es decir que la estructura de este suelo se compone principalmente de arcilla y con valores medios de arena y limo.

Lo que permite indicar que es un suelo franco arcilloso y según indica (Probelte, 2020), está compuesto por una serie de partículas cuyo tamaño varía considerablemente.

#### 4.1.2. Determinación de la humedad (H)

**Cuadro N° 2.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable humedad de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	41,87	27,46	2.33 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	59,28	53,53	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	44,89	48,48	3.87 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	56,39	62,48	
T3A	Inferior	0 - 0,50	42,27	46,55	0.64 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	66,72	47,36	
$\bar{x}$			<b>51,90%</b>	<b>47,64%</b>	



**Gráfico N° 2.** Valores de la variable humedad de las dos localidades.

Según la prueba de T los resultados de los promedios para la humedad en las dos localidades en los extractos superior, intermedio e inferior no mostraron diferencias estadísticas en relación a este indicador físico es decir que los valores son similares en las dos localidades.

También se puede observar que la localidad de Guayabal Naranjal presento el mayor contenido de humedad con una media general de 51,90 %, mientras que en San Gerardo el promedio fue menor con 47,64 %, indicando que en Guayabal Naranjal existe mayor cantidad de humedad.

Se puede inferir, que las dos localidades presentan promedios representativos y significativos que indican que el suelo se encuentra con la suficiente cantidad de humedad para que las plantas completen con todas sus procesos fotosintéticos y metabólicos para su normal crecimiento y desarrollo

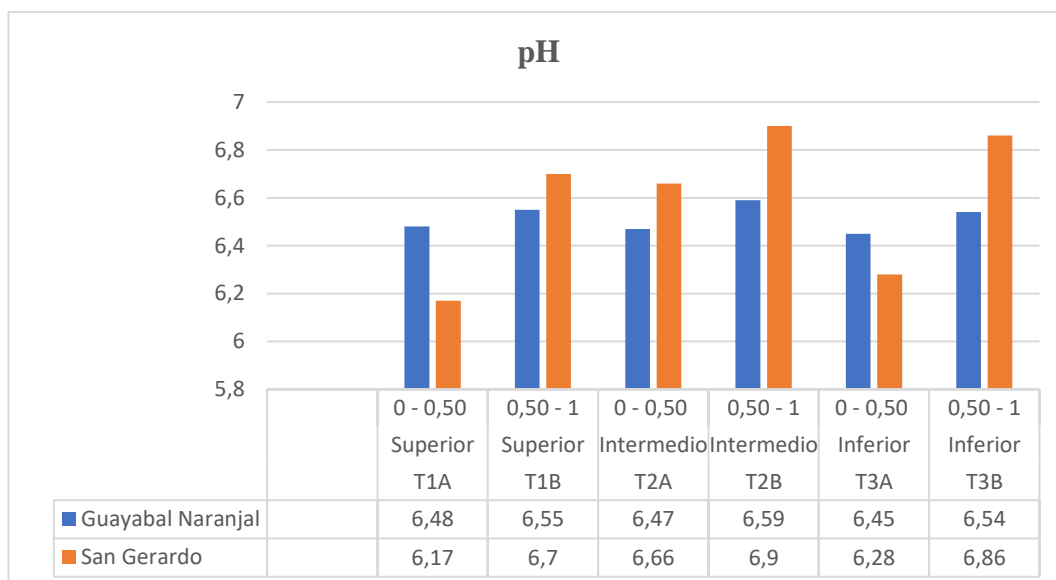
Lo que permite confirmar lo manifestado por (PROAIN, 2021), la humedad del suelo es un factor de vital importancia para un adecuado desarrollo de las plantas, que afectan directamente al rendimiento, puesto que sin la humedad necesaria para aprovecharse por las plantas estas no crecen de manera idónea.

## 4.2. Análisis de indicadores químicos

### 4.2.1. Determinación del pH

**Cuadro N° 3.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable pH de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	6,48	6,17	0.35 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	6,55	6,7	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	6,47	6,66	4.17 *
T2B	Intermedio	0,50 - 1	6,59	6,9	
T3A	Inferior	0 - 0,50	6,45	6,28	0.31 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	6,54	6,86	
$\bar{x}$			<b>6,51</b>	<b>6,60</b>	



**Gráfico N° 3.** Valores de la variable pH de las dos localidades.

De acuerdo al análisis estadístico y a la prueba de T los resultados en relación al contenido de pH se puede determinar que los tratamientos T1A, T1B, T3A y T3B que corresponden a los extractos superior e inferior no presentaron diferencias significativas es decir que los valores de este componente químico en estas profundidades del suelo es igual en las dos localidades en estudio, sin embargo se puede indicar que los tratamientos T2A y T2B que pertenecen a la profundidad intermedia presenta promedios distintos lo que indica que existe una diferencia entre los niveles de acidez en el suelo.

Se puede inferir que en las localidades de Guayabal Naranjal y San Gerardo los promedios generales no presentan diferencia estadística ni numérica con valores de 6,51 y 6,60%, es decir que los suelo se encuentran en un rango óptimo para que los cultivos se desarrollen apropiadamente ya que permanecen en una escala que va desde 5.5 a 7.0.

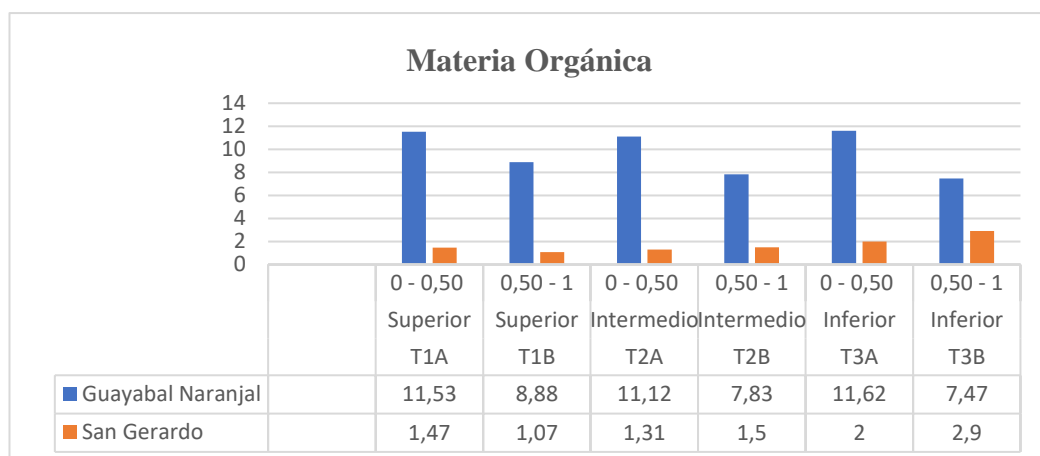
Esto permite afirmar lo anunciado por (Mycsainc, 2021), la escala de medición del pH va de los valores 0 (cero) a 14 (catorce). El rango más aceptable es de 6.0 a 6.5, aunque algunos investigadores sugieren que puede ser de 5.5 a 7.0. Si deseamos tener mejores cosechas, es muy importante que el parámetro del pH en el suelo de

nuestros cultivos sea el adecuado, eso permitirá que la mayoría de los nutrientes mantengan su máxima disponibilidad para las plantas.

#### 4.2.2. Determinación de la materia orgánica (MO)

**Cuadro N° 4.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la variable materia orgánica de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	11,53	1,47	7.94 *
T1B	Superior	0,50 - 1	8,88	1,07	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	11,12	1,31	4.64 *
T2B	Intermedio	0,50 - 1	7,83	1,5	
T3A	Inferior	0 - 0,50	11,62	2	2.81 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	7,47	2,9	
$\bar{x}$			<b>9,74%</b>	<b>1,71%</b>	



**Gráfico N° 4.** Valores de la variable materia orgánica de las dos localidades.

La respuesta en relación a la variable contenido de materia orgánica, se puede determinar que los resultados obtenidos en la prueba de T son estadísticamente similares en los tratamientos T1A, T1B, T2A y T2B que pertenecen a las profundidades de la parte alta y media del suelo de Guayabal Naranjal y San Gerardo, es decir que el contenido de este componente presentó valores que no varían en los dos primeros extractos, pero en los dos últimos tratamientos T3A y T3B que conforman la parte baja del suelo no indicaron tener diferencias

estadísticas con respecto a la cantidad de materia orgánica lo que determina que en la profundidad más baja los valores se mantienen constantes.

Estadística los valores son diferentes, siendo Guayabal Naranjal la localidad con el suelo de mayor cantidad de materia orgánica con un promedio general de 9,74%, indicando que este suelo contiene más micro y macronutrientes para el crecimiento y sustento de las plantas. Mientras que San Gerardo presenta menores cantidades de este componente con un promedio general de 1,71, valor que es muy bajo, indicando de esta forma que para obtener mejor crecimiento vegetal es necesario implementar otros componentes para aumentar su contenido y obtener mejores rendimientos.

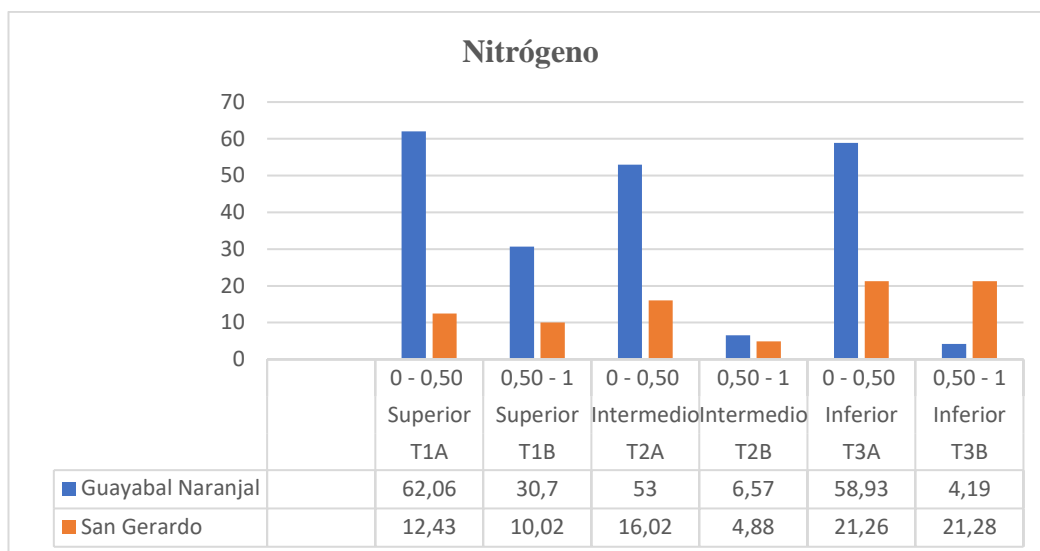
Se puede comprobar lo manifestado por (Grand & Michel, 2020), la materia orgánica del suelo desempeña un papel fundamental en las funciones de un suelo sano. Las funciones principales del suelo, como la producción primaria, la purificación y regulación del agua, el secuestro y regulación del carbono, la biodiversidad y el ciclo de los nutrientes, dependen en gran medida de la materia orgánica del suelo (MOS).

