



## **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

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

#### **Carrera de Ingeniería Agronómica**

#### **TEMA:**

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO EN SISTEMAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ INIAP-111, CANTÓN GUARANDA.

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 Ingeniería Agronómica.

#### **AUTOR:**

Edison Geovanny Tamami Chela

#### **DIRECTOR:**

Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.

**GUARANDA – ECUADOR**

2023

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO EN SISTEMAS DE  
LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ INIAP-  
111, CANTÓN GUARANDA.

**REVISADO Y APROBADO POR:**



Ing. Nelson Monar Gaviláñez M.Sc.  
**DIRECTOR**



Ing. Kleber Espinoza Mora Mg.  
**BIOMETRISTA**



Ing. Carlos Taco Taco Mg.  
**REDACCIÓN TÉCNICA**

## CERTIFICADO DE AUTORÍA

Yo, Edison Geovanny Tamami Chela con cédula de identidad 0202311312 declaro que el trabajo y los resultados mostrados en este informe, no han sido anteriormente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que contienen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor.

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



EDISON GEOVANNY TAMAMI CHELA  
**AUTOR**  
C.I 0202311312



Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc.  
**DIRECTOR**

C.I 0201089836



Ing. Kleber Espinoza Mora Mg.  
**BIOMETRISTA**

C.I 0200989630



Ing. Carlos Taco Taco Mg.  
**REDACCIÓN TÉCNICA**

C.I 1706747076



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



rio...

N° ESCRITURA: 20240201003P00405

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: TAMAMI CHELA EDISON GEOVANNY

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000005547

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veinte de Febrero del dos mil veinticuatro, ante mí Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece TAMAMI CHELA EDISON GEOVANNY, casado de ocupación estudiante, domiciliado en la Riobamba Provincia de Chimborazo y de paso por este lugar, con celular número (0992095565), su correo electrónico es [edisontamami@outlook.es](mailto:edisontamami@outlook.es), 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 instruida 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 "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO EN SISTEMAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ INIAP-111, CANTÓN GUARANDA", es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autor, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que hago 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 le fue al compareciente por mí el Notario en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta notaria, aquel se ratifica y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

TAMAMI CHELA EDISON GEOVANNY

C.C. 020231131-2

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



EL NOTA....

NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
<b>EDISON TAMAMI SUELOS FINAL LISTO. pdf</b>	<b>EDISON TAMAMI</b>

RECuento DE PALABRAS	RECuento DE CARACTERES
<b>16301 Words</b>	<b>85578 Characters</b>

RECuento DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
<b>80 Pages</b>	<b>2.0MB</b>

FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
<b>Feb 16, 2024 12:54 PM GMT-5</b>	<b>Feb 16, 2024 12:55 PM GMT-5</b>

● **9% de similitud general**

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

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

  
**Ing. Nelson Monar Gavilánez M.S.C**

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi Dios, por ser el inspirador y proveer fuerzas para continuar, en el proceso, de obtener uno de los anhelos más deseados de mi vida.

A mis padres Miguel Tamami y María Aurora Chela, por ser los pilares fundamentales desde el inicio de mi carrera, por estar presente en los buenos, malos momentos que se presentaron en mi vida estudiantil, de sus sabios consejos para no decaer y llegar a mi meta, este logro dedico a ellos por ser la base esencial de mi vida.

A mis hermanitas, Gladys, Alexandra, Jessica y Vanessa, por estar siempre conmigo apoyándome, animándome durante mi estudio universitario ya sea económicamente y emocionalmente, donde siempre me dieron su confianza, cariño para continuar con mi sueño.

A mi esposa Gladys Amangandi, por estar presente en cada momento apoyándome, animándome a seguir y no decaer durante mi estudio, por ser mi compañera, amiga, esposa y fiel confidente, siempre estaba para mí cuando lo necesitaba con su amor, ternura y sus palabras.

A mis hij@s Dayana, Sebastián y Sami, por ser el motor fundamental a seguir mis estudios ya que ellos me inspiraban a continuar mi sueño, me siento orgulloso de tenerlos y que hayan formado parte de mi en cada paso por ustedes me esforcé en ser un padre de bien y ahora gozare esa meta junto a ustedes.

A mis sobrin@s Fernanda, Dilan por estar presentes desde que inicie mi carrera académica y siempre confiaban en mí que iba culminar mi meta.

A mis cuñados Ángel Chimbo y José Gualli, quienes formaron parte de mi carrera universitaria, con su apoyo incondicional para llegar a mi objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

Siempre agradecido con Dios por ser la luz que siempre me guió durante el transcurso de mi carrera el que nunca me abandono, por darme salud y vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar, principalmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y del Ambiente, a la carrera de Ingeniería Agronómica, a los docentes que compartieron sus conocimientos, su esfuerzo y dedicación durante mi carrera.

A los miembros del tribunal, mi gratitud leal y profundo al Ing. Nelson Monar, como director de proyecto de investigación, por haberme guiado, por su paciencia, consejos y ayuda constante, de antemano mi agradecimiento al Ing. Klever Espinoza en área de Biometría, por el apoyo brindado desde el inicio hasta culminar este trabajo de investigación, de la misma forma agradezco al Ing. Carlos Taco por su asesoría en el área de redacción técnica y al Ing. David Silva por sus enseñanzas y el apoyo durante el proceso de mi proyecto.

A mis amigas Kathy Lucas y Vanessa Guambuquete por estar siempre prestas con su ayuda en el transcurso de la carrera y sobre todo el proceso de titulación, gracias amigas!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pág
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PROBLEMA .....	3
III. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1 Suelo.....	4
3.2 Propiedades físicas del suelo .....	4
3.2.1 Textura.....	4
3.2.2 Estructura .....	5
3.2.3 Densidad del suelo .....	5
3.2.4 Color .....	5
3.3 Propiedades químicas del suelo .....	6
3.3.1 pH.....	6
3.3.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	6
3.3.3 Nitrógeno .....	7
3.3.4 Fósforo.....	7
3.3.5 Calcio, magnesio y potasio .....	8
3.3.6 Azufre .....	8
3.3.7 Fertilidad del suelo.....	8
3.4 Tipos de suelo.....	8
3.4.1 Suelos arenosos o livianos .....	8
3.4.2 Suelos arcillosos o pesados .....	9
3.4.3 Suelos limosos.....	9
3.4.4 Suelos francos .....	9
3.5 Sistema de labranza .....	9
3.5.1 Labranza convencional o tradicional.....	10



3.5.2	Labranza mínima o reducida .....	10
3.6	Agricultura de conservación .....	11
3.7	Principios de la agricultura de conservación .....	11
3.7.1	Alteración mecánica mínima del suelo .....	11
3.7.2	Cobertura orgánica permanente del suelo.....	12
3.7.3	Diversificación de especies.....	12
3.8	Rotación de cultivos .....	12
3.9	Manejo de residuos.....	12
3.10	Materia orgánica .....	12
3.11	Maíz.....	13
3.11.1	Origen.....	13
3.11.2	Descripción botánica .....	13
3.12	Variedad de maíz INIAP – 111 Guagual Mejorado .....	15
3.13	Costo beneficio .....	15
IV.	MARCO METODOLÓGICO .....	17
4.1	Materiales .....	17
4.1.1	Localización de la ubicación .....	17
4.1.2	Situación geográfica y climática.....	17
4.1.3	Zona de vida .....	17
4.1.4	Materiales experimentales .....	17
4.1.5	Materiales de campo.....	18
4.1.6	Materiales de oficina.....	18
4.2	Métodos .....	18
4.2.1	Factores en estudio .....	18
4.2.2	Tratamientos.....	18

4.2.3	Procedimiento.....	19
4.2.4	Tipo de análisis.....	19
4.3	Métodos de evaluación y datos tomados.....	20
4.3.1	Altura de planta (AP).....	20
4.3.2	Diámetro de mazorca (DM).....	20
4.3.3	Número de planta por parcela (NPP).....	20
4.3.4	Número de planta con mazorca (NPCM).....	20
4.3.5	Porcentaje de humedad (PH).....	20
4.3.6	Rendimiento Kg/ha (R Kg/ha).....	20
4.3.7	Variables físicas del suelo.....	21
4.3.8	Variables químicas del suelo.....	21
4.4	Manejo del experimento.....	22
4.4.1	Delimitación de las unidades experimentales.....	22
4.4.2	Codificación de parcelas.....	22
4.4.3	Toma de muestras de suelo.....	22
4.4.4	Etiquetado y traslado de muestras.....	22
4.4.5	Etiquetado y traslado de muestras.....	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.1	Variables Agronómicas.....	24
5.1.1	Altura de planta (AP).....	24
5.1.2	Diámetro de mazorca (DM).....	25
5.1.3	Número de plantas por parcela (NPP).....	26
5.1.4	Porcentaje de humedad (PH).....	27
5.1.5	Rendimiento Kg/ha (Kg/ha).....	28
5.2	Variables químicas y físicas del suelo.....	29

5.2.1	Determinación de nitrógeno (DN) .....	29
5.2.2	Determinación de fósforo (DP) .....	30
5.2.3	Determinación de azufre (DS) .....	31
5.2.4	Determinación de potasio (DK).....	33
5.2.5	Determinación de calcio (DCa).....	34
5.2.6	Determinación de magnesio (Mg).....	36
5.2.7	Determinación de zinc (DZn) .....	37
5.2.8	Determinación de cobre (DCu) .....	38
5.2.9	Determinación de manganeso (DMn) .....	40
5.2.10	Determinación de hierro (DFe) .....	41
5.2.11	Determinación de materia orgánica (DMO) .....	42
5.2.12	Textura del suelo (T) .....	43
5.3	Análisis de correlación y regresión lineal .....	44
5.3.1	Coeficiente de correlación (r).....	44
5.3.2	Coeficiente de regresión (b).....	44
5.3.3	Coeficiente de determinación ( $R^2$ %).....	44
5.4	Análisis económico de la relación beneficio costo .....	45
5.4.1	Relación beneficio-costos (R B/C).....	45
VI.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....	46
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47
7.1	Conclusiones.....	47
7.2	Recomendaciones .....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	50
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág</b>
<b>N° 1</b>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de las variables: altura de planta (AP), diámetro de mazorca (DM), número de planta por parcela (NPP), porcentaje de humedad (PH), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), materia orgánica (MO), arena (Are), limo (Li) y arcilla (Arc). .....	23
<b>N° 2</b>	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes de rendimiento) que tuvieron relación (positiva/negativa) sobre el rendimiento kg/ha (variable dependiente).....	44
<b>N° 3</b>	Costo de producción .....	45

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág</b>
N° 1	Tratamientos en la variable altura de planta (AP) .....	24
N° 2	Tratamientos en la variable mazorca (DM) .....	25
N° 3	Tratamientos en la variable número de plantas por parcela (NPP)..	26
N° 4	Tratamientos en la variable porcentaje de humedad (PH) .....	27
N° 5	Tratamiento en la variable rendimiento Kg/ha .....	28
N° 6	Tratamientos en la variable determinación de nitrógeno (DN) .....	29
N° 7	Tratamientos en la variable determinación de fósforo (DP) .....	30
N° 8	Tratamientos en la variable determinación de azufre (DS) .....	31
N° 9	Tratamientos en la variable determinación de potasio (DK) .....	33
N° 10	Tratamientos en la variable determinación de calcio (DCa) .....	34
N° 11	Tratamientos en la variable determinación de magnesio (Mg).....	36
N° 12	Tratamientos en la variable determinación de zinc (DZn).....	37
N° 13	Tratamientos en la variable determinación de cobre (DCu) .....	38
N° 14	Tratamientos en la variable determinación de manganeso (DMn) .	40
N° 15	Tratamientos en la variable determinación de hierro (DFe) .....	41
N° 16	Tratamientos en la variable determinación materia orgánica (DMO) .....	42
N° 17	Tratamientos en la variable textura del suelo (T) .....	43

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>
<b>N° 1</b>	Ubicación del experimento
<b>N° 2</b>	Base de datos
<b>N° 3</b>	Análisis macro y micro nutrientes
<b>N° 4</b>	Manejo de campo
<b>N° 5</b>	Glosario de términos técnicos

## RESUMEN Y SUMMARY

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación se fundamentó en el análisis físico-químico del suelo en sistema de labranza de conservación para el cultivo de maíz suave en Laguacoto III, se determinaron los siguientes objetivos específicos i) Evaluar las características Físico-Químicas del suelo en sistema de agricultura de conservación. ii) Analizar la productividad del maíz suave en los sistemas de labranza. iii) Determinar el análisis beneficio/costo. Evaluado en el lugar de Laguacoto III, cantón de Guaranda, provincia de Bolívar. El suelo está combinado por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es un manto delgado que se ha desarrollado muy lentamente, a través de las épocas, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. En esta investigación se analizaron 12 muestras en los laboratorios de suelos y agua del Centro de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar y en el laboratorio de análisis de suelos plantas y aguas en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. De acuerdo a los principales resultados obtenidos en cuanto a las variables agronómicas hace referencia a que rendimiento de los seis tratamientos evaluados presentó mayor cantidad en T5: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 3279,0 kg/ha, seguido del T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 2935,3 kg/ha, el tratamiento con menor cantidad fue T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales con 2756,7 kg/ha. La mejor opción es la rotación de cultivos de maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales. Así mismo se hace reseña que la Agricultura de Conservación favorece a la sostenibilidad de los sistemas de producción por la disminución significativa de los costos de producción.

**Palabras claves:** Suelos, Físico-Químico, Macro y micro nutrientes, INIAP-111

## SUMMARY

The objective of this research was based on the physical-chemical analysis of the soil in a conservation tillage system for the cultivation of soft corn in Laguacoto III, the following specific objectives were determined i) Evaluate the Physical-Chemical characteristics of the soil in a conservation tillage system. conservation agriculture. ii) Analyze the productivity of soft corn in tillage systems. iii) Determine the benefit/cost analysis. Evaluated in the place of Laguacoto III, canton of Guaranda, province of Bolívar. Soil is combined by minerals, organic matter, tiny plant and animal organisms, air and water. It is a thin mantle that has developed very slowly, through the ages, with the disintegration of surface rocks due to the action of water, temperature changes and wind. In this research, 12 samples were analyzed in the soil and water laboratories of the Research Center of the State University of Bolívar and in the soil, plant and water analysis laboratory at the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research. According to the main results obtained regarding the agronomic variables, it refers to which yield of the six treatments evaluated presented the greatest amount in T5: corn-corn in reduced tillage with 100% residue management with 3279.0 kg/ha , followed by T3: corn-corn in reduced tillage with 100% residue management with 2935.3 kg/ha, the treatment with the lowest amount was T2: corn-corn in minimum tillage with 100% management of plant residues with 2756.7 kg/ha. The best option is the rotation of corn-corn crops in minimum tillage with the management of 100% plant residues. Likewise, it is noted that Conservation Agriculture favors the sustainability of production systems due to the significant reduction in production costs.

**Keywords:** Soils, Physical-Chemical, Macro and micro nutrients, INIAP-111



## I. INTRODUCCIÓN

El suelo está combinado por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha desarrollado muy lentamente, a través de los tiempos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren adentro y sobre el suelo son putrefactos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, 2019).

El suelo es una parte fundamental en el equilibrio de los ecosistemas: funciona como tamiz y amortiguador al retener sustancias, protege las aguas subterráneas y superficiales contra la penetración de agentes nocivos y transforma compuestos orgánicos descomponiéndolos o modificando su estructura consiguiendo la mineralización. Al mismo tiempo, acopio de carbono, regulación del clima, biomasa, reserva genética, fotosíntesis, soporte de infraestructura, control de fenómenos naturales, fuente de materia prima, protege restos arqueológicos, equilibrio en la naturaleza, mantenimiento de hábitat, seguridad alimentaria, reciclado, cultivos agrícolas y muchos otros bienes) (Castillo, 2018).

Labranza de conservación por lo menos 30 % de la superficie del suelo debe quedar cubierta de residuos de plantas detrás de la siembra, con el fin de controlar la erosión, este sistema implica la labranza reducida y la siembra directa, se pretende transformar el modelo convencional en sistemas sostenibles que utilicen la capacidad de producción del suelo a través del uso racional de insumos (Agronet MinAgricultura, 2021).