### 4.3. Análisis de los macronutrientes

#### 4.3.1. Determinación del Nitrógeno (N)

**Cuadro N° 5.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de nitrógeno de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	62,06	12,43	2.43 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	30,7	10,02	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	53	16,02	1.10 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	6,57	4,88	
T3A	Inferior	0 - 0,50	58,93	21,26	0.38 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	4,19	21,28	
$\bar{x}$			<b>35,91 ppm</b>	<b>14,32 ppm</b>	



**Gráfico N° 5.** Niveles de nitrógeno en las dos localidades.

Según los resultados estadísticos y la prueba de T los promedios fueron similares en relación a la cantidad de nitrógeno en los extractos de suelo en las dos, sin embargo en Guayabal Naranjal se presentan los valores más altos de N en los tratamientos T1A con 62,06 ppm y T3A con 58,93 ppm, a diferencia de San Gerardo que indica que la cantidad más alta de nitrógeno se encuentra en T3A con 21,26 ppm y T3B con 21,28 ppm lo cual permite inducir que los valores son numéricamente diferentes.

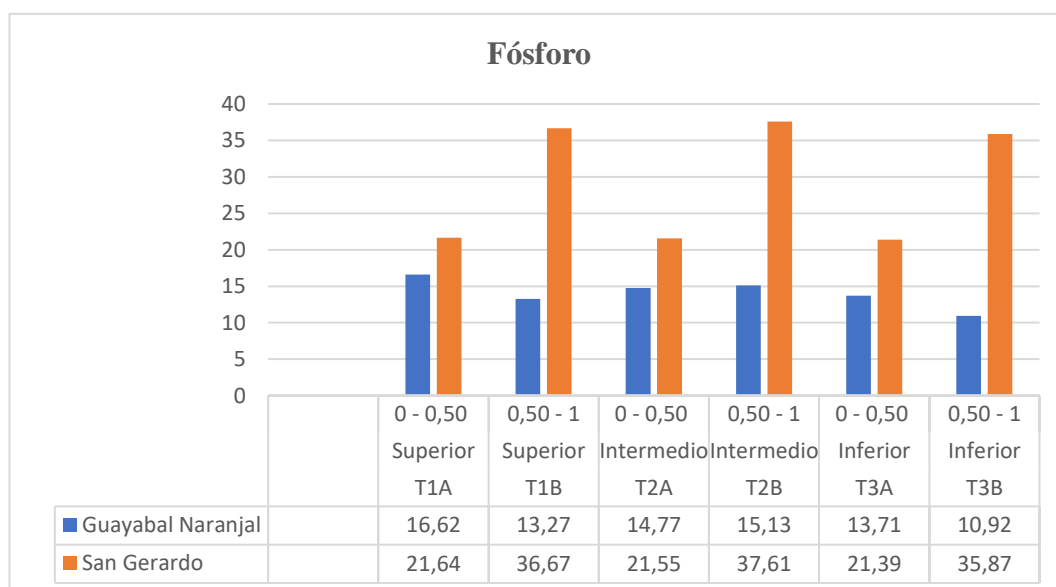
La cantidad más alta de nitrógeno se encuentra en la localidad Guayabal Naranjal con un promedio general de 35,91 ppm, mientras que en San Gerardo los niveles de este macronutriente y según los resultados del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias se encuentra en un rango bajo.

Se puede inferir que el nitrógeno es un macroelemento muy importante para las plantas y podemos corroborar lo manifestado por (Nature, 2022), es responsable de un rápido crecimiento de los cultivos, mejora el desarrollo de las hortalizas de hoja e incrementa el contenido proteico de los cultivos forrajeros y confiere el color verde oscuro a las plantas, favorece el crecimiento y el desarrollo de las hojas, tallo y otras partes vegetativas. Además, estimula también el crecimiento de las raíces.

### 4.3.2. Determinación del Fósforo (P)

**Cuadro N° 6.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de fósforo de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	16,62	21,64	1.55 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	13,27	36,67	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	14,77	21,55	1.86 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	15,13	37,61	
T3A	Inferior	0 - 0,50	13,71	21,39	1.89 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	10,92	35,87	
$\bar{x}$			<b>14,07 ppm</b>	<b>29,12 ppm</b>	



**Gráfico N° 6.** Niveles de fósforo en las dos localidades.

De acuerdo al análisis estadístico y a los resultados obtenidos de la prueba de T se pudo comprobar que los datos fueron estadísticamente diferentes en relación a la cantidad de fósforo presente en el suelo de las dos localidades en los tres extractos en estudio, sin embargo la localidad de San Gerardo fue la que presentó mayores cantidades de este nutriente registrando un promedio general de 29,12 ppm, con mayores cantidades en los tratamientos T1B con 36,67 ppm, T2B con 37,61 ppm y el T3B con 35,87 ppm, además según el laboratorio de análisis de suelo INIAP

indica que estos niveles de fósforo son altos en esta localidad, nutriente que es necesario en las plantas y que forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila.

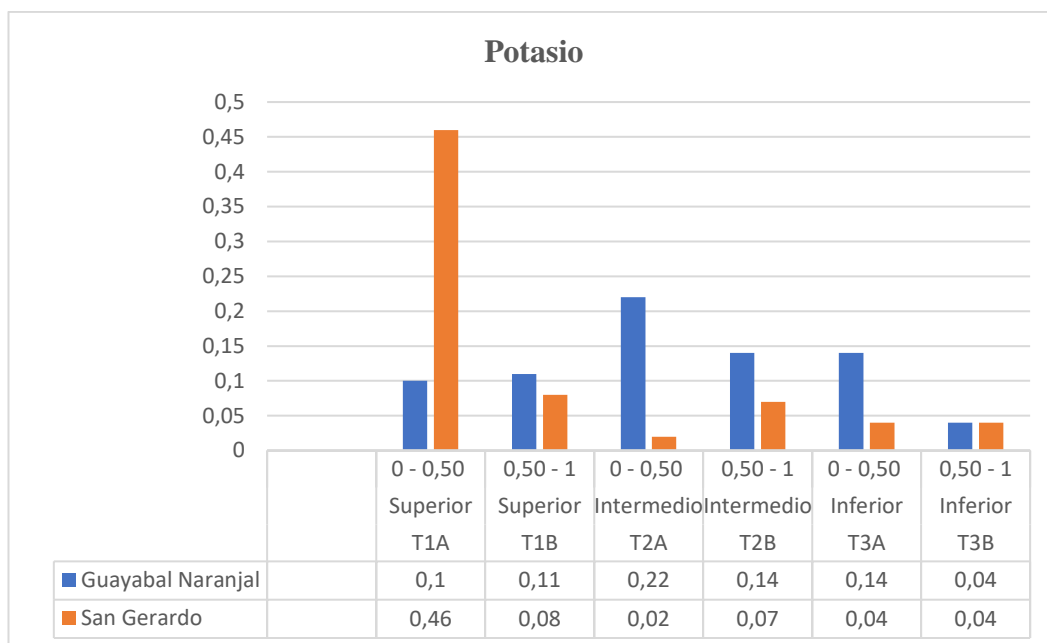
En la localidad Guayabal Naranjal se presentaron valores menores en relación a la cantidad de fósforo presente en el suelo registrando un promedio general de 14,07 ppm, además los valores son menores en todos los tratamientos con niveles que van desde 10,92 a 16,62 ppm, según el laboratorio del INIAP estos niveles son medios, es decir que se este suelo tiene un nivel óptimo de este nutriente para que las plantas cumplan sus procesos metabólicos y se desarrollen adecuadamente.

Esto permite afirmar lo manifestado por (Sandra, 2020) y (Garcia, 2020), el fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos, de igual manera propicia la síntesis de diversas proteínas. Además, la producción de almidón en la planta también requiere de este elemento para activar el proceso.

#### 4.3.3. Determinación del Potasio (K)

**Cuadro N° 7.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de potasio de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	0,1	0,46	0.85 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	0,11	0,08	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	0,22	0,02	2.08 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	0,14	0,07	
T3A	Inferior	0 - 0,50	0,14	0,04	1.00 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	0,04	0,04	
$\bar{x}$			<b>0,13 meq/100g</b>	<b>0,12 meq/100g</b>	



**Gráfico N° 7.** Niveles de potasio en las dos localidades.

Para el macronutriente potasio según la prueba de T los resultados no presentan diferencias estadísticas en los diferentes extractos de las dos localidades ya que en las tres profundidades alta media y baja, los valores son similares, no obstante existe una diferencia numérica entre sus promedios, siendo Guayabal Naranjal la que presento mayor cantidad de potasio con un promedio general de 0,13 meq/100g, el tratamiento que presento mejores nivel de potasio fue el T2A (extracto intermedio a una profundidad de 0 – 050m) con un promedio de 0,22 meq/100g que indica un nivel medio de este nutriente, sin embargo el suelo de esta localidad presenta niveles bajos de potasio.

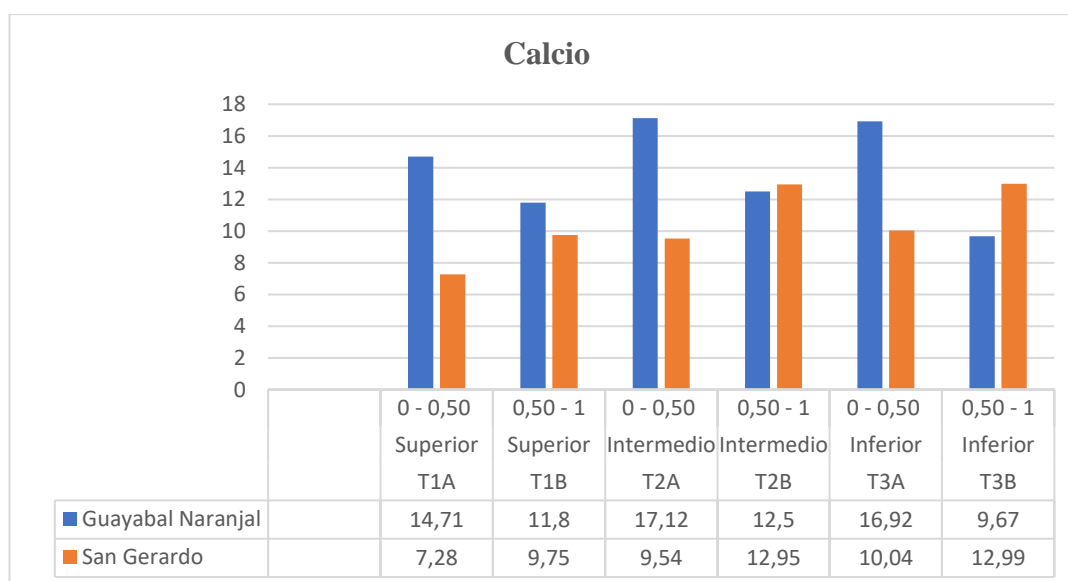
Mientras que en San Gerardo el contenido de este nutriente es menor, registrando un promedio general de 0,12 meq/100g , sin embargo el tratamiento T1A que corresponde al extracto superior a una profundidad de 0 – 0,50m alcanza un nivel alto de este macronutriente con un valor de 0,46 meq/100g considerado una cantidad alta de potasio lo que indica que se encuentra en las primeras capas de la estructura del suelo, pero en los demás tratamientos los contenidos son bajos y el potasio, es un macronutriente que esta involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas.

Lo que permite afirmar lo mencionado por (Yara, 2023), el potasio tiene una función importante en asegurar la calidad óptima del fruto determinando el nivel de azúcares, igual que características como la maduración y óptimo almacenaje

#### 4.3.4. Determinación del Calcio (Ca)

**Cuadro N° 8.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de calcio de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	14,71	7,28	1.76
T1B	Superior	0,50 - 1	11,8	9,75	NS
T2A	Intermedio	0 - 0,50	17,12	9,54	0.89
T2B	Intermedio	0,50 - 1	12,5	12,95	NS
T3A	Inferior	0 - 0,50	16,92	10,04	0.35
T3B	Inferior	0,50 - 1	9,67	12,99	NS
$\bar{x}$			<b>13,79 meq/100g</b>	<b>10,43 meq/100g</b>	



**Gráfico N° 8.** Niveles de calcio en las dos localidades.

Según el análisis estadístico y la prueba de T los resultados en relación a este macronutriente fueron similares estadísticamente en cada uno de los tres extractos de suelo de las dos localidades, sin embargo si se presentaron diferencias

numéricas, registrando los niveles más altos la localidad Guayabal Naranjal con un promedio general de 13,79 meq/100g, obteniendo los mayores niveles de calcio los tratamientos T1A, T2A y T3A, lo que indica que este macronutriente se encuentra en la primera capa u horizonte del suelo.

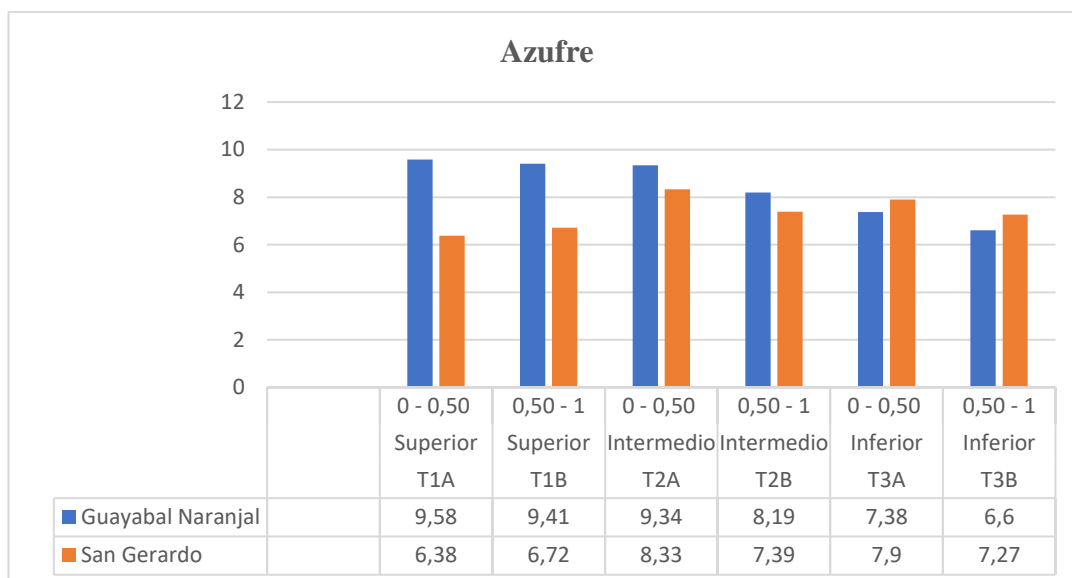
En la localidad San Gerardo la cantidad de calcio es menor registrando un promedio de 10,43 meq/100g, además en los demás tratamientos los niveles de este nutriente son diferentes y de acuerdo a los resultados del departamento del INIAP la cantidad de calcio es alta en las dos localidades y este nutriente es un elemento estructural en la planta, forma parte de la pared celular, membrana celular, participa en la división y elongación celular.

Esto nos permite afirmar lo manifestado por (Pardo, 2018), el calcio se une a varias proteínas receptoras que activan diferentes enzimas regulando actividades metabólicas como la mitosis, crecimiento de ápices, corriente citoplasmática, germinación de esporas, formación de yemas, secreción de la enzima alfa-amilasa y transporte de auxinas

#### 4.3.5. Determinación del Azufre (S)

**Cuadro N° 9.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de azufre de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	9,58	6,38	11.55 *
T1B	Superior	0,50 - 1	9,41	6,72	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	9,34	8,33	8.62 *
T2B	Intermedio	0,50 - 1	8,19	7,39	
T3A	Inferior	0 - 0,50	7,38	7,9	7.93 *
T3B	Inferior	0,50 - 1	6,6	7,27	
$\bar{x}$			<b>8,42 ppm</b>	<b>7,33 pmm</b>	



**Gráfico N° 9.** Niveles de azufre en las dos localidades.

Los resultados en relación a los niveles de este macronutriente presentaron diferencias estadísticas entre sus valores en todas las profundidades del suelo en las dos localidades, siendo Guayabal Naranjal la que registro un mayor nivel de azufre con una media general de 8,42 ppm, donde los tratamientos T1A, T1B y T2A los que tuvieron los niveles más altos, mientras que la localidad de San Gerardo presentó un promedio menor con 7,33 ppm, en la cual los tratamientos T2A y T3A fueron los que alcanzaron los mayores cantidades de este nutriente.

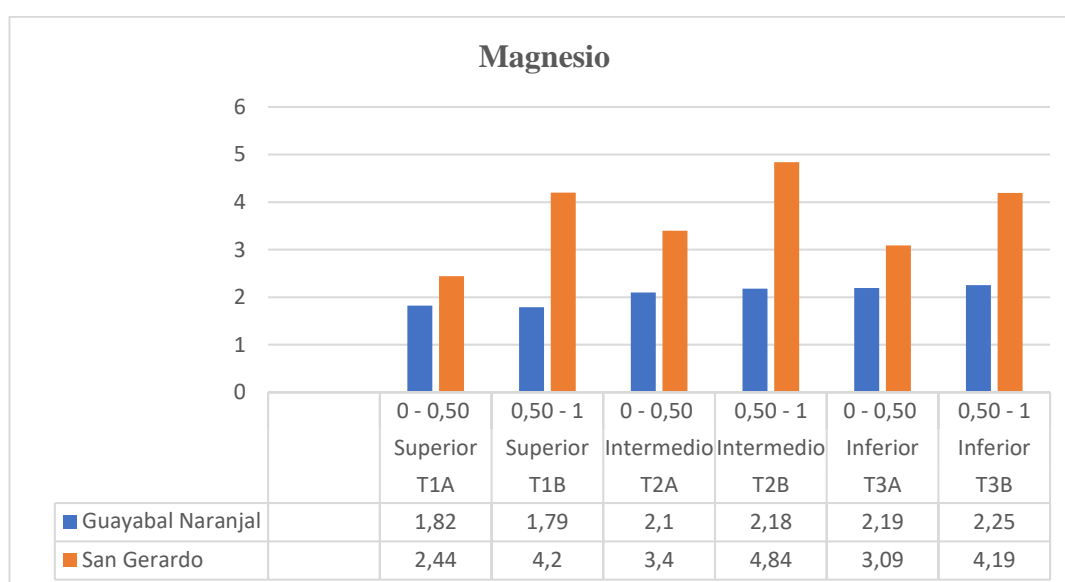
Los resultados obtenidos demuestran que en el suelo de las dos localidades la cantidad de azufre es uniforme, además los resultados que proporciona el centro de investigaciones INIAP afirma que estos niveles se encuentran en una baja escala es decir que estos suelos tienen deficiencia de este macronutriente que es de gran importancia para el desarrollo de las plantas requieren ya que este nutriente, es importante en la protección de las células, ya que evita la deshidratación por calor y sequía y también juega un papel en la protección de los daños de las células por frío.

Según manifiesta (Vadecultivo, 2023), el azufre es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Está involucrado en la producción de proteínas y en la formación de aminoácidos, que son los bloques de construcción de las proteínas.

#### 4.3.6. Determinación del Magnesio (Mg)

**Cuadro N° 10.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de magnesio de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	1,82	2,44	1.69 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	1,79	4,2	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	2,1	3,4	2.91 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	2,18	4,84	
T3A	Inferior	0 - 0,50	2,19	3,09	2.73 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	2,25	4,19	
$\bar{x}$			<b>2,06 meq/100g</b>	<b>3,69 meq/100g</b>	



**Gráfico N° 10.** Niveles de magnesio en las dos localidades.

Según los resultados obtenidos mediante la prueba de T los promedios en relación a los niveles de magnesio en las dos localidades en las tres extractos fueron estadísticamente iguales pero con diferencias numéricas, en la cual se registró un mayor promedio en San Gerardo con una media general de 3,69 meq/100g, mientras que la localidad Guayabal Naranjal obtuvo el menor nivel de este nutriente, es decir que presenta menores cantidades con un promedio general de 2,06 meq/100g.