En la sierra del Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) es uno de los más significativos debido a la superficie sembrada y al papel que efectúa en la seguridad y soberanía alimentaria (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador – INIAP, 2020). La superficie sembrada de maíz en las provincias de la sierra ecuatoriana para el año 2020 fue de 44,287

ha (Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC, 2020), habiendo los mayores productores Chimborazo y Bolívar, en el cantón Guaranda, el cultivo del maíz es tradicional y ocupa un lugar primordial en la economía del agricultor, además las condiciones climáticas son ideales el cultivo de maíz suave INIAP-111 (Monar B. et al., 2018).

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Evaluar las características Físico-Químicas del suelo en sistema de agricultura de conservación.
- Analizar la productividad del maíz suave en los sistemas de labranza.
- Determinar el análisis beneficio/costo

## **II. PROBLEMA**

Alrededor del 90% de la población de la provincia de Bolívar se dedica a la agricultura siendo un sector agrosocioeconómico activo, uno de los problemas para los agricultores es la compactación y erosión del suelo debido a que provoca pérdidas en la productividad, esto se debe a varios factores como por ejemplos: deficientes prácticas de conservación de suelos, el nivel de pendiente, el cambio de los sistemas de producción de cultivos asociados a monocultivos entre otros más.

Dentro de la provincia de Bolívar no existe una caracterización física y química del suelo en un sistema de labranza de conservación en el cultivo de maíz. El presente trabajo de investigación basa su accionar en valorar algunos de los componentes del rendimiento basados en sistemas de labranza de conservación; dicha labranza permitirá la pérdida de agua y suelo. Así mismo se pretende aportar el conocimiento sobre las características físicas y químicas en el suelo utilizando un sistema de labranza de conservación en lo que se refiere al cultivo de maíz.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Suelo**

Es el ambiente natural para el desarrollo de las plantas. También se ha determinado como un cuerpo natural que radica en capas de suelo (horizontes del suelo) formadas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el beneficio final de la influencia del tiempo y compuesto con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO, 2021).

#### **3.2 Propiedades físicas del suelo**

Algunas propiedades físicas de los suelos, tales como estructura, textura, porosidad total y distribución del tamaño de poros, interceden sobre la retención y almacenamiento de humedad del suelo. La retención del agua en el suelo está explícita tanto por las características intrínsecas del suelo, como por las situaciones del drenaje interno. Existe relación entre la capacidad de retención y almacenamiento de agua, con ciertas particularidades hidrológicas de los suelos como ser la relación infiltración-escorrimento (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA, 2017).

##### **3.2.1 Textura**

El suelo está formado por partículas de muy diferente tamaño, que varían desde la escala del metro, para lo bloques de roca hasta las milimicras de algunas arcillas microscópicas. Para clasificar a los componentes del suelo según su tamaño de partícula se han determinado muchas clasificaciones granulométricas. Fundamentalmente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites determinados para definir cada clase (Romero, 2017).

### **3.2.2 Estructura**

La estructura del suelo se delimita por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se juntan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. La agregación del suelo puede transferir a diferentes modalidades, lo que da por resultado diferentes estructuras de suelo. La circulación del agua en el suelo transforma notablemente de acuerdo con la estructura; por consiguiente, es importante que conozca la estructura del suelo donde se expresa construir una granja piscícola (FAO, 2020).

### **3.2.3 Densidad del suelo**

Mediante la determinación de la densidad se puede lograr la porosidad total del suelo. Se representa al peso por volumen del suelo. Hay dos tipologías de densidad, real y aparente. La densidad real, de las partículas espesas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está en torno a de  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$ . Una densidad aparente alta muestra un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no muestra necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (FAO, 2021)

### **3.2.4 Color**

A pesar que este indicador no tiene un resultado directo sobre el crecimiento y de las plantas, puede afectar secundariamente la temperatura y humedad del suelo; a través de su efecto sobre la energía radiante, mientras mayor cantidad de energía calorífica esté disponible en el suelo, se originarán mayores grados de evaporación. Por ejemplo, en el argumento de un suelo oscuro, con alta energía radiante, se secará mucho más breve que uno de color más claro. Manejando una cubierta vegetal o de residuos de cultivo anterior puede oprimir naturalmente esta diferencia. En cuanto a color, los suelos son muy diversos, unas característicos de

color blanco, rojo, café, gris, amarillo y negro. Los suelos húmedos o mojados muestran un color más oscuro que los suelos secos. La razón es que los elementos sólidos del suelo tienen propiedades refractivas muy distintas de las del aire, por lo que la luz que cae sobre un suelo seco es casi completamente reflejada. Las propiedades refractivas del agua y de las partículas del suelo son muy semejantes, por lo que una mayor cantidad de luz penetra al suelo y mucho menos es mostrada. Esto es lo que forma los colores más oscuros de los suelos húmedos o mojados (Fertilab, 2019)

### **3.3 Propiedades químicas del suelo**

Las propiedades químicas corresponden con la calidad y recurso de agua y nutrimentos para las plantas, entre ellas, cabe resaltar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extractables (Bautista, 2018).

#### **3.3.1 pH**

El pH es una medida que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que el medio del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrimentos son precisos para su crecimiento y desarrollo. El nivel de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. El pH además es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen vigorosamente sobre la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas. El pH dentro de un rango determinado que permite que la mayoría de los nutrientes conserven su máxima disponibilidad (Intagri, 2018).

#### **3.3.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

Dentro de todas las técnicas que se dan en el suelo. El más significativo es el intercambio iónico. Junto con la fotosíntesis, son los dos métodos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su total a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se concreta como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Los aumentos en el pH traen

como consecuencia un aumento en las cargas negativas ya que el aluminio se precipita, la concentración de hidrogeniones disminuye (Carvajal, 2018).

El aforo aproximado de intercambio catiónico del humus es dominante. Esto es significativo, ya que presume la posibilidad de tener un depósito de iones minerales que logran ser cedidos a la solución del suelo y asimilados por las plantas. Los suelos con una sublimada proporción de materia orgánica tienen gran capacidad amortiguadora del pH (Palmer, 2020).

### **3.3.3 Nitrógeno**

La disponibilidad de este elemento sigue a la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo demuestra que las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno (Carvajal R, 2018).

Nitrógeno orgánico: Ingresa al suelo por restos orgánicos en desintegración. Representa el 83% de N total del suelo. Para que las plantas puedan producir el nitrógeno que proviene de la materia orgánica, primero, éste debe ser mineralizado en nitrógeno inorgánico que las plantas puedan absorber. Nitrógeno amoniacal: Se halla retenido en las arcillas del suelo. Es paulatinamente disponible para las plantas. Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ): aprovechable inmediatamente por las plantas.  $\text{N}_2\text{O}$   $\text{NO}$   $\text{N}_2$  (Molina, 2018).

### **3.3.4 Fósforo**

El fósforo se localiza en el suelo en varias formas. El fósforo es un elemento fundamental para el desarrollo de las plantas y desempeña un papel crucial en los procesos metabólicos y en la transmisión de energía. La disponibilidad y la capacidad de absorción de fósforo por parte de las plantas logran variar según la forma en que se localice en el suelo. La gestión adecuada del fósforo en la agricultura es esencial para optimizar su

uso por las plantas y minimizar la pérdida de este nutriente del suelo (González, 2018).

### **3.3.5 Calcio y magnesio**

En la relación Calcio/Magnesio la medida es de gran importancia, se debe cuidar en una proporción de 2:1 El calcio en el suelo desarrolla en mejorar la aireación, mientras que el Mg ayuda la adhesión de las partículas del suelo (Rey, 2019).

### **3.3.6 Azufre**

El contenido de azufre (S), en suelos de áreas de clima húmedo, es cerca de 0,02-2 %, pero en suelos pantanosos puede ser de 1 % y en ciénagas de 3,5 %. El azufre logra estar en el suelo en forma orgánica y/o inorgánica. Mediante las características físico-químicas y ambientales del suelo, la fracción de azufre inorgánica está presente como azufre fundamental o en los diferentes niveles de oxidación (sulfuros, sulfatos, tiosulfatos entre otros) (Carrasco, 2019).

### **3.3.7 Fertilidad del suelo**

La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene el terreno para mantener el crecimiento de las plantas y mejorar el rendimiento de los cultivos. Ello puede desarrollarse por medio de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que nutran el suelo. Las tecnologías nucleares proporcionan datos útiles que mejoran la fertilidad del suelo y la producción de cultivos, al tiempo que reducen al mínimo el impacto medioambiental (Organismo Internacional de Energía Atómica - IAEA, 2020).

## **3.4 Tipos de suelo**

### **3.4.1 Suelos arenosos o livianos**

Son combinados por una textura granular hasta 50 cm de profundidad y a resultado retienen pocos nutrientes, así como la capacidad de retención



hídrica. Se cree que es fundamental la fertilización en este tipo de suelos. La fertilización inorgánica puede ser la práctica principal (Prospad, 2020).

#### **3.4.2 Suelos arcillosos o pesados**

Es el tipo de suelo o tierra, que por su estructura prevalece la arcilla que es un agregado de partículas minerales muy pequeñas, en contraste de otras como la arena o limo que además están presente en estos (Herrera, 2020).

#### **3.4.3 Suelos limosos**

Está combinado en mayor medida por el limo, un sedimento cuyo tamaño no destaca los 0,05 milímetros. Dado su tamaño tan pequeño y liviano, es trasladado a través de las corrientes de aire y de los ríos y es depositado en distintas zonas, fundamentalmente en aquellas cercanas a los cauces de los ríos (Lidefer, 2019)

#### **3.4.4 Suelos francos**

El suelo franco es uno de las particularidades de suelo con mayor productividad agrícola, ya que tiene un equilibrio de arena, limo y arcilla idónea para los cultivos (o al menos, para los más importantes) 45% de arena, 40% de limo, 15% de arcilla (Sanchez, 2018).

### **3.5 Sistema de labranza**

Todo tipo de arado causa disturbios en el equilibrio del suelo. El arado, las rejas y el cultivo logran dar como resultado pérdidas de materia orgánica a través de la oxidación. Las condiciones de humedad y textura del suelo durante la labranza son muy importantes para la eficacia del arado. La compactación y la oxidación de la materia orgánica es un problema particular debido a la gran fluctuación en el contenido de agua en los suelos (Roa, 2017).

(Roa, 2017) menciona que un sistema adecuado de labranza es aquel que une los residuos de cultivos y otros materiales orgánicos en la capa superior

del suelo. Con la presencia de macro y microorganismos la materia orgánica tiene la capacidad de fortificar la disponibilidad de nutrientes y ayuda a lograr un suelo saludable. Por labranza se concibe los varios manejos mecánicos que se realizan en el terreno, a fin de suministrar las condiciones más propicias para el establecimiento del cultivo. Un hecho antiquísimo personifica la constatación de que las plantas nacen y producen mejor si el terreno es labrado o preparado; de tal manera, la operación de labranza del suelo se debe pensar como algo previsto en cualquier actividad agrícola adecuadamente dicha y como la base indispensable de la producción. El objetivo común de la labranza es el de formar o mantener en el suelo las mejores condiciones de habitabilidad para las plantas cultivadas, cambiando una o más propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo (Flores, 2021).

### **3.5.1 Labranza convencional o tradicional**

Involucra el uso intenso de implementos de disco como rastras, rastrillos y pulidores que busca remover la superficie del suelo. El número de pases fluctúa entre 4 a 8, lo que puede causar pérdidas de suelo anuales de 10 t/ha, compactación y degradación de los suelos (Guerrero, 2021).

### **3.5.2 Labranza mínima o reducida**

Radica en reducir las labores de preparativo del suelo para la siembra de un cultivo o pastura. Es de tipo correctivo e implica el uso de implementos para una labranza vertical, que una parte de los residuos del cultivo anterior, dejando al menos un 30 % en la parte superficial (Argentina, 2018).

En este sistema de preparación, entre 1 y 3 labores son proporcionadas para la preparación del suelo, mientras que los implementos más agotados son los arados de cincel rígidos, los cinceles vibratorios y las composiciones de estos con un pase de implemento de disco.

Los cinceles rigurosos se manejan para corregir la compactación encontrada a profundidades mayores de 25 cm, sustituyendo el efecto de

los arados de disco. Para compactaciones superficiales, en los primeros 20 cm, se recomienda el uso de cinceles vibratorios que sustituye la acción de las rastras (Ramos, 2017).

Con esto se consiguen las condiciones convenientes para el desarrollo de raíces a mayor profundidad, además mejora el drenaje en suelos que tienen problemas de encharcamiento causado por el desarrollo deficiente o desaparición de los pastos cultivados (Monar et al, 2017).

### **3.6 Agricultura de conservación**

La agricultura de conservación se basa en principios interrelacionados como son la mínima alteración mecánica del suelo, la cobertura intacta del suelo con material vegetal vivo o muerto y la diversificación de cultivos mediante rotación o cultivos intercalados. Esta técnica, además de ayudar a los agricultores a mantener y acrecentar los rendimientos y las ganancias, revierte la degradación de la tierra, protege el medio ambiente y responde a los progresivos desafíos del cambio climático (Hidalgo, 2017).

Si no se ejerce de manera sostenible, la agricultura puede perturbar al medio ambiente, producir gases de efecto invernadero y contribuir al cambio climático. Sin embargo, los métodos de agricultura sustentable pueden hacer lo contrario: aumentar la resistencia al cambio climático, proteger la biodiversidad y utilizar de manera sustentable los recursos naturales (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT, 2020).

### **3.7 Principios de la agricultura de conservación**

De acuerdo con la FAO (2021) los principios de la agricultura de conservación se detallan de la siguiente manera:

#### **3.7.1 Alteración mecánica mínima del suelo**

Indicar que el cultivo se encuentra sin laboreo mediante el depósito directo de las semillas y los fertilizantes.

### **3.7.2 Cobertura orgánica permanente del suelo**

Contiene un 30 % como mínimo con residuos de cultivos o cultivos de cobertura.

### **3.7.3 Diversificación de especies**

Mediante asociaciones y secuencias de cultivos modificadas que comprendan al menos tres cultivos diferentes.

### **3.8 Rotación de cultivos**

El monocultivo se piensa la base ecológica de la aparición de plagas y del desequilibrio de la agricultura moderna. Con este se crean condiciones muy favorables para aquellos fitófagos que se alimentan de la planta en asunto, a la vez que se ve pedante la competencia, o sea, la acción de los enemigos naturales y los demás mecanismos de medida. En los suelos más cultivados y que por años han admitido la acción de los agrotóxicos, se tiene probado que el contenido de materia orgánica decrece, lo que incide en los niveles de nitrógeno, azufre y fósforo; por su parte, se traza que el pH tiende a aumentarse con los consiguientes efectos negativos por la toxicidad del aluminio (Días et al, 2017).

### **3.9 Manejo de residuos**

El beneficio de residuos de maíz no se restringe absolutamente a su uso como mantillo, debido a que su uso puede variar en forma formidable entre e incluso dentro de regiones. La alimentación del ganado con los residuos de maíz como fuente de forraje es común durante la estación seca y puede ser a través del pastoreo directo, o bien, mediante la extracción total del rastrojo fuera de la parcela (Velázquez et al, 2017)

### **3.10 Materia orgánica**

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, ayuda a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la

retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo. La materia orgánica proviene de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la constitución de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, estimulada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en distintos estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica (Manual Agropecuario, 2018).

### **3.11 Maíz**

#### **3.11.1 Origen**

El maíz se originó en una parte determinada de México y los tipos más desarrollados emigraron consecutivamente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue indicado en ningún tratado antiguo, ni en la biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colon, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492. El maíz se originó aproximadamente entre los años 8000 y 6000 A.C. en Mesoamérica (México y Guatemala), posiblemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la ciudad de México (Acosta, 2019).

#### **3.11.2 Descripción botánica**

- **Raíz**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de contribuir un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos prevalecen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele suceder en aquellas raíces secundarias o adventicias (López, 2018).

- **Tallo**

El tallo simple erecto, sin ramificaciones y de sublimada longitud es una característica de ciertas plantas, como las cañas de bambú. Estas plantas poseen un tallo largo y recto que crece verticalmente sin expresar ramas laterales. La ausencia de entrenudos simboliza que no hay espacios o nudos visibles a lo largo del tallo, lo que ayuda a su apariencia cilíndrica y sin ramificaciones. Esto contrasta con los tallos ramificados, que tienen nudos donde se despliegan las ramas laterales (Carpenter, 2020).