El departamento del INIAP manifiesta que las cantidades de este nutriente son relativamente altas es decir que el contenido de magnesio en el suelo de las localidades es óptimo para el desarrollo normal de las plantas ya que es esencial en todos los procesos de fosforilación de la planta, promoviendo la transferencia, conversión y acumulación de la energía.

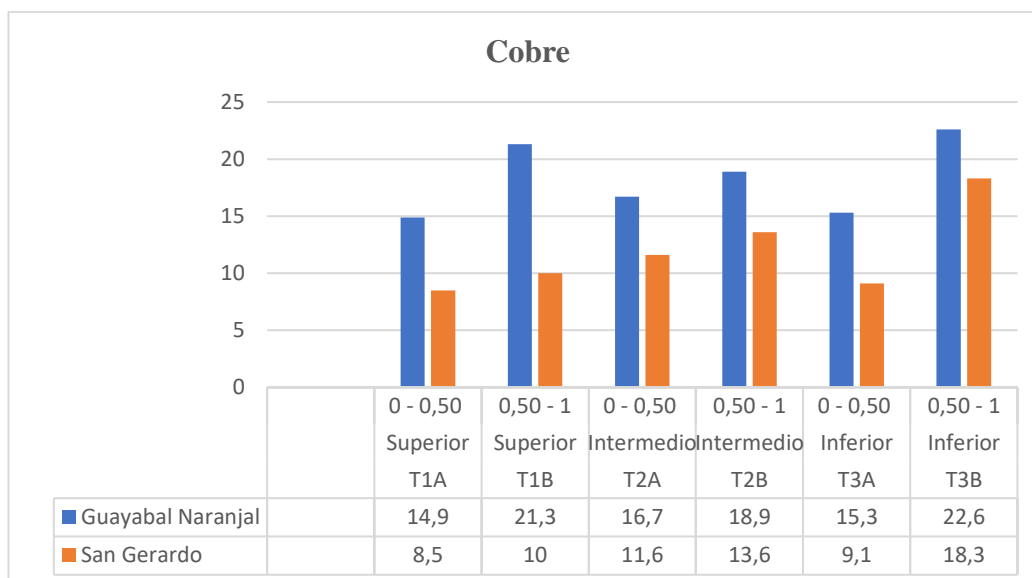
(Sembralia, 2023), manifiesta que el magnesio es un macronutriente secundario, esencial para el óptimo desarrollo de una planta hortícola o frutal y, por tal motivo, debe estar presente en todo programa de fertilización.

#### 4.4. Análisis de los micronutrientes

##### 4.4.1. Determinación del Cobre (Cu)

**Cuadro N° 11.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de cobre de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	14,9	8,5	3.61 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	21,3	10	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	16,7	11,6	1,00 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	18,9	13,6	
T3A	Inferior	0 - 0,50	15,3	9,1	5.53 *
T3B	Inferior	0,50 - 1	22,6	18,3	
$\bar{x}$			<b>18,28 ppm</b>	<b>11,85 ppm</b>	



**Gráfico N° 11.** Niveles de cobre en las dos localidades.

Según el análisis estadístico y la prueba de T se pudo determinar que los niveles más de cobre son estadísticamente diferentes en los tratamientos T3A y T3B que corresponden al extracto inferior es decir que la cantidad de cobre en esta profundidad es similar en las dos localidades, sin embargo en los otros transectos superior e intermedio el contenido de este micronutriente es similar en Guayabal y San Gerardo.

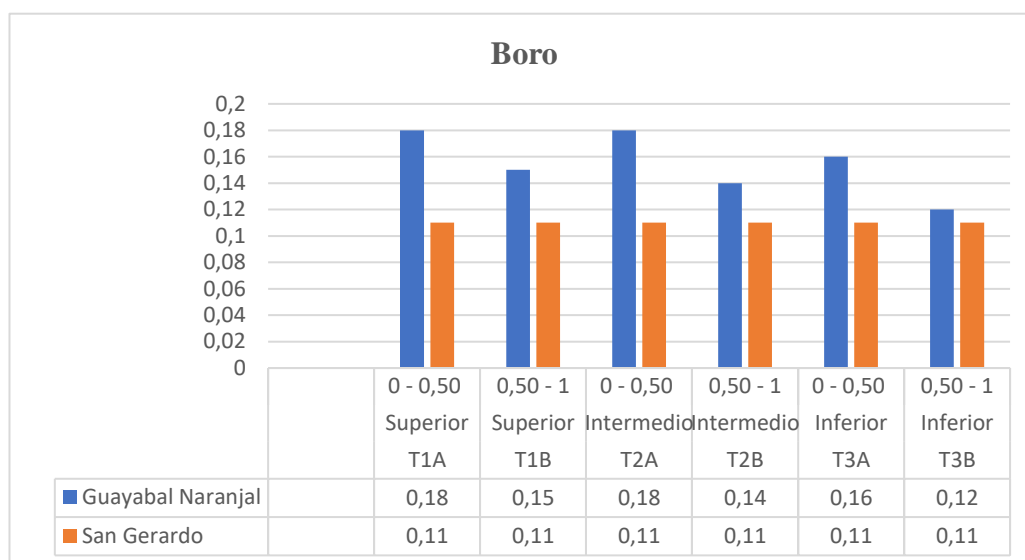
En Guayabal Naranjal se encuentran el mayor contenido de cobre, registrando un promedio general 18,28 ppm, en la cual los tratamientos que registran los niveles más altos son T1B con un promedio de 21,3 ppm y T3B con 22,6 ppm. Mientras que en San Gerardo se registra un nivel más bajo de cobre con una media general de 11,85 ppm, pero el T3B obtuvo el mayor valor de 18,3 ppm, los niveles en las dos localidades son altos es decir óptimos para las plantas, ya que el cobre es importante para la formación de polen viable, la formación de semillas y la resistencia al estrés.

(Celuz, 2022) manifiesta que el cobre es uno de los micronutrientes necesarios para las plantas en muy pequeñas dosis. En el sustrato, el rango normal es de 0,05-0,5 ppm, mientras que en la mayor parte de los tejidos es de 3-10 ppm.

#### 4.2. Determinación del Boro (B)

**Cuadro N° 12.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de boro de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	0,18	0,11	3.67 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	0,15	0,11	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	0,18	0,11	2.50 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	0,14	0,11	
T3A	Inferior	0 - 0,50	0,16	0,11	1.50 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	0,12	0,11	
$\bar{x}$			<b>0,16 ppm</b>	<b>0,11 ppm</b>	



**Gráfico N° 12.** Niveles de boro en las dos localidades.

Para los resultados de los niveles de boro según el análisis estadístico y la prueba de T se puede inferir que los datos son estadísticamente similares en las tres profundidades de las dos localidades, en Guayabal Naranjal se registra una media general de 0,16 ppm, además los tratamientos que tienen mayores niveles de este microelemento son T1A y T2A con un valor constante de 0,18 ppm, mientras que en San Gerardo se registró una media general de 0,11 ppm y en los demás tratamientos los contenidos de boro son iguales con un valor de 0,11 ppm.

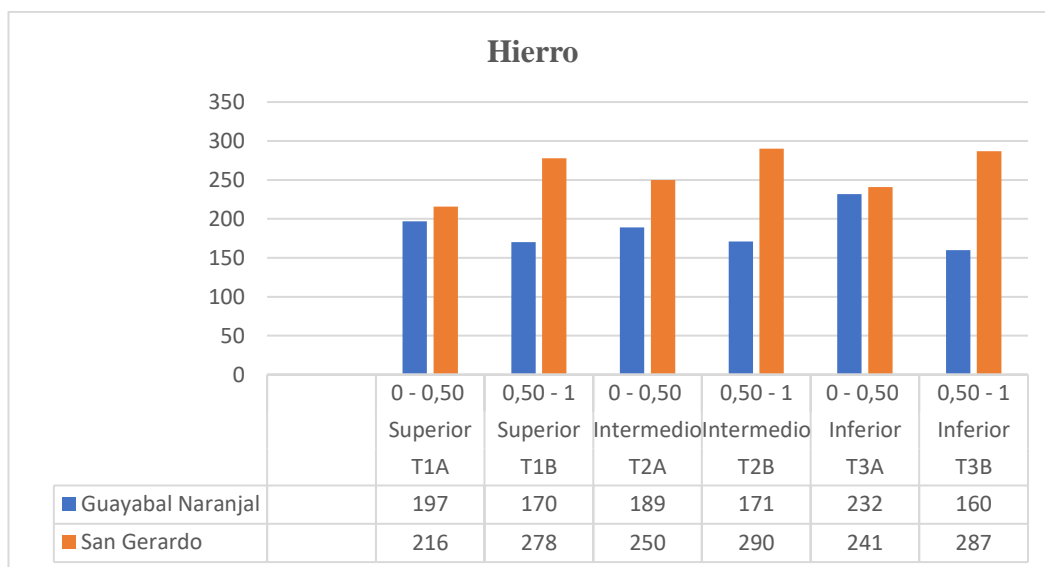
La localidad Guayabal Naranjal es la presente mayores niveles de boro, sin embargo según el departamento del INIAP las dos localidades presentan un rango bajo en relación a este nutriente, que es muy indispensable en las plantas para producción y retención de las flores, germinación y el desarrollo del fruto y de la semilla.

(Intagri, 2023) indica que el boro también desempeña una función fundamental en el proceso de polinización y cuajado de frutos, ya que da viabilidad al polen, es decir, juega un papel importante en la maduración del polen y el crecimiento de los tubos polínicos, mejorando el tamaño y la fertilidad de los granos de polen.

#### 4.4.3. Determinación del Hierro (Fe)

**Cuadro N° 13.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de hierro de las dos localidades.

<b>Trat</b>	<b>Transectos</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Guayabal Naranjal</b>	<b>San Gerardo</b>	<b>Prueba T</b>
T1A	Superior	0 - 0,50	197	216	1.43 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	170	278	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	189	250	3.10 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	171	290	
T3A	Inferior	0 - 0,50	232	241	1.15 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	160	287	
<b><math>\bar{x}</math></b>			<b>186,50 ppm</b>	<b>260,33 ppm</b>	



**Gráfico N° 13.** Niveles de hierro en las dos localidades.

Según los resultados obtenidos en la prueba de T los niveles de hierro presentaron promedios homogéneos en cada una de las tres profundidades de las dos localidades, siendo San Gerardo la que registra los mayores niveles de este micronutriente con un promedio de 260,33 ppm, en los tratamientos T1B, T2B y T3B, se encuentran los mayores niveles, es decir que este nutriente se encuentra en lo más profundo de la estructura del suelo ya que estos están a la profundidad de 0,50 - 1m.

El Guayabal Naranjal los niveles de hierro son más bajos en comparación a San Gerardo, registrando una media general de 186,50 ppm, donde el tratamiento T3A es el que presenta un nivel mayor de este elemento. Según los análisis realizados en el laboratorio del instituto INIAP, las dos localidades presentan altos contenidos de hierro es decir que el suelo de las dos localidades tienen niveles óptimos de este nutriente el cual 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.

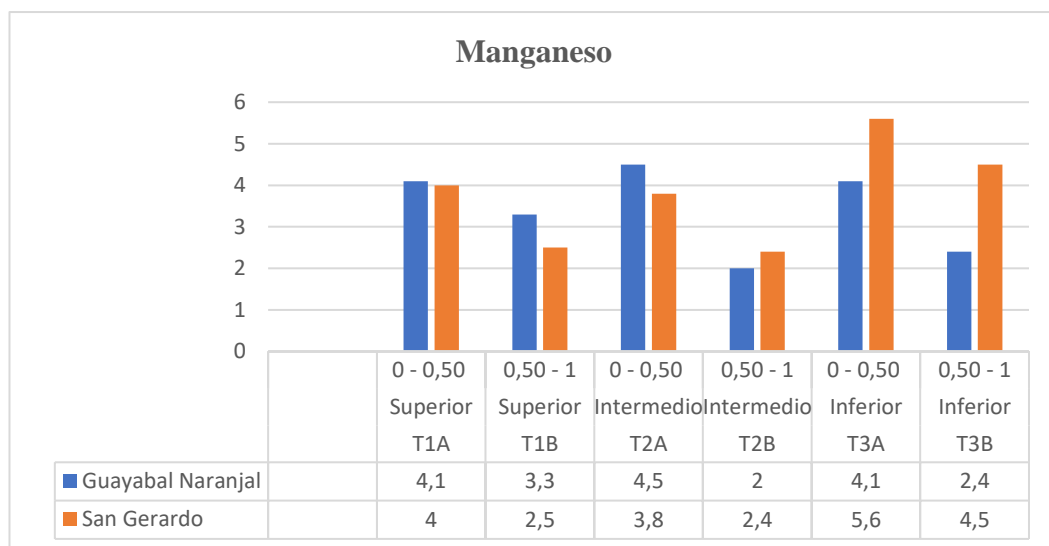
(Seipasa, 2021) describe que el hierro en las plantas tiene como función principal la generación de clorofila. Cuando existe carencia de hierro las hojas más jóvenes

se vuelven de un color amarillento ante la incapacidad de la planta de producir clorofila. Cuando la clorosis férrica es más severa la pérdida de coloración puede afectar a las hojas más adultas.

#### 4.4.4. Determinación del Manganeso (Mn)

**Cuadro N° 14.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de manganeso de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	4,1	4	1.29 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	3,3	2,5	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	4,5	3,8	0.27 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	2	2,4	
T3A	Inferior	0 - 0,50	4,1	5,6	6.00 *
T3B	Inferior	0,50 - 1	2,4	4,5	
$\bar{x}$			<b>3,40 ppm</b>	<b>3,80 ppm</b>	



**Gráfico N° 14.** Niveles de manganeso en las dos localidades.

De acuerdo a los análisis estadísticos y a los resultados obtenidos de la prueba de T se puede inferir que los promedios en relación al micronutriente manganeso no presentan diferencias estadísticas en los extractos superior e intermedio, pero si existió una diferencia en la última profundidad de las dos localidades, siendo la San Gerardo la que registro un valor más alto de este nutriente con una media general de 3,80 ppm, además, los niveles de manganeso son bajos en todos los tratamientos.

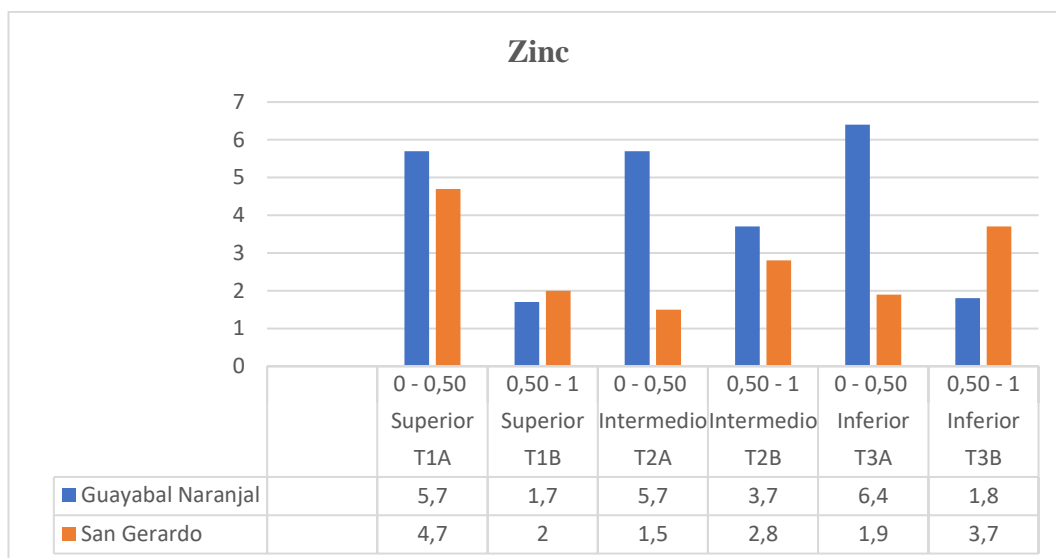
Mientras que en la localidad Guayabal Naranjal se presentó los menores niveles de manganeso con una media general de 3,40 ppm, y de acuerdo a los promedios las dos localidades presentan cantidades bajas de este micronutriente por lo que estos suelos se necesita la incorporación de manganeso el cual contribuye al funcionamiento de varios procesos biológicos incluyendo la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno.

Lo que permite afirmar lo anunciando por (Bissanti, 2022), el manganeso es un importante regulador de la acción enzimática, pero sus funciones no siempre son específicas. Además, interviene en la fotosíntesis, en la fase de hidrólisis del agua y desempeña un papel importante durante la etapa final de la reducción del nitrato.

#### 4.4.5. Determinación del Zinc (Zn)

**Cuadro N° 15.** Resultados de la prueba de T y análisis estadístico para comparar promedios de los tratamientos de la cantidad de zinc de las dos localidades.

Trat	Transectos	Profundidad	Guayabal Naranjal	San Gerardo	Prueba T
T1A	Superior	0 - 0,50	5,7	4,7	0.54 NS
T1B	Superior	0,50 - 1	1,7	2	
T2A	Intermedio	0 - 0,50	5,7	1,5	1.55 NS
T2B	Intermedio	0,50 - 1	3,7	2,8	
T3A	Inferior	0 - 0,50	6,4	1,9	0.41 NS
T3B	Inferior	0,50 - 1	1,8	3,7	
$\bar{x}$			<b>4,17 ppm</b>	<b>2,77 ppm</b>	



**Gráfico N° 15.** Niveles de zinc en las dos localidades.

En el micronutriente zinc, de acuerdo con los datos obtenidos mediante la prueba de T se pudo determinar que los contenidos de este nutriente no presentan promedios semejantes, es decir que los valores son estadísticamente diferentes en los tres extractos de las dos localidades sin embargo en la localidad Guayabal Naranjal se presentó un mayor promedio con un valor de 4,17 ppm, también se puede inferir que en T1B y T3B los niveles de este micronutriente son más bajos con niveles de 1,7 y 1,8 ppm, mientras que en los demás tratamientos los valores son más altos considerando que esta localidad presenta un nivel medio de zinc.

En la localidad San Gerardo se presentan los niveles más bajos de zinc con un promedio de 2,77 ppm, sin embargo, en los tratamientos T1A y T3B los niveles se encuentran a una mayor proporción con valores de 4,7 y 3,7 ppm, pero en los demás tratamientos los niveles son bajos es decir que esta localidad presenta una escala baja de zinc el cual es necesario para la planta, ya que ayuda en la formación, polinización, viabilidad del polen y fertilidad del polen.

(Díez, 2023) manifiesta que el zinc es necesario para la planta, ya que contribuye a la creación de clorofila y sustancias de crecimiento. Además, es utilizado por la planta para desarrollar adecuadamente su tallo y los nervios de las hojas

## **5. Comprobación de la hipótesis**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se acepta la hipótesis alterna, debido a que la calidad físico-química del suelo no es igual en los tres estratos, en las dos localidades, ya que la mayoría de las variables fueron estadísticamente significativas, es decir que presentaron diferencias en la composición química- física del suelo de las dos localidades estudiadas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, físicos y químicos, se sistematizan las siguientes conclusiones:

- El análisis físico demostró que el suelo de la localidad Guayabal Naranjal contiene más partículas de limo lo que lo clasifica como un suelo franco limoso, con una cantidad de humedad de 51,90 % y en san Gerardo las partículas que predominan en el suelo son las arcillas por lo que se considera que es de textura franco arcilloso, y su contenido de humedad fue 47,64 %, demostrando que las dos localidades presentan suficiente cantidad de humedad para el crecimiento óptimo de los cultivos.
- Las propiedades químicas indicaron que la localidad Guayabal Naranjal tiene un nivel apropiado de pH y mantiene la escala de un suelo neutro con un promedio de 6,51, pero la localidad San Gerardo no mantiene la escala, pero si se encuentra en un nivel apropiado con un promedio de acidez de 6,60.
- El contenido de materia orgánica fue más alto en la localidad Guayabal Naranjal con un promedio de 9,74 % lo que indica que es un suelo rico en nutrientes y fértil para el crecimiento vegetativo y vigoroso de las plantas y en la localidad de San Gerardo los niveles fueron más bajos con un promedio de 1,71 % indicando que es un suelo con bajo contenido de macro y micronutrientes esenciales en el proceso del desarrollo de las plantas.
- En relación al contenido de los macronutrientes la localidad Guayabal Naranjal registro los mejores niveles de N, P, Ca, S, mientras que en San Gerardo los niveles de K y Mg son los más altos, demostrando que en la primera localidad se encuentran los mejores niveles de macronutrientes, los mismos que indican que existe una buena fertilidad en el suelo de Guayabal Naranjal.