- **Hojas**

Son largas y anchas y los bordes ordinariamente lisos. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte menor y que sirve de cubierta de los entrenudos del tallo, abrazándolo (aurículas), pero con los extremos desnudos. Su color usual es verde, pero se pueden encontrar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura, mostrándose en igual cantidad que los entrenudos (Valladares, 2017).

- **Inflorescencia**

Es una planta monoica muestra inflorescencia masculina y femenina separada entre de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee alrededor de entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que dispone la panícula contiene tres estambres donde se desenvuelve el polen. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se designa mazorca, aquí se hallan las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, acabando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Guacho, 2019).

- **Fruto**

La mazorca o inflorescencia femenina está formada por el raquis u elote (tusa), en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par. Si la flor femenina es fecundada, proporcionará lugar a granos, más o menos duros, lustrosos, de color amarillo, púrpura o blanco; los granos se organizan en hileras que pueden variar entre ocho y treinta filas por mazorca, cada una con 30 a 60 granos, por lo que una mazorca puede poseer de 400 a 1.000 granos. Toda la inflorescencia femenina está resguardada por las brácteas (amero o capacho) que tienen como cargo la protección del grano (Ospina, 2018).

### **3.12 Variedad de maíz INIAP – 111 Guagual Mejorado**

Fue desarrollada con la participación de técnicos y agricultores y se determina por ser tardía, de porte bajo (en comparación a las variedades que poseen los agricultores), con resistencia al acame, así como de buen rendimiento y calidad de grano para choclo y seco. Se adapta a altitudes entre los 2.400 a 2.900 m.s.n.m., y fue desarrollada con base a variedades locales colectadas en casi toda la provincia de Bolívar en 1989 y 1993. Las variedades que mostraron buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante dos ciclos de cultivo (1993 - 1995), se cruzaron entre ellas para constituir la población Guagal, la cual se seleccionó durante tres ciclos en tres localidades (INIAP, 2018).

### **3.13 Costo beneficio**

El análisis del costo-beneficio es causa que, de manera general, se refiere a la evaluación de un definitivo proyecto, de un proyecto para tomar decisiones de cualquier tipo. Ello involucra, de manera explícita o implícita, establecer el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable. Este análisis se deriva de la conjunción de diversas técnicas de gerencia y de finanzas con los campos de las

ciencias sociales, que muestran tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar prácticamente monetarias para que se puedan comparar directamente (Aguilera, 2017).



## IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Localización de la ubicación

<b>País</b>	Ecuador
<b>Provincia</b>	Bolívar
<b>Cantón</b>	Guaranda
<b>Parroquia</b>	Gabriel Ignacio Veintimilla
<b>Sector</b>	Laguacoto III

#### 4.1.2 Situación geográfica y climática

Altitud	2622 msnm
Latitud	01°36' 52" S
Longitud	78°59'54" W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media anual	14.4°C
Precipitación media anual	980 mm
Heliofanía media anual	900/h/l/año
Humedad relativa media anual	70 %
Velocidad promedio anual del viento	6 m/s

Fuente: (INAMI, 2021).

#### 4.1.3 Zona de vida

De acuerdo con las zonas de vida de Holdridge, L. (1979), la localidad se encuentra dentro del bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

#### 4.1.4 Materiales experimentales

- Parcelas (Suelo)
- Plantas de maíz

#### **4.1.5 Materiales de campo**

- Fundas para muestras
- Flexómetro
- Calibrador de Vernier
- Azadón
- Regadera
- Barreno

#### **4.1.6 Materiales de oficina**

- Computadora
- Impresora
- Internet
- Flash memory
- Suministro de oficina
- Esferos
- Lápiz
- Borrador
- Programa estadístico Statistix 9

### **4.2 Métodos**

#### **4.2.1 Factores en estudio**

Caracterización físico-química del suelo en sistema de labranza de conservación.

#### **4.2.2 Tratamientos**

Se consideró un tratamiento a cada alternativa tecnológica o sistema de cultivo según el siguiente detalle:

N°	Rotación	Prácticas de labranza	Manejo de rastrojo
T1	MM (Maíz – Maíz)	Mínima	Sin residuos
T2	MM (Maíz – Maíz)	Mínima	Con residuos (100%)
T3	MM (Maíz – Maíz)	Reducida	Con residuos (100%)
T4	MM (Maíz – Maíz)	Reducida	Parcial (50%)
T5	MF (Maíz-Fréjol)	Reducida	Con residuos (50%)
T6	(MQ Maíz-Quinua)	Reducida	Con residuos (50%)

Los cinco primeros tratamientos son determinados por el CIMMYT, México y el último tratamiento se encuentra definido en función de las rotaciones locales.

#### 4.2.3 Procedimiento

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

Número de tratamientos:	6
Número de repeticiones:	3
Número de Unidades Experimentales:	18
Área de parcela total:	8 m x 9 m= 72 m <sup>2</sup>
Área de parcela neta:	72 m <sup>2</sup> x 18 u e= 1296 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo:	81 m x 28 m= 1708 m <sup>2</sup>

#### 4.2.4 Tipo de análisis

Análisis de Varianza ADEVA según el siguiente detalle

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (GL)	C.M.E*
Bloques (r-1)	2	$f^2 e + 6 f^2 \text{ bloques}$
Tratamientos (t-1)	7	$f^2 e + 3 \theta^2 A$
Error Experimental (t-1) (r-1)	10	$f^2 e$
Total (txr)-1	17	

\*Cuadrados Medios Esperados. Modelos fijos. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de tratamientos.
- Análisis de correlación y regresión lineal simple
- Análisis económico de relación beneficio costo

#### **4.3 Métodos de evaluación y datos tomados**

##### **4.3.1 Altura de planta (AP)**

Se midió con la ayuda de un flexómetro, en la etapa de floración femenina en una muestra al azar de 10 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta, desde la base del tallo hasta la inflorescencia masculina. Estos datos se expresaron en centímetros.

##### **4.3.2 Diámetro de mazorca (DM)**

Con la ayuda de un calibrador de Vernier, se evaluaron en 10 plantas al azar, de cada parcela neta en el momento de la floración femenina, los datos son expresados en centímetros.

##### **4.3.3 Número de planta por parcela (NPP)**

Se contabilizó el número total de plantas dentro de la parcela neta en la etapa de cosecha.

##### **4.3.4 Número de planta con mazorca (NPCM)**

Se registró en la etapa de cosecha, contabilizando el número de plantas que presente mazorca.

##### **4.3.5 Porcentaje de humedad (PH)**

Se procedió a registrar la humedad que presentaron las mazorcas, con la ayuda de un determinador portátil.

##### **4.3.6 Rendimiento Kg/ha (R Kg/ha)**

Se realizó el respectivo cálculo con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\text{Kg/ha} = \text{PCP} \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{ANC m}^2} \times \frac{100 - \text{HC}}{100 - \text{HE}}$$

**Donde:**

R= Rendimiento (Kg/ha)

PCP= Peso de campo o peso de rendimiento fresco (Kg)

Anc= Área neta cosechada (m<sup>2</sup>)

HC= Humedad de cosecha

HE= Humedad estándar (13%)

#### **4.3.7 Variables físicas del suelo**

Las variables físicas evaluadas en esta investigación se realizaron en el laboratorio de suelos que presenta la Universidad Estatal de Bolívar, haciendo uso de los métodos establecidos para su respectivo análisis.

Se realizaron los análisis de:

- Textura del suelo (T)

#### **4.3.8 Variables químicas del suelo**

Para la evaluación de las variables químicas, se llevaron las muestras al laboratorio de suelos del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), utilizando distintos métodos aplicados en el laboratorio.

Los indicadores evaluados fueron:

Metodología usada: suelo = Agua (1:2, 5)

- Potencial de hidrogeno (pH)

Metodología usada: de fosfato de calcio:

- Azufre (S) y boro (B)

Metodología usada: Olsen modificado

- Macro y micro nutrientes: fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn).

Metodología usada: dicromato de potasio

- Porcentaje de materia orgánica (PMO)

#### **4.4 Manejo del experimento**

##### **4.4.1 Delimitación de las unidades experimentales**

Con el uso de piolas y estacas se delimitó cada una de las unidades experimentales de acuerdo al diseño presentado en esta investigación.

##### **4.4.2 Codificación de parcelas**

Para un mejor del ensayo se procedió a identificar las 18 parcelas con la ayuda de letreros con la descripción detallada de cada tratamiento.

##### **4.4.3 Toma de muestras de suelo**

En cada unidad experimental y con el uso de un barreno se procedió a tomar 10 muestras de la capa de profundidad de 7.5 cm, hasta lograr un volumen de un kilo, para el análisis de laboratorio correspondiente.

##### **4.4.4 Etiquetado y traslado de muestras**

Se procedió a etiquetar las 18 muestras de suelos, para su mejor manejo y su respectivo análisis en los laboratorios determinados.

##### **4.4.5 Etiquetado y traslado de muestras**

Se procedió a etiquetar las 18 muestras de suelos, para su mejor manejo y su respectivo análisis en los laboratorios determinados.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla N° 1** Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de las variables: altura de planta (AP), diámetro de mazorca (DM), número de planta por parcela (NPP), porcentaje de humedad (PH), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), materia orgánica (MO), arena (Are), limo (Li) y arcilla (Arc).

Variables	Tratamientos							Media general	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
AP (N/S)	293,00 A	300,67 A	291,33 A	296,47 A	301,00 A	306,93 A	298,23 cm	4,21	
DM (*)	5,17 B	5,20 B	5,13 B	5,29 AB	5,44 A	5,35 AB	5,26 cm	1,54	
NPP (N/S)	99,00 A	97,66 A	92,66 A	91,33 A	99,66 A	92,66 A	95,50 plantas	7,83	
PH (N/S)	26,00 A	22,33 A	23,00 A	25,00 A	24,00 A	25,66 A	24,33 %	8,85	
Kg/ha (*)	2911,7 B	2756,7 B	2935,3 B	2858,7 B	3279,0 A	2803,3 B	2924,1 kg/ha	2,62	
N (N/S)	55,00 A	56,66 A	49,00 A	57,00 A	54,66 A	51,66 A	54,00 ppm	17,69	
P (N/S)	28,66 A	24,66 A	29,66 A	32,00 A	34,00 A	58,00 A	34,50 ppm	43,24	
S (N/S)	7,00 A	6,00 A	6,33 A	5,66 A	5,00 A	5,00 A	5,83 ppm	28,86	
K (N/S)	0,66 A	1,00 A	0,66 A	1,00 A	1,00 A	0,33 A	0,72 meq/100g	54,61	
Ca (N/S)	8,33 A	8,00 A	7,66 A	7,66 A	7,00 A	7,00 A	7,61 meq/100g	8,19	
Mg (N/S)	3,00 A	3,00 A	3,00 A	3,00 A	3,00 A	2,66 A	2,94 meq/100g	8,00	
Zn (N/S)	8,66 A	8,33 A	8,66 A	8,33 A	9,00 A	7,66 A	8,44 ppm	11,37	
Cu (N/S)	19,33 A	19,33 A	20,66 A	19,00 A	18,66 A	19,00 A	19,33 ppm	9,20	
Fe (N/S)	295,33 A	286,67 A	292,00	290,00 A	307,00 A	309,67 A	296,78 ppm	6,70	
Mn (N/S)	17,00 A	17,00 A	17,33 A	17,66 A	18,66 A	16,33 A	17,33 ppm	14,40	
MO (N/S)	2,33 A	2,66 A	2,66 A	2,66 A	3,00 A	2,33 A	2,61 %	21,74	
Are (N/S)	35,66 A	39,00 A	37,66 A	37,00 A	37,66 A	38,33 A	37,55 %	3,46	
Li (N/S)	37,00 A	34,33 A	33,00 A	35,66 A	37,66 A	36,33 A	35,66 %	5,12	
Arc (N/S)	27,33 A	26,66 A	29,33 A	27,33 A	24,66 A	25,33 A	26,77 %	8,37	

Ns: No significativo.

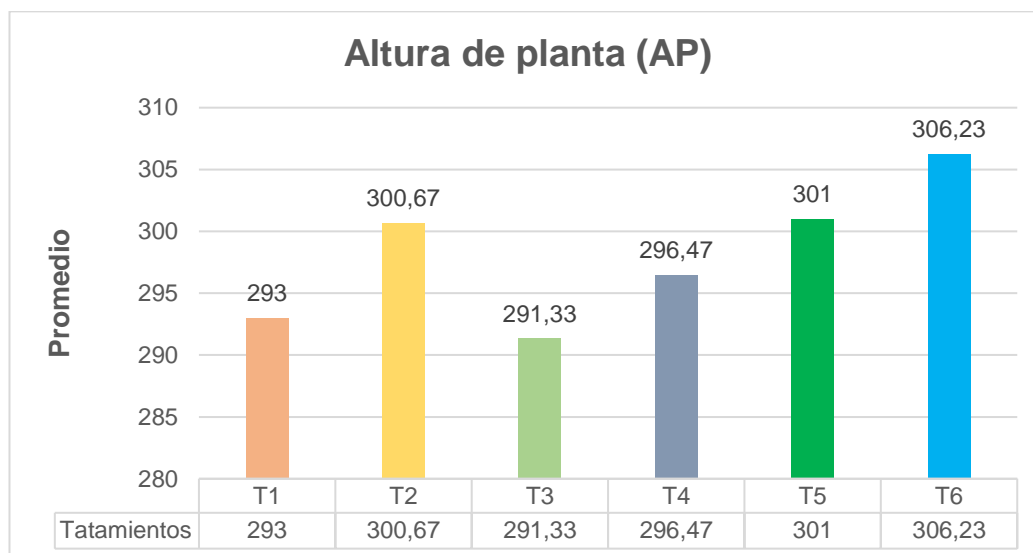
\*=Significativo

\*\*=Altamente significativo

CV: Coeficiente de Variación (%).

## 5.1 Variables Agronómicas

### 5.1.1 Altura de planta (AP)



**Gráfico N° 1 Tratamientos en la variable altura de planta (AP)**

La respuesta de los seis tratamientos evaluados determina que son estadísticamente similares (N/S) en relación a la variable altura de planta, sin embargo, se presenta una media general de 298,23 cm.

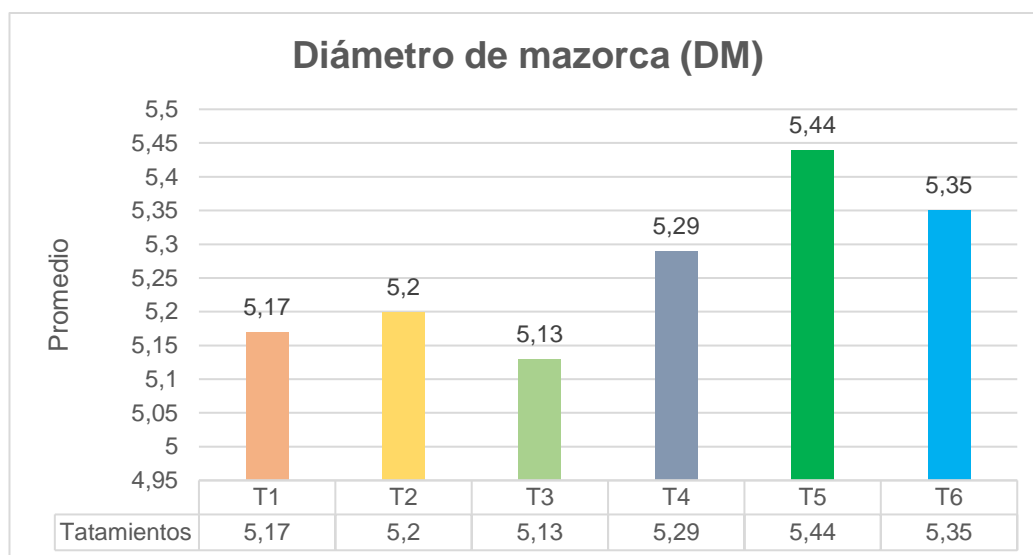
El tratamiento que presento mayor altura fue T6: maíz-quinua en labranza reducida con el 50% del manejo de rastrojos con 306,23 cm, seguido del T5: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 301,00 cm y el tratamiento con menos altura fue T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos presento 291,33 cm de altura.

Resultados que determinan que el tipo de labranza y los residuos vegetales, no percutieron significativo en los valores promedios de la altura de la planta del maíz Iniap-111 y más bien son atributos varietales que tienen dependencia con el genotipo ambiente, así como factores entre ellos; humedad, temperatura, nutrición y características físicas, químicas y biológicas del suelo.