- Los niveles de los micronutrientes Cu, Fe B, Mn y Zn presentaron diferentes cantidades en las dos localidades, pero en la localidad de Guayabal Naranjal se presentan mejores niveles de estos micronutrientes, lo que indica que el suelo de San Gerardo no contiene la cantidad necesaria para que las plantas cumplan con sus funciones de crecimiento y reproducción.

## 6.2. Recomendaciones

- Informar y dar a conocer a los productores la importancia de un análisis de suelo, las ventajas que proporciona para que de esta manera conozca lo que contiene su suelo y pueda realizar una planificación, incorporando solamente la cantidad necesaria de fertilizantes evitando así la degradación y desertificación del suelo.
- Es necesario continuar con los procesos de análisis físicos y químicos para conocer las propiedades que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, analizando la composición y las cantidades de cada uno de ellos para de esta forma saber lo que contiene nuestro suelo y sustentar las deficiencias nutricionales que presentan nuestros cultivos.
- Realizar una capacitación a los agricultores, dando a conocer cómo se puede mejorar la nutrición del suelo sin la necesidad de incorporar fertilizantes químicos, informándoles que existen otras formas de aumentar la fertilidad del suelo como la incorporación de residuos vegetales y animales.
- Realizar esta investigación en otras localidades para que los productores conozcan los beneficios de estos procesos y realicen una buena planificación desde el momento de la siembra hasta la cosecha.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Acosta, B. (2021). Función del nitrógeno en las plantas y su importancia. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>

Admin. (2020). Funciones del fósforo en las plantas. Obtenido de <https://agropecultores.com/funciones-del-fosforo-en-las-plantas/>

AGRAN. (2021). La importancia del boro y el molibdeno. Obtenido de <https://agran.es/la-importancia-del-boro-y-el-molibdeno-en-la-agricultura/>

Agrométodos. (2021). Potasio, el nutriente de calidad para los cultivos. Obtenido de <https://www.agrometodos.com/potasio/>

Agrota. (2019). El Cobre en la Agricultura. Obtenido de <https://www.agrota.com.ec/cobre-en-agricultura/>

Agrounlp, e. (2019). Porosidad y Aireación Densidad Real y Aparente. Obtenido de <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/modresource/content/1/porosidad20y20aireacion2026-3-19.pdf>

Alltech. (2021). Consecuencias del efecto invernadero en la agricultura: la desertificación. Obtenido de <https://www.alltech.com/es-es/blog/consecuencias-del-efecto-invernadero-en-la-agricultura-la-desertificacion>

Álvaro, G. (2019). Macronutrientes del suelo. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>

Aquae. (2021). Qué es la desertificación: causas y consecuencias. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/conoces-que-es-la-desertificacion-sus-causas-y-sus-soluciones/>

Axayacatl, O. (2022). Importancia del potasio (K) en las plantas cultivadas. Obtenido de <https://blogagricultura.com/nutricion-vegetal-potasio/>

- Báez, M. (2022). Azufre para las plantas: para qué sirve y cómo usarlo. Obtenido de <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/hogar/articulo/azufre-para-las-plantas-para-que-sirve-y-como-usarlo-51793.html>
- Belchim, C. (2021). Importancia de mantener la buena salud del suelo. Obtenido de <https://certisbelchim.es/importancia-de-mantener-la-buena-salud-del-suelo>
- Bissanti, G. (2022). Papel del manganeso en las plantas. Obtenido de <https://antropocene.it/es/2022/11/06/papel-del-manganeso-en-las-plantas/#google-vignette>
- Blanco, I., & Matus, M. (2023). Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos-pdf-free.html>
- Bloodnick, E. (2022). Rol del potasio en el cultivo de plantas. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0121-37092018000200141>
- Calvo., A. (2019). Qué es y cómo medir el pH de la tierra. Obtenido de <https://www.agroptima.com/es/blog/medir-ph-tierra/>
- Celuz, A. (2022). La función del cobre en cultivos. Obtenido de <https://celuzag.mx/2022/01/21/7048/>
- Chen, J. (2022). La función del manganeso en el cultivo de plantas. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-manganeso-en-el-cultivo-de-plantas/>

- Cherlinka, V. (2020). Tipo De Suelo: Esencial En La Productividad Agrícola. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/tipos-de-suelo/>
- Coarval. (2022). Clasificación de los tipos de suelos. Obtenido de <https://coarval.com/clasificacion-de-los-tipos-de-suelos/>
- Coloma, V. (2020). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Provincia Bolívar. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.guaranda.gob.ec/newsitecmt/download/pdot-Canton-Guaranda-preliminar.pdf>
- Consumer, E. (2022). Las diferentes texturas del suelo. Obtenido de <https://www.consumer.es/bricolaje/las-diferentes-texturas-del-suelo.html>
- Croda. (2023). Micronutrientes (nutrición vegetal). Obtenido de <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/micronutrients#:~:text=Los20macronutrientes20son20necesarios20en,planta20tenga20un20crecimiento20normal.>
- Croda. (2023). Micronutrientes (nutrición vegetal). Obtenido de <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/micronutrients>
- Cropaia. (2023). El análisis de suelo. Obtenido de <https://cropaia.com/es/blog/el-analisis-de-suelo/>
- Crouse, C. M. (2022). Textura y estructura del suelo. Obtenido de [https://espanol.libretexts.org/Geociencias/CienciadelSuelo/ManualdeLaboratoriodeSuelos\(Moorbergycrouse\)/033AFC3ADsicaldelSuelo/03.13ATexturayestructuradelsuelo](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/CienciadelSuelo/ManualdeLaboratoriodeSuelos(Moorbergycrouse)/033AFC3ADsicaldelSuelo/03.13ATexturayestructuradelsuelo)
- Días, I., & Ruíz, S. (2023). Análisis físico - químicos y microbiológicos del suelo. Obtenido de <https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-fisico-quimicos-y-microbiologicos-del-suelo?idiom=es>

- Díez, M. (2023). ¿Por qué el zinc es importante para las plantas? Obtenido de <https://royalbrinkman.es/centro-de-conocimiento/cuidado-del-cultivo/por-que-el-zinc-es-importante-para-las-plantas>
- Disper. (2021). De la flor al fruto pasando por el boro. Obtenido de <https://disper.info/es/importancia-del-boro/>
- Etecé. (2023). Suelo. Características generales y su clasificación. Obtenido de <https://humanidades.com/suelo/>
- FAO. (2023). Portal de Suelos de la FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2023). Propiedades Físicas del Suelo. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/:text=En20general20el20volumen20del,gases20pueden20 circular20o20retenerse.>
- Fertibox. (2019). Beneficios del análisis de suelo. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/beneficios-analisis-suelo>
- Fertibox. (2019). Micronutrientes del suelo. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/micronutrientes-del-suelo:text=Desempe3B1a20varias20funciones20en20las,en20la20sC3ADntesis20de20proteC3ADnas.>
- Fertilab. (2019). ¿Qué es el pH del suelo y para qué nos sirve? Obtenido de [chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-024-Que-es-el-pH-del-suelo-y-para-que-no-s-sirve .pdf](chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-024-Que-es-el-pH-del-suelo-y-para-que-no-s-sirve.pdf)
- Flores, J. (2022). La desertificación, uno de los grandes problemas ambientales de la actualidad. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.com.es/natu>

raleza/desertificacion-uno-grandes-problemas-ambientales-actualidad-144  
25

García, A. (2019). Tipos de suelos y sus principales características. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-suelos-y-sus-principales-caracteristicas-1645.html>

García, K. (2020). El Fósforo en el suelo y las plantas. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/el-fC3B3sforo-en-suelo-y-las-plantas-san-dra>

Garrett, C. (2023). Desertificación: definición, causas, consecuencias y retos. Obtenido de <https://climate.selectra.com/es/que-es/desertificacion>

Geoxnet. (2019). Clasificación de suelos. Obtenido de <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>

Gomez, A. (2023). Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos. Obtenido de <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>

González, F., Cid, G., & López, T. (2020). Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5862/586266250001/html/>

Grand, A., & Michel, V. (2020). Materia orgánica del suelo. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://orgprints.org/id/eprint/43417/7/materia20orgacc81nica20del20suelo.pdf>

Gutiérrez, N. (2023). Informe de Color Del Suelo. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/240478324/Informe-de-Color-Del-Suelo>

Holdridge. (1979). Triángulo de las zonas de vida. Obtenido de [www.virtual.unal.edu.com](http://www.virtual.unal.edu.com)

- Horticulture, Educator, F. E., & University, P. S. (2023). Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos. Obtenido de: <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>
- Ingenierizando. (2023). ¿Qué es la densidad aparente? Obtenido de <https://www.ingenierizando.com/conceptos/densidad-aparente/>
- INIAP. (2023). Análisis físico - químicos y microbiológicos del suelo. Obtenido de <https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-fisico-quimicos-y-microbiologicos-del-suelo>
- Intagri. (2023). Obtenido de Funciones Críticas del Boro en los Cultivos: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-criticas-del-boro-en-los-cultivos>
- Labiser. (2020). Funciones del boro en las plantas. Obtenido de <https://labiser.es/boro-para-plantas/>
- Lifeder. (2020). Suelos del Ecuador: características, tipos, usos. Obtenido de <https://www.lifeder.com/suelos-del-ecuador/>
- Lopez, J. (2022). La función del magnesio en el cultivo de plantas. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-magnesio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- López, P. (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/>
- Makers, B. (2022). El análisis de suelos agrícolas. Obtenido de <https://biomemakers.com/es/la-gu%C3%ADa-completa-sobre-el-an%C3%A1lisis-del-suelo>
- Marcano, J. (2022). El perfil del suelo. Obtenido de <https://jmarcano.com/ciencias-tierra/ciencia-suelo/horizonte-suelo/>

- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para Muestreo de Suelos. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Munilla, V. (2023). Horizontes del suelo. Obtenido de <https://www.geoen.ciclopedia.com/horizontes-del-suelo-660.html>
- Mycsainc. (2021). El pH y sus efectos en el suelo de nuestros cultivos. Obtenido de <https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/03/03/el-ph-y-sus-efectos-en-el-suelo-de-nuestros-cultivos/>
- Nature, H. (2022). Función del nitrógeno en el suelo. Obtenido de <https://www.hello-nature.com/es/nitrogeno/>
- Orchardson, E. (2020). El nitrógeno en la agricultura. Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>
- Parada, R. (2021). Horizontes del suelo. Obtenido de <https://www.lifeder.com/horizontes-suelo/>
- Pardo, A. (2018). El calcio en las planta. Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/el-calcio-en-las-plantas/>
- Peñaranda, I. (2021). La esencialidad del hierro en la nutrición vegetal. Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/la-esencialidad-del-hierro-en-la-nutricion-vegetal/>
- Pineda. (2022). Suelos limosos. Características. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-limosos/>
- Pineda, J. (2023). Estructura del Suelo. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/estructura-del-suelo/>
- Portillo, G. (2023). Horizontes del suelo: estructura y factores. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/horizontes-del-suelo-estructura-y-factores-4453.html>

- PROAIN. (2021). La humedad del suelo y como monitorearla. Obtenido de <https://proain.comblogs/notastecnicas/lahumedad-del-suelo-y-como-monitorearla>
- Probelte. (2020). Suelo Arcilloso: qué es, qué cultivar y cómo mejorar el suelo. Obtenido de <https://probelte.com/es/noticias/suelo-arcilloso-que-es-que-cultivar-y-como-mejorar-el-suelo/>
- Quimagro. (2022). La importancia de realizar un análisis de suelo. Obtenido de <https://www.quimagro.com.mx/blog/al-servicio-de-la-agricultura-1/la-importancia-de-realizar-un-analisis-de-suelo-11>
- Ramos, P. (2019). El azufre y sus múltiples funciones en la agricultura . Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/el-azufre-y-sus-multiples-funciones-en-la-agricultura/>
- Robledo, C. (2022). El Zinc en las Plantas: [Usos, Ventajas y Aplicación]. Obtenido de <https://www.sembrar100.com/zinc/>
- Robledo, C. (2022). Nitrógeno en el Huerto: [Concepto, Beneficios, Ventajas y Desventajas]. Obtenido de <https://www.sembrar100.com/nitrogeno/>
- Rodriguez, B. (2020). ¿Qué es la desertificación y cuáles son sus causas? Obtenido de <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/desertificacion-causas/:textLa20desertificaciC3B3n20es20el20proceso,humana20y20los20cambios20climC3A1ticos>.
- Ruiz, J. (2023). Humedad del suelo. Cómo se comporta y su importancia. Obtenido de <https://www.agromaticas.es/humedad-del-suelo/>
- Sánchez, M. (2019). ¿Cuáles son las características del suelo franco? Obtenido de <https://www.jardineriaon.com/suelo-franco.htmlmsclkid=12f7f96cabd811ecb47cb042aa59d3fe>

- Sandra, K. (2020). El Fósforo en el suelo y las plantas. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/el-fC3B3sforo-en-suelo-y-las-plantas-sandra-k->
- Seco, A. (2023). ¿Qué es el perfil de suelo? - Conoce las capas , función y características del perfil del suelo. Obtenido de <https://quees.com/perfil-suelo/>
- Seipasa. (2021). El hierro en las plantas: por qué es importante ponerlo a disposición para corregir la clorosis férrica. Obtenido de <https://www.seipasa.com/es/blog/hierro-en-las-plantas-y-correccion-de-la-clorosis-ferrica/>
- Sela, G. (2023). Obtenido de El hierro en las plantas: <https://cropaia.com/es/blog/el-hierro-en-las-plantas/>
- Sela, G. (2023 ). Los nutrientes de las plantas. Obtenido de <https://cropaia.com/es/blog/nutrientes-de-plantas/>
- Sembralia. (2023). ¿Por qué es importante el magnesio en los cultivos hortícolas y frutícolas? Obtenido de <https://sembralia.com/blogs/blog/magnesio-cultivos-horticolos-fruticolas>
- Tapia, A., Benitez, I., Moreno, G., Yaguana, J., Morocho, L., & Córdova, L. (2018). Perfil del Suelo. Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-nacional-de-loja/estudio-de-casos-catedra-integradora/informe-perfil-del-suelo/3558127>
- Tornos, A. (2018). Cómo realizar un buen análisis del suelo para el cultivo. Obtenido de <https://www.agroecologiatornos.com/como-realizar-un-buen-analisis-del-suelo-para-el-cultivo/>
- University, P. S. (2023). Introducción a los Suelos: El Manejo de los Suelos. Obtenido de <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-el-manejo-de-los-suelos>

Vadecultivo. (2023). ¿Para qué sirve el azufre en las plantas? Obtenido de <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/para-que-sirve-el-azufre-en-las-plantas.html>

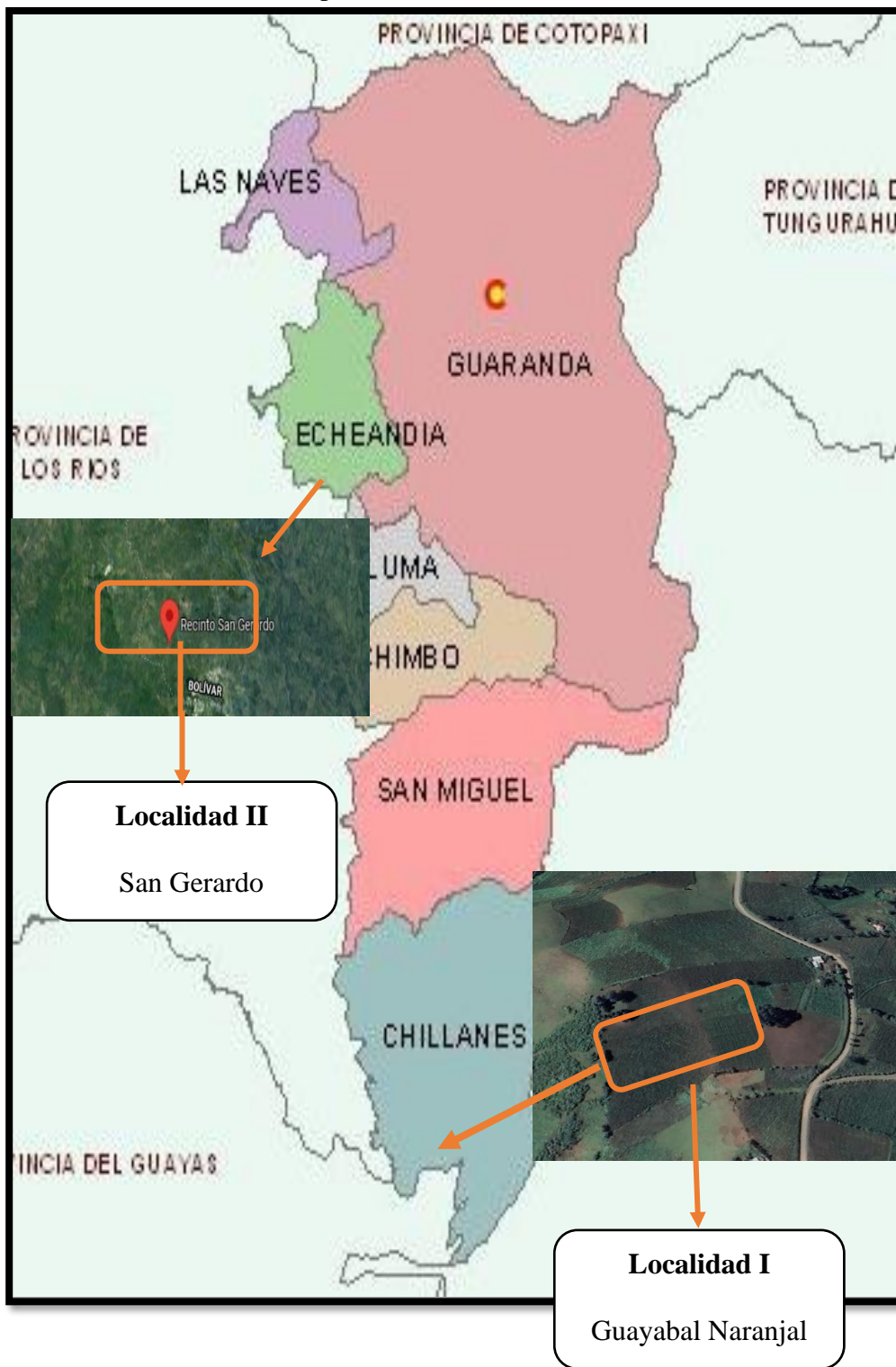
Vatsyayana, M. (2020). La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132>

Vistoso, E., & Martínez, J. (2019). Los micronutrientes del suelo. Obtenido de [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66900/Ficha20TC3A9cnica20INIA20NC2B02018sequence=1isAllowed:text=Los%20micro%20nutrientes20forman20parte20de,\)20y20zinc20\(Zn\)](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66900/Ficha20TC3A9cnica20INIA20NC2B02018sequence=1isAllowed:text=Los%20micro%20nutrientes20forman20parte20de,)20y20zinc20(Zn)).

Yara. (2023). Función del potasio en la producción de tomate. Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-potasio-en-la-produccion-de-tomate/:text=El20potasio20mantiene20el20equilibrio,de20pigmentos2C20sobre20todo20licopeno>.

# **ANEXOS**

**Anexo 1. Ubicación del experimento**



**Anexo 2.** Base de datos generales Guayabal Naranjal

COMPONENTES FÍSICOS						COMPONENTES QUÍMICOS													
Transectos	Profundidad	Textura			Humedad	pH	Materia Orgánica	Macronutrientes						Micronutrientes					
		Arena	Limo	Arcilla				N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
Superior	0 - 0,50	31	49	20	41,87	6,48	11,53	62,06	16,62	0,1	9,58	14,71	1,82	14,9	0,18	197	4,1	5,7	
Superior	0,50 - 1	31	57	12	59,28	6,55	8,88	30,7	13,27	0,11	9,41	11,8	1,79	21,3	0,15	170	3,3	1,7	
Intermedio	0 - 0,50	49	33	18	44,89	6,47	11,12	53	14,77	0,22	9,34	17,12	2,1	16,7	0,18	189	4,5	5,7	
Intermedio	0,50 - 1	35	47	18	56,39	6,59	7,83	6,57	15,13	0,14	8,19	12,5	2,18	18,9	0,14	171	2	3,7	
Inferior	0 - 0,50	35	51	14	42,27	6,45	11,62	58,93	13,71	0,14	7,38	16,92	2,19	15,3	0,16	232	4,1	6,4	
Inferior	0,50 - 1	31	59	10	66,72	6,54	7,47	4,19	10,92	0,04	6,6	9,67	2,25	22,6	0,12	160	2,4	1,8	


**Anexo 3.** Base de datos generales San Gerardo

COMPONENTES FÍSICOS						COMPONENTES QUÍMICOS													
Transectos	Profundidad	Textura			Humedad	pH	Materia Orgánica	Macronutrientes						Micronutrientes					
		Arena	Limo	Arcilla				N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
Superior	0 - 0,50	35	33	32	41,87	6,48	27,46	12,43	21,64	0,46	6,38	7,28	2,44	8,5	0,11	216	4	4,7	
Superior	0,50 - 1	17	41	42	59,28	6,55	53,53	10,02	36,67	0,08	6,72	9,75	4,2	10	0,11	278	2,5	2	
Intermedio	0 - 0,50	21	35	44	44,89	6,47	48,48	16,02	21,55	0,02	8,33	9,54	3,4	11,6	0,11	250	3,8	1,5	
Intermedio	0,50 - 1	15	35	50	56,39	6,59	62,48	4,88	37,61	0,07	7,39	12,95	4,84	13,6	0,11	290	2,4	2,8	
Inferior	0 - 0,50	33	29	38	42,27	6,45	46,55	21,26	21,39	0,04	7,9	10,04	3,09	9,1	0,11	241	5,6	1,9	
Inferior	0,50 - 1	31	29	40	66,72	6,54	47,36	21,28	35,87	0,04	7,27	12,99	4,19	18,3	0,11	287	4,5	3,7	





## Anexo 5. Análisis de la variable humedad

 <b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 5

**INFORME N° 210-2023**

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
<b>Solicitante</b>	Joffre Duverli Yuquilema Guaman y Jessica Corina Calvache Bonilla
<b>Muestra</b>	Suelos del cantón Chillanes, sector Guayabal Naranja y suelos de Echeandía, sector San Gerardo
<b>Código asignado UEB</b>	INV:419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Recipientes de plástico
<b>Análisis requerido(s)</b>	Determinación de porcentaje de humedad en suelo fresco
<b>Fecha de recepción</b>	31/07/2023
<b>Fecha de análisis</b>	31/07/2023-01/08/2023
<b>Fecha de informe</b>	01/08/2023
<b>Técnico (s) asignado</b>	MIPV

RESULTADOS DE HUMEDAD						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV 419	Suelo superior T1A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	42,12	41,87
	Suelo superior T1A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R2				41,94	
	Suelo superior T1A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R3				41,55	
INV 420	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	59,18	59,28
	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R2				59,30	
	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes,				59,36	

	sector Guayabal-Naranjal- R3					
INV 421	Suelo intermedio T2A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	45,37	44,89
	Suelo intermedio T2A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R2				44,76	
	Suelo intermedio T2A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R3				44,53	
INV 422	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	56,21	56,39
	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R2				56,52	
	Suelo superior T1B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal-Naranjal- R3				56,43	
INV 423	Suelo inferior T3A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	41,94	42,27
	Suelo inferior T3A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R2				42,58	
	Suelo inferior T3A de 0-50cm, cantón Chillanes, sector				42,28	




DIRECCIÓN DE  
INVESTIGACIÓN  
Y VINCULACIÓN

LABORATORIOS DE  
INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN  
Laguacolo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda,  
Provincia Bolívar, Ecuador.

INFORME DE RESULTADOS

Código	FPG12-01
Versión	1
Año	2023
Página	Página 3 de 5

	Guayabal- Naranjal- R3					
INV 424	Suelo inferior T3B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	66,95	66,72
	Suelo inferior T3B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R2				66,80	
	Suelo inferior T3B de 50-100cm, cantón Chillanes, sector Guayabal- Naranjal- R3				66,40	
INV 425	Suelo superior T1A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	27,49	27,46
	Suelo superior T1A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1				27,37	
	Suelo superior T1A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1				27,52	
INV 426	Suelo superior T1B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	53,12	53,53
	Suelo superior T1B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1				53,72	
	Suelo superior T1B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1				53,74	

 <b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>		Código	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 4 de 5

INV 427	Suelo intermedio T2A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	48,69	48,48
	Suelo intermedio T2A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R2				48,45	
	Suelo intermedio T2A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R3				48,31	
INV 428	Suelo intermedio T2B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	62,84	62,48
	Suelo intermedio T2B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R2				62,08	
	Suelo intermedio T2B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R3				62,50	
INV 429	Suelo inferior T3A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno	46,71	46,55
	Suelo inferior T3A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R2				46,42	
	Suelo inferior T3A de 0- 50cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R3				46,52	
INV 430	Suelo inferior T3B de 50 a 100 cm, cantón				47,15	

<b>UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR</b>	<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Lagunaxo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Versión	1
				Año	2023
				Página	Página 5 de 5

	Echeandía, sector San Gerardo- R1	Humedad en suelo seco	%	Método de secado al horno		47,36
	Suelo inferior T3B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R2				47,56	
	Suelo inferior T3B de 50 a 100 cm, cantón Echeandía, sector San Gerardo- R3				47,36	

Las muestras son realizadas con tres réplicas

**Dr. Favian Bayás Morejón**  
 Director DIVIUEB

**Anexo 6.** Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo.

Elaboración de calicatas



Toma de las muestras del suelo



Etiquetado de las muestras del suelo



Traslado de las muestras al laboratorio



Peso fresco de las muestras



Secado de las muestras en la estufa



Peso de las muestras secas



Presentación visita de campo



## **Anexo N° 7.** Glosario de términos técnicos

**Actinobacterias:** las Actinobacterias o Actinomycetes son un grupo de bacterias Gram positivas. La mayoría de ellas se encuentran en la tierra, e incluyen algunas de las más típicas formas de vida terrestre, jugando un importante rol en la descomposición de materia orgánica, tales como la celulosa y quitina.

**Aminoácidos:** los aminoácidos son moléculas que se combinan para formar proteínas. Los aminoácidos y las proteínas son los pilares fundamentales de la vida. Cuando las proteínas se digieren o se descomponen, los aminoácidos se acaban.

**Amonio:** el amonio es un compuesto inorgánico de nitrógeno que se forma en las depuradoras durante la degradación biológica de compuestos orgánicos de nitrógeno. En presencia de oxígeno el amonio se puede convertir en nitrato (nitrificación). En el agua la nitrificación produce un elevado consumo de oxígeno, y además el amonio es un abono que fomenta el crecimiento de las algas. En las depuradoras de aguas residuales normalmente sólo se suele controlar e informar la parte de nitrógeno del amonio, es decir, el así denominado nitrógeno de amonio (NH<sub>4</sub>-N). En las depuradoras pequeñas de la clase de depuración C no existe un valor límite para el nitrógeno de amonio.

**Características Organolépticas:** las propiedades organolépticas son aquellas particularidades naturales que poseen todos los alimentos, y que consiguen diferenciarlos unos de otros. Estas propiedades podemos captarlas tanto a través del sentido del gusto como de la vista o el olfato. Las principales son el color, el sabor, la textura y el aroma. Ni que decir tiene que estas propiedades son percibidas de manera individual, por lo que cada persona notará un color, olor, sabor o textura de manera levemente diferente, aunque sí que son características que, de un modo general, son compartidas por toda la población.

**Conductividad Hidráulica:** la conductividad hidráulica es un parámetro que rige el flujo del agua en un acuífero y se relaciona con el flujo mediante la ley de Darcy, ley empírica de la naturaleza obtenida experimentalmente.

**Cuarcita:** la cuarcita es una roca metamórfica muy dura formada a partir de una arenisca rica cuarzo. Bajo metamorfismo de moderado a alto grado metamórfico, los granos de cuarzo en la arenisca se fusionan.

**Cubierta Vegetal:** una cubierta vegetal - plana o inclinada – es un tejado cubierto con plantas, hierbas o gramíneas. Las cubiertas vegetales también se conocen a veces como cubiertas ecológicas, tejados ajardinados o cubiertas verdes. Además, se distingue entre cubiertas vegetales extensivas e intensivas.

**Deforestación:** la deforestación es un fenómeno de reducción de la superficie forestal. Está causada por múltiples factores, tanto naturales como humanos, y tiene consecuencias irreversibles en el medio ambiente.

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

**Energía Calorífica:** la energía térmica o energía calórica es el grado de energía interna contenida en un sistema termodinámico en equilibrio (un cuerpo, un conjunto de partículas, una molécula, etc.) y que es proporcional a su temperatura absoluta.

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

**Germinación:** se llama germinación al conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla.

**Grava:** se denomina grava al conjunto de piedras de tamaño pequeño conocidas como guijas, que son rocas lisas que suelen hallarse en los cauces de arroyos y ríos y en las orillas.

**Intercambio Catiónico:** la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub> etc.).

**Macroelemento:** se denominan macroelementos los minerales que se necesitan en cantidades superiores a 20 miligramos / día Son 11: Calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y azufre. Hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno y cloro.

**Permeabilidad:** permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración.

**Picnometría:** la picnometría es un método que permite determinar la densidad relativa de una muestra respecto de un material de referencia. Esto se logra comparando la masa de un volumen de muestra con la masa del mismo volumen de material de referencia.

**Piedra Caliza:** la caliza o piedra caliza es una roca sedimentaria que al menos está compuesta por el 50% de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) a manera de calcita, su origen principal es bioquímico-orgánico en un ambiente marino somero, pero también puede formarse por precipitación química en ambientes continentales evaporíticos.

**Reforestación:** se denomina reforestación al hecho de repoblar un territorio con árboles. Generalmente, dicho territorio estaba en su pasado reciente (anteriores cincuenta años aproximadamente) poblado de árboles y bosques que fueron deforestados por distintas posibles razones, como construcción de infraestructuras,

crecimiento de zonas urbanas, el aprovechamiento de la madera con fines industriales o de consumo, aumento de los límites agrícolas y ganaderos o bien, se destruyeron por diversos factores como los incendios u otros desastres, bien sean provocados, accidentales o por fenómenos naturales.

**Resiliencia:** la resiliencia en los suelos se entiende como la capacidad que tienen éstos para recuperarse después de una sollicitación de carga, cuando se trabajan bajo deformaciones en una zona elástica supuesta.

**Tamiz:** el tamiz es un Utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas de algunas cosas y que está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro, también es conocido por cedazo o criba. Utensilio que consiste en una malla de filamentos.