El Iniap-111 es una variedad de maíz mejorada que se adapta perfectamente a la zona agroecológica de Bolívar. Los promedios registrados en esta investigación son similares a los reportados en el boletín técnico del Iniap-111 “Guagal mejorado” (INIAP, 2020).

### 5.1.2 Diámetro de mazorca (DM)



**Gráfico N° 2 Tratamientos en la variable mazorca (DM)**

En el análisis del diámetro de la mazorca evaluado en seis tratamientos se determinó diferencias significativas (\*), reflejando una media general de 5,26 cm.

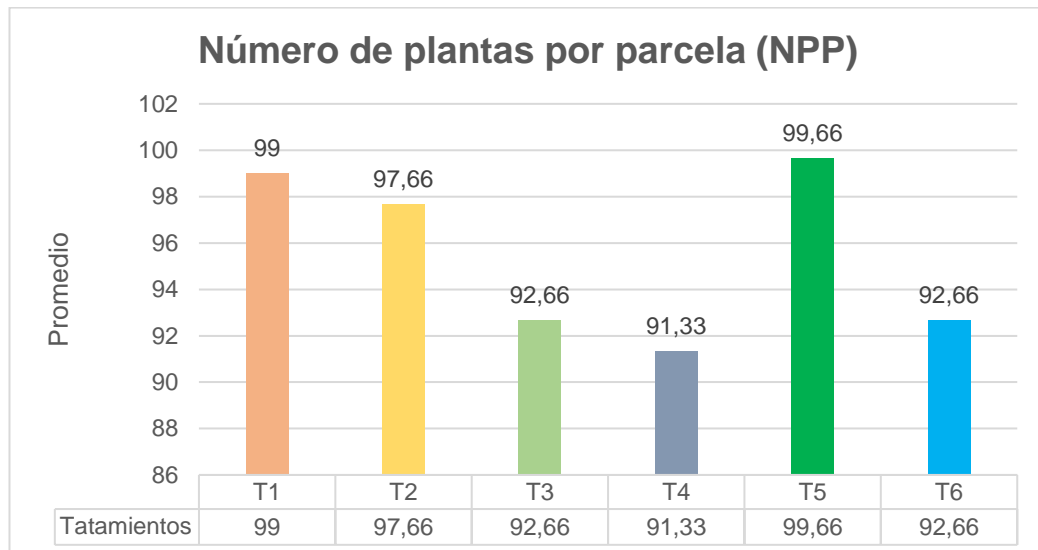
La respuesta de los tratamientos evaluados en la DM, analizados en el proceso de AC determinó promedios mayores en T5: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 5,44 cm, seguido T6: maíz-quinua en labranza reducida con el 50% del manejo de rastrojos con 5,35 cm.

La rotación entre los cultivos de maíz y leguminosas como es el frejol, muestra valores superiores en cuanto al descriptor agronómico DM, el mismo que encuentra ligada al rendimiento del cultivo en estudio.

Este descriptor es una característica varietal, que puede llegar a responder de manera positiva o negativa con el ambiente. Entre los factores

determinantes son humedad, nutrición, temperatura y sanidad de las plantas en especial en la etapa reproductiva

### 5.1.3 Número de plantas por parcela (NPP)



**Gráfico N° 3 Tratamientos en la variable número de plantas por parcela (NPP)**

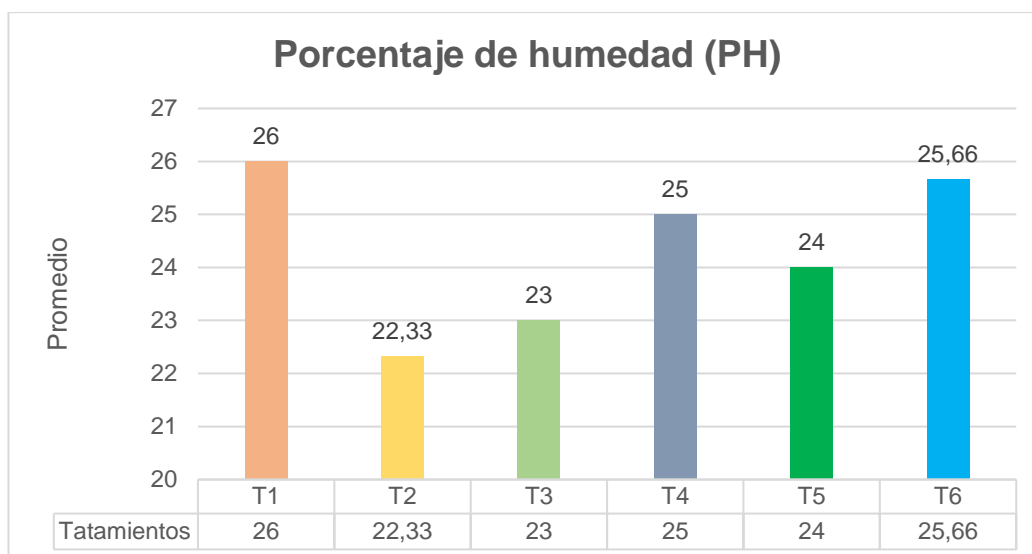
El resultado del número de plantas por parcela, demostraron ser iguales (N/S), no obstante, se presenta una media general de 96 plantas.

En el descriptor NPP no se reflejaron diferencia, sin embargo, numéricamente se muestra alto porcentaje en el T5: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 100 plantas, seguido del T1: maíz-maíz en labranza mínima sin residuos con 99 plantas, mientras que el tratamiento con menor cantidad de plantas fue el T4: maíz-maíz en labranza reducida con el manejo parcial del 50% con 91 plantas.

En función de los resultados se infiere que la variable NPP, son características varietales y llegaron hacer influidas con el ambiente. Los factores agroclimáticos fueron determinantes en la variable en estudio.

En esta investigación se pudo constatar que los promedios superiores se vieron reflejado en la rotación de maíz más leguminosa (fréjol), en práctica de labranza reducida utilizando el 50% de los rastrojos de las cosechas pasadas.

#### 5.1.4 Porcentaje de humedad (PH)



**Gráfico N° 4 Tratamientos en la variable porcentaje de humedad (PH)**

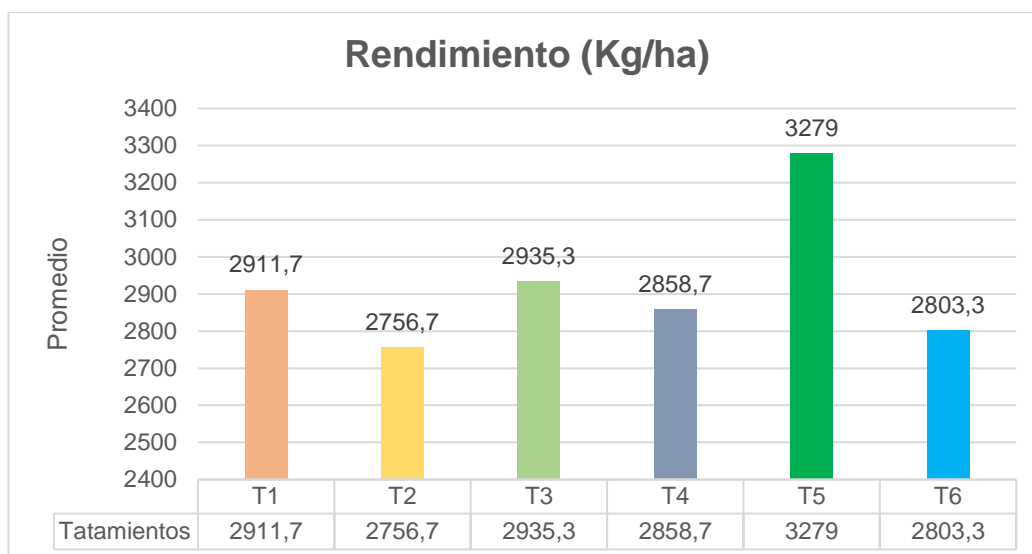
En respuesta a los seis tratamientos evaluados en el porcentaje de humedad, no se determinaron diferencias entre sí (N/S), sin embargo, se presenta una media general de 24,33%.

El tratamiento que presento mayor cantidad de humedad fue T1: maíz-maíz en labranza mínima sin residuos con 26%, seguido del T6: maíz-quinua en labranza reducida con el 50% del manejo de rastrojos con 25,66% y con menor cantidad T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales con 22,33% de humedad.

Estos resultados permiten confirmar la consecuencia de la influencia ambiental en el área experimental en estudio, así como el genotipo que domina a la variedad de maíz en evaluación.

La humedad, se pudieron ver influenciado por el contenido de rastrojos disponibles en el suelo, debido a que el tratamiento que no conto con manejos de residuos presento cantidades superiores de humedad.

### 5.1.5 Rendimiento Kg/ha (Kg/ha)



**Gráfico N° 5 Tratamiento en la variable rendimiento Kg/ha**

Al evaluar la variable rendimiento kg/ha se demuestra diferencia entre tratamientos (\*), presentando una media general de 2924,1 kg/ha.

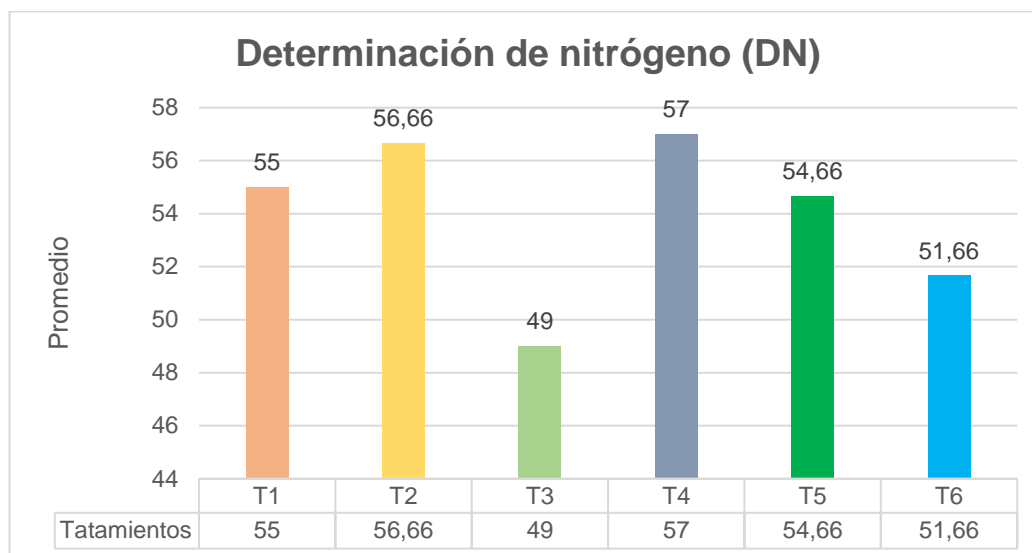
La respuesta de los seis tratamientos evaluados presento mayor cantidad en T5: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 3279,0 kg/ha, seguido del T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo de residuos con 2935,3 kg/ha, el tratamiento con menor cantidad fue T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales con 2756,7 kg/ha.

Los datos reflejados en esta investigación muestran que la rotación de cultivo maíz-maíz en labranza reducida y con el manejo del 100% de rastrojo presenta altos rendimientos en comparación a los seis evaluados.

En esta investigación los componentes agronómicos que influyeron en el rendimiento fueron altura de planta, diámetro de mazorca, número de plantas por parcela, además de eso se encuentra influenciada por las condiciones climáticas que presenta la zona en estudio al igual que la disponibilidad de los nutrientes disponibles.

## 5.2 Variables químicas y físicas del suelo

### 5.2.1 Determinación de nitrógeno (DN)



**Gráfico N° 6 Tratamientos en la variable determinación de nitrógeno (DN)**

Los resultados obtenidos en la determinación de nitrógeno existieron respuesta igual entre tratamientos, presentando una media general del contenido de N de 54,00 ppm.

Como se puede observar en los resultados presentados se muestra cantidades similares, con parcelas de medias-altas en contenidos de nitrógeno.

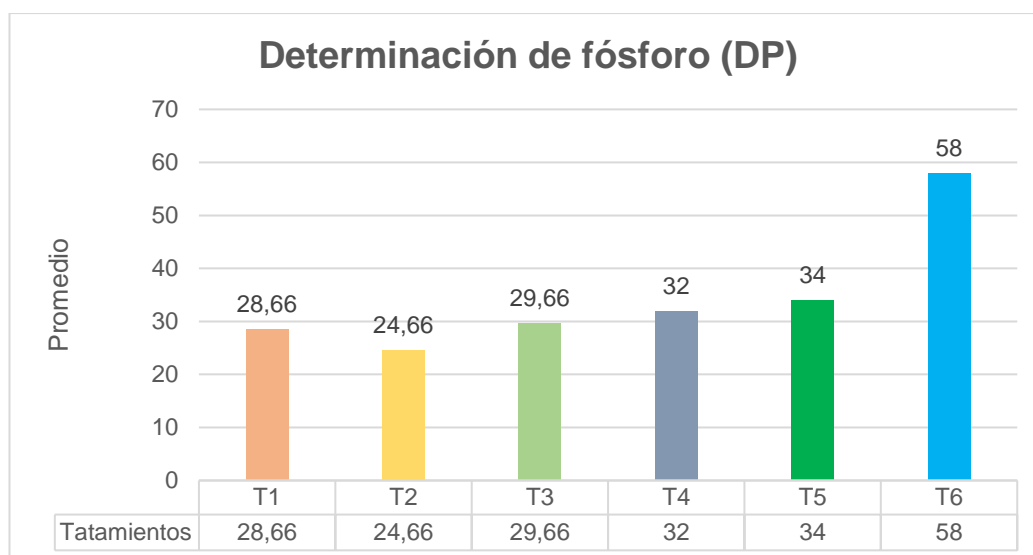
Datos que reflejan que se presenta mayor contenido de nitrógeno en T4: rotación maíz-maíz en labranza reducida con el 50% de rastrojos parcial y menor porcentaje en T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de rastrojos, esto se debe a que el proceso de agricultura de conservación en la zona de estudio se viene evaluando hace aproximadamente cinco años y hay efectos de rotación de cultivos, prácticas de labranza y manejo de los rastrojos en la cosecha anterior.

En las parcelas demostrativas se presenta cantidades importantes de nitrógeno que servirán para el próximo cultivo y esto se debe en gran parte al manejo de rastrojos vegetales que han pasado por un proceso de

desintegración y mineralización por el efecto de factores bióticos (microorganismos que se encuentran en el suelo) y abióticos (temperatura, humedad, rotación de cultivos, etc).

En consideración al inicio de la agricultura de conservación, los resultados van mejorando en cantidades importantes. Al inicio de esta investigación, los niveles de N fueron bajos, así como materia orgánica. Los resultados expuestos en esta investigación muestran contenidos medios-altos. Por lo que se constituye como una alternativa tecnológica sostenible (Monar, 2017).

### 5.2.2 Determinación de fósforo (DP)



**Gráfico N° 7 Tratamientos en la variable determinación de fósforo (DP)**

Para el reporte de la determinación de fosforo existió una respuesta similar en los seis tratamientos evaluados, mostrando una media de 34,50 ppm en contenido de fosforo disponible en el suelo.

Los resultados expuestos en evaluación del P en las parcelas demostrativas de la agricultura de conservación, no presentan diferencia entre sí, sin embargo, su contenido es entre medio y alto.

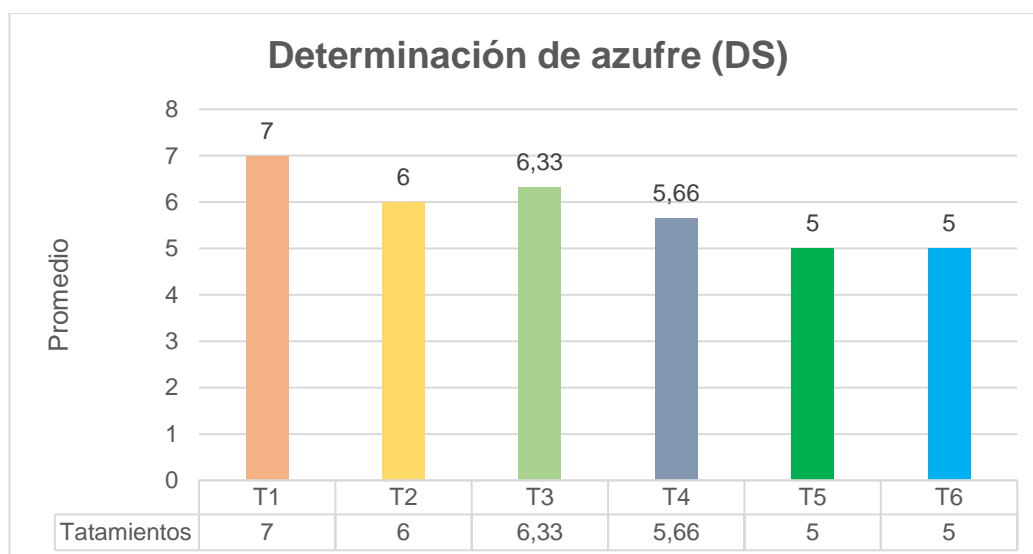
Como se puede observar en los resultados presentados, el mayor contenido de P se encuentra situado en T6: en rotación de maíz-quinua con

labranza reducida y 50% de manejo de residuos, seguido de T5: maíz–fréjol en práctica de labranza reducida con manejo de 50% de rastrojo. Como se puede observar la mayor cantidad de P se encuentra en cultivos asociados con maíz, como es el fréjol y quinua.

El P es conocido, debido a que tiene poca movilidad y es dependiente de componentes como los factores bióticos (macro y micronutrientes), pH y nutrientes como aluminio, hidrogeno y hierro.

Al inicio de la investigación de agricultura de conservación en el año 2016, los porcentajes de este nutriente eran bajos (Monar, 2018), a comparación con los actuales existe un incremento, lo que se debe quizás a que el pH en esta zona se encuentra cerca del 7,0 hay capacidad de cambio catiónico de manera estable y las características físicas, químicas y biológicas del suelo están mejorando.

### 5.2.3 Determinación de azufre (DS)



**Gráfico N° 8 Tratamientos en la variable determinación de azufre (DS)**

Al determinar el azufre en el suelo del ensayo de agricultura de conservación, no presentaron diferencia entre sí, sin embargo, se presentó una media general de 5,83 ppm disponible en el suelo.

El reporte de azufre en los tratamientos fue similar, no obstante, se presenta alto porcentaje disponible en la zona evaluada, de acuerdo a los análisis realizados.

El promedio más alto de S fue evaluado en T1: maíz-maíz en labranza mínima sin residuos y el T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de rastrojos, La práctica de labranza mínima fue determinante en el contenido de S en el suelo, el contenido o incremento de materia orgánica crea un efecto directo en nutrientes como N, P y S.

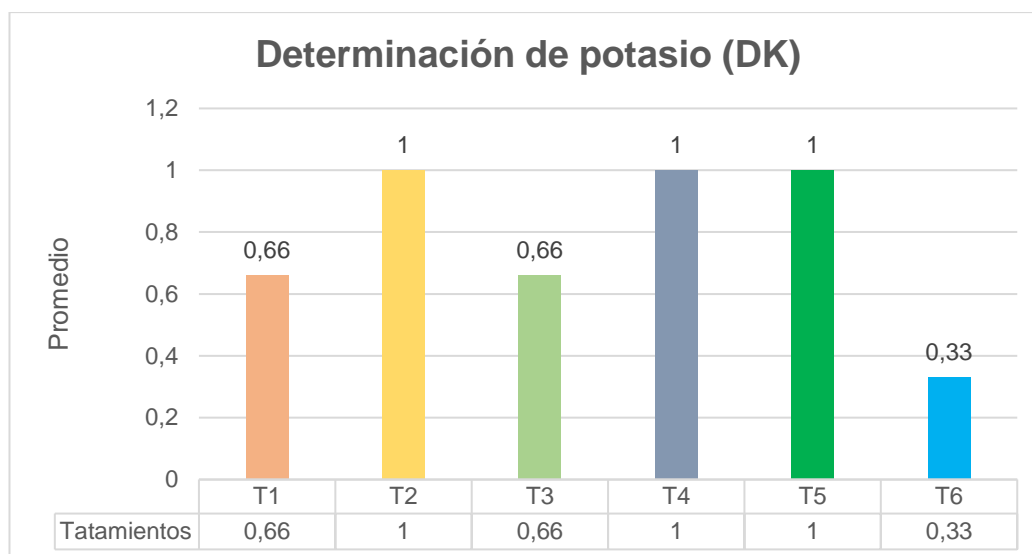
Quizás en el T3 se encuentre gran cantidad de S, se debe porque se realizó labranza reducida y 100% de rastrojos vegetales, para ser el quinto año del proceso de evaluación de agricultura de conservación se ha llegado a mejorar la calidad del suelo, por tanto, mejor desarrollo del sistema radicular y mayor cantidad de microorganismos, lo que permite tener mayor contenido de S.

Comparando los reportes presentados en el contenido de S, durante el año 2020 (presenta una media general de 5.1 ppm), los resultados reflejados en esta investigación fueron superiores y mejorados, quizás se debe a que el pH se encuentra más estable (cerca de 7), la MO se ha incrementado y mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Chicaiza & Curi, 2020)

Los suelos de la provincia de Bolívar presentan bajo contenido de S debido a varios componentes bióticos y abióticos. En la agricultura de conservación, su manejo de residuos vegetales, rotación de cultivos y prácticas de labranza han llegado a contribuir para mejorar el contenido de S, de la misma manera este nutriente es indispensable para la nutrición de las plantas y alcanzar mejores rendimientos.



#### 5.2.4 Determinación de potasio (DK)



**Gráfico N° 9 Tratamientos en la variable determinación de potasio (DK)**

En el reporte de potasio, se presentó una respuesta igual entre tratamientos, dando una media general de 0,72 meq/100g presente en el suelo.

La respuesta de los seis tratamientos evaluados en la presente investigación resultó ser iguales entre sí, mostrando altas cantidades de P, mediante a los análisis realizados usando la metodología Olsen Modificado.

Al evaluar por quinto año consecutivo el ensayo de AC, se reporta mayor cantidad de K en T1: maíz-maíz en labranza mínima sin residuos; T4: maíz-maíz con labranza reducida con 50% de rastrojos y T5: maíz-frejol en labranza reducida con 50% de residuos con 1 meq/100g respectivamente, los tratamientos que alcanzaron altos contenidos de K presentaron prácticas de labranza reducida con el 50 a 100% de manejo de residuos vegetales.

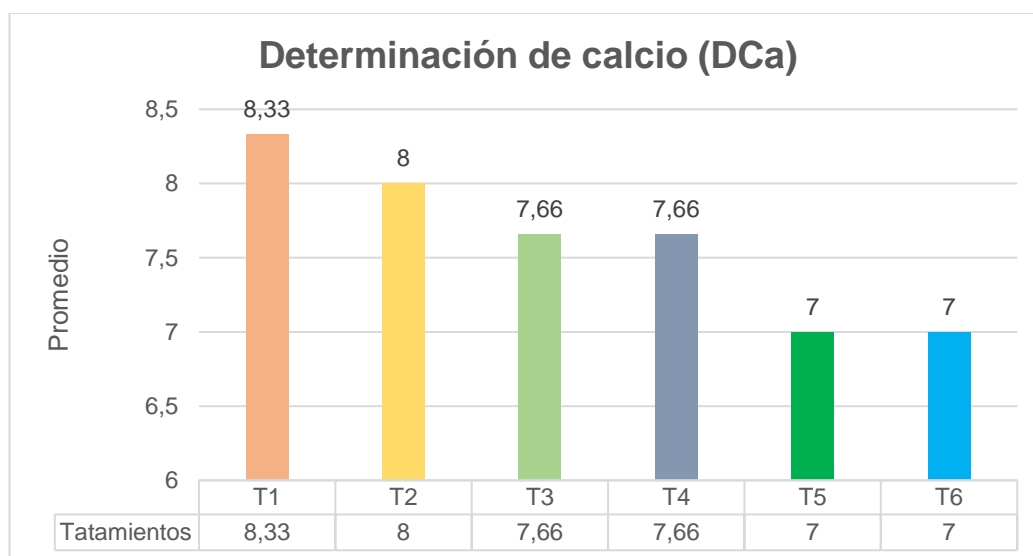
El K junto a nutrientes como N, P y S son elementos esenciales que trabajan unto para mejorar aspectos como la productividad de los sistemas de producción y en cuanto al proceso de la agricultura de conservación incrementan en las cantidades disponibles y en las formas en que las plantas puedan asimilarlos.

Al inicio del proceso de agricultura de conservación en 2016 hasta el 2020 (años que se presenta una media general de 0.545 meq/100 g), existió un incremento significativo, sin embargo los datos presentados en esta investigación acerca del K aumentaron, lo que se debe quizás a que el pH ha llegado a mejorar acercándose a un suelo neutro, incremento de materia orgánica así como fue indispensable el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Chicaiza & Curi, 2020).

En general los suelos de la región andina presentan contenidos altos de K, pero no siempre se encuentra disponible para ser asimilados por las plantas y además depende de las condiciones bioclimáticas.

En los resultados presentados se puede observar que las rotaciones que involucran leguminosas como el frejol ayudan al incremento de macro nutrientes como N, P, S y K.

### 5.2.5 Determinación de calcio (DCa)



**Gráfico N° 10 Tratamientos en la variable determinación de calcio (DCa)**

Al evaluar del Calcio, se presentó un efecto de igualdad entre tratamientos, reportando una general de 7,61 meq/100g.

Para el reporte de calcio en el ensayo de agricultura de conservación, no encontraron diferencias entre sí, no obstante, el contenido de Ca es alto de acuerdo a los análisis realizados.

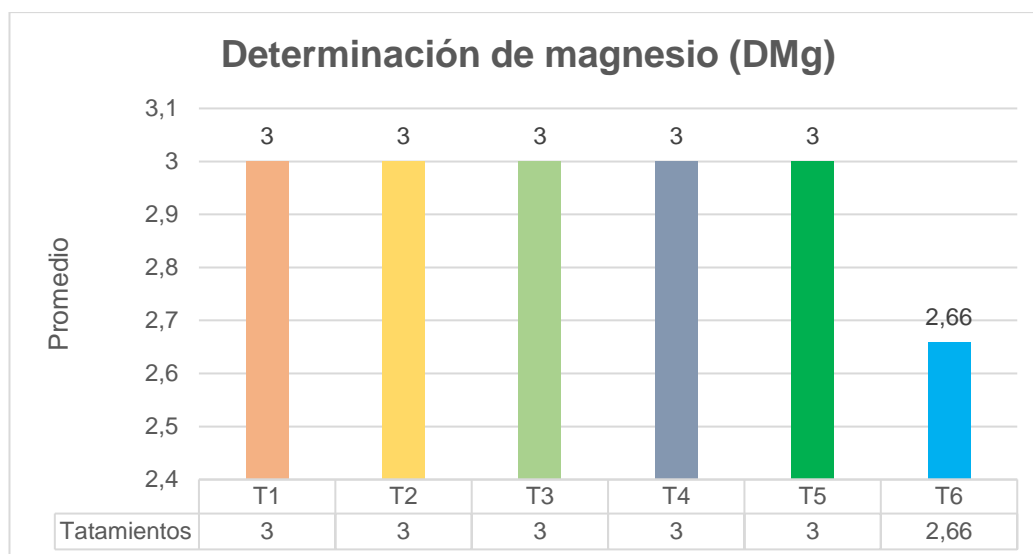
El promedio más alto del contenido de Ca fue presentado en el T1: maíz-maíz con labranza mínima y sin manejo de residuos, seguido del T2: maíz-maíz en labranza mínima con el 100% de residuos con 8,33 y 8 meq/100g respectivamente. La rotación de cultivos de maíz- maíz, como la práctica de labranza mínima fueron factores determinantes en los altos porcentaje de Ca disponible en el suelo.

El Ca se encuentra asociado directamente al pH y al contenido de algunos nutrientes esenciales (K y Mg), siendo vitales para el equilibrio de nutrientes y las diferentes bases de Ca, K y Mg para que llegue hacer asimilado por las plantas.

Al comparar los resultados expuestos en esta investigación con los de (Chicaiza & Curi, 2020), quienes presentan una media general de 4.19 meq/100 g; el contenido de Ca ha incrementado, siendo factores claves el pH, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por el efecto de descomposición y mineralización de nutrientes, adecuada CIC y equilibrio de los hidratos de carbono (N y energía) originarios de la biomasa.

En serranía ecuatoriana los suelos presentan alto contenido de Ca, sin embargo, este no se encuentra disponible para las plantas debido a un desequilibrio en relación a los nutrientes de Ca, K y Mg.

## 5.2.6 Determinación de magnesio (Mg)



**Gráfico N° 11 Tratamientos en la variable determinación de magnesio (Mg)**

En respuesta de los seis tratamientos evaluados para el magnesio se determinó igualdad entre ellos, mostrando una media general de 2,94 meq/100g.

Para el reporte de magnesio no se observaron diferencias, sin embargo, de acuerdo a la metodología de Olsen Modificado el contenido es de magnesio es alto.

El tratamiento con menos contenido de Mg se presentó en T6: maíz-quinua con labranza reducida y el 50% de manejo de residuos, mientras que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron cantidades similares entre ellos con 3,00 meq/100g.

El Mg se encuentra asociado al pH y a los contenidos de elementos como K y Ca, siendo importantes para mantener el equilibrio de los nutrientes mencionados y que puedan ser asimilados por las plantas.

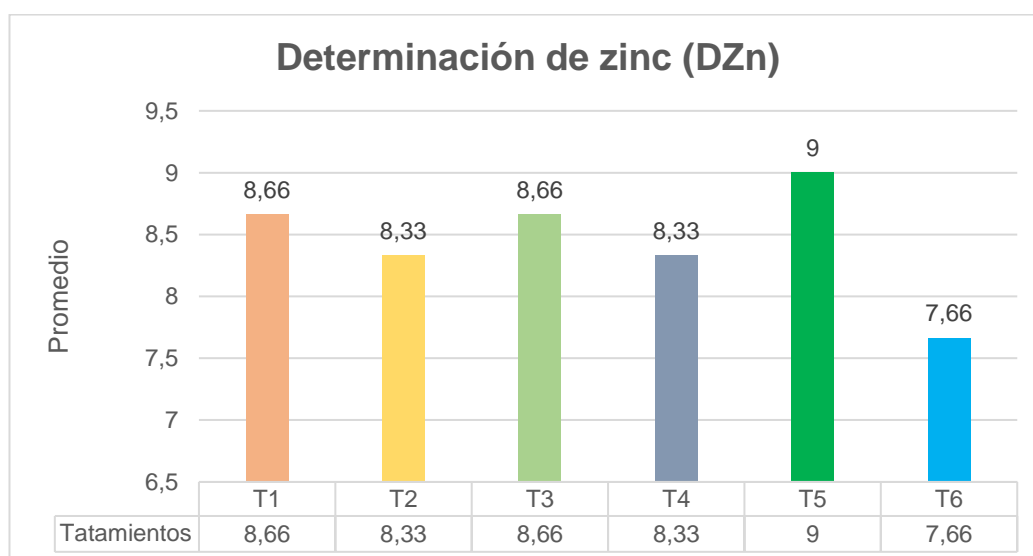
Los suelos andinos, poseen alto contenido de Mg, sin embargo, para una mayor eficiencia influyen las concentraciones de bases Ca/Mg, Ca/K, así como del pH y factores bióticos y abióticos.

Comparando los resultados presentados del Mg en el 2016 hasta el 2022 (reportando una media general de 0.581 meq/100 g de este nutriente) los niveles de este nutriente han incrementado significativamente, lo que se debe a la mejora del pH, materia orgánica y las características físicas, biológicas y químicas del suelo (Chicaiza & Curi, 2020).

En general los suelos andinos presentan altos contenidos de Mg, sin embargo, estos no se encuentran disponibles en el suelo, debido a un desequilibrio en la relación de nutrientes; Ca, K y Mg añadiendo a esto la humedad por el cambio catiónico.

La rotación que involucra a las leguminosas como el fréjol se presenta con mayores incrementos de macronutrientes.

### 5.2.7 Determinación de zinc (DZn)



**Gráfico N° 12 Tratamientos en la variable determinación de zinc (DZn)**

El contenido de zinc presente en la zona de Laguacoto III en el ensayo de agricultura de conservación, resulto ser iguales entre los tratamientos, mostrando una media general de 8,44 ppm.

La respuesta de los seis tratamientos evaluados mostró ser iguales, sin embargo, de acuerdo a la metodología de Olsen Modificado usada, el contenido de Zn es alto.

El contenido más alto de Zn se muestra en el T5: maíz-frejol en labranza reducida con 50% de residuos con 9 ppm, seguido de T1: maíz-maíz con labranza mínima y sin manejo de residuos y T3: maíz-maíz en labranza reducida con el manejo del 100% de rastrojos. El promedio más bajo, se determinó en T6: maíz-quinua en labranza reducida con el 50% del manejo de residuos.

El Zinc se encuentra vinculado al pH y a la disponibilidad de elementos entre ellos el Ca y Mg, ya que son indispensables para alcanzar el equilibrio entre y de esta manera sean asimilados para las plantas.

Los suelos de la región sierra, específicamente en la provincia de Bolívar el contenido de Zn es alto, no obstante, para una mejor eficiencia intervienen factores como pH, componentes bióticos y abióticos.

Al inicio de la evaluación del proceso de AC los niveles de Zn eran mínimos, con los resultados presentados en esta investigación los contenidos han presentado un incremento significativo, lo que llega a favorecer al desarrollo del cultivo y de esta manera mejor productividad.

Lo rotación de cultivos como maíz-fréjol han favorecido oportunamente al incremento de macro y micronutrientes.

### 5.2.8 Determinación de cobre (DCu)

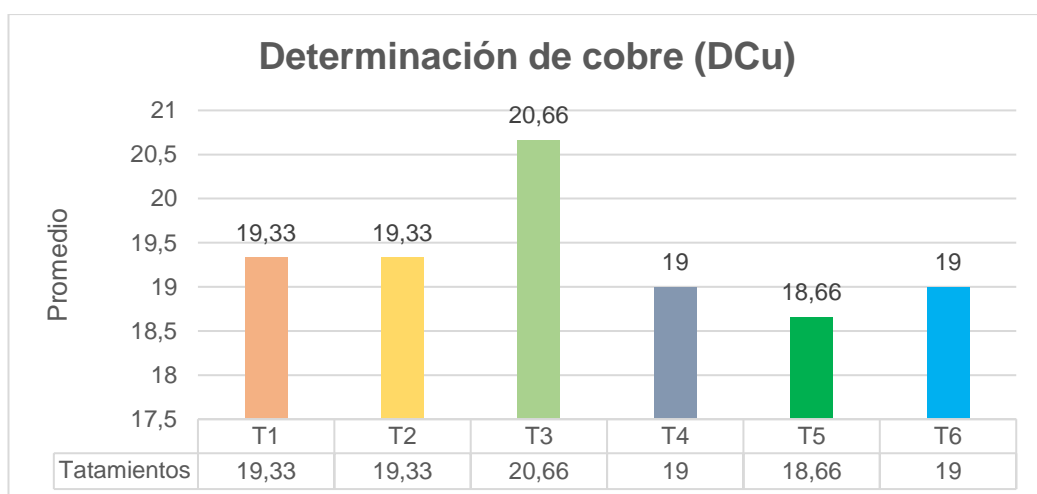


Gráfico N° 13 Tratamientos en la variable determinación de cobre (DCu)

El contenido de cobre en la presente investigación no resultó ser diferente entre tratamientos, sin embargo, se presentó una media general de 19,33 ppm.

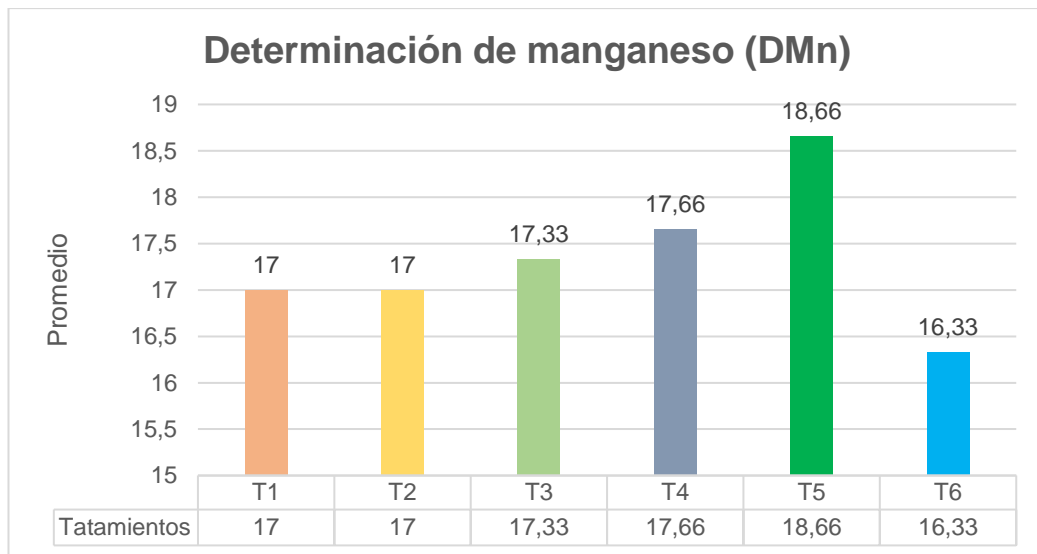
La respuesta del Cu fue similar entre tratamientos, en tanto de acuerdo a la metodología de Olsen Modificado, los contenidos de Cu fueron altos en el suelo de la zona en estudio.

La determinación de este metal, se presentó en mayor cantidad en el T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo en rastrojos con 20,66 ppm y en menor cantidad fue el T5: maíz-frejol en labranza reducida con 50% de manejo en residuos con 18,66 ppm, los resultados demuestran que con el 100% de manejo de rastrojos vegetales, los niveles de Cu logran incrementar en gran cantidad, lo que se vuelve beneficioso para las plantas.

La cantidad de cobre disponible se encuentra influida por diversos factores como los iones en el suelo, tipo y número de lugares de absorción en la fase sólida del suelo, el tipo y la concentración de los ligandos capaces de formar complejos con los metales presentes en el suelo, pH, régimen de humedad, potencial redox, temperatura, entre otros.

El cobre en el suelo puede ser alto, sin embargo, necesita de otros elementos esenciales; K, P, Ca y Zn para poder ser asimilado por las plantas.

### 5.2.9 Determinación de manganeso (DMn)



**Gráfico N° 14 Tratamientos en la variable determinación de manganeso (DMn)**

En respuesta del contenido de manganeso presente en el suelo del en los ensayos de AC, fue similar en los tratamientos evaluados, sin embargo, se refleja una media general de 17,33 ppm.

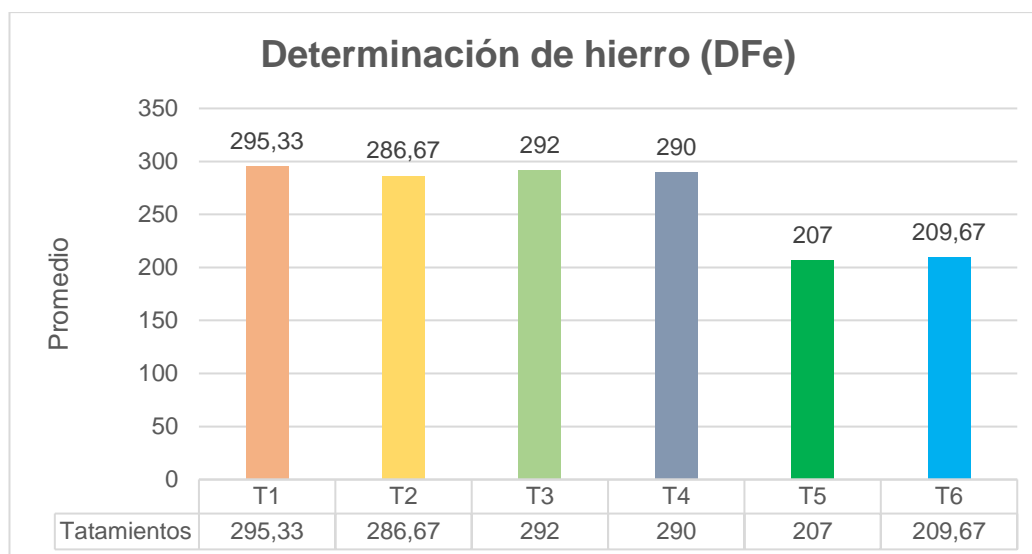
En respuesta consistente, se determinó promedio superior en el T5: maíz-frejol en labranza reducida con 50% de manejo en residuos con 18,66 ppm y con menor contenido se determinó en el T6: maíz-quinua en labranza reducida con el manejo del 50% de residuos vegetales, los resultados confirman que el aporte de las leguminosas como el frejol ayudan al incremento de nutrientes presentes en el suelo.

En relación con el análisis de los nutrientes anteriores, proyecta confiabilidad para establecer mayores relaciones, no obstante, es un punto de partida para empezar a comprobar entre factores a mediano y largo plazo.

Los resultados en comparación con los expuesto al inicio del proceso agricultura de conservación en 2016, los evaluados por Chicaiza & Curi (2020) y los expuestos en esta investigación, han incrementado significativamente el contenido del Mn en zona de estudio.



### 5.2.10 Determinación de hierro (DFe)



**Gráfico N° 15 Tratamientos en la variable determinación de hierro (DFe)**

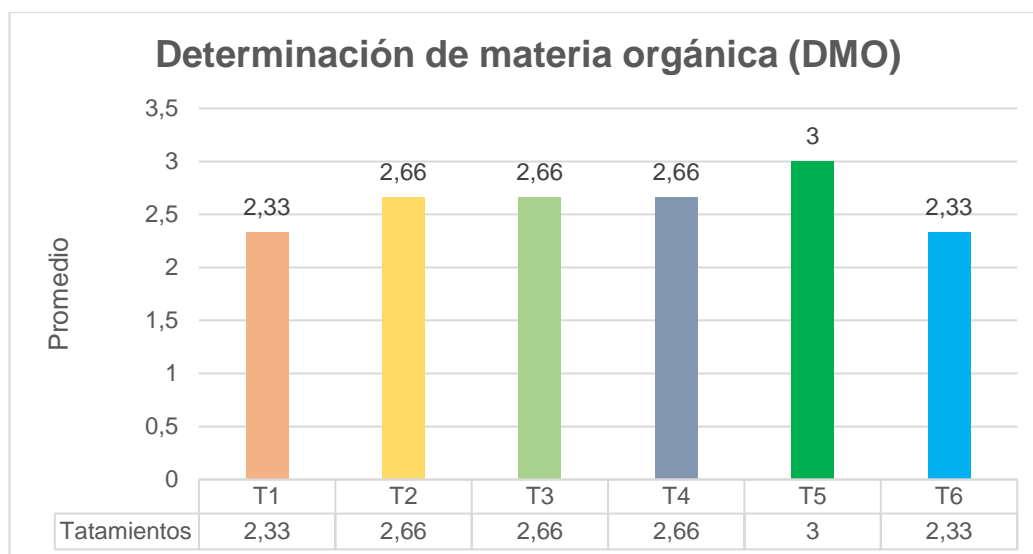
Para el reporte de hierro, existió una similitud entre tratamientos, presentando una media general de 296,78 ppm de disponibilidad en el suelo.

El efecto de los tratamientos en cuanto al análisis del Fe, mostró igualdad entre ellos, de acuerdo a la metodología Olsen Modificado usada para determinar el porcentaje disponible en el suelo, determino ser suelos ricos y altos en Fe.

Los resultados expuestos en esta investigación muestran alto porcentaje en T1: maíz-maíz en labranza reducida sin manejo de residuos con 295,33 ppm, seguido de los tratamientos T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo en rastrojos con 292,00 ppm y T4: maíz-maíz con labranza reducida y el 50% parcial de manejo de rastrojo con 290,00 ppm, el uso de rastrojos dentro de la agricultura de conservación permite disponer cantidades altas de nutrientes que son indispensable para la asimilación de las plantas.

El contenido de Fe en el suelo ha incrementado significativamente, esto se debe en gran parte a los factores tales como la remoción por parte de las cosechas, rotación de cultivos y las prácticas de labranza.

### 5.2.11 Determinación de materia orgánica (DMO)



**Gráfico N° 16 Tratamientos en la variable determinación materia orgánica (DMO)**

La respuesta de los tratamientos evaluados para la determinación de MO, reflejaron igualdad entre ellos, presentando una media general de 2,61%.

Existió una respuesta similar entre tratamientos al evaluar la MO, sin embargo, de acuerdo a la metodología de Dicromato de Potasio existe un contenido alto de MO en el suelo de Laguacoto III.

Se reportó alto contenido de MO en T5: maíz-frejol en labranza reducida con 50% de manejo en residuos con 3%, seguido de T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos, T3: maíz-maíz en labranza reducida con el 100% de manejo en rastrojos y T4: maíz-maíz con labranza reducida y el 50% parcial de manejo de rastrojo con 2,66% respectivamente.

En relación a los tratamientos que contienen mayor contenido de MO, hay una relación carbono-nitrógeno equilibrado y por tanto mayor CIC y contenido de N mineral. Una buena relación C/N es sinónimo que hay un equilibrio entre el contenido de N mineral y energía.

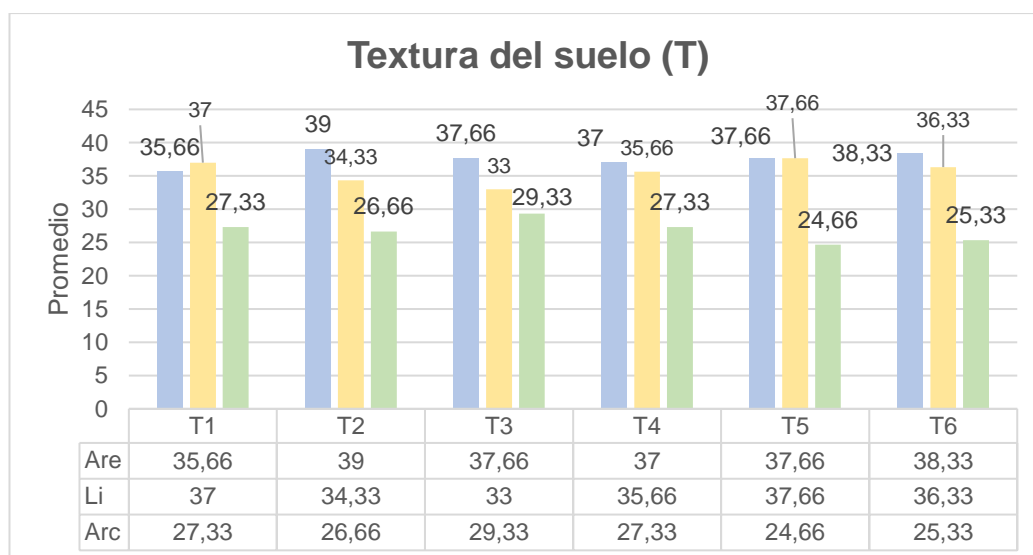
El T5 presento alto contenido de MO, resultado que es lógico y claro, debido a la rotación de maíz con el frejol, practica de labranza reducida y manejo

del 50% de rastrojos, incrementaron el contenido de MO, a diferencia del T1 donde no se manejó residuos vegetales.

La MO se encuentra ligada directamente con las características físicas, químicas y biológicas del suelo, relación C/N, CIC, pH y factores climáticos (temperatura, humedad, concentración del oxígeno, CO<sub>2</sub> y captura del C al suelo).

La MO es garantía de sostenibilidad en los sistemas de producción y mejorar los contenidos de N (mineral) y otros nutrientes indispensables para el desarrollo de los cultivos.

### 5.2.12 Textura del suelo (T)



**Gráfico N° 17 Tratamientos en la variable textura del suelo (T)**

La textura del suelo evaluado mediante el Método de los Bouyoucos determino que los suelos de la zona agroecológica de Laguacoto III en el ensayo de agricultura de conservación presento franco y franco arcilloso.

La media general de arena fue de 37,55%, limo con 35,66% y arcilla 26,77%, lo que quiere decir que la cantidad de los componentes se encuentran en proporciones óptimas o cercanas a ellas. Son suelos de elevada productividad, debido a su textura respectivamente suelta, la fertilidad originaria de limos incluidos y al mismo tiempo con apropiada retención de humedad por la arcilla presente

La textura de suelo define la relación exacto de grupos de partículas primarias con diámetros menores a 2 mm, estas se denominan según el tamaño en arena, limo y arcilla.

### 5.3 Análisis de correlación y regresión lineal

**Tabla N° 2** Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes de rendimiento) que tuvieron relación (positiva/negativa) sobre el rendimiento kg/ha (variable dependiente)

<b>Variables independientes componentes de rendimiento (x)</b>	<b>Coefficiente de correlación (r)</b>	<b>Coefficiente regresión (b)</b>	<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup> %)</b>
DM (*)	0,4921	713.145	24

\*=significativo

#### 5.3.1 Coeficiente de correlación (r)

En esta investigación de evaluación de macro y micronutrientes en el proceso de agricultura de conservación, se determinó correlación significativa, siendo positiva en la variable diámetro de mazorca.

#### 5.3.2 Coeficiente de regresión (b)

El componente agronómico que contribuyo a la altura de planta fue el promedio evaluado en la variable diámetro de la mazorca.

#### 5.3.3 Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup> %)

En la evaluación del proceso de AC el 24% contribuyo al rendimiento kg/ha con los valores promedios del descriptor agronómico diámetro de mazorca.

## 5.4 Análisis económico de la relación beneficio costo

**Tabla N° 3** Costo de producción

Concepto	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento Promedio en Kg/ha	2.911,70	2.756,70	2.935,30	2.858,70	3.279,00	2.803,30
Ingreso Bruto	1.164,68	1.102,68	1.174,12	1.143,48	1.311,60	1.121,32
<b>A. COSTOS VARIABLES</b>	<b>\$ 41,30</b>	<b>\$ 41,30</b>	<b>\$ 41,30</b>	<b>\$ 41,30</b>	<b>\$ 41,30</b>	<b>\$ 41,30</b>
<b>1. Análisis de suelo:</b>						
Análisis físico-químico	\$ 26,09	\$ 26,09	\$ 26,09	\$ 26,09	\$ 26,09	\$ 26,09
Análisis densidad aparente	\$ 3,21	\$ 3,21	\$ 3,21	\$ 3,21	\$ 3,21	\$ 3,21
Análisis textura del suelo	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00
<b>B. COSTOS FIJOS</b>	<b>\$ 330,00</b>	<b>\$ 330,00</b>	<b>\$ 330,00</b>	<b>\$ 330,00</b>	<b>\$ 330,00</b>	<b>\$ 330,00</b>
Arriendo de terreno	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00
10% del interés al capital circulante	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00
<b>COSTO TOTAL (A + B)</b>	<b>\$ 371,30</b>	<b>\$ 371,30</b>	<b>\$ 371,30</b>	<b>\$ 371,30</b>	<b>\$ 371,30</b>	<b>\$ 371,30</b>
<b>INGRESO NETO</b>	\$ 793,38	\$ 731,38	\$ 802,82	\$ 772,18	\$ 940,30	\$ 750,02
<b>Relación Ingreso Costo R/C</b>	\$ 1,47	\$ 1,51	\$ 1,46	\$ 1,48	\$ 1,39	\$ 1,50
<b>Relación Beneficio Costo RB/C</b>	\$ 0,47	\$ 0,51	\$ 0,46	\$ 0,48	\$ 0,39	\$ 0,50

### 5.4.1 Relación beneficio-costos (R B/C)

En el análisis económico, se consideró el costo variable (análisis de suelo), costos fijos, ingreso bruto, valor del maíz en el mercado local.

El ingreso neto (\$/ha) superior considerando, únicamente los costos que varían en cada tratamiento, se dieron en T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos con \$371,30/ha, seguido del T6: maíz-quinua en labranza reducida con el manejo del 50% de residuos vegetales con \$371,30/ha, lo que hace referencia que el agricultor de maíz en AC tiene una ganancia de \$0,51 y \$0,50 respectivamente.

De acuerdo a los resultados económicos la mejor opción es la rotación de cultivos de maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales.

## **VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

De acuerdo con la hipótesis planteada en este proceso de AC (Agricultura de conservación), mismo que ha sido evaluado a lo largo de aproximadamente cinco años y en función de los resultados agronómicos, químicos y físicos del suelo, existe evidencia científica que existió variabilidad en los resultados, mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyendo de esta manera a la producción del cultivo de maíz suave INIAP-111.

Por tanto, aceptamos la hipótesis alterna, en relación al mejoramiento de la calidad del suelo y se comprobó que la AC, no es sostenible en el tiempo y espacio, la misma que incluye aspectos importantes y fundamentales: rotación de cultivos, remoción mínima del suelo y la no remoción de los residuos vegetales.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, físicos y químicos del suelo se sintetizan las siguientes conclusiones.

- En cuanto a las características Físico-Químicas del suelo en el sistema de agricultura de conservación se llega a verificar que en las parcelas demostrativas se presenta cantidades importantes de nitrógeno que servirán para el próximo cultivo y esto se debe en gran parte al manejo de rastrojos vegetales que han pasado por un proceso de desintegración y mineralización por el efecto de factores bióticos. El reporte de azufre, calcio, magnesio, cobre y hierro en los tratamientos fue similar. El K junto a nutrientes como N, P y S son elementos esenciales que trabajan junto para mejorar aspectos como la productividad de los sistemas de producción y en cuanto al proceso de la agricultura de conservación incrementan en las cantidades disponibles y en las formas en que las plantas puedan asimilarlos. La MO es garantía de sostenibilidad en los sistemas de producción y mejorar los contenidos de N (mineral) y otros nutrientes indispensables para el desarrollo de los cultivos.
- Se concluye que, al analizar el proceso de AC, los contenidos de materia orgánica, macro y micronutrientes presentaban niveles bajos, en comparación con los resultados expuestos en esta investigación los niveles aumentaron significativamente, lo que beneficia al desarrollo oportuno del cultivo y de esta manera mejorar la productividad. Mediante los tres principios esenciales de la AC (rotación de cultivos, remoción mínima del suelo y la no remoción de los residuos vegetales.), agronómicamente se validaron los componentes: rotación de cultivos (maíz, fréjol y quinua) labranza reducida y manejo de rastrojo. La evaluación de macro y micronutrientes en el proceso de agricultura de conservación, se

determinó correlación significativa, siendo positiva en la variable diámetro de mazorca.

- En el costo beneficio el ingreso neto (\$/ha) superior considerando, únicamente los costos que varían en cada tratamiento, se dio en T2: maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos con \$371,30/ha, seguido del T6: maíz-quinua en labranza reducida con el manejo del 50% de residuos vegetales con \$371,30/ha, lo que hace referencia que el agricultor de maíz en AC tiene una ganancia de \$0,51 y \$0,50 respectivamente. De acuerdo a los resultados económicos la mejor opción es la rotación de cultivos de maíz-maíz en labranza mínima con el manejo del 100% de residuos vegetales.



## **7.2 Recomendaciones**

Mediante los principales resultados y conclusiones, se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Continuar con el proceso de evaluación de la investigación de la Agricultura de Conservación, para medir, analizar y evaluar los distintos indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo versus a la Agricultura Convencional
- Trabajar en las alianzas estratégicas a través de la Universidad Estatal de Estala de Bolívar con sectores públicos y ONG's para continuar con procesos de validación y difundir los resultados a los productores y/o agricultores de la provincia.
- Expandir los procesos de evaluación de la Agricultura de Conservación en otras zonas agroecológicas productoras del cultivo de maíz de la provincia de Bolívar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2019). El cultivo de maíz, su origen y clasificación. *El maíz en Cuba*. 113-120.
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *SciELO*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612017000200022](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022)
- Álvarez, C., & Barraco, M. (2005). *Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos*. Buenos Aires, Argentina.
- Bautista, A. (2018). La Calidad del Suelo y sus Indicadores. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 90-97. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092018000200141#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20las%20propiedades,como%20el%20suelo%20almacena%20y](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092018000200141#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20las%20propiedades,como%20el%20suelo%20almacena%20y)
- Carpenter, J. (2020). *Cultivo de maíz*. Obtenido de <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz#:~:text=El%20tallo%20es%20simple%20erecto,se%20realiza%20un%20corte%20transversal>.
- Carrasco, L. (2019). *Azufre*. Obtenido de [http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/nutrients/sulphur.html](http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sulphur.html)
- Carvajal, R. (2018). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Santafé de Bogotá: Produmedios.
- Carvajal, R. (2018). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Colombia: Produmedios.
- Castillo, A. (2018). *¿Sabes cuál es la importancia de los suelos?* Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/sabes-cual-es-la-importancia-de-los-suelos>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. (2020). *¿Qué es la agricultura de conservación?* Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-es-la-agricultura-de-conservacion/>
- Chicaiza, B., & Curi, G. (2020). *Evaluación de sistemas de manejo con base a la agricultura de conservación para adaptación al cambio climático en la granja Laguacoto III, cantón Guaranda, Ecuador*. Obtenido de <https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3365/1/PROYECTO%20FINAL%20AC-GUISELA%20Y%20BLADIMIR.pdf>

- Díaz, G., & Hernández, T., & Cabello, R. (2017). *La rotación de cultivos, un cambio a la sostenibilidad de la producción arrocerá*.
- EnColombia. (2020). *Qué son los Suelos Francos*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-francos/>
- FAO. (2019). *Tema 2: El suelo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w1309S/w1309s04.htm>
- FAO. (2020). *Estructura del suelo*. Obtenido de [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20).
- FAO. (2020). *Manejo de Suelos Arenosos*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-arenosos/es/>
- FAO. (2020). *Textura del suelo*. Obtenido de [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#top](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#top)
- FAO. (2021). *Agricultura de conservación*. Obtenido de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>
- FAO. (2021). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO. (2021). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Fertilab. (2019). *El Color del Suelo como Indicador de su Fertilidad*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El%20Color%20del%20Suelo%20como%20Indicador%20de%20su%20Fertilidad.pdf>
- González, M. (2018). *Ciclo del fósforo en el suelo*. Obtenido de <https://www.tecnicoagricola.es/ciclo-del-fosforo-en-el-suelo/#:~:text=El%20f%C3%B3sforo%20se%20encuentra%20en,fijadas%20al%20complejo%20arcillo%20Dh%C3%BAmico>.
- Guacho, E. (2019). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo (Tesis de Grado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.
- Guerrero, Á. R. (15 de febrero de 2021). *Investigación de La Libertad de Agrosavia. Estos son los tipos de labranza que usted puede utilizar en su predio*.

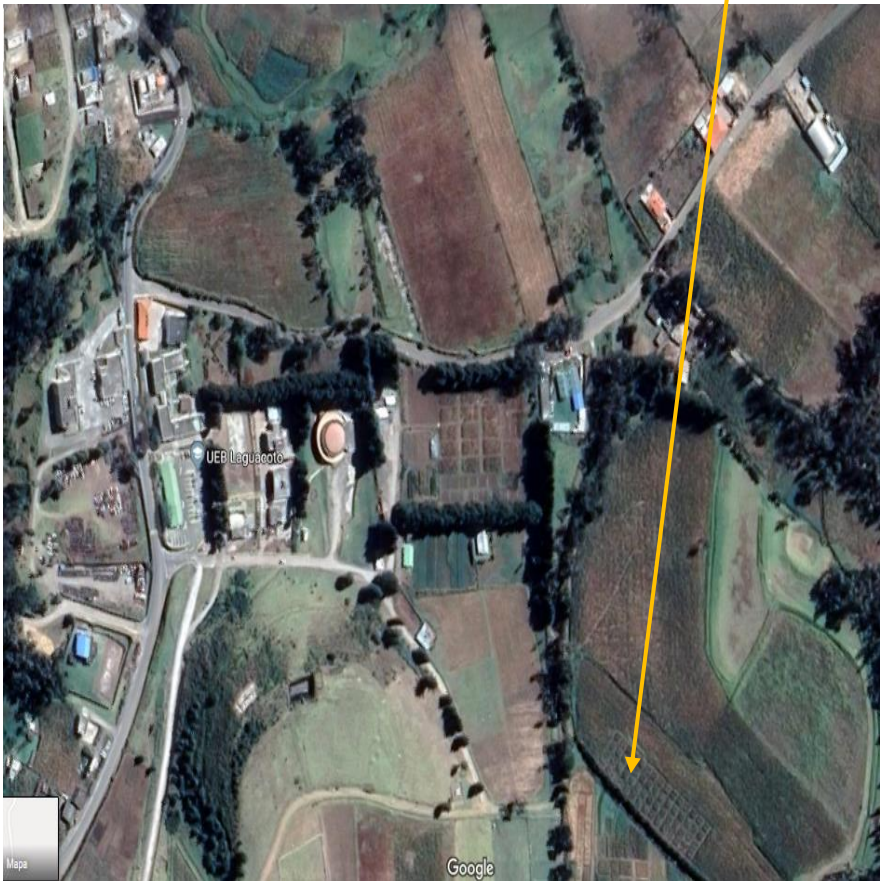
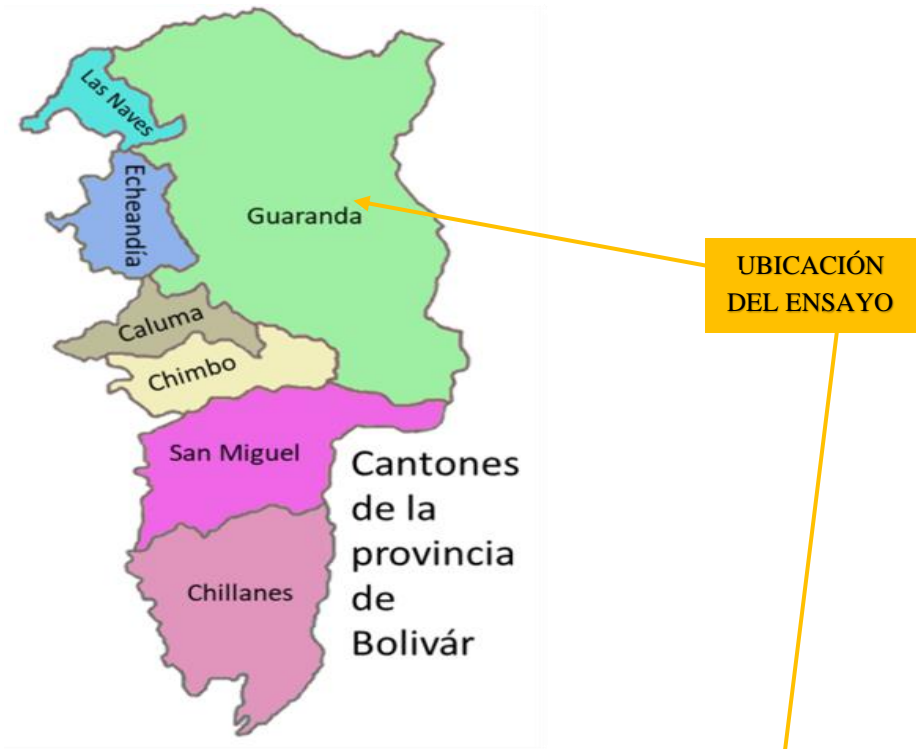
- Herrera, L. (2020). *Suelos Arcillosos*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-arcillosos/#:~:text=Qu%C3%A9%20son%20los%20Suelos%20Arcillosos,tambi%C3%A9n%20est%C3%A1n%20presente%20en%20estos>.
- Hidalgo, J. (2017). *Agricultura de conservación un gran paso a la sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/marticulos/agricultura-de-conservacion-un-gran-paso-a-la-sostenibilidad?idiom=es>
- Hirus.eus. (2016). *Los Colores Del Suelo*. Obtenido de [https://www.hirus.eus/es/geologia/edafologia/-/journal\\_content/56/21564/4437240](https://www.hirus.eus/es/geologia/edafologia/-/journal_content/56/21564/4437240)
- Holdridge, L. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: IICA.
- INAMI. (2021). Situación geográfica y climática Lagucacoto.
- INAP. (2020). *Maíz de altura*. Quito, Ecuador: Estacion experimental Santa Catalina.
- INIAP. (2001). *Programa de Maíz*. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.
- INIAP. (2020). *Iniap - 111 "Guagal mejorado"*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2415/1/iniapsc339.pdf>
- INTA. (2017). *Propiedades físicas de los suelos*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/propiedades-fisicas-de-los-suelos>
- Intagri. (2018). *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo>
- Lidefer. (2019). *Suelo Limoso: Características, Localización y Usos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/suelo-limoso/>
- López, A. (2016). *Manuel de edafología*. Sevilla.
- López, J. (2018). Obtenido de Cultivo de Maíz: <http://jennywwwagroalimentoscultivados.blogspot.com/2010/05/botanica-de-laplanta.html>,
- Manual Agropecuario. (2018). *Tecnologías orgánicas de la Granja Integral*.
- Molina, A. (2018). *Nitrógeno y Fertilizantes nitrogenados*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados.shtml>
- Monar, C. (2017). *Programa de Semillas. UEB. Informe anua*. Guaranda, Ecuador.

- Monar, C. (2018). *Entrevista persona de la investigación de agricultura convencional*.
- Organismo Internacional de Energía Atómica - IAEA. (2020). *Mejora de la fertilidad del suelo*. Obtenido de <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>
- Ospina, J. (2018). *Manual técnico del cultivo de Maíz bajo Buenas Practicas Agrícolas*. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S.
- Palmer, R. (2020). *Medida del pH y capacidad de intercambio catiónico de un suelo o sedimento*. Obtenido de [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/12/12485/MEDIDA\\_DEL\\_pH\\_Y\\_CAPACIDAD\\_DE\\_INTERCAMBIO\\_CATIONICO\\_DE\\_UN\\_S.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/12/12485/MEDIDA_DEL_pH_Y_CAPACIDAD_DE_INTERCAMBIO_CATIONICO_DE_UN_S.pdf)
- Pozzolo, O. G. (2011). *Comportamiento de suelos Vertisoles al tráfico en sistemas de siembra directa y convencional*. Concepción, Argentina. Obtenido de <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/ComportamientoSuelosVertisol>
- Prospad. (2020). *Manejo de Suelos Arenosos*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-arenosos/es/>
- Rey, I. (2019). *Relación entre nutrientes – diagrama de mulder*. Obtenido de <https://www.tiloom.com/relacion-entre-nutrientes-diagrama-de-mulder/>
- Romero, R. (2017). *"Familias mineralógicas de los suelos sobre granitos de la provincia de la Coruña"*. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm#anchor618597>
- Sanchez, M. (2018). *¿Cuáles son las características del suelo franco?* Obtenido de <https://www.jardineriaon.com/suelo-franco.html>
- Sanzano, A. (2010). *EL fósforo del suelo*. Obtenido de <https://www.edafologia.org/app/download/7956239776/El+Fosforo+del+suelo.pdf?t=1563476239>
- Silva, E., Dobronski, J., Heredia, J., & Benavides, C. (2019). *Variedad de maíz blanco harinoso tardío para la provincia Bolívar*. Guaranda.
- Suquilanda, M. (2008). *El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola*. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.->
- Valladares, C. A. (2017). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de (Tesis de grado)*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS. La Ceiba.

Velázquez G., J. d., Salinas G., J. R., Potter, K. N., Gallardo V., M., Caballero H., F., & Díaz M., P. (2017). Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra Latinoamericana*, 171-182.

**ANEXOS**

Anexo N° 1 Ubicación del experimento





**Anexo N° 2 Base de datos**

TRAT	REP	AP	DM	NPCM	NPP	PH	Kg/ha	ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	MO	Textura			Densidad aparente (g/ml)
																					Arena	Limo	Arcilla	
1	1	293,5	5.11	2	100	23,7	2961,16	6,59	41	19	5	1	0,9	9,62	3,2	9,3	21	277	16	2,60	35	37	28	1,48
2	1	298,1	5.21	2	94	19,9	2667,42	6,62	55	29	7	1	1	10,66	3,2	9,5	20	285	20	3,40	39	35	26	1,21
3	1	285,7	5.09	2	92	21,8	2891,16	6,67	42	27	6	0	0,9	8,56	3,4	9,7	23	318	17	2,50	37	31	32	1,25
4	1	310,3	5.34	2	89	24,4	2797,84	6,62	61	37	5	1	1,4	9,99	3,8	9,2	20	293	20	3,70	35	37	28	1,33
5	1	321,1	5.39	2	99	24,6	3295,08	6,74	59	62	5	1	1,3	8,75	3,4	9,2	17	304	17	3,30	39	39	22	1,24
6	1	336,5	5.30	2	102	20,7	2862,07	6,59	32	88	7	1	1	8,77	3,7	8,2	21	327	17	2,70	39	35	26	1,07
1	2	290,7	5.10	2	96	28,4	2834,45	6,3	59	41	6	1	0,8	8,13	3,2	7,4	17	303	16	2,70	37	39	24	1,08
2	2	296,4	5.31	2	96	22,4	2851,41	6,58	59	26	6	1	1,3	7,66	3,1	9,3	20	314	18	3,30	39	33	28	1,28
3	2	296,4	5.10	2	95	24,7	2866,96	6,62	61	33	6	1	1,2	7,86	3,3	9,6	21	312	20	3,20	39	33	28	1,35
4	2	291,2	5.26	2	101	24,3	2901,03	6,72	58	29	5	1	1,2	7,49	3,2	8,8	21	296	17	2,90	37	35	28	1,27
5	2	288,7	5.45	2	99	21,8	3194,95	6,52	49	22	7	1	1,5	7,92	3,1	10	21	308	20	3,30	37	39	24	1,22
6	2	292,4	5.38	2	100	27,5	2716,63	6,76	61	56	6	1	1	7,02	3,1	8,6	17	307	18	3,00	39	37	24	1,37
1	3	296,6	5.32	2	101	27,7	2940,8	6,63	65	26	11	1	1,7	8,42	3,8	11	20	306	21	3,90	35	35	30	1,37
2	3	308,1	5.10	2	103	26,2	2752,79	6,88	56	19	6	1	1,3	7,46	3,2	7,5	20	261	16	2,80	39	35	26	1,23
3	3	293,2	5.21	2	91	24,3	3049,27	6,75	44	29	8	1	1,3	8,34	3,7	8,5	20	246	15	3,30	37	35	28	1,23
4	3	288,4	5.27	2	84	27,7	2878,94	6,73	52	30	8	1	1,1	7,42	3,5	8,9	18	281	19	3,30	39	35	26	1,19
5	3	294,6	5.49	2	101	27	3348,81	6,57	56	18	5	1	1,4	6,82	3,3	8,2	20	309	20	3,20	37	35	28	1,25
6	3	292,8	5.39	2	76	30,8	2832,02	6,69	62	30	5	0	0,7	6,32	3	7,9	21	295	14	2,50	37	37	26	1,24

## Anexo N° 3 Análisis macro y micro nutrientes

MC-LASPA-2201-01



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



INFORME DE ENSAYO No: 22-0132

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**PETICIONARIO:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**DIRECCIÓN:** Coloma Roman Sur

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

14/02/2022  
15:45  
21/02/2022  
25/02/2022  
S4

Análisis	pH		N		P		S		B		K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO		CO.*		Textura (%)				IDENTIFICACIÓN							
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural										
22-0329	6,59	P N	41	M	19	M	5,4	B	0,6	B	0,87	A	9,62	A	3,18	A	9,3	A	21,1	A	277	A	15,6	A	3,02	3,67	14,76	13,67	2,6	A			35	37	28	FRANCO ARCILLOSO	T1 R1
22-0330	6,62	P N	55	M	29	A	6,5	B	0,5	B	1,03	A	10,66	A	3,23	A	9,5	A	20,4	A	285	A	19,5	A	3,30	3,13	13,48	14,92	3,4	A			39	35	26	FRANCO	T1 R2
22-0331	6,67	P N	42	M	27	A	5,6	B	0,4	B	0,86	A	8,56	A	3,35	A	9,7	A	23,3	A	318	A	17,3	A	2,56	3,91	13,91	12,76	2,5	A			37	31	32	FRANCO ARCILLOSO	T1 R3
22-0332	6,62	P N	61	A	37	A	4,8	B	0,5	B	1,44	A	9,99	A	3,76	A	9,2	A	19,7	A	293	A	19,7	A	2,66	2,62	9,56	15,19	3,7	A			35	37	28	FRANCO ARCILLOSO	T2 R1
22-0333	6,74	P N	59	M	62	A	4,9	B	0,5	B	1,30	A	8,75	A	3,36	A	9,2	A	17,2	A	304	A	17,3	A	2,60	2,57	9,28	13,41	3,3	A			39	39	22	FRANCO	T2 R2
22-0334	6,59	P N	32	M	88	A	6,6	B	0,5	B	0,97	A	8,77	A	3,67	A	8,2	A	21,1	A	327	A	17,2	A	2,39	3,78	12,81	13,41	2,7	A			39	35	26	FRANCO	T2 R3
22-0335	6,3	L Ac	59	M	41	A	5,5	B	0,5	B	0,75	A	8,13	A	3,15	A	7,4	A	17,1	A	303	A	15,8	A	2,58	4,20	15,03	12,03	2,7	A			37	39	24	FRANCO	T3 R1
22-0336	6,58	P N	59	M	26	A	6,4	B	0,6	B	1,25	A	7,66	A	3,11	A	9,3	A	19,9	A	314	A	17,5	A	2,46	2,48	8,59	12,02	3,3	A			39	33	28	FRANCO ARCILLOSO	T3 R2
22-0337	6,62	P N	61	A	33	A	6,2	B	0,5	B	1,20	A	7,86	A	3,29	A	9,6	A	20,9	A	312	A	20,3	A	2,38	2,76	9,33	12,35	3,2	A			39	33	28	FRANCO ARCILLOSO	T3 R3
22-0338	6,72	P N	58	M	29	A	5,1	B	0,5	B	1,21	A	7,49	A	3,17	A	8,8	A	20,5	A	296	A	16,5	A	2,36	2,61	8,78	11,87	2,9	A			37	35	28	FRANCO ARCILLOSO	T4 R1
22-0339	6,52	P N	49	M	22	A	6,7	B	0,6	B	1,47	A	7,92	A	3,08	A	10,1	A	20,8	A	308	A	19,8	A	2,57	2,10	7,50	12,46	3,3	A			37	39	24	FRANCO	T4 R2
22-0340	6,76	P N	61	A	56	A	5,5	B	0,6	B	1,03	A	7,02	A	3,07	A	8,6	A	16,8	A	307	A	18,1	A	2,29	2,97	9,77	11,12	3,0	A			39	37	24	FRANCO	T4 R3
22-0341	6,63	P N	65	A	26	A	11	B	0,8	B	1,66	A	8,42	A	3,84	A	10,7	A	20,2	A	306	A	21,3	A	2,20	2,31	7,37	13,92	3,9	A			35	35	30	FRANCO ARCILLOSO	T6 R1
22-0342	6,88	P N	56	M	19	M	6,1	B	0,6	B	1,34	A	7,46	A	3,18	A	7,5	A	19,6	A	261	A	15,5	A	2,35	2,37	7,95	11,98	2,8	A			39	35	26	FRANCO	T6 R2



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



INFORME DE ENSAYO No: 22-0132

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**PETICIONARIO:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Tamami Chela Edison Geovanny  
**DIRECCIÓN:** Coloma Roman Sur

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

14/02/2022  
15:45  
21/02/2022  
25/02/2022  
S4

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases meq/100g	MO %	CO.* %	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Arena	Limo	Arcilla							Clase Textural				
22-0343	6,75	P N	44	M	29	A	8,0	B	0,5	B	1,29	A	8,34	A	3,70	A	8,5	A	19,9	A	246	A	15,4	A	2,25	2,87	9,34	13,34	3,3	A	37	35	28	FRANCO ARCILLOSO	T6 R3
22-0344	6,73	P N	52	M	30	A	8,1	B	0,5	B	1,11	A	7,42	A	3,54	A	8,9	A	18,3	A	281	A	18,6	A	2,10	3,18	9,86	12,07	3,3	A	39	35	26	FRANCO	T8 R1
22-0345	6,57	P N	56	M	18	M	5,3	B	0,5	B	1,40	A	6,82	A	3,33	A	8,2	A	19,9	A	309	A	20,3	A	2,05	2,38	7,24	11,55	3,2	A	37	35	28	FRANCO - ARCILLOSO	T8 R2
22-0346	6,69	P N	62	A	30	A	4,6	B	0,4	B	0,72	A	6,32	A	2,97	A	7,9	A	20,5	A	295	A	14,0	M	2,13	4,13	12,91	10,01	2,5	A	37	37	26	FRANCO	T8 R3

Análisis	Al+H	Al*	Na *	C.E. *	N. Total*	N-NO3 *	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION

**OBSERVACIONES:**

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

**\* Ensayos no solicitados por el cliente**

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

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

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

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salin	M. = Medio
T = Tóxico			A = Alto



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALONSO LUCERO MALATAY**

LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA**

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

\* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

<b>VICERRECTORADO 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>	<b>Código</b>	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2023
		<b>Página</b>	Página 1 de 3

**INFORME N° 030-2023**

<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>						
<b>Solicitante</b>	Edison Tamami Chela					
<b>Muestra</b>	Suelo, cultivo de maíz, Laguacoto 3					
<b>Código asignado UEB</b>	INV 092					
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido					
<b>Envase de recepción</b>	Funda zipolc					
<b>Análisis requerido(s)</b>	Determinación de textura					
<b>Fecha de recepción</b>	26 de noviembre del 2022					
<b>Fecha de análisis</b>	05 diciembre del 2022					
<b>Fecha de informe</b>	09 de diciembre del 2022					
<b>Técnico (s) asignado</b>	MIPV					
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
<b>Código</b>	<b>Identidad de la muestra</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>Porcentaje de:</b>		<b>Tipo de Suelo</b>
INV 092	T1R1	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcilloso</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	34	
INV 092	T1R2	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcilloso</b>
				% Limo	34	
				% Arcilla	35	
INV 092	T1R3	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	30	<b>Franco arcilloso</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	35	

INV 092	T2R1	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	34	
				% Arcilla	35	
INV 092	T2R2	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	34	
INV 092	T2R3	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	34	
INV 092	T3R1	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	34	
INV 092	T3R2	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	30	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	35	
INV 092	T3R3	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	30	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	35	

INV 092	T4R1	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	34	
				% Arcilla	35	
INV 092	T4R2	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	35	
				% Arcilla	34	
INV 092	T4R2	Textura	Método de los Bouyoucos	% Arena	31	<b>Franco arcillos o</b>
				% Limo	34	
				% Arcilla	35	




---

Ing. Marcelo Vilcacundo  
**Director DIVIUEB**

## Anexo N° 4 Manejo de campo



Toma de muestras de cada tratamiento



Muestras de suelo etiquetadas



Toma de variable NMP



Selección de mazorcas para toma de variables



Secado de mazorcas



Desgrane, para peso kg/ha



Toma de variable



Almacenamiento



## **Anexo N° 5** Glosario de términos técnicos

**Agricultura de conservación:** es un sistema de cultivo que puede prevenir la pérdida de tierras cultivables y a la vez regenerar las tierras degradadas. La agricultura de conservación fomenta el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos, el laboreo mínimo de las tierras y la diversificación de especies vegetales.

**Cobertura del suelo:** Capa de materiales como paja, turba, compost, etc que se extiende sobre la superficie de un terreno para conservar la humedad y evitar que crezcan las malas hierbas.

**Intercambio catiónico:** Es la capacidad del suelo de mantener y cambiar cationes y se mide en miliequivalentes por 100 gramos de suelo y aumenta con el contenido de arcilla y de materia orgánica. En terrenos ácidos, la capacidad de intercambio catiónico está parcialmente saturada de iones de hidrógeno y aluminio, en suelos neutros y alcalinos, principalmente de bases como calcio, potasio y magnesio. No sólo tienen importancia los iones, sino también las relaciones de los iones entre sí.

**Materia orgánica:** es materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía.

**Rotación de cultivos:** es una técnica empleada en la agricultura. El método implica alternar los tipos de plantas que se cultivan en un mismo lugar con la intención de no favorecer el desarrollo de enfermedades que afectan a una clase específica de cultivos y de evitar que el suelo se agote.

**Suelo:** Se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua.

**Estructura del suelo:** Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas.

**Textura:** La textura es una de las propiedades más permanentes del suelo, no obstante, puede sufrir cambios por laboreo (mezcla de horizontes), erosión eólica (suelos más gruesos por pérdida de material), erosión hídrica (deposición de materiales más finos), etc.

**Densidad aparente:** La densidad aparente (DA) es una propiedad del suelo ampliamente utilizada en la agricultura, relacionada principalmente con las prácticas de manejo de los suelos y de las aguas.

**Profundidad del suelo:** La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables.