

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



## **TESIS**

**EFFECTO DE LA GALLINAZA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, FISICOQUÍMICAS  
Y BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL VALLE DE CAJAMARCA**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por el Bachiller:**

**BENEDICTO RUIZ GARCIA**

**Asesor:**

**Dr. ISIDRO RIMARACHÍN CABRERA**

**Cajamarca - Perú**


**2024**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**BENEDICTO RUIZ GARCIA**  
DNI: N° 47994650  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**
2. Asesor:  
**Dr. Isidro Rimarachín Cabrera**  
Facultad/Unidad UNC:  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller  Título profesional  Segunda especialidad  
 Maestro  Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis  Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
**EFFECTO DE LA GALLINAZA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL VALLE DE CAJAMARCA.**
6. Fecha de evaluación: 13/01/2025
7. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 17%
9. Código Documento: oid 3117:420593218
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Dr. Isidro Rimarachín Cabrera</b> DNI: 26676820



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Secretaría Académica



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiséis días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 588-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de noviembre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE LA GALLINAZA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL VALLE DE CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **BENEDICTO RUIZ GARCIA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciséis horas y treinta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecisiete horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
PRESIDENTE

Dr. Víctor Vásquez Arce  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera  
ASESOR

## **Dedicatoria**

*A mis padres y hermano por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida y sobre todo por ser ejemplo de constancia y humildad quienes me infundieron respeto, trabajo y honradez, a mi esposa e hija por acompañarme en cada momento de mi vida y por ser pieza fundamental de lucha y éxito.*

## **Agradecimiento**

*A Dios por darme la vida, salud, la fortaleza y darme la oportunidad de ser quien soy, por ser el ser que me acompaña en todo momento de mi vida, por ser mi fuerza y mi inspiración de cada día.*

*A los docentes de la Escuela Profesional de agronomía por haberme custodiado y brindado los conocimientos para poderme desempeñarme en la vida profesional de éxito.*

*A mi asesor Dr. Isidro Rimarachín Cabrera, por su profesionalismo, esfuerzo y apoyo permanente durante el desarrollo de esta tesis.*

## ÍNDICE

<b>ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA .....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Justificación de la investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Objetivo general .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5. Objetivos específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.6. Hipótesis y variables de estudio .....</b>	<b>21</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>21</b>
<b><i>Independiente</i> .....</b>	<b>21</b>
<b><i>Dependiente</i> .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>22</b>

<b><i>REVISIÓN DE LITERATURA</i></b> .....	<b>22</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	<b>27</b>
<b><i>CAPÍTULO III</i></b> .....	<b>42</b>
<b><i>MATERIALES Y MÉTODOS</i></b> .....	<b>42</b>
<b>3.1. Ubicación del experimento</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2. Materiales, diseño y tipo de la investigación</b> .....	<b>43</b>
<b>3.3. Diseño de la investigación</b> .....	<b>44</b>
<b>3.4. Población y muestra</b> .....	<b>46</b>
<b>3.5. Trabajo de campo</b> .....	<b>47</b>
<b>3.6. Técnicas para la recolección de datos</b> .....	<b>47</b>
<b>3.7. Trabajo de laboratorio</b> .....	<b>48</b>
<b>3.8. Trabajo de gabinete</b> .....	<b>48</b>
<b><i>CAPÍTULO IV</i></b> .....	<b>49</b>
<b><i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i></b> .....	<b>49</b>
<b>4.1. Estructura del suelo</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2. Porosidad del suelo</b> .....	<b>50</b>
<b>4.3. Retención del agua</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4. Análisis de varianza para la Arena, encontrados en el suelo.</b> .....	<b>54</b>

4.5.	Análisis de varianza para la Limo, encontrados en el suelo.....	56
4.6.	Análisis de varianza para la Arcilla, encontrados en el suelo.....	58
4.7.	Análisis de varianza para la Densidad Aparente, encontrados en el suelo.....	60
4.8.	Análisis de varianza para la Densidad Real encontrados en el suelo .....	62
4.9.	Análisis de varianza para el potencial de Hidrogeno (pH) que posee el suelo	65
4.10.	Análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico (CIC), encontrado en el suelo.....	67
4.11.	Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno (N), encontrado en el suelo .....	69
4.12.	Análisis de varianza para el contenido de fósforo (P), encontrado en el sustrato suelo .....	72
4.13.	Análisis de varianza para el contenido de potasio (K), encontrado en el suelo .....	74
4.14.	Análisis de varianza para el contenido de materia orgánica encontrado en el suelo... ..	77
4.15.	Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (CE).....	79
4.16.	Análisis de varianza para el contenido de CaCO <sub>3</sub> (%), encontrado en el suelo.....	81
4.17.	Análisis de varianza para el contenido de calcio (Ca), como catión cambiante (Ca <sup>+2</sup> ), encontrado en el suelo.....	83



4.18. Análisis de varianza para el contenido de magnesio (Mg), como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ), encontrado en el suelo. ....	90
4.19. Análisis de varianza para el contenido de magnesio (K), como catión cambiante ( $K^{+2}$ ), encontrado en el suelo. ....	92
4.20. Análisis de varianza para el contenido de Sodio (Na), como catión cambiante ( $Na^{+}$ ), encontrado en el suelo. ....	90
4.21. Contenido de Aluminio (Al) más hidrogeno (H), como suma de cationes cambiables ( $Al^{3+} + H^{+}$ ), encontrado en el suelo.....	92
4.22. Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo .....	94
4.23. Análisis de varianza para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo .....	96
4.24. Contenido de saturación de bases en el suelo por los diferentes tratamiento.....	98
<b><i>CAPÍTULO V</i></b> .....	<b>101</b>
<b><i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i></b> .....	<b>101</b>
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones .....	102
<b><i>CAPÍTULO VI</i></b> .....	<b>103</b>
<b><i>BIBLIOGRAFIA</i></b> .....	<b>103</b>
<b><i>ANEXOS</i></b> .....	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de varianza para la porosidad.....	51
Tabla 2 Prueba de Tukey para la porosidad .....	52
Tabla 3 Análisis de varianza para la retención del agua .....	53
Tabla 4 Prueba de Tukey para la retención de agua.....	53
Tabla 5 Análisis de varianza para la arena encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos .....	55
Tabla 6 . Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la arena encontrados en el suelo .....	56
Tabla 7 Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	57
Tabla 8 . Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para la suma de cationes, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	58
Tabla 9 Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	59
Tabla 10 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en la suma de cationes encontrados en el suelo .....	59
Tabla 11 Análisis de varianza para la densidad aparente, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	61
Tabla 12 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la densidad aparente encontrado en el suelo .....	62
Tabla 13 Análisis de varianza para la densidad real, encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos .....	63

Tabla 14 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la densidad real encontrados en el suelo .....	64
Tabla 15 Análisis de varianza para el potencial de Hidrogeno pH que posee el suelo.....	65
Tabla 16 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos con respecto al pH que posee el suelo. ....	66
Tabla 17 Análisis de varianza para la CIC encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos	68
Tabla 18 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, para la CIC encontrado en el suelo.....	69
Tabla 19 Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno (N), encontrado en el suelo para los diferentes tratamientos .....	70
Tabla 20 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de nitrógeno (N), obtenido en el suelo .....	71
Tabla 21 Análisis de varianza para el contenido de P encontrado en el sustrato suelo en los diferentes tratamientos .....	72
Tabla 22 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de fósforo, encontrado en el suelo.....	73
Tabla 23 Análisis de varianza para el contenido de potasio (K), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	75
Tabla 24 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de K encontrado en el suelo.....	76
Tabla 25 Análisis de varianza para el contenido de MO encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	77
Tabla 26 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de MO	

encontrado en el suelo .....	78
Tabla 27 Análisis de varianza para la CE encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos	79
Tabla 28 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la CE...	80
Tabla 29 Análisis de varianza para el contenido de $\text{CaCO}_3$ encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	81
Tabla 30 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de $\text{CaCO}_3$ .....	82
Tabla 31 Análisis de varianza para el contenido Ca como catión cambiante ( $\text{Ca}^{+2}$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos.....	83
Tabla 32 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de Ca como catión cambiante ( $\text{Ca}^{+2}$ ), encontrado en el suelo .....	84
Tabla 33 Análisis de varianza para el contenido de Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), como catión cambiante, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	85
Tabla 34 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos, en el contenido de Mg como catión cambiante ( $\text{Mg}^{+2}$ ), encontrado en el suelo .....	86
Tabla 35 Análisis de varianza para el contenido de Na, como catión cambiante ( $\text{Na}^{+}$ ), encontrado en el suelo.....	90
Tabla 36 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de Na como catión cambiante ( $\text{Na}^{+}$ ) encontrado en el suelo.....	91
Tabla 37 Análisis de varianza para el contenido de Na como catión cambiante ( $\text{Na}^{+}$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	92
Tabla 38 Contenido de Al más H como suma de cationes cambiables ( $\text{Al}^{3+} + \text{H}^{+}$ ), encontrado en el suelo, obtenido por los diferentes tratamientos .....	93

Tabla 39 Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos .....	95
Tabla 40 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos suma de cationes, encontrados en el suelo .....	95
Tabla 41 Análisis de varianza para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	97
Tabla 42 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo .....	97
Tabla 43 Análisis de varianza para la suma de bases cambiables encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	99
Tabla 44 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del experimento .....	42
Figura 2 Croquis del campo experimental .....	46
Figura 3 Porosidad obtenida con los distintos tratamientos .....	52
Figura 4 Retención del agua obtenido con los distintos tratamientos. ....	54
Figura 5 Arena encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos .....	56
Figura 6 Limo encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	58
Figura 7 Arcilla encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos.....	60
Figura 8 Densidad aparente encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos .....	62
Figura 9 Densidad real encontrada en el suelo encontrada en los diferentes tratamientos .....	64
Figura 10 pH del suelo obtenido por efecto de los diferentes tratamientos .....	67
Figura 11 CIC encontrado en el suelo por los diferentes tratamientos.....	69
Figura 12 Contenido de nitrógeno, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos.....	71
Figura 13 Contenido de fósforo, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos.....	74
Figura 14 Contenido de potasio (K) encontrado en el suelo, por los diferentes tratamientos.....	76
Figura 15 Contenido de materia orgánica, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos ....	78
Figura 16 Conductividad eléctrica obtenido por efecto de los diferentes tratamientos.....	80
Figura 17 Contenido de CaCO <sub>3</sub> , obtenido por efecto de los diferentes tratamientos .....	82
Figura 18 Contenido Ca como catión cambiante (Ca <sup>2+</sup> ), encontrado en el suelo, obtenido por el efecto de los diferentes tratamientos.....	84
Figura 19 Contenido de Magnesio (Mg), como catión cambiante (Mg <sup>2+</sup> ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos.....	87
Figura 20 Contenido Na como catión cambiante (Na <sup>+</sup> ), encontrado en el suelo en los diferentes	

tratamientos .....	91
Figura 21 Contenido de Al más H como suma de cationes cambiables ( $Al^{3+} + H^{+}$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos.....	94
Figura 22 Suma de cationes, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos .....	96
Figura 23 Suma de bases cambiables, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos.....	98
Figura 24 Contenido de porcentaje de saturación de bases, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos .....	100

## RESUMEN

La investigación, se realizó con el objetivo de determinar el efecto que causa las diferentes dosis de gallinaza en las propiedades físicas, físico-químicas, y biológicas del suelo después de cuatro meses en el valle de Cajamarca, el diseño de investigación fue experimental, Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA); con tres repeticiones y cuatro tratamientos. Los resultados en las propiedades físicas: porosidad y retención de agua muestran cambios significativos con el tratamiento T4. La densidad aparente muestra cambios significativos con los tratamientos T2, T3 y T4. El % arena, % limo, % arcilla y densidad real estadísticamente en todos los tratamientos son similares. Las propiedades químicas y biológicas pH, CIC, CE, Ca, ( $Al^{3+} + H^+$ ), suma de cationes, suma de bases cambiables y saturación de bases no muestra cambios significativos con los tratamientos T2, T3 y T4. El N, K,  $CaCO_3$  y Na muestra cambios significativos con el T4 respecto a los demás tratamientos. El P los tratamientos T4 y T3 muestra cambios significativos con respecto a los demás tratamientos. Con respecto a la MO los tratamientos T4 y T3 muestra cambios significativos respecto a los demás tratamientos. En la contratación de la hipótesis general la incorporación de la gallinaza en diferentes concentraciones muestra diferencia significativa  $p < 0,05$  con respecto al tratamiento T1. Se concluye que el uso de la gallinaza en concentraciones de 360 kg muestra diferencias significativas en la propiedad físicas porosidad, retención de agua  $p < 0,05$  con respecto a los demás tratamientos. Respecto a las propiedades químicas N, K,  $CaCO_3$  y Na el tratamiento T4 muestra cambios significativos respecto a los demás tratamientos  $p < 0,05$ . Las propiedades químicas pH, CIC, CE, Ca, ( $Al^{3+} + H^+$ ), suma de cationes, suma de bases cambiables y saturación de bases no muestra cambios significativos con los tratamientos T2, T3 y T4.

Palabras claves: Gallinaza, tratamientos, degradación, porosidad, saturación, pH, granulometría.



## ABSTRACT

The investigation was carried out with the objective of determining the effect caused by the different doses of chicken manure on the physical, physical-chemical, and biological properties of the soil after four months in the Cajamarca valley, the research design was experimental, Design of Completely Random Blocks (DBCA); with three repetitions and four treatments. The results in the physical properties: porosity and water retention show significant changes with the T4 treatment. The apparent density shows significant changes with the treatments T2, T3 and T4. The % sand, % silt, % clay and real density statistically in all treatments are similar. The chemical properties pH, CEC, CE, Ca, ( $Al^{3+} + H^+$ ), sum of cations, sum of changeable bases and base saturation do not show significant changes with the T2, T3 and T4 treatments. The N, K,  $CaCO_3$  and Na show significant changes with T4 compared to the other treatments. The P treatments T4 and T3 show significant changes with respect to the other treatments. Regarding the OM, the T4 and T3 treatments show significant changes compared to the other treatments. In contracting the general hypothesis, the incorporation of chicken manure in different concentrations shows a significant difference  $p < 0.05$  with respect to the T1 treatment. It is concluded that the use of chicken manure in concentrations of 360 kg shows significant differences in the physical property, porosity, water retention  $p < 0.05$  with respect to the other treatments. Regarding the chemical properties N, K,  $CaCO_3$  and Na, the T4 treatment shows significant changes compared to the other treatments  $p < 0.05$ . The chemical properties pH, CEC, CE, Ca, ( $Al^{3+} + H^+$ ), sum of cations, sum of changeable bases and saturation do not show significant changes with the treatments T2, T3 and T4.

Keywords: Chicken manure, treatments, degradation, porosity, saturation, pH, granulometry.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos más importantes para la actividad agrícolas, sin embargo, el manejo y cuidado que se le brinda es escaso. Para aumentar el potencial nutricional del suelo es obligatorio mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, para ello se propone la incorporación de materia orgánica, la cual puede proceder de diferentes actividades y fuentes (Duran y Sanchez, 2021).

Los abonos orgánicos se han utilizado durante siglos para agrandar la fertilidad del suelo y mejorar sus propiedades para el correcto crecimiento de los cultivos. Su importancia radica en su capacidad para aumentar efectivamente las ganancias y mejorar la calidad del producto (Torán, 2023).

Gracias a la producción intensa, la industria avícola puede proporcionar desechos orgánicos de alta calidad, como el estiércol de gallina, además de huevos y carne. Este material tiene grandes ventajas para aumentar el rendimiento de los cultivos, siendo las más importantes: el aporte de nutrientes como N, P y K y el aumento de la materia orgánica del suelo (Arbildo, 2021)

El estiércol de gallina es un excelente fertilizante cuando se usa discretamente. Es un abono orgánico que aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos oligoelementos. Aplicarlo al suelo también puede aumentar la materia orgánica, la fertilidad y la calidad del suelo (INTAGRI, 2015).

La gallinaza se identifica por su alto contenido de materia orgánica y carbono orgánico. Como enmienda orgánica mejora lentamente las propiedades físicas del suelo, mejora la retención y circulación de agua y aire en el suelo, y facilita la disponibilidad de nutrientes del suelo hacia las plantas (Fernando, 2020).

Los sistemas intensivos en la producción avícolas cada vez son más grandes por lo que generan enormes cantidades de estiércol que si no se les da un manejo adecuado generan en el ambiente problemas de contaminación a causa de las diferentes sustancias contaminantes que producen. La región Cajamarca es una región especialmente agropecuaria, muchos de los suelos se caracterizan por su escasa fertilidad, baja cantidad de materia orgánica, niveles medios de nitrógeno, fosforo. Por lo que el beneficio para reutilizar estos desechos mediante la incorporación de la gallinaza permite un reciclaje eficiente que le proporciona al suelo macro y micronutrientes e incrementa la cantidad de materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo; por tanto, el presente trabajo de investigación “Efecto de la gallinaza en las propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas del suelo en el valle de Cajamarca”, se realizó con la finalidad de contribuir con información básica que permita mejorar estas propiedades del suelo usando la dosis más apropiada de gallinaza.

### **1.1. Planteamiento del problema**

Los recursos de tierra y agua son fundamentales para el desarrollo agrícola y están intrínsecamente vinculados a desafíos totales como la inseguridad alimentaria y la pobreza, la ajuste y la atenuación del cambio climático, la degradación y el extenuación de los recursos naturales del suelo, afectando los medios de sostenimiento de millones de habitantes de las zonas rurales de todo el mundo (FAO, 2011).

La producción de alimentos en un mundo globalizado demanda la máxima eficiencia, además cumplir las leyes de inocuidad para afirmar la aprobación del producto en los mercados nacionales y mundiales. Los sistemas agrícolas convencionales basados en la aplicación de fertilizantes minerales solubles, en muchos casos no tienen en cuenta los mecanismos de absorción de las plantas, el equilibrio existente entre las plantas y el suelo, ni las barreras o sinergias entre

los nutrientes, ya que las plantas utilizan los nutrientes del aire, sintetizan alimentos a partir de elementos químicos logrados en el agua y el suelo (Didier et al., 2015).

Los fertilizantes químicos afectan el equilibrio de nutrientes de las plantas, el uso descomunal puede aumentar la inestabilidad de nutrientes del suelo. Por el contrario, la fertilización orgánica causa un aumento de la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana, así como una liberación progresiva de nutrientes a las plantas, teóricamente permite que las plantas absorban una nutrición más equilibrada. Por lo tanto, aunque la cantidad de nitrógeno seguidamente disponible para el cultivo puede ser menor con la fertilización orgánica, el estado nutricional general del cultivo puede ser mejor (Nicholls y Altieri, 2006)

El uso imperceptible de fertilizantes puede causar efectos perjudiciales que afecten la estructura y composición de los suelos agrícolas resultado suelos con alta salinidad y extenuación de los recursos minerales. Esto ha llevado a los agricultores a depender en gran medida de los fertilizantes sintéticos, por lo que a menudo se observa que su degradación se agranda ampliamente, lo que simboliza una amenaza a los suelos agrícolas de todo el mundo (Steckling et al., 2018)

El cultivo de pasturas en Cajamarca constituye la base fundamental para la actividad pecuaria ya que la región es la primera productora de leche a nivel nacional. Una práctica de manejo común entre los ganaderos es la incorporación de fertilizantes químicos los que producen variación del pH, avería de la estructura del suelo, que inciden en el rendimiento de los cultivos evitando una óptima producción. En nuestra zona no es tan difundida la incorporación de abono orgánico por que se desconoce los efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas sobre el suelo.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué dosis de gallinaza influye en las propiedades físicas, físico-químicas, y biológicas el suelo?

## **1.3. Justificación de la investigación**

El deterioro de la productividad de la tierra puede manifestarse de varias maneras. Primero, puede haber pérdida de materia orgánica y degradación física del suelo, como en la deforestación de los bosques, la estructura del suelo se degrada velozmente. En segundo lugar, los suelos alcanzan apreciar agotamiento de nutrientes y degradación química. Estas pérdidas por sobreexplotación de nutrientes y la consiguiente erosión son mayores cuando en los sistemas de labranza no se incluyen fertilización o fijación de nitrógeno. El tercer aspecto del deterioro es la erosión del suelo in situ inducida por una mala gestión de la tierra (FAO, 2011).

La adopción generalizada de prácticas sostenibles de gestión de la tierra requerirá la voluntad política de la comunidad internacional para brindar apoyo financiero e institucional para la adopción generalizada de prácticas agrícolas responsables (FAO, 2011).

La aplicación de abonos orgánicos es una opción para la mejora de la calidad del suelo. Con el pasar del tiempo se mejora la capa orgánica del suelo. La aplicación habitual permite optimizar propiedades del suelo como: compactación, permeabilidad, aireación, pH, absorción de nutrientes, humedad, etc. Sin embargo, la disponibilidad de nutrientes que proporcionan al suelo es, normalmente más lento que el que producen los fertilizantes químicos (Arango, 2017).

Las propiedades físico químicas del suelo influyen en su calidad así como también en el uso que se le puede dar, es decir, la textura, la densidad, contenido de materia orgánica, la CIC, entre otras propiedades admiten el buen funcionamiento del suelo para el crecimiento de las plantas, regulan la infiltración de agua en el suelo, actividad población de organismos del suelo,

incluida la tasa de liberación y acumulación de gases de efecto invernadero (Weil y Brady, 2016).

Cajamarca es una región agrícola y la mayor parte de su economía se basa en la producción agropecuaria, por lo tanto, se busca opciones en el manejo del suelo en forma razonable. Actualmente, es muy importante aprovechar estos residuos (gallinaza) ya que optimizan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a través de la incorporación de nutrientes por medio de la regulación del balance hídrico del mismo.

#### **1.4. Objetivo general**

Determinar el efecto que causa las diferentes dosis de gallinaza en las propiedades físicas, físico-químicas, y biológicas del suelo después de cuatro meses en el valle de Cajamarca.

#### **1.5. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de las diferentes dosis de gallinaza en las propiedades físicas: estructura, % de porosidad, retención de agua.

Evaluar el efecto de las diferentes dosis de gallinaza en las propiedades físico-químicas: pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Conocer el efecto de las diferentes dosis de gallinaza en el incremento de N-P-K y materia orgánica del suelo.

#### **1.6. Hipótesis y variables de estudio**

##### **Hipótesis**

Las diferentes dosis de gallinaza, influirán en las diferentes propiedades físicas, físico-químicas y biológica del suelo

##### **Variables**

##### **Independiente**

Dosis de gallinaza

##### **Dependiente**

Propiedades físicas, físico químicas y bilógicas del suelo

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Internacionales

Moya y Farinango (2020) en su estudio “Evaluación de propiedades físico químicas en suelos agrícolas mediante abonos orgánicos en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) en Santa Martha de Cuba, Carchi”. Objetivo evaluar las propiedades físico químicas del suelo agrícola mediante abonos orgánicos en cultivo de papa. Se aplicó un Diseño Cuadrado Latino de 16 unidades. Los tratamientos fueron: T0 Fertilizante químico, T1 Compost, T2 Humus de Lombriz, T3 Champiñonaza. Resultados: La textura inicial, fue de tipo franco con una disposición inicial de 46.88% de arena; 39.75% de limo y 13.38% de arcilla; después de la aplicación de los tratamientos: T0 se obtuvo 46% de arena, 42% limo y 12% arcilla; para el T1 47% de arena, 40% limo y 13% arcilla; para el T2 45,5% de arena, 41,5% limo y 13% arcilla, para el T3 45% de arena, 43% limo y 12% arcilla. Luego de la aplicación de los tratamientos, la textura final no mostró diferencias estadísticas en su estructura y composición; arena ( $p= 0.43$ ); limo ( $p= 0.84$ ) y arcilla ( $p= 0.60$ ) entre los tratamientos. El pH inicial fue 5,47 luego de los tratamientos T0 5,82; T1 5,85; T2 5,71 y T3 5,72. La MO inicial fue de 15.30 luego de los tratamientos T0 17,48; T1 17,23; T2 18,68 y T3 17,63. El P inicial fue de 142,25; ppm luego de los tratamientos T0 124,50; T1 132,25; T2 135,25 y T3 135,5 ppm. El K inicial fue 0,93 meq /100 ml de luego de los tratamientos T0 0,56; T1 0,45; T2 0,48 y T3 0,49 meq /100 ml. El Ca inicial fue de 14.03 meq/100ml luego de los tratamientos T0 11,95; T1 10,73; T2 9,90 y T3 10,48 meq /100 ml. El Mg fue de 1.41 meq/100ml luego de los tratamientos T0 1,14; T1 1,10; T2 1,03 y T3 0,96 meq /100 ml.

Elejalde (2018) en su estudio Aplicación de enmiendas órgano-minerales como estrategia para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de dos suelos representativos del Valle del Cauca. Objetivo determinar la relación abono orgánico: mineral de arcilla más apropiada para formular una enmienda órgano-mineral que mejore las propiedades físicas y químicas de dos suelos. Los tratamientos testigo, lombricompost, gallinaza, montmorillonita, 3 proporciones de mezcla entre lombricompost y montmorillonita, y 3 proporciones de mezcla entre gallinaza y montmorillonita. Se utilizó DCA con 9 tratamientos y un testigo. Resultados la textura inicial del suelo ácido fue de franco arcillo arenoso (Arena: 55,18%; Limo: 22% y Arcilla: 22,82%); la H<sup>o</sup>: 29,65; la porosidad: 66,02%; la densidad real: 2,59 g/cm<sup>3</sup>; la densidad aparente: 0,8 g/cm<sup>3</sup>; el pH 5.11, la CE: 0,15 dS/m; MO: 7,02%; N total: 0,18%, la CIC: 23,80 cmol (+) /kg; Ca:0,375 meq/100 g; Na: 0004 meq/100 g; K: 0,170 meq/100 g; Mg: 9,290 meq/100 g. La textura inicial del suelo básico fue arcilloso (Arena: 22,82%; Limo: 34% y arcilla: 42,82%); la H<sup>o</sup>: 45,95 %; la porosidad: 49.26%; la densidad real: 2,72g/cm<sup>3</sup>; la densidad aparente: 1,38g/cm<sup>3</sup>; el pH 6,85, la CE 0,10 dS/m; MO. 2,69%; N total: 0,28%, la CIC 28,40 cmol (+) /kg; Ca:0,925 meq/100 g; Na: 0004 meq/100 g; K: 0,170 meq/100 g; Mg: 9,290 meq/100 g. La humedad fue mayor en el suelo ácido que en el básico, estuvieron entre 49,4 % y 67,7 %, y entre 31,6 % y 64,1 %, pH Independiente del tipo de abono, todos los tratamientos aumentaron el pH del suelo respecto al control debido al pH alcalino de la gallinaza. La CIC de los tratamientos del suelo ácido fue inferior a 50 cmol (+) / kg, en el suelo básico estuvo por debajo de los 35 cmol (+) / kg. En todos los tratamientos aumento la MO del suelo, a excepción del tratamiento Montmorillonita. Respecto al N total en el suelo ácido, el tratamiento que aportó mayor cantidad de N fue Lombricompost.



### 2.1.2 Nacionales

Moreno et al., (2020) en un estudio Calidad de abonos orgánicos hechos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. El objetivo fue evaluar la calidad de abonos orgánicos (estiércol sólido, biosol y biol). Los tratamientos fueron: fertilizante químico (T1, control), estiércol sólido (T2), fertilizante químico + estiércol sólido (T3), biosol (T4) y biol (T5). Se utilizó el DBCA. Resultados el pH inicial fue de 6,93 T1 7,04; T2 7,33; T3 7,38; T4 7,80 y T5 7,86. La conductividad eléctrica inicial fue de 3,42 dS/m T1 1,47 dS/m; T2 1,25 dS/m; T3 1,80 dS/m; T4 1,10 dS/m y T5 1,63 dS/m. La MO inicial fue de T1: 1,0%; T2: 1,0%; T3: 2,56%; T4: 1,8%; 1,46% y T5: 1,38%. El P inicial fue de T1: 23,5 ppm; T2: 24,7 ppm; T3: 59,4 ppm; T4: 40,1 ppm; 26,4 ppm y T5: 19,8 ppm. El K inicial fue de 183 ppm T1: 170 ppm; T2: 230 ppm; T3: 189 ppm; T4: 195 ppm y T5: 152 ppm. La CIC inicial fue de 21,92; T1: 19,5; T2: 19,94; T3: 20,8; T4: 19,84 y T5: 20,95.

Torres (2020) en su estudio Aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales y su efecto en las propiedades físico químicas y formación de materia seca de maíz (*Zea mays L.*). San Jerónimo de Tunán, 2017. El objetivo general fue determinar las propiedades físico químicas de un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales y la formación de materia seca de maíz (*Zea mays L.*), después de la aplicación de abonos orgánicos, en San Jerónimo de Tunán. Tipo de investigación aplicada. DBCA con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos T1: Compost; T2: Estiércol; T3: Humus y T4: Testigo. Resultados: El pH del T4:  $7.807 \pm 0.074$ ; T3:  $7.583 \pm 0.150$ ; T1:  $7.577 \pm 0.183$  y T2:  $7.57$  y  $7.517 \pm 0.107$ . El tratamiento T4 y T2 no intervienen ninguna por lo que el T4 es estadísticamente superior al T2. El T3, T1 y T2 son estadísticamente similares. El Carbonato de Calcio del T4:  $5.733 \pm 1.122$ ; T1:  $4.167 \pm 1.422$ ; T2:  $3.900 \pm 0.557$ ; T3:  $3.367 \pm 1.266$ . estadísticamente los datos son

similares. La MO del T1:  $5.277 \pm 2.103$ ; T2:  $5.030 \pm 1.512$ ; T3:  $4.207 \pm 0.429$  y T4:  $1.757 \pm 1.131$ . El T1 y el T4 no comparten ninguna letra en común por lo que el T1 es estadísticamente superior al T4. El T2, T3, y T4 son estadísticamente son similares. La CIC del T3:  $17.173 \pm 1.124$ ; T2:  $16.373 \pm 0.847$ ; T1:  $15.360 \pm 1.554$  y T4:  $14.827 \pm 1.868$  estadísticamente los datos son similares. Contenido de Arena del T3:  $52.333 \pm 3.06$ ; T1:  $51.000 \pm 2.00$ ; T1:  $49.000 \pm 3.46$  y T4:  $48.333 \pm 3.06$  estadísticamente los datos son similares. Contenido de Limo del T2:  $30.00 \pm 2.00$ ; T4:  $29.33 \pm 3.055$ ; T1:  $28.00 \pm 0.00$  y T4:  $26.67 \pm 1.155$ , estadísticamente los datos son similares. Contenido de Arcilla del T1:  $21.00 \pm 2.00$ ; T2:  $21.00 \pm 2.00$ ; T3:  $21.00 \pm 3.46$  y T4:  $22.33 \pm 3.06$ , estadísticamente los datos son similares.

Cotrina (2019) en su estudio “Efecto de abonos orgánicos en las propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao – 2017” el objetivo fue evaluar el efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao, el diseño de investigación (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos fueron T1 Testigo; T2 Bocashi; T3 Compost y T4 Gallinaza. Resultados: Propiedades físicas % de Arena T1 32,75%; T2 33%; T3 33% y T4 32,75% no hay diferencia estadística entre tratamientos. % de Arcilla T1 44,50%; T2 44%; T3 44% y T4 44,5% no hay diferencia estadística entre tratamientos. % de Limo T1 22,75%; T2 23%; T3 23% y T4 22,75% no hay diferencia estadística entre tratamientos. Propiedades químicas pH T1 4,48; T2 4,73; T3 5,52 y T4 4,59 no hay discrepancia estadística entre tratamientos. Materia orgánica T1 1,95; T2 2,28; T3 2,19 y T4 2,14 hay diferencia estadística respecto al testigo. los tratamientos son diferentes significativamente en cuanto a la variable Nitrógeno (N); los tratamientos T4 0.17% y T2 0.14% estadísticamente son iguales y superiores frente al testigo que obtuvo 0.10% de N. Fosforo T1 7,24%; T2 7,67%; T3 7,47% y T4 7,40% hay diferencia estadística del Bocashi respecto a los

demás tratamientos. Potasio T1 62,79 ppm; T2 63,68 ppm; T3 66,19 ppm y T4 65,81 ppm no hay diferencia estadística entre tratamientos. Calcio T1 2,29 mol(+)/kg; T2 2,30 mol(+)/kg ; T3 2,28 mol(+)/kg y T4 2,25 mol(+)/kg no hay diferencia estadística entre tratamientos. Magnesio T1 0,49 mol(+)/kg; T2 0,51 mol(+)/kg ; T3 0,51 mol(+)/kg y T4 0,47 mol(+)/kg no hay diferencia estadística entre tratamientos. Aluminio T1 1,11 mol(+)/kg; T2 0,82 mol(+)/kg ; T3 0,90 mol(+)/kg y T4 0,95 mol(+)/kg. Indica que los tratamientos son diferentes estadísticamente en cuanto a la variable Al; sin embargo, el tratamiento testigo T1 fue superior; frente a T2. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva T1 4,11; T2 5,46; T3 4,72 y T4 4,27 no hay diferencia estadística entre tratamientos.

Astulla (2019) en su estudio Efectos de abonos orgánicos en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. var. canario en un suelo ácido Satipo. El objetivo de establecer el efecto de los abonos orgánicos en las características suelo ácidos, en las características morfológicas y en el rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Se usó el DCA, con cinco tratamientos y tres repeticiones. T0: Testigo; T1: Compost; T2: Terrasur; T3: Guano de isla y T4: Humus. Resultados para el pH la incorporación de abonos orgánicos en el pH, el Tratamiento T2 es estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos, el T4 6,16 y el T1 6,07 son estadísticamente iguales y superiores al T3 5,52 y esta a la vez es superior al T0 4,94. Materia Orgánica T0: 2,19; T4: 2,47; T1: 2,58; T3: 2,33 y T2: 2,58; se presentan diferencia estadística altamente significativa en la MO. El Fosforo los tratamientos T0: 10,6 mg/kg; T4: 37,03 mg/kg; T1: 38,79 mg/kg; T3: 39,92 mg/kg y T2: 42,87 mg/kg muestra diferencia estadística entre tratamientos siendo el testigo T0 inferior al resto de tratamientos. CIC T0:10,07 meq/100 g; T4: 12,61meq/100g; T3: 13,18 meq/100g; T1: 13,45 meq/100g y T2: 14,85 meq/100g. El Magnesio intercambiable T0: 2,84 meq/100 g; T3: 3,00 meq/100g; T4: 3,6 meq/100g; T1: 3,97 meq/100g y T2: 4,72 meq/100g. El K intercambiable T0:

0,68 meq/100 g; T1: 1,3 meq/100g; T4: 1,69 meq/100g; T3: 2,48 meq/100g y T2: 2,94 meq/100g.

Para la Arena, Limo y Arcilla la aplicación de abonos orgánicos no presenta diferencia estadística significativa.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Suelo**

Es una formación natural que se halla en la encrucijada de la litosfera, la hidrosfera, la biosfera y la atmósfera. Resultante de la meteorización de procesos físicos, químicos y biológicos en el medio original. Estos procesos cambian el material original, dándole una morfología desigual y un conjunto de propiedades. El suelo está formado por componentes orgánicos y minerales que pueden existir en estado sólido, líquido o gaseoso. Estos mecanismos interactúan entre sí para formar otros niveles organizacionales que pueden variar en el tiempo y el espacio en una escala horaria, centenaria o incluso milenaria. Es un sistema complicado donde tienen lugar procesos químicos, físicos y biológicos continuos (Gardi et al., 2014).

### **2.2.2. Propiedades del suelo**

Una propiedad física, química o biológica de un suelo es una propiedad que determina al suelo; Por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que está hecho, la cubierta vegetal, la persistencia de la meteorización. la topografía y los cambios artificiales producidos por las actividades humanas a lo extenso del tiempo (Sposito, 2008) .

### **2.2.2.1. Propiedades físicas**

#### **A. Textura**

La textura simboliza el porcentaje de elementos encontrados que disponen al suelo. Arena, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene buena textura si las proporciones de los elementos que lo componen ofrecen un soporte que promueve el anclaje y la nutrición del sistema radicular de la planta (Rucks et al., 2004).

La textura expresa la repartición del tamaño de las partículas solidas que componen el suelo. Por medio de la textura del suelo se puede evaluar ciertos caracteres como su capacidad de producción, proceder mecánico, capacidad de retención de agua, capacidad de carga, tasa de infiltración, densidad aparente, utilidad contrastándolo con la profundidad e inclinación, etc. (Pereira et al., 2011).

#### **Clasificación textural**

Los suelos generalmente están formados por más de una clase textural. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor igualdad. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que se llama textura del suelo.

#### **Arena**

Son partículas minerales solidas que varían en tamaño de 2 mm a 0,02 mm. La arena conforma la mayor parte del suelo, compuesta primariamente por granos de cuarzo más o menos meteorizados. La arena no tiene la capacidad de añadir, por lo que sus partículas no pueden adherir y aparecer por separado. Los principales minerales que arreglan la arena son el cuarzo, el feldespato, la mica, etc. Son visibles y se pueden observar por separado. Tienen una relación superficie/volumen muy baja (alrededor de 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su función principal es la composición de la matriz del suelo (López, 2010).

## **Limo**

Clase de partículas minerales que varían en tamaño de 0,02 a 0,002 mm. El limo está combinado de partículas de tamaño pequeño a mediano como el talco. Su composición química es análoga a la de la arena. Por lo tanto, el Limo no tiene la capacidad de agregarse. Sus partículas no establecen una estructura. No experimentan dilatación ni contracción y su relación superficie/volumen es baja ( $300-3000 \text{ m}^{-1}$ ). Su capacidad de intercambio catiónico es baja (López, 2010).

## **Arcilla**

La arcilla es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo se forman a partir del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla se forma a partir de cambios químicos en el material original. Por lo tanto, difiere mineralógicamente de las fracciones anteriores porque están compuestas por minerales originados por la meteorización que no se ven en rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla pueden agregarse y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a  $2 \mu\text{m}$  y tienen propiedades físicas y químicas especiales. Su relación superficie/volumen supera los  $3000 \text{ m}^{-1}$  (López, 2010).

Las arcillas exhiben un procedimiento coloidal y la absorción de materia orgánica las hace más reactivas, lo que resulta en una reducción de su composición en el suelo. Además, la materia orgánica juega un papel importante debido a su mayor capacidad de intercambio catiónico y detención de agua, así como su capacidad quelante e influencia en la estabilidad del suelo (Pimentel et al., 2009)

## **B. Estructura**

Se define como la disposición de las partículas del suelo. Se entiende por partículas no sólo las definidas como fracciones granulares (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o

elementos ordenados resultantes de la agregación de fracciones granulares. Por lo tanto, "partícula" se refiere a cualquier unidad constitutiva del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o suplente (agregado o unidad estructural) (Rucks et al., 2004).

### **C. Color**

Esta es una de las propiedades que está directamente relacionada con la temperatura, la dinámica de los elementos y el movimiento del agua en el suelo, la disposición de las sustancias orgánicas, el número de organismos, el desarrollo del suelo, etc. A simple vista es posible sacar conclusiones sobre varios procesos y eventos que han tenido lugar a través del tiempo y en la actualidad (Ramirez, 1997).

### **D. Porosidad**

El espacio poroso del suelo es aquella parte del mismo que en su estado natural está ocupado por aire y/o agua. El volumen de este espacio poroso depende de la disposición las partículas sólidas. el grado de la porosidad del suelo en la agricultura es muy grande, y sus características penden de la naturaleza, estructura, composición de la materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos y otras características del suelo y su manejo (Flores y Alcala, 2010).

Dentro del espacio poroso, se puede hacer una distinción entre macroporos y microporos. Los primeros no retienen agua por gravedad y por tanto son las encargadas del drenaje y aireación del suelo y son el vital espacio para el desarrollo radicular. Los microporos son los que retienen agua, parte de la cual está disponible para las plantas. Las características del espacio poroso dependen de la textura y estructura del suelo. Cuando la fracción de arcilla domina la textura, hay diversos microporos en la porosidad total del suelo que cuando domina la fracción de arena. En este caso, una gran cantidad de macroporos están presentes en el espacio poroso. Esto se puede entender claramente si se considera que los espacios entre las partículas microscópicas de arcilla

son pequeños, en cambio, los poros entre las partículas de arena son más grandes. En cuanto al tamaño de la porosidad total, es mayor cuando domina la fracción fina que cuando domina la fracción gruesa. Los suelos arcillosos tienen más porosidad total que los suelos arenosos (Rucks et al., 2004).

La porosidad total del suelo depende de la densidad aparente del suelo. Los fertilizantes orgánicos tienen una densidad aparente baja y, cuando se agregan al suelo, aumentan la porosidad del suelo, lo que facilita la penetración de las raíces de las plantas. Al agregar materia orgánica, se aumentan los poros de mayor diámetro, deteniendo así el agua con menos energía (Martínez et al., 2008)

## **E. Densidad**

Es la relación entre la masa y el volumen en este volumen se considera todo el espacio poroso total presente. Esta es una propiedad que nos permite conocer las condiciones en las que se encuentra el suelo en cuanto a compactación y porosidad, presencia de agua y oxígeno, etc. (Ramirez, 1997)

### **Densidad aparente**

Es una medida del peso del suelo por unidad de volumen ( $\text{g/cm}^3$ ) y se estudia utilizando suelos secados al horno a  $110^\circ\text{C}$ . La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y orgánicas y la porosidad del suelo. Si consideramos cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es claro que solo una cierta parte de este volumen está ocupada por la sustancia del suelo. Casi todos los suelos tienen una densidad aparente en el rango de 0,4 a  $2,0 \text{ g/cm}^3$ . La densidad aparente es importante para las pruebas cuantitativas de suelos. Los resultados de la densidad aparente son la base para deducir los movimientos de humedad, el grado de formación de arcilla en los perfiles del suelo. (Aguilera 1989 citado por Huerta, 2010).



La densidad del suelo que se deduce teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al medir el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la colocación que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posee (Jaramillo, 2002).

Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, entre ellos la textura, la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo, así como el manejo del suelo. En contraste con la densidad real que es más o menos constante, la densidad aparente varía mucho debido a la variación en la cantidad/calidad del espacio poroso. Los suelos de textura fina, bien estructurados y con alto contenido de materia orgánica tienen valores de densidad aparente más bajos que los suelos de textura gruesa, mal estructurados y con bajo contenido de materia orgánica. (Rubio, 2010).

Los abonos orgánicos tienen una densidad aparente baja, y cuando se agregan al suelo, disminuye su densidad aparente. Los abonos orgánicos, dependiendo de las tasas de aplicación, reducen la densidad aparente del suelo (Ramos y Terry, 2014).

El espacio poroso total se aumenta a medida que la textura es más fina, resultando en una disminución de la  $d_a$ . Una gran proporción de limo, que no suscita la agregación, provoca un aumento de la densidad aparente al tapar los poros generados entre las partículas de arena; en cambio, un incremento en las proporciones de arcilla y materia orgánica agrandan el volumen de pequeños poros y promueve la formación de estructura provocando una disminución de la  $d_a$  (Collazo, 2012).

A medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, la densidad aparente disminuye y viceversa (Salamanca y Sadeghian, 2005).

## **Densidad Real**

La forma de expresar el peso del suelo se manifiesta por la densidad de sus partículas sólidas constituyentes. Se define usualmente como masa (o peso) por unidad de volumen de sólidos del suelo y se llama densidad de partículas; aunque se pueden observar variaciones significativas en la densidad de los suelos minerales individuales; la mayoría de los suelos normales varían entre estrechos límites 2,60 y 2,7 g/cm<sup>3</sup> ( Buckman y Brady, 1966 citado por Huerta, 2010).

## **F. Humedad**

Es la cantidad de agua que posee un suelo es una de sus propiedades más específicas y está determinada principalmente por su composición granulométrica, el contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y la estructura del medio físico edáfico por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificial (riego) y por el consumo por evaporación (Jaramillo, 2002).

### **2.2.2.2. Propiedades Químicas**

#### **A. pH del Suelo**

El pH indica la acidez de la solución del suelo, no la acidez total del suelo. El pH influye sobre el desarrollo de las plantas y la fauna del suelo, también afecta la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización, así como el estado de ciertos nutrientes (Pereira et al., 2011).

La respuesta del suelo es la característica que establece la acidez o alcalinidad que muestra y tiene una gran atribución en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En general, una sustancia se considera un ácido cuando es capaz de donar un protón al disociarse para formar iones hidronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Asimismo, una sustancia se considera base cuando al disociarse recibe un protón del agua, actúa como ácido y produce iones hidróxido (OH<sup>-</sup>) (Jaramillo, 2002).

Algunas oscilaciones de pH ocurren en diferentes épocas del año. Durante el verano el pH de los suelos minerales tiende a disminuir debido a la producción de ácido, especialmente durante el cultivo. Durante el invierno y la primavera se observó un ampliación del pH, posiblemente debido a la actividad biológica. Como resultado, el efecto de alcalinizar la solución tenderá a aumentar el pH. Los microorganismos del suelo se ven afectados por las fluctuaciones en la respuesta de las soluciones del suelo. Las bacterias y los actinomicetos funcionan mejor en suelos minerales de pH medio y alto, y su actividad se reduce considerablemente a valores de pH inferiores a 5,5. Los suelos con un pH intermedio (6 a 7) son los que exhiben el mejor estado biológico porque las condiciones de nutrientes son favorables, pero no extremas y la asimilación de fósforo se maximiza (Porta et al., 2003).

La incorporación frecuente de abonos ayudan a la disminución del pH del suelo (Liebig et al., 2002).

#### **B. La conductividad eléctrica (CE)**

La CE es una medida de la capacidad de un material para conducir electricidad, ordinariamente el valor es mucho más alto cuando se moviliza la corriente a través del mismo. Esto significa que cuanto mayor sea la CE, mayor será la salinidad. Se encomienda que la CE del sustrato sea lo más baja posible, por debajo de  $1\text{dS m}^{-1}$  (1 + 5 v/v) si es posible. El bajo nivel de CE facilita el manejo de los fertilizantes y evita problemas relacionados con la fitotoxicidad de las plantas (Barbaro et al., 2005).

#### **C. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

El intercambio catiónico se define como un proceso reversible en el que las partículas del suelo absorben iones de la fase acuosa mientras libran otros iones en cantidades iguales, estableciendo un equilibrio entre todas las fases. La capacidad de intercambio catiónico se suele

expresar en meq/100g de suelo, dependiendo de la fracción de coloides y la composición mineralógica. En suelo arenoso logran un valor de unos 5 meq/100g, y en suelo arcilloso pueden superar los 15 meq/100g. Este es un proceso dinámico que tiene lugar en la superficie de las partículas. Dado que los iones adsorbidos permanecen en el entorno en posición asimilable componen la reserva de nutrientes para las plantas (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2012).

El intercambio catiónico es un proceso cambiante, estequiométrico y rápido en el que la fase sólida elimina y retiene algunos iones de la solución del suelo mientras transfiere una cantidad igual de otros para establecer un nuevo equilibrio entre dos etapas. Los procesos de intercambio anteriores ocurren tanto con cationes como con aniones, y la acumulación se debe a la presencia de cargas electrostáticas en los iones asistentes en el suelo, los cuales se atraen hacia los sitios de carga contraria para neutralizarse. Este tipo de semejanza electrostática se llama adsorción (Jaramillo, 2002).

### **2.2.2.3. Propiedades Biológicas**

#### **A. Materia orgánica**

La parte orgánica del suelo es una de las partes más significativas del medio ambiente, porque a través de ella se mantiene la vida en la tierra. Debido a la obstáculo que suele caracterizarlo, su definición suele ser parcial e imprecisa, pero se acepta ampliamente que incluye: i) biomasa del suelo, es decir, tejidos intactos de todos los organismos vivos, ii) restos conocidos de plantas, animales e insectos en diversos grados de descomposición, y iii) una mezcla sustancias orgánicas sólida amorfa y coloidal que no se ha identificado como tejido, sintetizados por los microorganismos (Weil y Brady, 2016).

La materia orgánica afecta la naturaleza física, química y biológica del suelo a través de la alta presencia y actividad de organismos benéficos, que contribuyen a un ecosistema saludable y razonable, control biológico de algunos patógenos, aumento de la porosidad del suelo, retención de agua, formación de estructura resistentes a la erosión, almacenas sustancias valiosas, crea filtros para productos químicos tóxicos y crea un buen ambiente para el crecimiento de las raíces. Por lo tanto, se espera que el mejoramiento de las propiedades del suelo a través de la materia orgánica conduzca a un aumento en la producción de especies cultivadas, al tiempo que ayuda al medio ambiente (Sadeghian, 2010).

## **B. Nitrógeno (N)**

Los suelos dominan una proporción insignificante del nitrógeno de la litosfera, y de este N del suelo una pequeña cantidad está disponible directamente para las plantas. Esto ocurre principalmente en forma de iones  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . El nitrógeno es un elemento altamente móvil que circula entre la atmosfera, el suelo y los organismos vivos. Muchos procesos y causas están involucrados en el ciclo del N. Algunos de ellos son físicos químicos, mientras que otros son biológicos. La cantidad de  $\text{N}_2$  fijado puede variar de un lugar a otro, dependiendo en gran medida de factores edáficos como el pH del suelo, el fósforo disponible, el potasio, la presencia de metales pesados y la humedad del suelo. (Mengel y Kirkby, 2000).

El Nitrógeno en ambientes agrícolas, se puede encontrar de diferentes formas ya que puede existir en diferentes estados de valencia. El estado de valencia depende del estado fundamental. La evolución y el flujo de N de un estado de valencia a otro pende de la rotación del N. Por ejemplo, el  $\text{N}_2$  atmosférico (carga 0) se convierte por la luz en óxidos diferentes y, finalmente, en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (+5) que es absorbido por el suelo y la lluvia. Además, el  $\text{N}_2$  se puede cambiar en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) mediante la preparación de microorganismos (Bonadeo et al., 2017).

## **Fosforo (P)**

A diferencia del nitrógeno, los combinados de fósforo son más insolubles y más dificultosos de filtrar del suelo. Por tanto, este elemento no suele ser un factor limitante en los cultivos. Los inconvenientes con este elemento casi siempre se deben a la mala absorción por parte del sistema radicular de la planta. El exceso de nitrógeno, el alto pH del suelo y las bajas temperaturas tienen más posibilidades de causar una mala absorción de nitrógeno que la falta de este elemento en el suelo (Casas y Casas, 1999).

## **C. Potasio (K)**

El potasio total en la superficie terrestre es de alrededor del 2,3%. La mayor parte de este potasio está agrupado con minerales esenciales o está presente en minerales arcillosos sustitutos, que crean la fracción de arcillas del suelo, con un tamaño de menos de 2  $\mu\text{m}$ . Por esta razón, los suelos arcillosos suelen tener un alto contenido de potasio (Mengel y Kirkby, 2000).

## **D. Calcio (Ca)**

El calcio en el suelo procede primariamente de las rocas y minerales que forman la matriz. De esta manera, a través de la descomposición química y física, es liberado para ser utilizado por las plantas, y al mismo tiempo, puede perderse al ser arrastrado por las aguas de drenaje, adsorbido por los coloides del suelo o precipitado como carbonato de calcio, principalmente en climas áridos. El calcio es el principal catión del suelo, generalmente en una proporción de 6:1 con respecto al magnesio (Sierra, 2007).

## **E. Magnesio (Mg)**

El magnesio se halla naturalmente en los suelos en sociedad con ciertos minerales esenciales y secundarios. En suelos calcáreos se presenta como dolomita ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$ ) y en algunos suelos desérticos como sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ). (Sierra, 2007).

## **F. Sodio (Na)**

El contenido de sodio de la corteza terrestre ronda el 2,8%, similar al contenido de potasio (K); pero los suelos generalmente contienen 0.1 - 1% de Na total en comparación con alrededor de 0.8 % del K total. El menor contenido de sodio del suelo se debe a la erosión de los minerales que lo contienen y la posterior lixiviación del perfil del suelo debido a la lluvia o riego. La solución del suelo contiene 0,5 - 5 ppm de sodio en el suelo de las regiones templadas. Los niveles de Na intercambiable son casi iguales a los niveles de K intercambiable en regiones húmedas donde se encuentra comúnmente (U.S. Borax, 2019).

## **G. Aluminio**

El aluminio es un elemento que se muestra en concentraciones variables en el suelo. Su presencia es tóxica y es un factor importante que limita el desarrollo de las plantas en suelos ácidos con un pH inferior a 6,0. Esto es esencialmente importante en áreas de sistemas intensivos donde el uso de fertilizantes nitrogenados a base de amoníaco es común y no ha sido neutralizado por el uso de dosis adecuadas de enmiendas de calcio (Demagnet, 2017).

La acidez favorece el aspecto de aluminio intercambiable en el suelo. Por lo tanto, la presencia de aluminio crea una reacción en cadena que hace que el suelo sea más ácido. Esto ocurre porque los iones de aluminio (Al) desplazados de los minerales arcillosos se hidrolizan para formar monómeros de hidroxialuminio y complejos agregados, cada una de estas reacciones libera H<sup>+</sup> y contribuye a la acidez del suelo (Sanchez, 2012).

Lungo y Dynoodt, 2008 la mayor baja del Aluminio intercambiable y el aumento del pH del suelo en la capa arable fue mayor cuando se aplicó fertilizante solo o en mezcla con 3 t/ha de limo. Además, el estiércol, solo o combinado con limo, aumentó elocuentemente el aumento y el rendimiento.

## **H. Suma de cationes**

Los llamados cationes del suelo incluyen  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Al^{3+}$  y  $H^+$ . Estos cationes son los principales cationes en los suelos agrícolas y pueden ser reemplazados por otros cationes presentes en la solución del suelo.  $NH_4^+$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $Cu^{2+}$  son otros nutrientes cargados positivamente en cantidades muy pequeñas. En cuanto al contenido de estos cationes Intercambiables, estas cantidades son muy pequeñas en la solución del suelo en comparación con la cantidad retenida en la arcilla. La mayor proporción de cationes luego se adhieren a la superficie de las partículas del suelo y están en equilibrio con la solución del suelo (INTAGRI, 2015).

## **I. Suma de bases**

Las bases de intercambio o cationes de intercambio son  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ . El complejo de intercambio también retiene otros cationes como  $NH_4^+$  y oligoelementos, pero en cantidades tan pequeñas que es difícil determinarlas analíticamente, por lo que no fueron considerados. En suelos ácidos, el aluminio puede presentarse como componente en cualquier forma hidratada, incluso en su mayor parte. Los iones de hidrógeno son los encargados de ocupar las posiciones que quedan libres por la ausencia de bases, por lo que existe una fuerte relación entre el pH y la "saturación" entendida como el porcentaje de la CIC que ocupa la base mayoritaria y citado al principio (Soriana, 2015).

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) establece en gran medida el grado de fertilidad del suelo, especialmente los dos primeros. Los suelos fértiles se caracterizan porque tienen un alto contenido de Ca y Mg. Mientras que los suelos ácidos son a menudo deficientes en calcio y magnesio. Cuanto mayor sea el contenido de Ca y Mg, mejor será la fertilidad del suelo. Si la suma de las bases del suelo es inferior a 5 cmol(+)/l, se considera de baja fertilidad, 5-12 cmol(+)/l es de fertilidad media y mayor de 12 cmol(+)/l es de alta fertilidad (Molina, 2012).



## **J. Porcentaje de saturación de bases**

La saturación básica de un suelo es una medida de la igualdad de la capacidad de intercambio utilizada para acumular los nutrientes de las plantas, definida como el porcentaje de la capacidad de intercambio ocupada por los cationes básicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ). Es decir, representa la proporción de los cationes anteriores en la CIC, o porcentaje de saturación de bases, cuando sólo interviene uno de ellos, en función de la tasa de saturación del total del elemento potasio, magnesio, etc. En suelos ácidos, el %T no llega al 100%, normalmente por debajo del 70%, En suelos calizos, sin embargo, el %T es superior al 80%, y en muchos casos se dice que un complejo de intercambio está saturado cuando todo el complejo de intercambio está ocupado por cationes metálicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) que reemplazan completamente a los iones  $\text{H}^+$ . En suelos ácidos, la cantidad de  $\text{H}^+$  presente es mayor o menor dependiendo del pH(Soriana, 2015).

### **2.2.2.4. Gallinaza**

La gallinaza se utiliza proverbialmente como abono, su composición depende principalmente de la alimentación y del sistema de alojamiento. La gallinaza obtenida de explotaciones en piso, se compone de una combinación de deposiciones y del material absorbente utilizado como cama viruta, pasto seco, cascarillas, etc. t ligazón permanece en el galpón durante todo el ciclo productivo. La gallinaza obtenida de la crianza en jaula, resulta de las deposiciones, plumas, residuos de la alimentación y huevos rotos, que caen al piso y se mezclan. Esta gallinaza tiene alta  $\text{H}^{\circ}$  y altos niveles de N, que se volatiliza rápidamente, creando malos y olores, perdiendo calidad como fertilizante (Estrada, 2005).

Cuando la MO de la gallinaza está bien mineralizado, la mayor parte se convierte en humus. Este material rico en carbono ayuda a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Barahona y Villareal, 2015).

La materia orgánica también mejora las propiedades químicas del suelo como son el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y los nutrientes del suelo en general, especialmente nitrógeno y fósforo. El N total y el P aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año. También hubo un aumento significativo en la conductividad eléctrica según aumentaron las aplicaciones de gallinaza al suelo (González, 2011).

El pH del suelo disminuyó cuando se aplicó estiércol de gallina, pero no fueron estadísticamente diferentes. Esta disminución del pH está relacionada con el proceso de mineralización de la gallinaza, que libera iones de hidrógeno (O'Hallorans et al., 1993).

El uso regular de fertilizantes orgánicos en suelos agrícolas aumenta el contenido de MO y por lo tanto la disponibilidad de nutrientes a mediano y largo plazo. Es decir, las plantas tienen mayor disponibilidad de macroelementos (N, P, K, Ca, Mg y S) y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, B, Mo y Cl), y registran una mayor CIC más que los suelos pobres en materia orgánica si su contenido es superior al 3% (Trinidad y Velasco, 2016).

la gallinaza puede aumentar significativamente la CIC del suelo, dependiendo en gran medida de las cantidades aplicadas y el tipo de suelo (Dikinya y Mufwanzala, 2010)

La composición química de la gallinaza es materia seca 72%; Materia orgánica 37%; Nitrógeno total 1,5%; Nitrógeno Amoniacal 0,31%; Otros tipos de Nitrógeno 1,16%; Fosforo 1,10%; Potasio 1,74%; Calcio 7,7%; Magnesio 0,6 (mg/kg); Sodio 1646,7 (mg/kg); Cobre 32,1 (mg/kg); Zinc 266,8 (mg/kg) (Aguilar et al., 2014).

# CAPÍTULO III

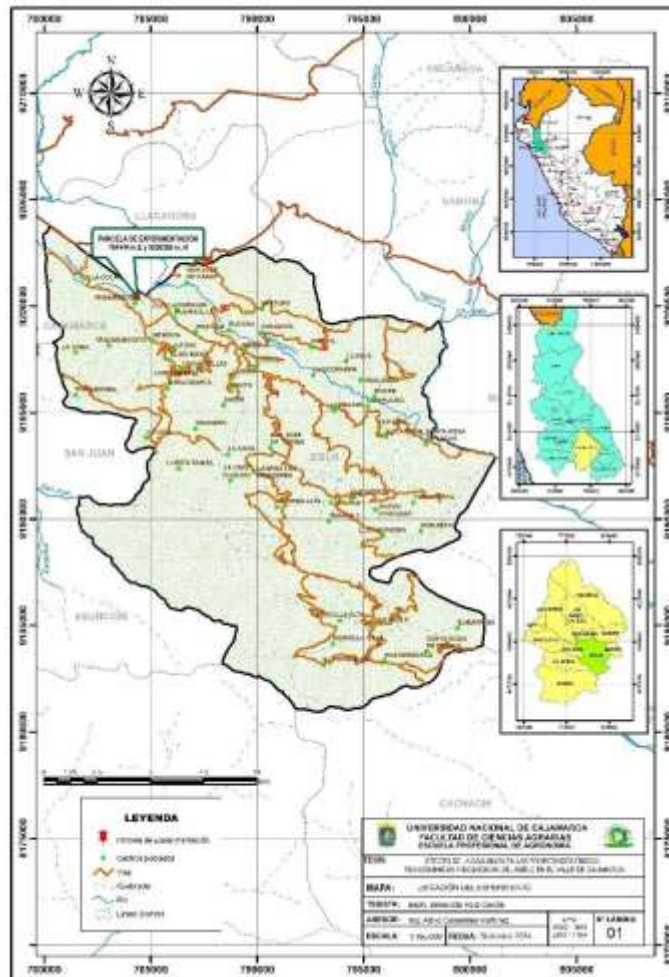
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación del experimento

El presente estudio se desarrolló en la localidad de Yanamango, distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca. Cuya área es de 120m<sup>2</sup>, geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 784344m este y 9200395 m norte y una altitud de 2650 msnm.

**Figura 1**

*Ubicación Geográfica del experimento*



## **3.2. Materiales, diseño y tipo de la investigación**

### **3.2.1. Material de estudio**

El material de estudio del presente trabajo de investigación, es en el suelo de la parcela en la localidad de Yanamango donde se probado las diferentes dosis de gallinaza.

### **3.2.2. Material de campo**

- Fichas de registro de campo
- Plumón indeleble
- GPS para la identificación inicial del punto de monitoreo
- Cámara fotográfica
- Rafia y estacas
- Bolsas y etiquetas para muestras
- Herramientas de campos (pico y palana)
- Wincha

### **3.2.3. Material y equipo de laboratorio**

- Equipos de análisis de suelo
- Juego de Tamices
- Estufa
- Probetas
- Vasos
- Balanza
- Tarros

#### **3.2.4. Material y equipo de gabinete**

- Laptop
- Impresora
- Papel A4
- Fichas de resultados de laboratorio
- Regla
- Resaltador

#### **3.2.5. Abono**

- Gallinaza

#### **3.2.6. Factores de estudio**

Tratamientos: Dosis de abonamiento de gallinaza.

T1 = testigo

T2 = gallinaza 180 kilogramos

T3 = gallinaza 270 kilogramos

T4 = gallinaza 360 kilogramos

### **3.3. Diseño de la investigación**

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) conformado por tres dosis de gallinaza y un testigo, distribuido en 3 repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales.

Para la prueba de hipótesis, se usó ANOVA o prueba F a un nivel de significancia de 0,05 de tasa de error para determinar la significancia entre tratamientos y entre réplicas. Para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de TUKEY con un margen de error de 0.05 para determinar la significancia entre tratamientos

### 3.3.1. Modelo aditivo lineal del diseño experimental:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$\gamma_{ij}$  = Cualquier observación del experimento

$\mu$  = Media poblacional

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.2. Procedimiento experimental

Se trazaron las parcelas experimentales, con las siguientes características:

Número de tratamientos : 4

Número de repeticiones : 3

Total, de unidades experimentales : 12

Ancho de parcela : 2 m

Largo de parcela : 5 m

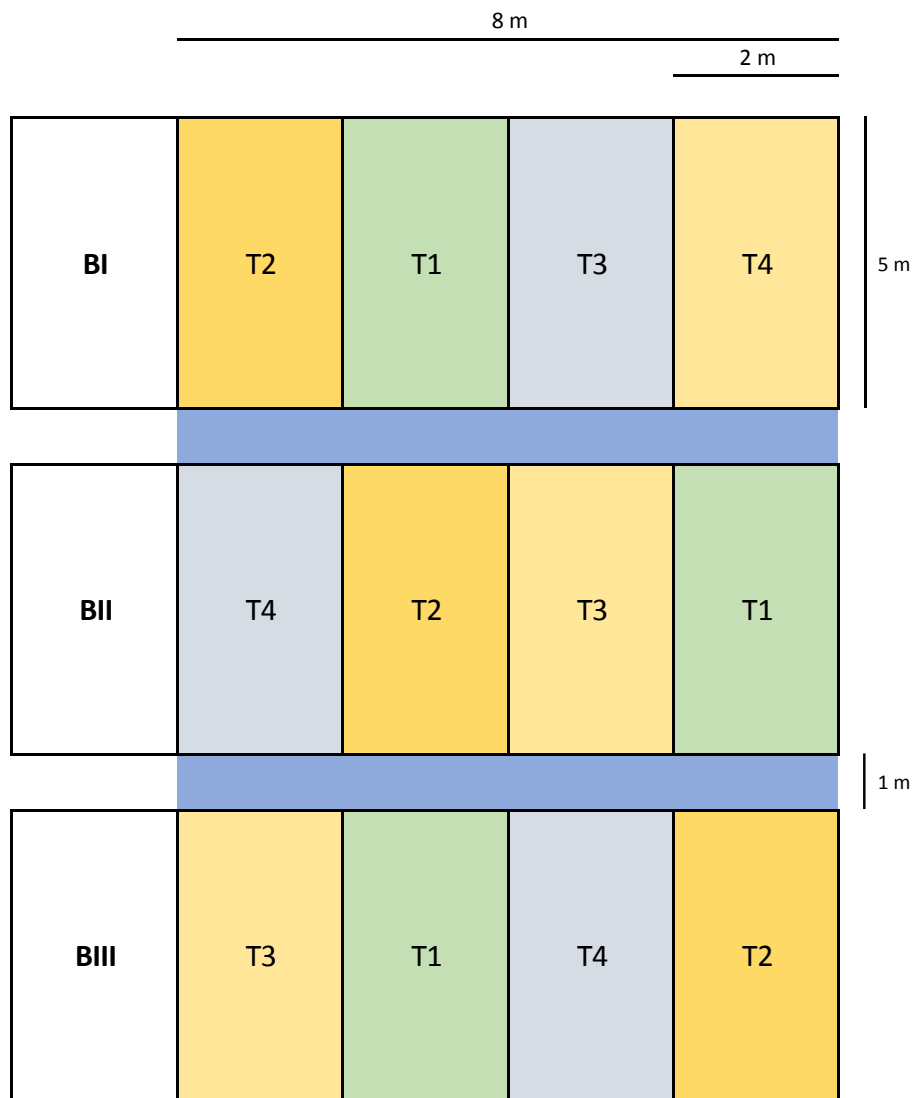
Área parcelar : 10 m<sup>2</sup>

Área total : 120 m<sup>2</sup>

### 3.3.3. Croquis del campo experimental

Figura 2

*Croquis del campo experimental*



### 3.4. Población y muestra

#### 3.4.1. Población

La población estuvo constituida por una unidad de estudio: denominado suelo. El área de estudio conformada por 120 m<sup>2</sup>.

### **3.4.2. Muestra**

La muestra estuvo formada por un área específica de estudio que cuenta con un área de 120 m<sup>2</sup>.

### **3.5. Trabajo de campo**

El trabajo de campo se inició con la preparación de materiales y equipos de campo. Asimismo, tomo en cuenta las facilidades de transporte para el desarrollo del proyecto de investigación.

Se procedió a incorporar gallinaza en 9 parcelas, en las cuales se utilizó la siguiente cantidad: T1 se incorporó 0 kg de gallinaza, T1 se incorporó un total de 180 kg de gallinaza, T2 se incorporó 270 kg de gallinaza y el tratamiento T3 se incorporó 360 kg de gallinaza.

### **3.6. Técnicas para la recolección de datos**

**3.6.1. Observación.** Se realizó directamente, en nuestro caso tomamos muestras de suelo del área experimental de tal forma que las muestras fueran lo más representativas posibles para cada tratamiento.

**3.6.2. Toma de muestras:** se tomaron sub muestras en cada uno de los tratamientos a una profundidad de 30 cm. Una vez tomadas las sub muestras se homogenizaron y se obtuvo una muestra compuesta por tratamiento; la muestra compuesta se separó en cuatro partes y se extrajo la muestra que fue llevada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina y al laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca.

**3.6.3. Etiquetado y traslado de las muestras.** Se tomaron 12 muestras, las cuales fueron etiquetadas y remitidas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para la determinación de la caracterización de suelo y nitrógeno total y al laboratorio de suelo de la Universidad nacional de Cajamarca.



### 3.7. Trabajo de laboratorio

En el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca se utilizó el método de la parafina, para la determinación de la densidad aparente del suelo sin gallinaza y el suelo con gallinaza; también se realizó pruebas para la retención de agua utilizando probetas con una tela en el cual se agregó suelo y agua en una proporción de 1:1 En el laboratorio de suelos, plantas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina se realizó el análisis de caracterización del suelo.

### 3.8. Trabajo de gabinete

Para el desarrollo de los objetivos y análisis estadístico de la presente investigación se utilizó los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y los siguientes softwares.

**Excel:** Es el programa que se utilizó para ordenar los datos de las propiedades físicas y químicas del suelo de los tratamientos con gallinaza y sin gallinaza remitidos por el laboratorio.

**R:** es un lenguaje de programación que permite realizar análisis de datos escribiendo scripts y funciones estadísticas básicas y avanzadas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4. Propiedades físicas del suelo

##### 4.1. Estructura del suelo

En la tabla 1 y figura 3 se muestran los resultados para los diferentes tratamientos de gallinaza (T1 0kg de gallinaza, T2 180 kg de gallinaza, T3 270 kg de gallinaza y T4 360 kg de gallinaza) en los cuales se muestra que según el diámetro de la luz del tamiz va disminuyendo las partículas del suelo; estas van cayendo menos hacia los tamices de menor tamaño, esto se debe a la incorporación de gallinaza por tratamiento; las propiedades del suelo van cambiando debido a que la gallinaza proporciona materia orgánica y otros nutrientes que ayudan a mejorar dichas propiedades del suelo. La gallinaza sí influye en esta propiedad del suelo de manera lenta ya que el suelo va cambiando con el tiempo,

**Tabla 1**

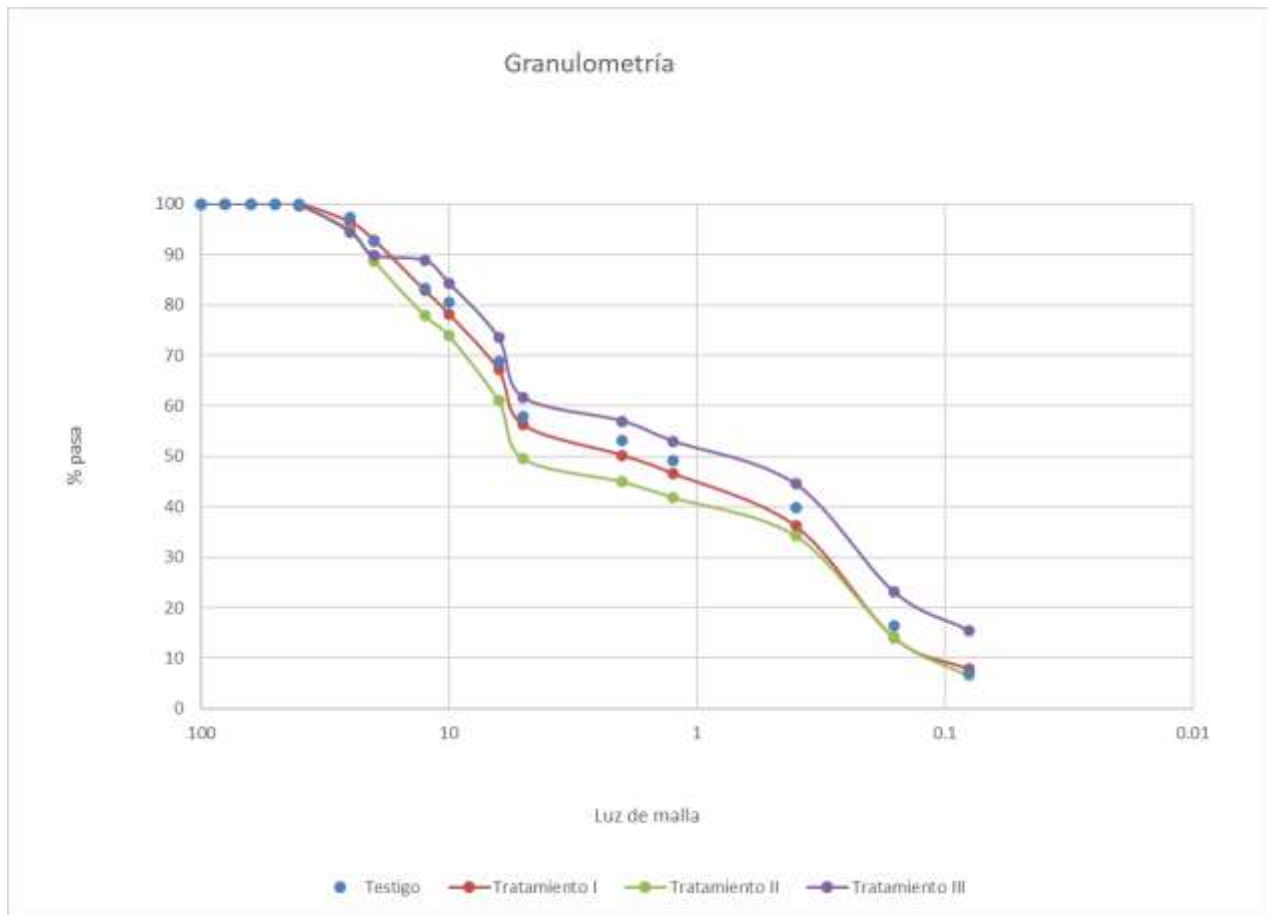
*Prueba de granulometría del suelo*

N° de Muestras		1	3	3	3
Profundidad (m):		0.30	0.30	0.30	0.30

Tamiz (mm)	Tamiz (N°)	Granulometría Pasa (%): Testigo	Prom Granulometría Pasa (%): Tratamiento I	Prom Granulometría Pasa (%): Tratamiento II	Prom Granulometría Pasa (%): tratamiento III
100	0	100.00	100.00	100.00	100.00
80	0	100.00	100.00	100.00	100.00
63	0	100.00	100.00	100.00	100.00
50	3/4	100.00	100.00	100.00	100.00
40	1/2	100.00	100.00	99.60	99.73
25	3/5	97.30	96.40	94.77	94.47
20	1/4	92.60	92.80	88.73	89.83
12.5	4	83.20	82.90	77.87	88.80
10	10	80.50	78.23	73.90	84.37
6.3	20	68.90	67.17	61.00	73.53
5	30	57.90	56.23	49.50	61.67
2	40	53.10	50.23	44.93	57.00
1.25	60	49.20	46.63	41.83	53.03
0.4	100	39.80	36.23	34.27	44.53
0.160	200.000	16.50	14.10	14.17	23.13
0.080	cardoleta	7.20	7.83	6.43	15.50

**Figura 3**

*Granulometría del suelo obtenida con los distintos tratamientos*



#### **4.2. Porosidad del suelo**

En la Tabla 2 se muestra los resultados del análisis de varianza para la porosidad, en el cual se observa que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, ya que el valor de significación  $p = 0.422$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0002$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos evidenciado que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en el parámetro de la porosidad.

El coeficiente de variación es 1.53 %, indica la variación de la porosidad obtenida por el efecto de los distintos tratamientos.

**Tabla 2**

*Análisis de varianza para la porosidad*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	1.06	0.53	1.00	0.4219
Tratamiento	3	64.73	21.58	40.77****	0.0002
Error	6	3.18	0.53		
Total	11	68.97			

**CV = 1.53 %**

En la tabla 3 y figura 4 se observa la Prueba de Tukey al 5% donde el tratamiento T4 es estadísticamente superior en cuanto a la variable porosidad, el tratamiento T3 es estadísticamente superior frente al testigo T1. Esto es corroborado por (Martínez et al., 2008) los fertilizantes orgánicos tienen una densidad aparente baja y, cuando se agregan al suelo, aumentan la porosidad del suelo. Al agregar materia orgánica, se aumentan los poros de mayor diámetro, reteniendo así el agua con menos energía. Los resultados encontrados contrastan con los reportados por (Elejalde, 2018) quien en un suelo franco arcillo arenoso encontró un 66,02% de porosidad y en el suelo arcilloso un 49,26% de porosidad. Esto posiblemente se deba a que el suelo del presente estudio fue un suelo de tipo franco arenoso. Cuando en la textura domina la fracción arcilla, en la porosidad total del suelo hay muchos más microporos que cuando domina la fracción arena. En cuanto a la magnitud de la porosidad total, es mayor cuando en la textura dominan las fracciones finas que cuando dominan las gruesas. Los suelos arcillosos poseen más porosidad total que los arenosos (Rucks et al., 2004).

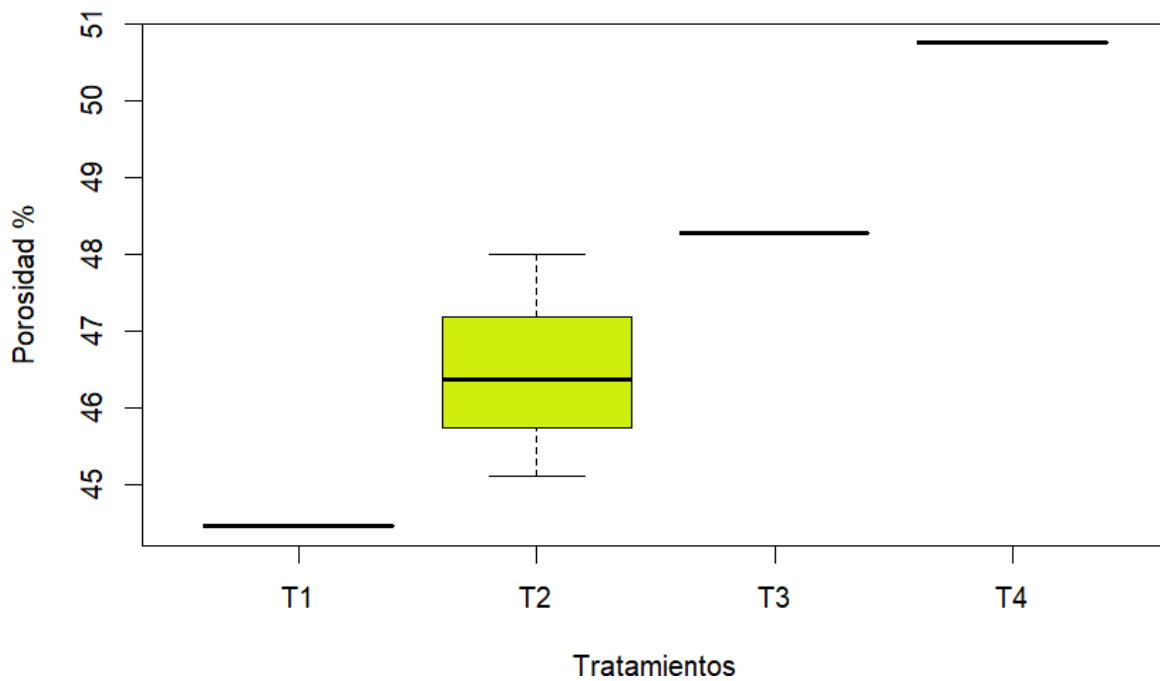
**Tabla 3**

*Prueba de Tukey para la porosidad de los diferentes tratamientos*

Tratamiento	Porosidad (%)	Agrupación
T4	50.76	a
T3	48.28	b
T2	46.49	bc
T1	44.44	c

**Figura 4**

*Porosidad obtenida con los distintos tratamientos*



### 4.3. Retención del agua

En la Tabla 4 se muestra los resultados del análisis de varianza para la retención de agua en la cual observa que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, ya que el valor de significación  $p = 0.381$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.00004$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 4***Análisis de varianza para la retención del agua*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	2.28	1.14	1.14	0.381
Tratamiento	3	215.58	71.86	71.68***	<0.00004
Error	6	6.02	1.00		
Total	11	223.89			

**CV = 2.36 %**

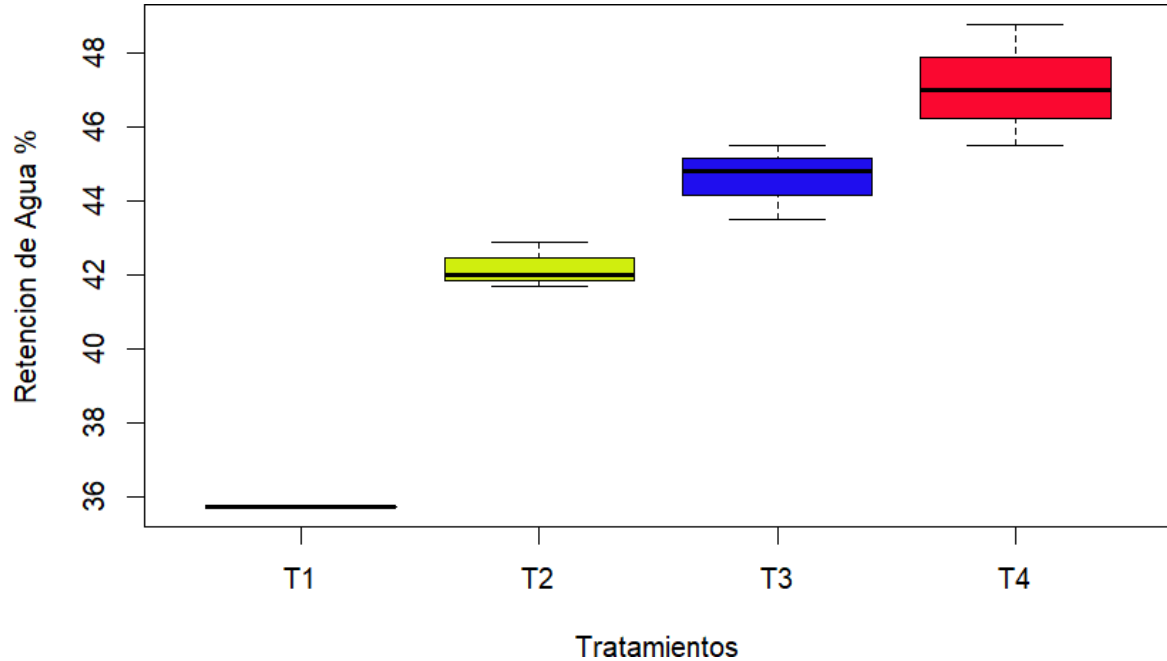
En la tabla 5 y figura 5 la Prueba de Tukey al 5% indica que los tratamientos T4, T3 estadísticamente son similares y el T2 estadísticamente es similar al T3 en cuanto a la variable retención de agua; siendo estos superiores al testigo T1. Esta propiedad depende de la textura, de la estructura de la cantidad de MO, etc. También se observa que no hubo cambios estadísticos significativo en el % arena, limo y arcilla (testigo T1 arena 70,15%; limo 15% y arcilla 15% en el T4 arena 67%; limo 19,67% y arcilla 13,3%), no obstante, se aprecia un incremento del % de MO en los tratamientos que se incorporó la gallinaza (testigo T1 1,88% y en T4 3,86%) por lo tanto la gallinaza tiene efectos positivos en el suelo, ya que aumenta su capacidad de retener agua lo que influye positivamente en este parámetro.

**Tabla 5***Prueba de Tukey para la retención de agua*

<b>Tratamiento</b>	<b>Retención</b>	<b>Agrupación</b>
T4	47.1	a
T3	44.6	ab
T2	42.2	b
T1	35.7	c

**Figura 5**

*Retención del agua obtenido con los distintos tratamientos.*



#### **4.4. Análisis de varianza para la Arena, encontrados en el suelo.**

En la Tabla 6 se observa el análisis de varianza de la propiedad física del suelo para arena que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.57$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.14$  es mayor al 5 %, esto indica que no existe diferencias estadísticas entre tratamientos por lo tanto la incorporación de gallinaza en el suelo, no influyen en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 1.94 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos para la arena.

**Tabla 6***Análisis de varianza para la arena encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	2.167	1.083	0.619 ns	0.570
Tratamientos	3	14.00	4.667	2.667	0.142
Error	6	10.50	1.750		
Total	11	26.667			

No significativa (ns), Significativo (\*)

**CV = 1.9359 %**

En la tabla 7 y figura 6 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que todos los tratamientos estadísticamente son iguales respecto a la variable porcentaje arena. Según los datos obtenidos, no se observó cambios estadísticos significativos en la textura, (testigo T1 arena 70,15%; limo 15% y arcilla 15% en el T4 arena 67%; limo 19,67% y arcilla 13,3%) no obstante, se aprecia un ligero decremento de los % de arena y arcilla e incrementos del % limo en los tratamientos que se incorporó la gallinaza. Esto posiblemente se deba a que las arcillas presentan un comportamiento coloidal, y la incorporación de materia orgánica las vuelven más reactivas, ocasionando que se reduzca en la composición del suelo (Pimentel et al., 2009), el limo tiende a retener más agua y nutrientes para las plantas que las partículas de la arena. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por (Moya y Farinango, 2020) la textura inicial del suelo es de clase de tipo franco, con 46,88 % de arena, 39,75% limo y 13,38 % de arcilla; luego de la aplicación de los tratamientos, la textura final no mostró diferencias estadísticas en su estructura y composición; arena (p= 0.43); limo (p= 0.84) y arcilla (p= 0.60) entre los tratamientos.



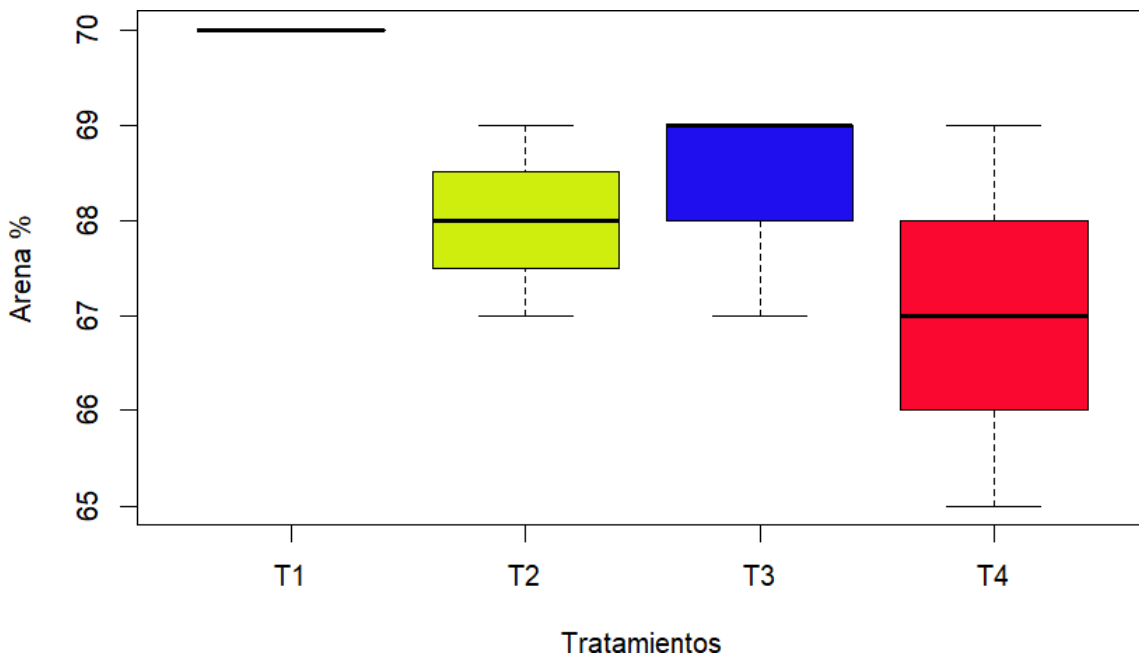
**Tabla 7**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la arena encontrados en el suelo*

Tratamientos	Arena %	Significación al 5 %
T1	70.000	a
T3	68.000	a
T2	68.000	a
T4	67.000	a

**Figura 6**

*Arena encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.5. Análisis de varianza para la Limo, encontrados en el suelo.**

En la Tabla 8 se observa el análisis de varianza de la propiedad física del suelo para el limo que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.42$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el

valor de significación  $p = 0.027$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre tratamientos para el parámetro limo, además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 7.67 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos para el limo.

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para el limo encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	3.50	1.75	1.000 ns	0.419
Tratamientos	3	34.25	11.42	6.524*	0.0256
Error	6	10.50	1.75		
Total	11	48.25			

No significativa (ns), Significativo (\*)

$$\text{CV} = 7.6688 \%$$

En la tabla 9 y figura 7 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que todos los tratamientos estadísticamente son iguales respecto a la variable limo del suelo. Los resultados son similares a los reportados por (Cotrina et al., 2020) respecto al % de limo el T1 22,75%; T2 23%; T3 23% y T4 22,75% concluyendo que no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos.

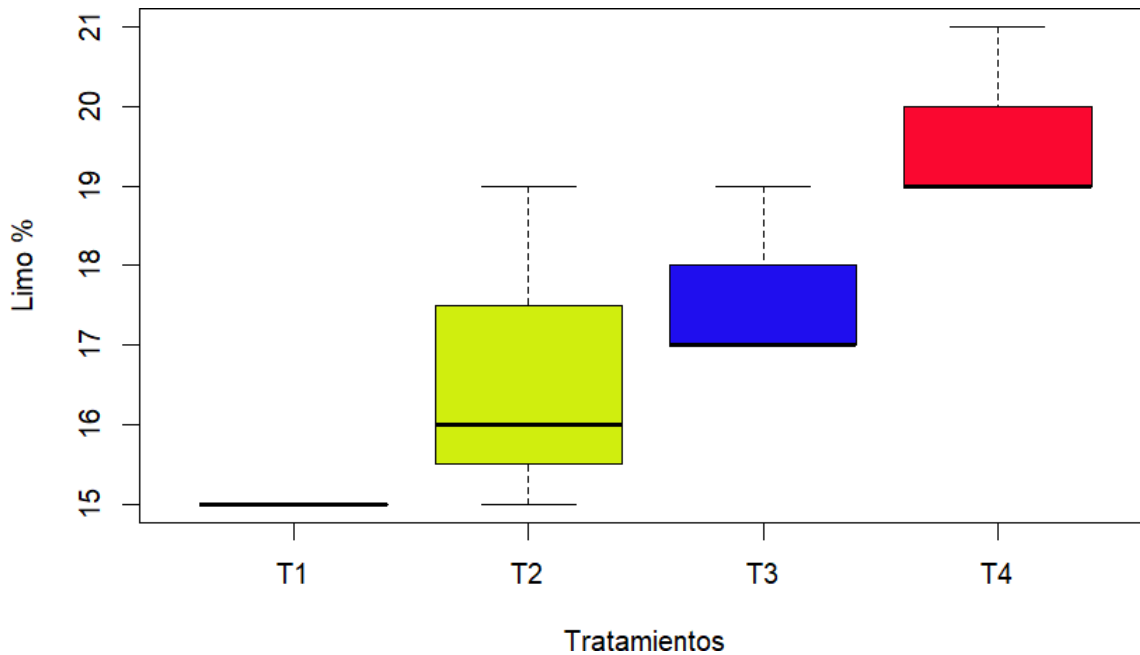
**Tabla 9**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el limo encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

Tratamientos	% de limo	Significación al 5 %
T4	20.000	a
T3	18.000	ab
T2	17.000	ab
T1	15.000	b

**Figura 7**

*Limo encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.6. Análisis de varianza para la Arcilla, encontrados en el suelo.**

En la Tabla 10, se observa el análisis de varianza de la propiedad física del suelo para la Arcilla donde existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.043$  es menor al 5 %, esto indica que existió heterogeneidad entre los bloques. Para los

tratamientos, el valor de significación  $p = 0.102$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los tratamientos entonces la incorporación de gallinaza en el suelo, no influyen en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 6.12 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de arcilla.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para la arcilla encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	8.667	4.333	5.571*	0.0429
Tratamientos	3	7.583	2.528	3.250	0.1021
Error	6	4.667	0.778		
Total	11	20.917			

No significativa (ns), Significativo (\*)

**CV = 6.1173 %**

En la tabla 11 y figur 8 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que todos los tratamientos estadísticamente son iguales respecto a la variable % de arcilla. Los resultados encontrados son similares a los reportados por (Cotrina et al., 2020) respecto al % de arcilla el T1 44,50%; T2 44%; T3 44% y T4 44,5% concluyendo que no hay diferencia estadística entre tratamientos.

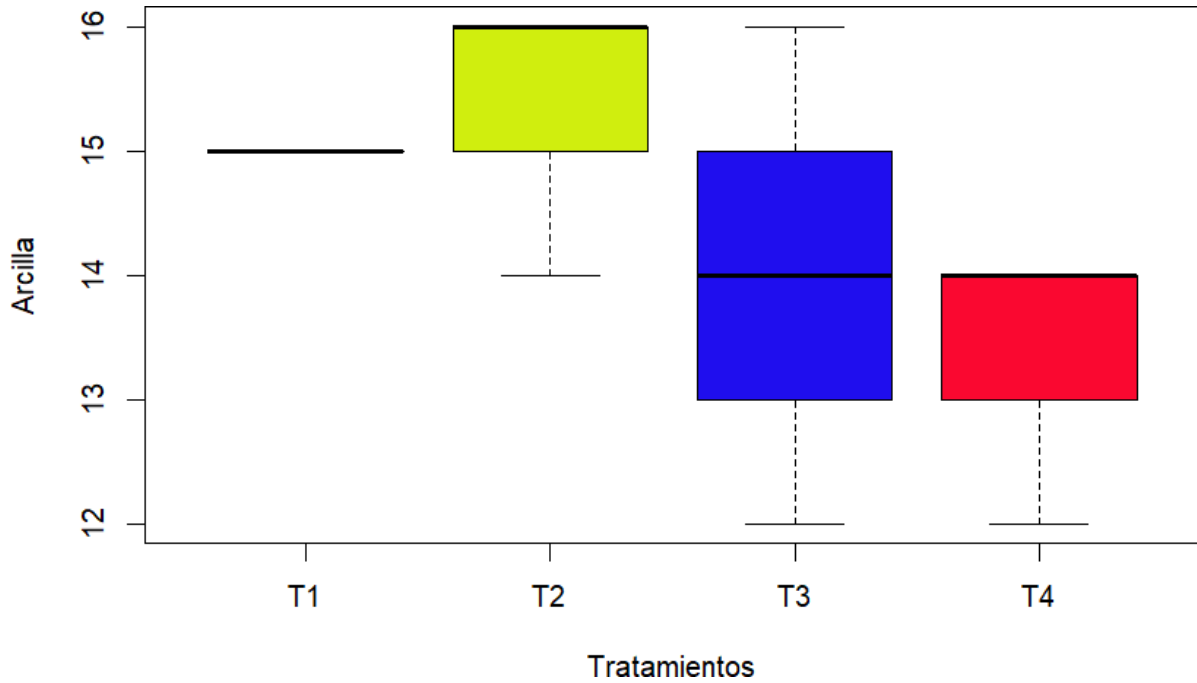
**Tabla 11**

*Prueba de Tukey al 5% de la arcilla de los diferentes tratamientos encontrados en el suelo*

<b>Tratamientos</b>	<b>% de arcilla</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T2	15.000	a
T1	15.000	a
T3	14.000	a
T4	13.000	a

**Figura 8**

*Arcilla encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.7. Análisis de varianza para la Densidad Aparente, encontrados en el suelo.**

En la Tabla 12 se observa el análisis de varianza de la propiedad física densidad aparente del suelo que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.422$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.004$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencia entre los tratamientos entonces la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 2.12 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la densidad aparente.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para la densidad aparente, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.0017	0.0008	1.00	0.422
Tratamientos	3	0.0350	0.0117	14.00**	0.004
Error	6	0.0050	0.0008		
Total	11	0.0417			

No significativa (ns), Significativo (\*)

$$\text{CV} = 2.112 \%$$

En la tabla 13 y figura 9 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que existe diferencia estadística significativa el tratamiento T1 es diferente y superior a los tratamientos T2, T3 y T4. Esto se debe posiblemente al incremento de la MO de los tratamientos (T1 fue de 1.45; del T2 1.36; del T3 1.35 y del T4 1.30 g/cm<sup>3</sup>). Esto coincide con lo reportado por (Rubio, 2010) la DA dependen de muchos factores, entre ellos la textura, la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo, así como el manejo del suelo. Los suelos de textura fina, bien estructurados y con alto contenido de materia orgánica tienen valores de densidad aparente más bajos que los suelos de textura gruesa, mal estructurados y con bajo contenido de materia orgánica. Los abonos cuando se agregan al suelo, disminuye su densidad aparente, dependiendo de las tasas de aplicación, reducen la densidad aparente del suelo (Ramos y Terry, 2014). A medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, la densidad aparente disminuye y viceversa (Salamanca y Sadeghian, 2005)

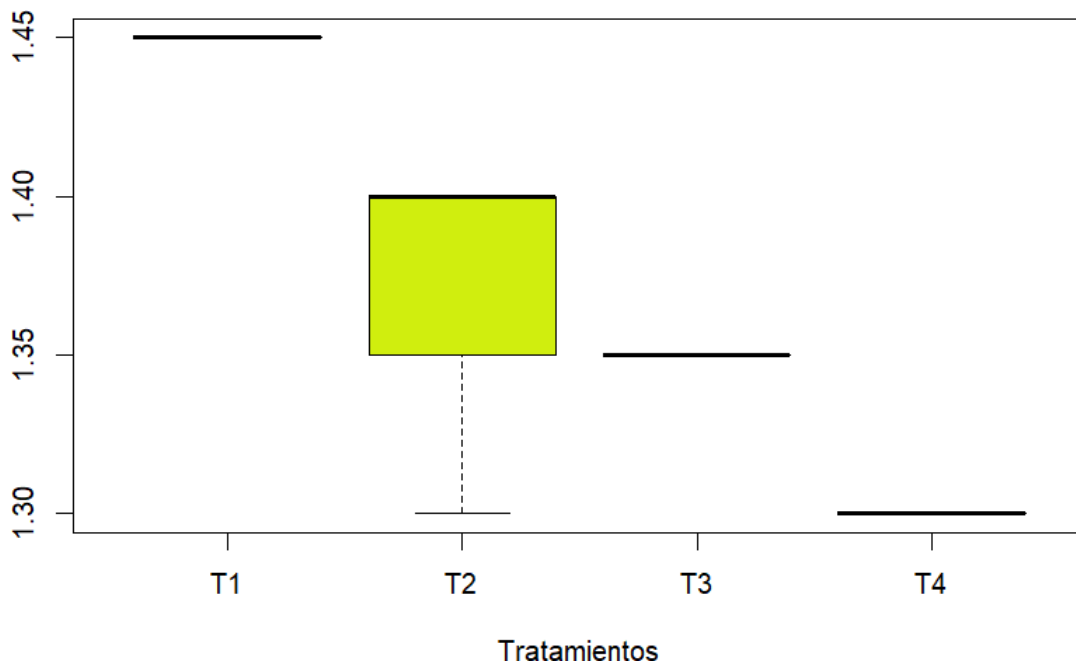
**Tabla 13**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la densidad aparente encontrado en el suelo*

Tratamientos	da(g/cm3)	Significación al 5 %
T1	1.450	A
T2	1.367	B
T3	1.350	B
T4	1.300	B

**Figura 9**

*Densidad aparente encontrada en el suelo en los diferentes tratamientos*



#### **4.8. Análisis de varianza ara la Densidad Real encontrados en el suelo.**

En la Tabla 14 se observa el análisis de varianza de la propiedad física densidad real del suelo que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.422$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el

valor de significación  $p = 0.004$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencia entre los tratamientos entonces la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 2.12 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de arcilla.

#### Tabla 14

*Análisis de varianza para la densidad real, encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.0015	0.0007	1.00	0.422
Tratamientos	3	0.1073	0.0036	4.85*	0.048
Error	6	0.0044	0.0007		
Total	11	0.1132			

No significativa (ns), Significativo (\*)

$$CV = 1.044 \%$$

En la tabla 15 y figura 10 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Esto se debe posiblemente al incremento de la MO de los tratamientos (T1 fue de 2.64; del T2 2,61; del T3 2.61y del T4 2.55 g/cm<sup>3</sup>). Esto coincide con lo reportado por (Rubio, 2010), la densidad real dependen de muchos factores, entre ellos la textura, la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo, así como el manejo del suelo. Los suelos de textura fina, bien estructurados y con alto contenido de materia orgánica tienen valores de densidad real más bajos que los suelos de textura gruesa, mal estructurados y con bajo contenido de materia orgánica.



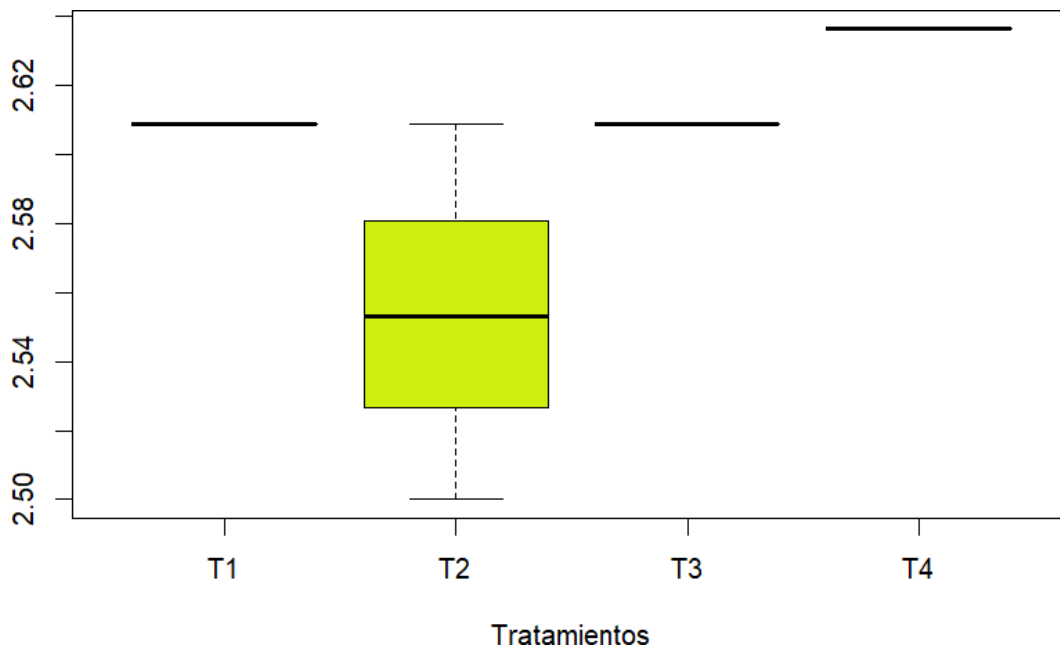
**Tabla 15**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la densidad real encontrados en el suelo*

Tratamientos	dr(g/cm3)	Significación al 5 %
T1	2.64	a
T2	2.61	ab
T3	2.61	ab
T4	2.55	B

**Figura 10**

*Densidad real encontrada en el suelo encontrada en los diferentes tratamientos*



## Propiedades químicas y biológicas del suelo

### 4.9. Análisis de varianza para el potencial de Hidrogeno (pH) que posee el suelo

En la Tabla 16 se observa que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, ya que el valor de significación  $p = 0.139$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0001$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos evidenciado que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en el parámetro pH.

El Coeficiente de variación es 1.033 %, este valor indica la baja variabilidad de los resultados obtenidos en el pH, además, es adecuado para el diseño utilizado.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para el potencial de Hidrogeno pH que posee el suelo*

F.V.	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloques	2	0.03	0.015	2.80 ns	0.139
Tratamientos	3	5.17	1.722	318.86 ***	0.0001
Error	6	0.03	0.0054		
Total	11	5.23			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*\*)

$$CV = 1.033 \%$$

En la tabla 17 y figura 11 de la Prueba de Tukey al 5%), se observa que el pH obtenido con la gallinaza en dosis de 360, 270 y 180 Kg/m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 7.53, 7.5 y 7.44, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 5.98. Además, a medida que se incrementa la dosis de gallinaza, el pH aumenta, volviéndose de ácido a neutro.

Los resultados son similares a los reportados por (Torres, 2020) quien determino que El pH del T4:  $7.807 \pm 0.074$ ; T3:  $7.583 \pm 0.150$ ; T1:  $7.577 \pm 0.183$  y T2: 7,57 y  $7.517 \pm 0.107$ . El tratamiento T4 es estadísticamente superior al T2. El T3, T1 y T2 son estadísticamente similares. Los resultados también concuerdan con lo reportados (Astulla, 2019) la incorporación de abonos orgánicos en el pH, el Tratamiento T2 es estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos, el T4 6,16 y el T1 6,07 son estadísticamente iguales y superiores al T3 5,52 y esta a la vez es superior al T0 4,94. Estos datos contrastan con lo reportado por (O'Hallorans et al., 1993) el pH del suelo disminuyo cuando se aplicó estiércol de gallina, pero no fueron estadísticamente diferentes. Esta disminución del pH está relacionada con el proceso de mineralización de la gallinaza, que libera iones de hidrógeno. del suelo.

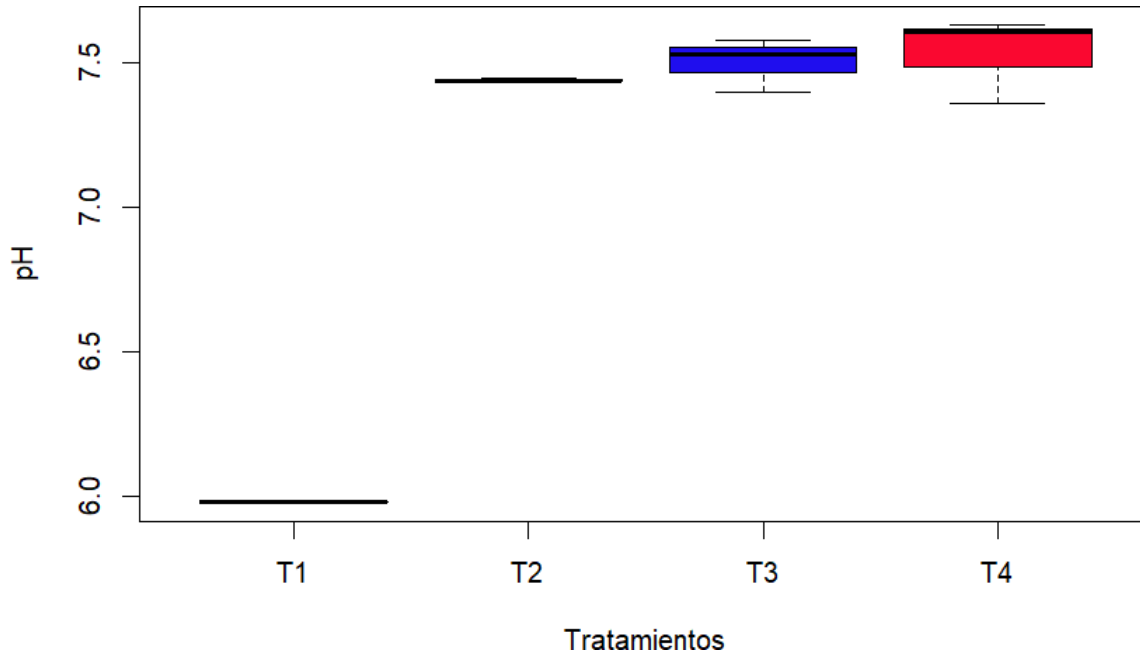
**Tabla 17**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos con respecto al pH que posee el suelo.*

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T4	7.53	a
T3	7.50	a
T2	7.44	a
T1	5.98	b

**Figura 31**

*pH del suelo obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*



#### **4.10. Análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico (CIC), encontrado en el suelo**

En la Tabla 18 se observa que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.323$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques para la propiedad química del suelo para Capacidad de Intercambio Catiónico.

Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.012$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los resultados obtenidos de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 6.69 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

**Tabla 18***Análisis de varianza para la CIC encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.93	0.47	1.37 ns	0.323
Tratamientos	3	9.30	3.10	9.11 *	0.012
Error	6	2.04	0.34		
Total	11	12.27			

No significativa (ns), Significativo (\*)

**CV = 6.69 %**

En la tabla 19 y figura 12 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) obtenido con la gallinaza en dosis de 180, 360 y 270 Kg/m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 9.39, 9.14 y 9.13 meq/100g, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 7.20 meq/100g, siendo este la menor capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Los resultados son corroborados por (González, 2011) la materia orgánica mejora las propiedades químicas del suelo como son el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y los nutrientes del suelo en general. También (Dikinya y Mufwanzala, 2010) manifiesta que la gallinaza puede aumentar significativamente la CIC del suelo, dependiendo en gran medida de las cantidades aplicadas y el tipo de suelo. Los resultados contrastan con lo reportado por (Cotrina, 2019) quien reporto la CIC de los tratamientos T1 4,11; T2 5,46; T3 4,72 y T4 4,27 son estadísticamente similares.

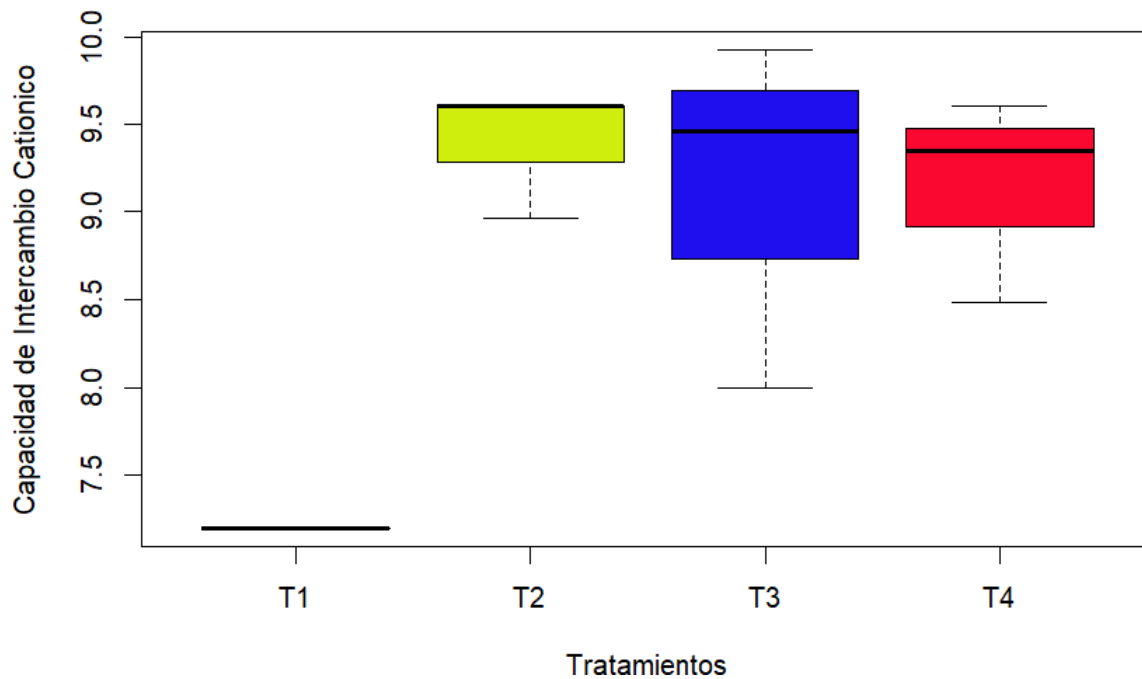
**Tabla 19**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, para la CIC encontrado en el suelo*

Tratamiento	CIC (meq/100g)	Significación al 5 %
T2	9.387	a
T4	9.143	a
T3	9.127	a
T1	7.200	b

**Figura 12**

*Capacidad de intercambio catiónico (CIC) encontrado en el suelo por los diferentes tratamientos*



#### **4.11. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno (N), encontrado en el suelo**

En la Tabla 20 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Nitrógeno (N), indica que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.209$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques.

Para los tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas al nivel  $p = 0.000004$  es menor al 5% además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 3.49 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos del nitrógeno.

**Tabla 202**

*Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno (N), encontrado en el suelo para los diferentes tratamientos*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.00022	0.00011	2.05 3ns	0.209
Tratamientos	3	0.05283	0.01761	333.684 ***	<0.000004
Error	6	0.00032	0.000053		
Total	11	0.05337			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 3.49 \%$$

En la tabla 21 y figura 13 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que indica que el nitrógeno obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son significativamente diferentes. Además, por la superioridad de los resultados, la mejor dosis de gallinaza es de 360 Kg/10m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 0.28 % de nitrógeno. Con las dosis 270 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 0.26 % y 0.19 %, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 0.11 % siendo este el menor contenido de nitrógeno.

Los resultados son similares a los reportados por (Cotrina et al., 2020) los tratamientos son diferentes significativamente en cuanto a la variable Nitrógeno (N); los tratamientos T4 0.17% y T2 0.14% estadísticamente son iguales y superiores frente al testigo que obtuvo 0.10% de N. Esto es corroborado (González, 2011) la materia orgánica mejora las propiedades químicas del suelo

como son el aumento del N. El N total aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año.

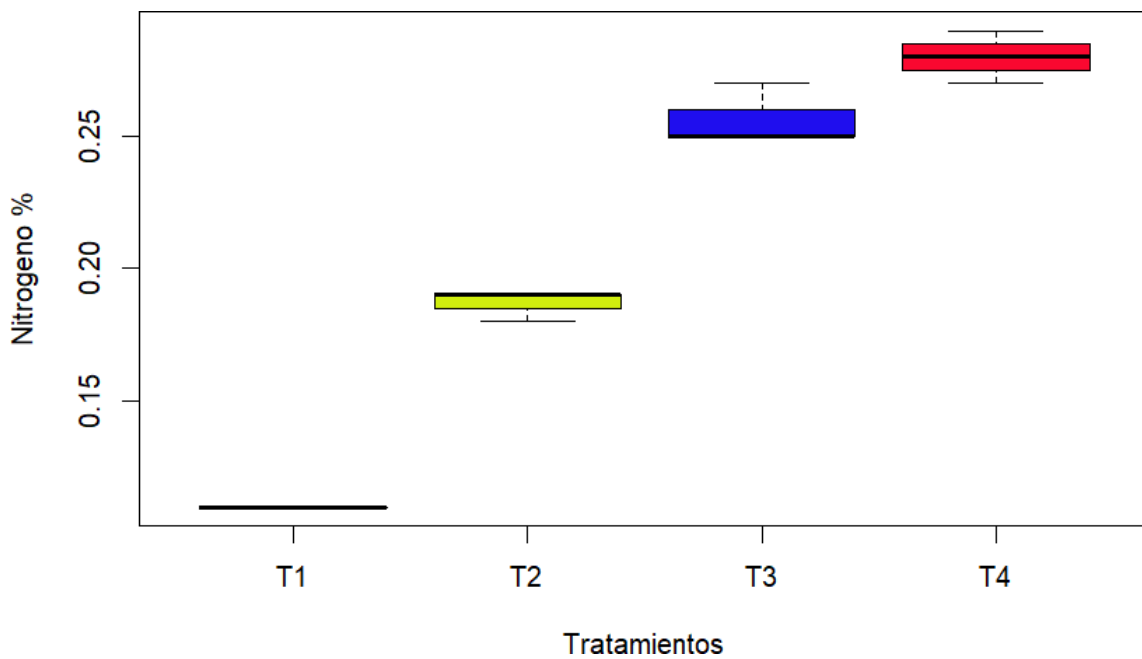
**Tabla 213**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de nitrógeno (N), obtenido en el suelo*

Tratamientos	Nitrógeno (%)	Significación al 5 %
T4	0.28	A
T3	0.26	b
T2	0.19	c
T1	0.11	d

**Figura 13**

*Contenido de nitrógeno, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*





**4.12. Análisis de varianza para el contenido de fósforo (P) disponible, encontrado en el sustrato suelo**

En la Tabla 22 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Fosforo (P), indica que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.216$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas al nivel  $p = 0.0000003$  entre tratamientos, además se evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en esta propiedad del suelo.

El Coeficiente de variación es 5.70 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos para el fósforo.

**Tabla 224**

*Análisis de varianza para el contenido de P encontrado en el sustrato suelo en los diferentes tratamientos*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	832	416	2.00 ns	0.216
Tratamientos	3	253718	84573	407.39 ***	<0.0000003
Error	6	1246	208		
Total	11	255796			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*\*)

$$CV = 5.70 \%$$

En la tabla 23 y figura 14 de la Prueba de Tukey al 5% indica que el fósforo obtenido con las dosis 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 384.33 y 350.87 ppm, son estadísticamente iguales y superiores al resto. Con las dosis 180 Kg/10m<sup>2</sup> se obtuvo 262.93 ppm, y con el testigo se obtuvo 12.9 ppm, siendo este último el menor contenido de fósforo.

Los resultados son similares a los reportados por (Astulla, 2019) respecto al P los tratamientos T0: 10,6 mg/kg; T4: 37,03 mg/kg; T1: 38,79 mg/kg; T3: 39,92 mg/kg y T2: 42,87 mg/kg muestra discrepancia estadística entre tratamientos siendo el testigo T0 inferior al resto de tratamientos. Esto es corroborado (González, 2011) la materia orgánica mejora las propiedades químicas del suelo como son el aumento P. El P disponible aumentó significativamente ya que el P presente en la gallinaza está disponible a las plantas en los primeros cuatro meses de su incorporación.

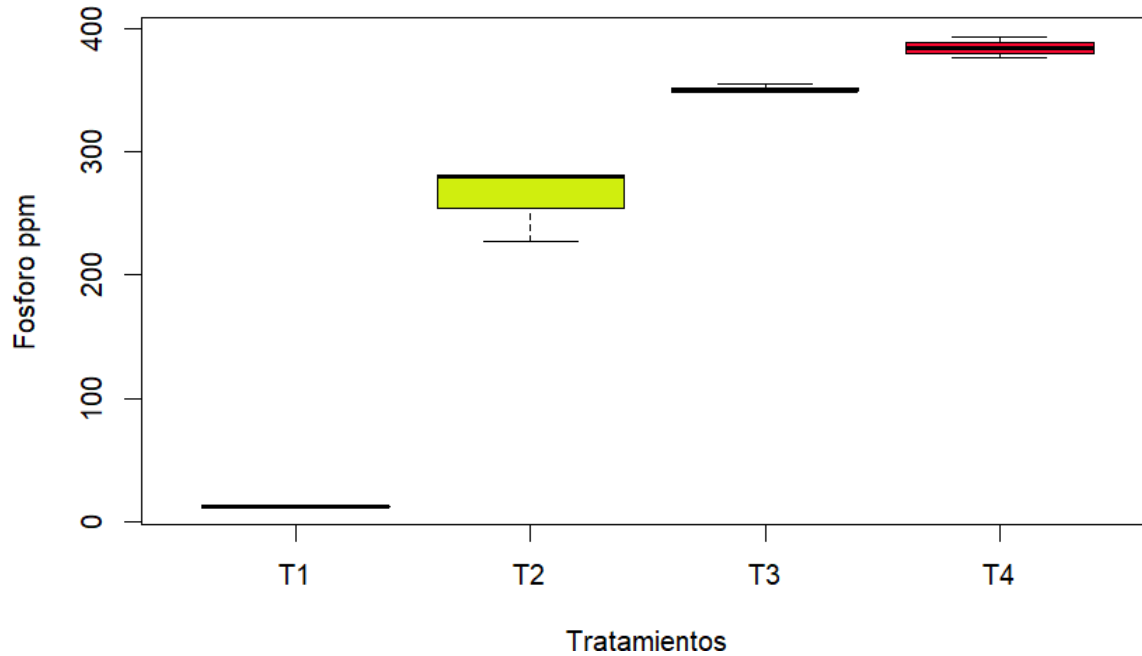
**Tabla 53**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de fósforo, encontrado en el suelo*

<b>Tratamientos</b>	<b>Fósforo (ppm)</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T4	384.33	a
T3	350.87	a
T2	262.93	b
T1	12.90	c

**Figura 14**

*Contenido de fósforo, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*



**4.13. Análisis de varianza para el contenido de potasio (K) disponible, encontrado en el suelo**

En la Tabla 24 se observa el análisis de varianza para la propiedad química del suelo para el Potasio (K), indica que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.434$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.00007$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre los resultados obtenidos para el potasio, además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro evaluado.

El Coeficiente de variación es 14.62 %, este valor indica la variabilidad de los resultados obtenidos del potasio.

**Tabla 24**

*Análisis de varianza para el contenido de potasio (K), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	61587	30794	0.964 ns	0.434
Tratamientos	3	5864393	1954798	61.17 ***	0.00007
Error	6	191746	31957.64		
Total	11	6117726			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*\*)

**CV = 14.62 %**

En la tabla 25 y figura 15 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que los tratamientos son diferentes estadísticamente para la variable Potasio (K). El potasio obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son significativamente diferentes. Además, por la superioridad de los resultados, la mejor dosis de gallinaza es de 360 Kg/10m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 2073.67 ppm de potasio. Con las dosis 270 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 1379.00 y 1311.33 ppm, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 128.00 ppm siendo este el menor contenido de potasio. Esto es corroborado también por (González, 2011) la aplicación de gallinaza ocasionó un aumento significativo del K intercambiable. Este aumento se observó más el primer año, indicando que también está más disponible a las plantas durante los primeros meses de la mineralización de la gallinaza

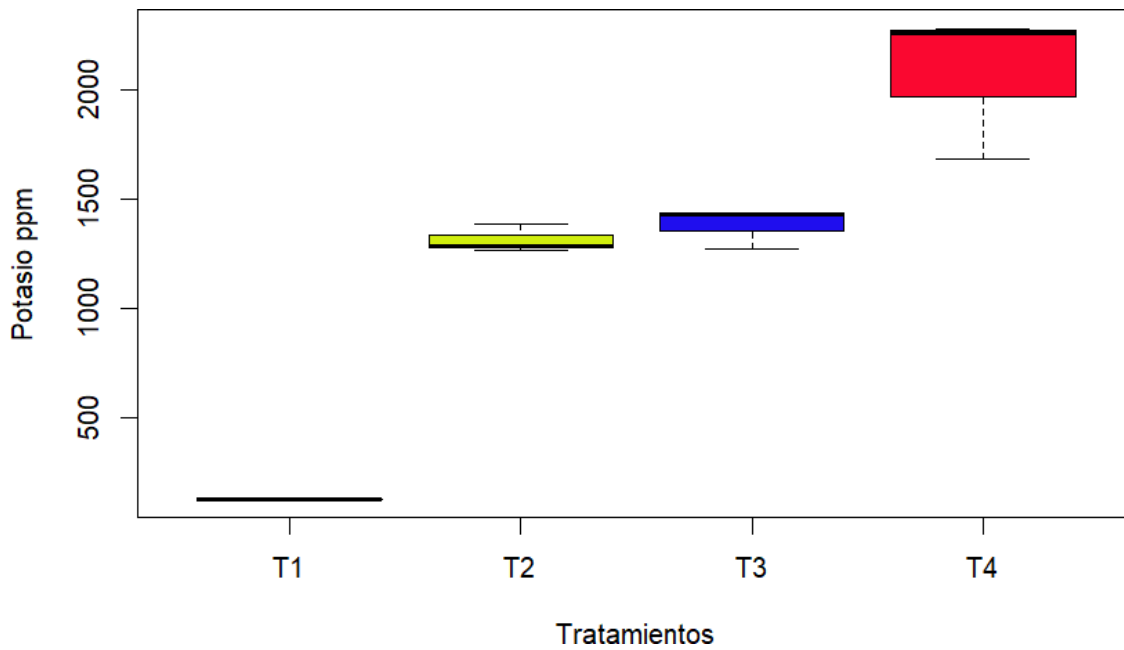
**Tabla 25**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de K encontrado en el suelo*

Tratamiento	Potasio (ppm)	Significación al 5 %
T4	2073.667	a
T3	1379.000	b
T2	1311.333	b
T1	128.000	c

**Figura 45**

*Contenido de potasio (K) encontrado en el suelo, por los diferentes tratamientos*



#### 4.14. Análisis de varianza para el contenido de materia orgánica encontrado en el suelo

En la Tabla 26 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para materia orgánica (M.O.), que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.1414$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas  $p = 0.0002$  por lo tanto existe evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en el parámetro materia orgánica.

El Coeficiente de variación es 7.75 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la materia orgánica.

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para el contenido de MO encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.273	0.1365	2.759 ns	0.1414
Tratamientos	3	6.357	2.1189	42.818* **	0.0002
Error	6	0.297	0.01		
Total	11	6.927			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*\*)

$$CV = 7.75 \%$$

En la tabla 27 y figura 16 de la Prueba de Tukey al 5% la materia orgánica obtenida con la gallinaza en dosis de 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados fueron 3.64 y 3.69 %, respectivamente, son significativamente iguales y superiores al resto. La materia orgánica obtenida con la dosis de 180 Kg/10m<sup>2</sup> y con el testigo fue 2.47 y 1.65 %, respectivamente, estos resultados son significativamente iguales. Esto evidencia que la materia orgánica aumenta con la incorporación de la gallinaza.

Los resultados concuerdan con lo reportado por (Moya y Farinango, 2020) la MO inicial fue de 15.30 luego de los tratamientos T0 17,48; T1 17,23; T2 18,68 y T3 17,63. Se observó un incremento en la cantidad de MO con cada tratamiento en comparación con la cantidad de MO del testigo. Esto es corroborado por (Trinidad y Velasco, 2016) el uso regular de fertilizantes orgánicos en suelos agrícolas aumenta el contenido de MO y por lo tanto la disponibilidad de nutrientes a mediano y largo plazo.

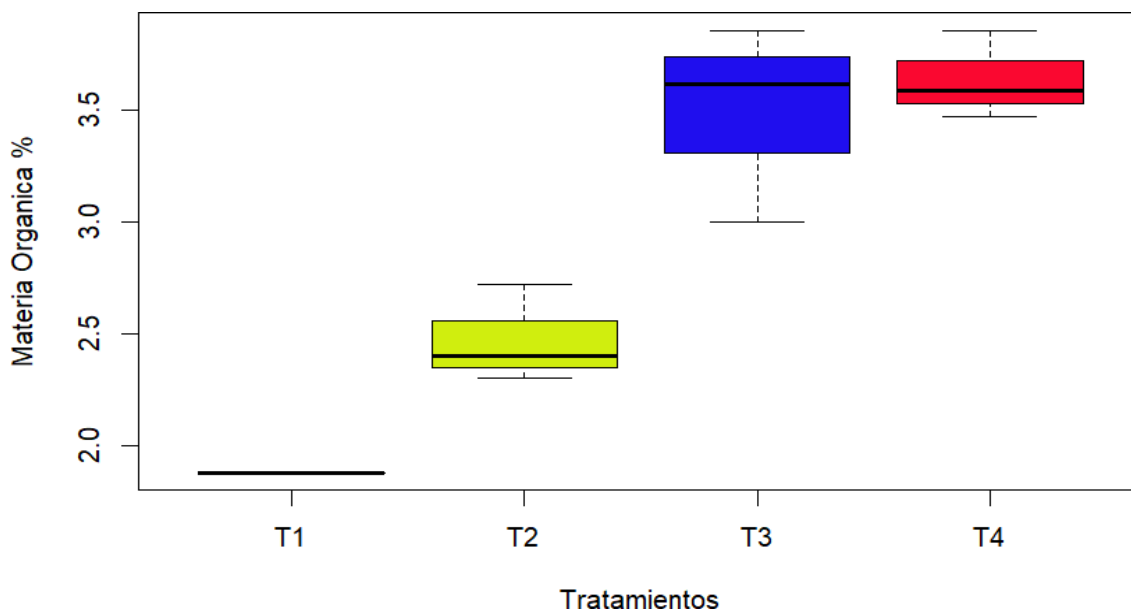
**Tabla 27**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de MO encontrado en el suelo*

Tratamiento	Materia orgánica (%)	Significación al 5 %
T4	3.6400	a
T3	3.4933	a
T2	2.4733	b
T1	1.8800	b

**Figura 56**

*Contenido de materia orgánica, obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*



#### 4.15. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (CE)

En la Tabla 28 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para conductividad eléctrica (CE), indica que no existe importancia estadística para los bloques, ya que el valor de significación  $p = 0.39$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe uniformidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0029$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo tanto, la incorporación de gallinaza en el suelo, influye significativamente en la conductividad eléctrica (C.E).

El Coeficiente de variación es 31.13 %, este valor muestra una variabilidad media de los resultados obtenidos en la conductividad eléctrica.

**Tabla 28**

*Análisis de varianza para la CE encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	1.003	0.502	1.092 ns	0.39408
Tratamientos	3	21.911	7.304	15.897 **	0.00292
Error	6	2.74	0.459		
Total	11	25.654			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 31.41 \%$$

En la tabla 29 y figura 17 de la Prueba de Tukey al 5% la conductividad eléctrica obtenida con la gallinaza en dosis de 360, 270 y 180Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 3.9, 2.24 y 2.42 dS/m, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 0.12 ds/m. Estos resultados muestran que la incorporación de la gallinaza al suelo altera a la CE.



Los resultados coinciden con lo obtenido por (Elejalde, 2018) en todos los tratamientos aumentaron la CE respecto al testigo, la gallinaza influyó significativamente sobre la CE del suelo puesto que los tratamientos con este abono alcanzaron los valores más altos. También concuerda con lo reportado por (González, 2011) se observó un aumento significativo en la conductividad eléctrica según aumentaron las aplicaciones de gallinaza al suelo. Esto probablemente se deba a la mineralización de la materia orgánica.

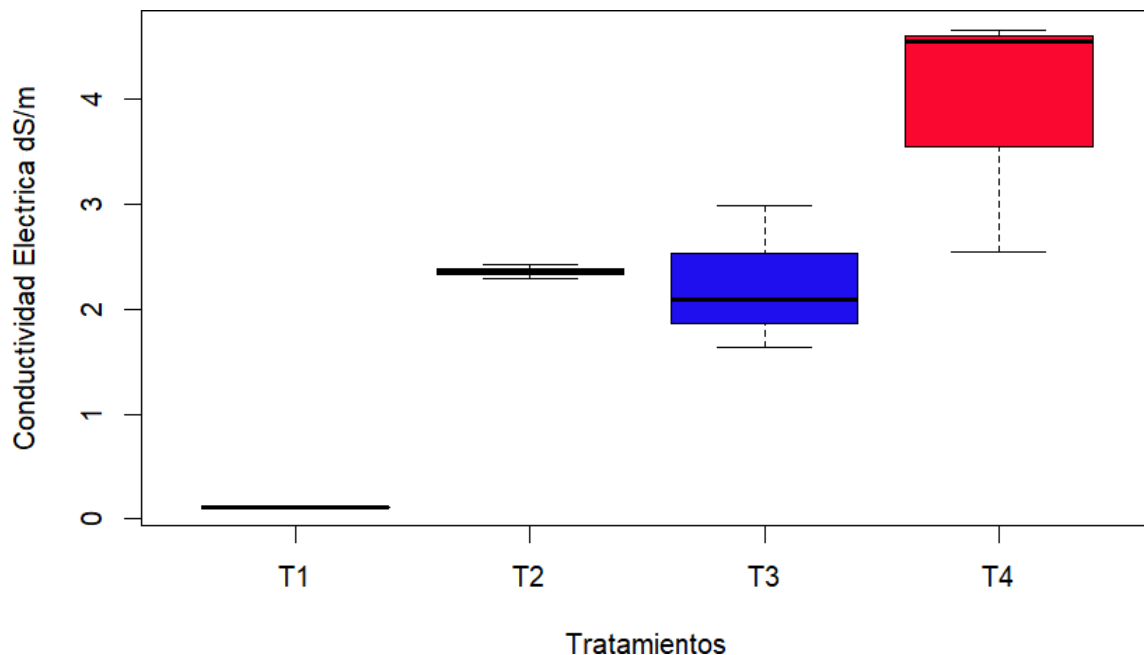
**Tabla 29**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio para la CE*

Tratamiento	Conductividad eléctrica (dS/m)	Significación al 5 %
T4	3.9200	a
T2	2.3567	a
T3	2.2367	a
T1	0.1200	b

**Figura 67**

*Conductividad eléctrica obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*



#### 4.16. Análisis de varianza para el contenido de CaCO<sub>3</sub> (%), encontrado en el suelo

En la Tabla 30 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para el Carbonato de Calcio no existe diferencia estadística para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.0767$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.000003$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos para el factor carbonato de calcio, además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro. El Coeficiente de variación es 3.43 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos del carbonato de calcio, además, es adecuado para el diseño utilizado.

**Tabla 306**

*Análisis de varianza para el contenido de CaCO<sub>3</sub> encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.70	0.35	4.061 ns	0.0767
Tratamientos	3	98.14	32.80	379.704 ***	<0.000003
Error	6	0.52	0.09		
Total	11	99.36			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 6.73 \%$$

En la tabla 31 y figura 18 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que el carbonato de calcio alcanzada con la gallinaza en dosis de 360, 270 y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 7.67, 5.97 y 3.83 %, respectivamente, son estadísticamente diferentes y se alejan del resultado obtenido con el testigo. Además, se observa que el carbonato de calcio presenta un comportamiento creciente en función de las dosis.

Los resultados contrastan con lo reportado por (Torres, 2020) respecto al Carbonato de Calcio del T4:  $5.733 \pm 1.122$ ; T1:  $4.167 \pm 1.422$ ; T2:  $3.900 \pm 0.557$ ; T3:  $3.367 \pm 1.266$  estadísticamente los datos son similares. Esto posiblemente se deba al tipo y dosis de abonos orgánicos que se utilizaron en este estudio.

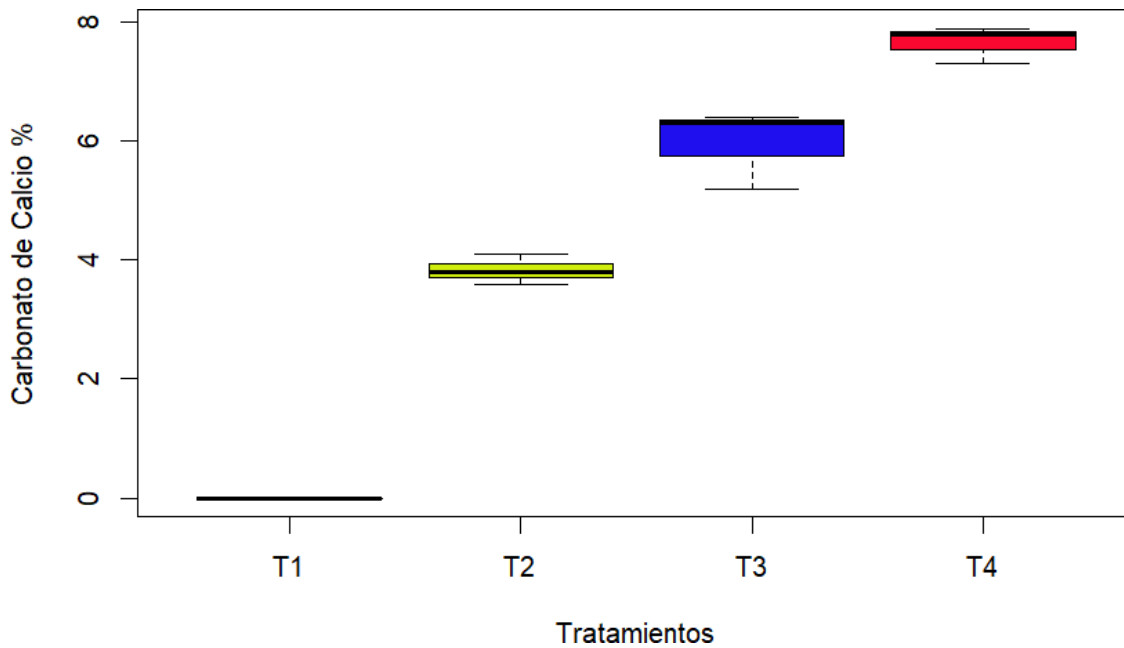
**Tabla 31**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de  $\text{CaCO}_3$*

Gallinaza (Kg/m <sup>2</sup> )	Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) (%)	Significación al 5 %			
T4	7.6667	a			
T3	5.9667		b		
T2	3.8333			c	
T1	0.0000				d

**Figura 18**

*Contenido de  $\text{CaCO}_3$ , obtenido por efecto de los diferentes tratamientos*



**4.17. Análisis de varianza para el contenido de calcio (Ca), como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>), encontrado en el suelo**

En la Tabla 32 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Calcio (Ca) existe diferencia estadística significativa para los bloques, el valor de significación p = 0.034 es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación p = 0.002 es menor al 5 %, por lo tanto, existe diferencias entre los tratamientos con respecto al calcio como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>), entonces la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación de 23,54%, indica la alta variabilidad de los resultados obtenidos del calcio como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>).

**Tabla 32**

*Análisis de varianza para el contenido Ca como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	5.980	2.99	6.227 *	0.0344
Tratamientos	3	26.430	8.81	18.349 **	0.0020
Error	6	2.881	0.48		
Total	11	35.29			

Significativa (\*), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 23.54 \%$$

En la tabla 33 y figura 19 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que el calcio como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>) obtenido con el testigo es 5.49 meq/100g, este resultado es estadísticamente superior a los obtenidos con las dosis de gallinaza de 180, 270, y 360 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 2.03, 1.24 y 1.01 meq/100g, respectivamente, el cual son estadísticamente iguales y los que presentaron menor calcio como catión cambiante (Ca<sup>2+</sup>), con respecto al testigo.

Los resultados contrastan con lo reportado por (Cotrina et al., 2020) el Ca de los tratamientos T1 2,29 mol(+)/kg; T2 2,30 mol(+)/kg ; T3 2,28 mol(+)/kg y T4 2,25 mol(+)/kg no muestran diferencia estadística entre tratamientos. También difiere con lo obtenido por (González, 2011) el Ca no mostró cambios demostrativos con relación a las aplicaciones de gallinaza. Esto posiblemente se deba que en ambos estudios la cantidad de gallinaza por hectárea fue inferior al utilizado en el presente estudio ya que la gallinaza es rica en Ca.

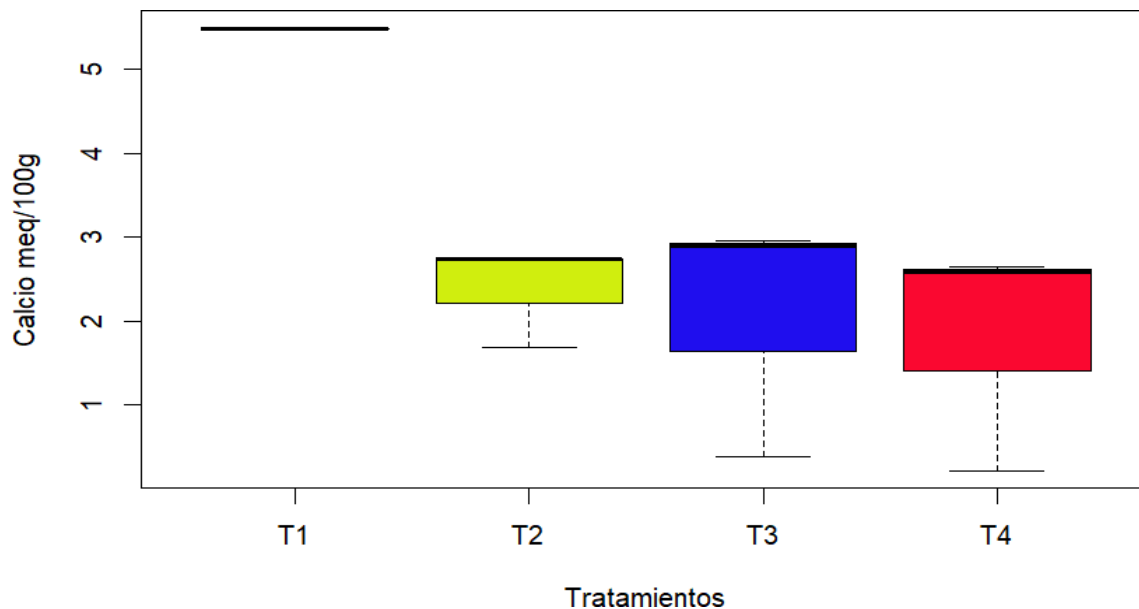
**Tabla 33**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de Ca como catión cambiante ( $Ca^{+2}$ ), encontrado en el suelo*

Tratamiento	Calcio (meq/100g)	Significación al 5 %
T1	5.490	a
T2	2.387	b
T3	2.080	b
T4	1.817	b

**Figura 19**

*Contenido Ca como catión cambiante ( $Ca^{+2}$ ), encontrado en el suelo, obtenido por el efecto de los diferentes tratamientos*



**4.18. Análisis de varianza para el contenido de magnesio (Mg), como catión cambiante (Mg<sup>+2</sup>), encontrado en el suelo.**

En la Tabla 34 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Magnesio (Mg), indica que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, el valor de significación  $p = 0.129$  es mayor al 5 %, por lo tanto, existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.049$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para el magnesio como catión cambiante (Mg<sup>+2</sup>), además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 35,10%, este valor indica alta variabilidad de los resultados obtenidos del magnesio como catión cambiante (Mg<sup>+2</sup>).

**Tabla 34**

*Análisis de varianza para el contenido de Magnesio (Mg<sup>+2</sup>), como catión cambiante, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	7.718	3.859	2.940 ns	0.129
Tratamientos	3	18.882	6.294	4.759 *	0.049
Error	6	7.875	1.312		
Total	11	34.475			

No significativa (ns), Significativo (\*)

**CV = 35.097 %**

En la tabla 35 y figura 20 de la Prueba de Tukey al 5% indica que el magnesio como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ) obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son estadísticamente diferentes. Además, la mejor dosis de gallinaza es de 270 Kg/m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 4.73 meq/100g de magnesio como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ). Con las dosis 360 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 4.58 y 4.26 meq/100g, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 1.12 meq/100g siendo este el menor contenido de magnesio como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ), encontrado en el suelo.

Los resultados son similares a los reportados por (Cotrina et al., 2020) respecto al efecto de los abonos orgánicos de los diferentes tratamientos sobre el Mg T1 0,49 mol(+)/kg; T2 0,51 mol(+)/kg ; T3 0,51 mol(+)/kg y T4 0,47 mol(+)/kg no hay diferencia estadística entre tratamientos. La aplicación de gallinaza puede contribuir a aumentar ligeramente las concentraciones de Mg.

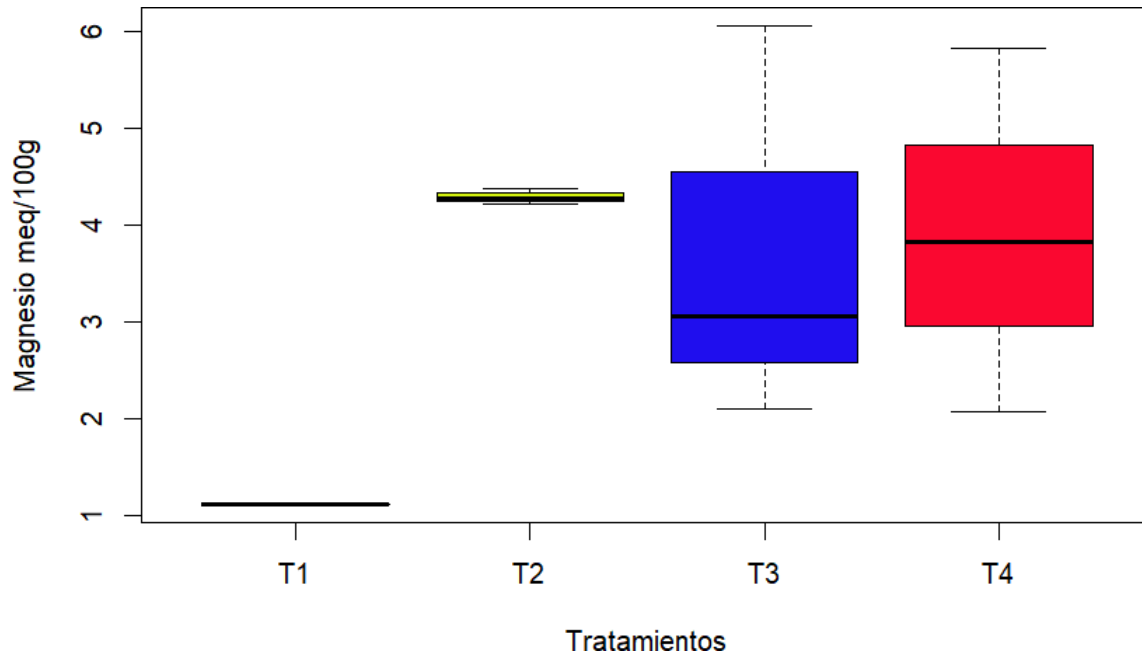
**Tabla 35**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos, en el contenido de Mg como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ), encontrado en el suelo*

<b>Tratamientos</b>	<b>Magnesio (meq/100g)</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T2	4.293	a
T4	3.910	a
T3	3.733	a
T1	1.120	a

**Figura 7**

*Contenido de Magnesio (Mg), como catión cambiante ( $Mg^{+2}$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.19. Análisis de varianza para el contenido de potasio (K), como catión cambiante ( $K^{+}$ ), encontrado en el suelo.**

En la Tabla 36 se observa que no existe significación estadística para los bloques, dado que, el valor de significación (p-valor=0.1858) es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques.

Para los tratamientos, el valor de significación (p-valor=<0.0001) es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los resultados obtenidos del potasio como catión cambiante ( $K^{+}$ ), además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.



El Coeficiente de variación es 6.54 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos del potasio como catión cambiante (K<sup>+</sup>), además, es adecuado para el diseño utilizado.

**Tabla 36**

*Análisis de varianza para el contenido de Potasio (K), como catión cambiante (K<sup>+</sup>), encontrado en el suelo.*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.09	0.05	2.26 ns	0.1858
Tratamientos	3	14.07	4.69	225.87 **	<0.0001
Error	6	0.12	0.02		
Total	11	14.29			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

**CV = 6.54 %**

Según la prueba de Tukey al 5 % (Tabla 37 y Figura 21), muestra que el potasio como catión cambiante (K<sup>+</sup>) obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son estadísticamente diferentes. Además, por la superioridad de los resultados, la mejor dosis de gallinaza es de 360 Kg/10m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 3.04 meq/100g de potasio como catión cambiante (K<sup>+</sup>). Con las dosis 270 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 2.92 meq/100g y 2.49 meq/100g, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 0.36 meq/100g siendo este el menor contenido de potasio como catión cambiante (K<sup>+</sup>), encontrado en el suelo.

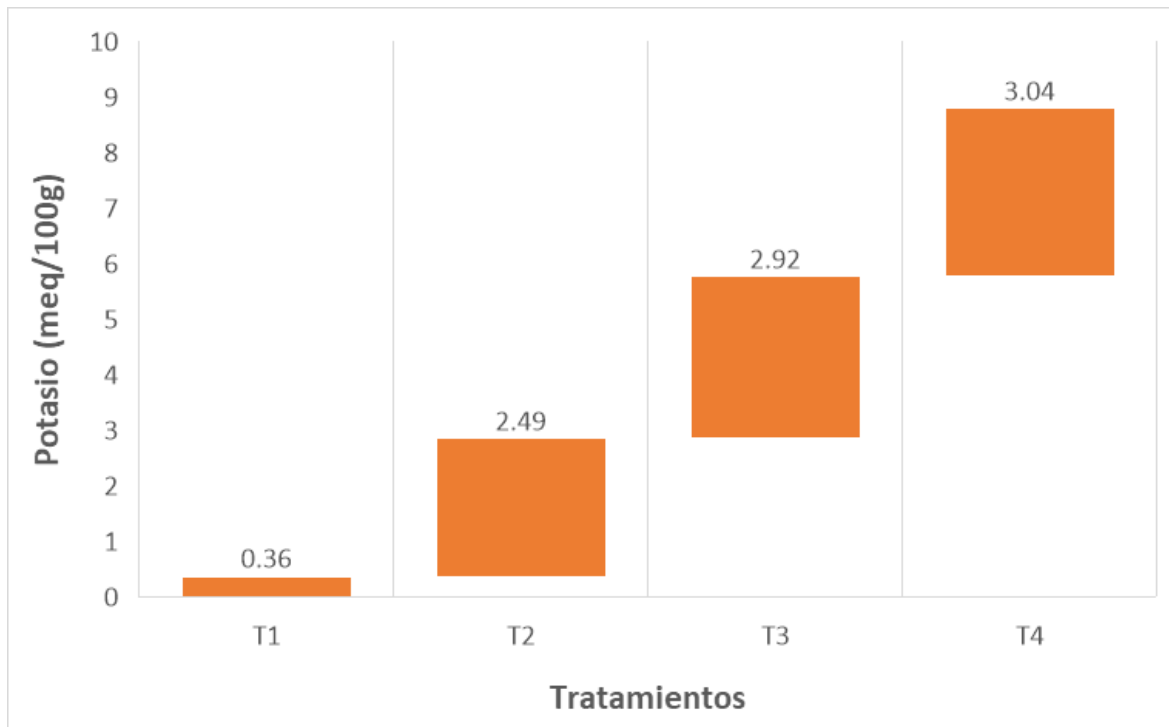
**Tabla 37**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio (dosis de gallinaza), en el contenido de Potasio (K), como catión cambiante ( $K^+$ ), encontrado en el suelo.*

Tratamientos	Potasio (meq/100g)	Significación al 5 %
T4	3.04	a
T3	2.92	a
T2	2.49	b
T1	0.36	c

**Figura 21**

*Contenido de potasio (K), como catión cambiante ( $K^+$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.20. Análisis de varianza para el contenido de Sodio (Na), como catión cambiante (Na<sup>+</sup>), encontrado en el suelo.**

En la Tabla 38 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Na, indica que que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.53$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0011$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre tratamientos para la propiedad sodio como catión cambiante (Na<sup>+</sup>), además, por lo tanto, la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 21.1 %, este valor indica la variabilidad de los resultados obtenidos del sodio como catión cambiante (Na<sup>+</sup>).

**Tabla 38**

*Análisis de varianza para el contenido de Na, como catión cambiante (Na<sup>+</sup>), encontrado en el suelo*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.0093	0.0047	0.707 ns	0.5301
Tratamientos	3	0.4568	0.1522	23.101 **	0.0011
Error	6	0.0396	0.0066		
Total	11	0.5057			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 20.3396 \%$$

En la tabla 39 y figura 22 de la Prueba de Tukey al 5% el sodio como catión cambiante ( $\text{Na}^+$ ) obtenido con la gallinaza en dosis de 360, 180 y 270 Kg/m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 0.60, 0.38 y 0.38 meq/100g, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 0.14 meq/100g, siendo este el menor contenido de sodio como catión cambiante ( $\text{Na}^+$ ) encontrado en el suelo.

Mientras más se incrementa la concentración de la gallinaza en el suelo también se incrementa la concentración de sodio en el suelo. Esto posiblemente por el alto contenido de Na en el estiércol de gallinaza (Aguilar et al., 2014).

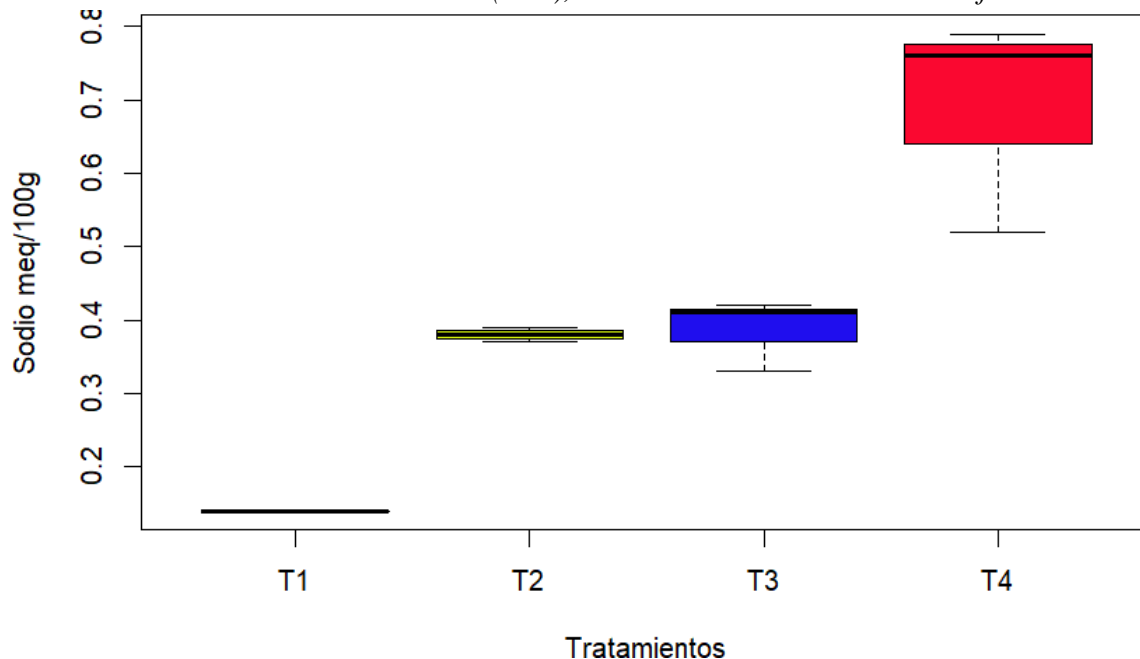
**Tabla 39**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en el contenido de Na como catión cambiante ( $\text{Na}^+$ ) encontrado en el suelo*

Tratamientos	Sodio (meq/100g)	Significación al 5 %
T4	0.690	a
T3	0.387	b
T2	0.380	b
T1	0.140	c

**Figura 22**

*Contenido Na como catión cambiante ( $\text{Na}^+$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



**4.21. Contenido de Aluminio (Al) más hidrogeno (H), como suma de cationes cambiabiles (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>), encontrado en el suelo**

En la Tabla 40 se observa el análisis de varianza de la propiedad química del suelo para Aluminio (Al) más Hidrogeno (H), indica que que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.98$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0001$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias estadísticas entre tratamientos para la propiedad Al más H, además, por lo tanto, la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 1.45 %, este valor indica la variabilidad de los resultados obtenidos del Al más H.

**Tabla 40**

*Análisis de varianza para el contenido de aluminio (Al) más hidrogeno (H) como sumas de cationes; encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.000	0.000	1.800 ns	0.982
Tratamientos	3	0.023	0.008	5.723 ***	0.001
Error	6	0.000	0.000		
Total	11	0.023			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$C.V = 1.448$$

En la tabla 41 y figura 23 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que, el aluminio más el hidrogeno como cationes cambiabiles ( $Al^{3+} + H^{+}$ ) obtenido con el testigo es 0.10 meq/100g, este resultado superior a los obtenidos con las dosis de gallinaza de 360, 270, y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyo resultado fue de 0 meq/100g, respectivamente, siendo el menor contenido de aluminio más el hidrogeno como cationes cambiabiles ( $Al^{3+} + H^{+}$ ) con respecto al testigo

Los resultados son similares a los reportados (Cotrina et al., 2020) el Al en los diferentes tratamientos T1 1,11 mol(+)/kg; T2 0,82 mol(+)/kg ; T3 0,90 mol(+)/kg y T4 0,95 mol(+)/kg. Indica que los tratamientos son diferentes estadísticamente en cuanto a la variable Al; sin embargo, el tratamiento testigo T1 fue superior; frente a los demás tratamientos. Esto posiblemente se deba a lo mencionado por (Sanchez, 2012) la acidez favorece la presencia de aluminio intercambiable en el suelo, que a su vez favorece el desarrollo de la acidez del suelo. Por lo tanto, la presencia de aluminio crea una reacción en cadena que hace que el suelo sea más ácido.

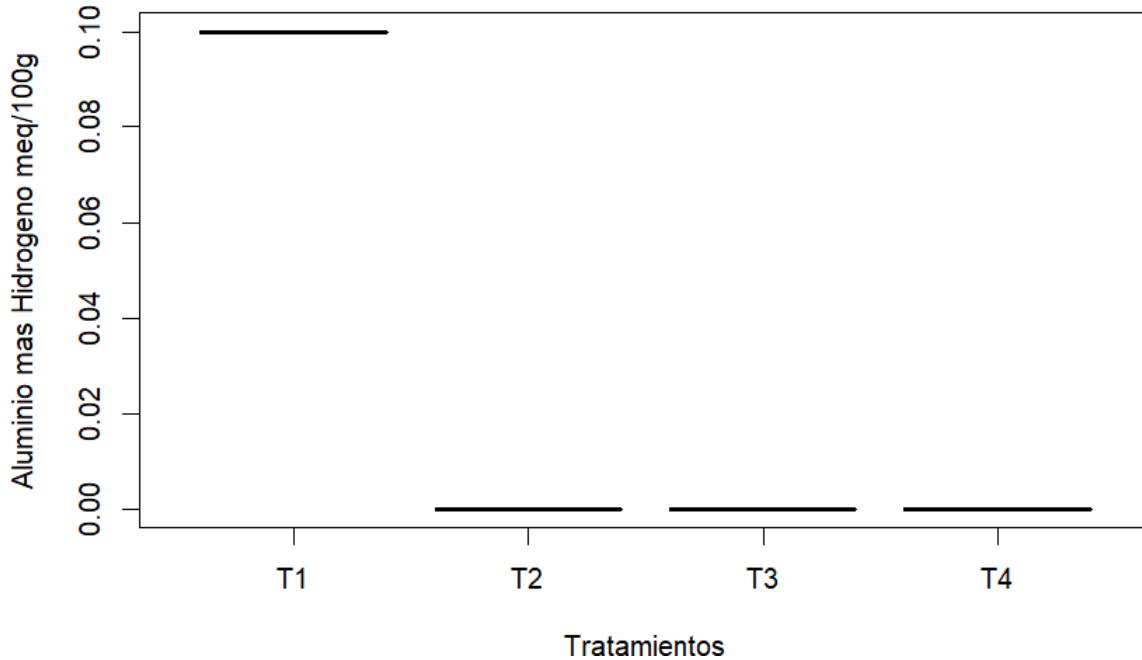
**Tabla 41**

*Contenido de Al más H como suma de cationes cambiabiles ( $Al^{3+} + H^{+}$ ), encontrado en el suelo, obtenido por los diferentes tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b><math>Al^{3+} + H^{+}</math> (meq/100g)</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T1	0.1	a
T2	0.0	b
T3	0.0	b
T4	0.0	b

**Figura 23**

*Contenido de Al más H como suma de cationes cambiabiles ( $Al^{3+} + H^{+}$ ), encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



#### **4.22. Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo**

En la Tabla 42 se observa el análisis de varianza de la propiedad química suma de cationes del suelo indica que no existe diferencia estadística significativa para los bloques, dado que, el valor de significación  $p = 0.32$  es mayor al 5 %, esto indica que existió homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.0119$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos para la suma de cationes, además, evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 6.69 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la suma de cationes.

**Tabla 42**

*Análisis de varianza para la suma de cationes, encontrados en el suelo para los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.933	0.466	1.371	0.3233 ns
Tratamientos	3	9.298	3.099	9.109	0.0119*
Error	6	2.041	0.340		
Total	11	12.272			

No significativa (ns), Significativo (\*)

**CV = 6.69 %**

En la tabla 43 y figura 24 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que la suma de cationes obtenido con la gallinaza en dosis de 180, 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 9.39, 9.14 y 9.13, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 7.20 siendo este el menor contenido de la suma de cationes encontrados en el suelo.

**Tabla 43**

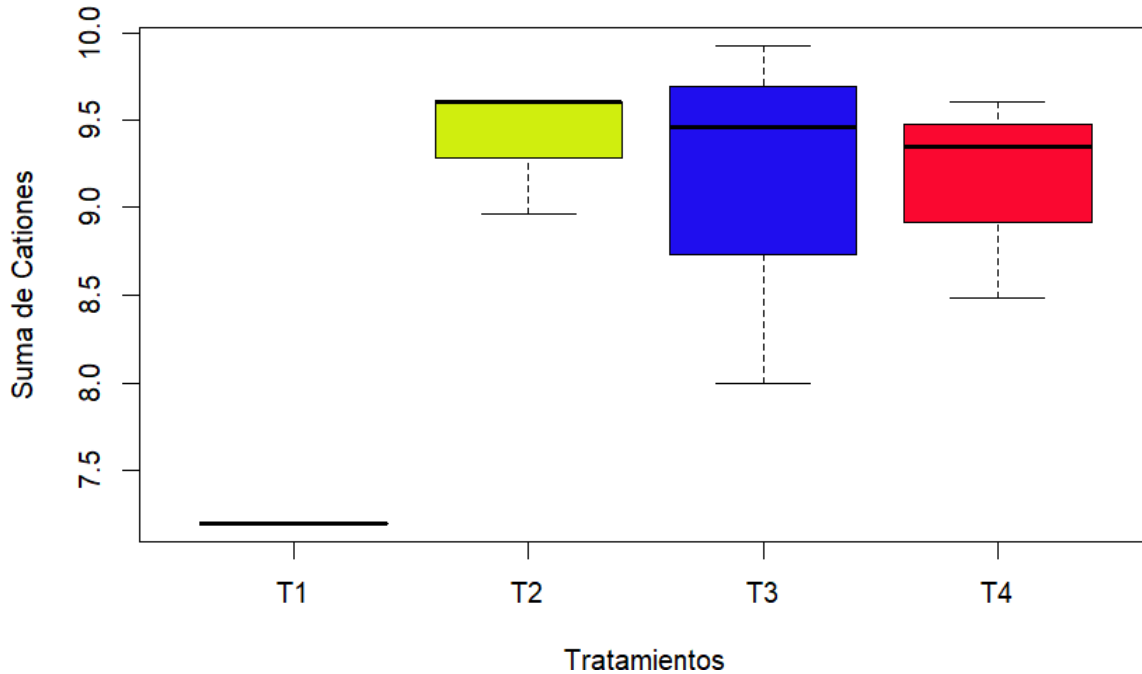
*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos suma de cationes, encontrados en el suelo*

<b>Tratamientos</b>	<b>Suma de cationes</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T2	9.387	a
T4	9.143	a
T3	9.127	a
T1	7.200	b



**Figura 24**

*Suma de cationes, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*



#### **4.23. Análisis de varianza para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo**

En la Tabla 44 se observa el análisis de varianza de la suma de bases cambiables del suelo indica que no existe significación estadística para los bloques, el valor de significación  $p = 0.32$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.009$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos de la suma de bases cambiables, se evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 5.26 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la suma de cationes, además, es adecuado para el diseño utilizado.

**Tabla 44**

*Análisis de varianza para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.933	0.466	1.371 ns	0.323
Tratamientos	3	10.229	3.410	10.022 **	0.009
Error	6	2.041	0.340		
Total	11	13.203			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 6.713 \%$$

En la tabla 45 y figura 25 de la Prueba de Tukey al 5% la suma de bases cambiables obtenido con la gallinaza en dosis de 180, 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 9.72, 9.14 y 9.13, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 7.10 siendo este el menor contenido de la suma de bases cambiables encontrados en el suelo. Esto posiblemente se deba al aporte de las diferentes dosis de la gallinaza en cationes de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> al suelo.

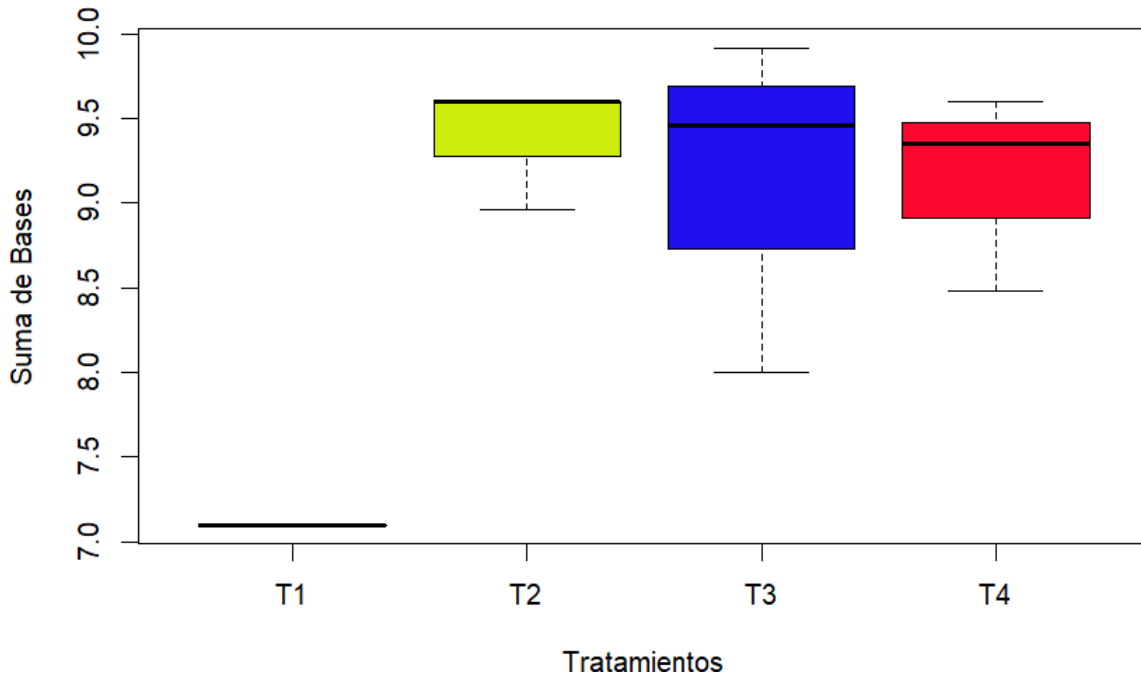
**Tabla 45**

*Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo*

<b>Tratamientos</b>	<b>Suma de bases cambiables</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T2	9.387	a
T4	9.143	a
T3	9.126	a
T1	7.100	b

**Figura 25**

*Suma de bases cambiables, encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*



#### **4.24. Contenido de saturación de bases en el suelo por los diferentes tratamientos**

En la Tabla 46 se observa el análisis de varianza de la suma de saturación de bases del suelo indica que no existe significación estadística para los bloques, el valor de significación  $p = 0.42$  es mayor al 5 %, esto indica que existe homogeneidad entre los bloques. Para los tratamientos, el valor de significación  $p = 0.00002$  es menor al 5 %, esto indica que existe diferencias entre los tratamientos de la suma de saturación bases, se evidencia que la incorporación de gallinaza en el suelo, influyen significativamente en este parámetro.

El Coeficiente de variación es 4.14 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos de la suma de cationes, además, es adecuado para el diseño utilizado.

**Tabla 46**

*Análisis de varianza para la suma de bases cambiables encontrados en el suelo en los diferentes tratamientos*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	2	0.00	0.00	1.01 ns	0.417
Tratamientos	3	2.25	0.75	4.43* **	0.00002
Error	6	0.00	0.00		
Total	11	2.25			

No significativa (ns), Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 4.125 \%$$

En la tabla 47 y figura 26 de la Prueba de Tukey al 5% se observa que, el porcentaje de saturación de bases obtenido con la gallinaza en dosis de 360, 270 y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 100 % de saturación de bases, respectivamente, son porcentajes superiores al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 99 %, siendo este el menor porcentaje de saturación de bases, que se encontró en el suelo.

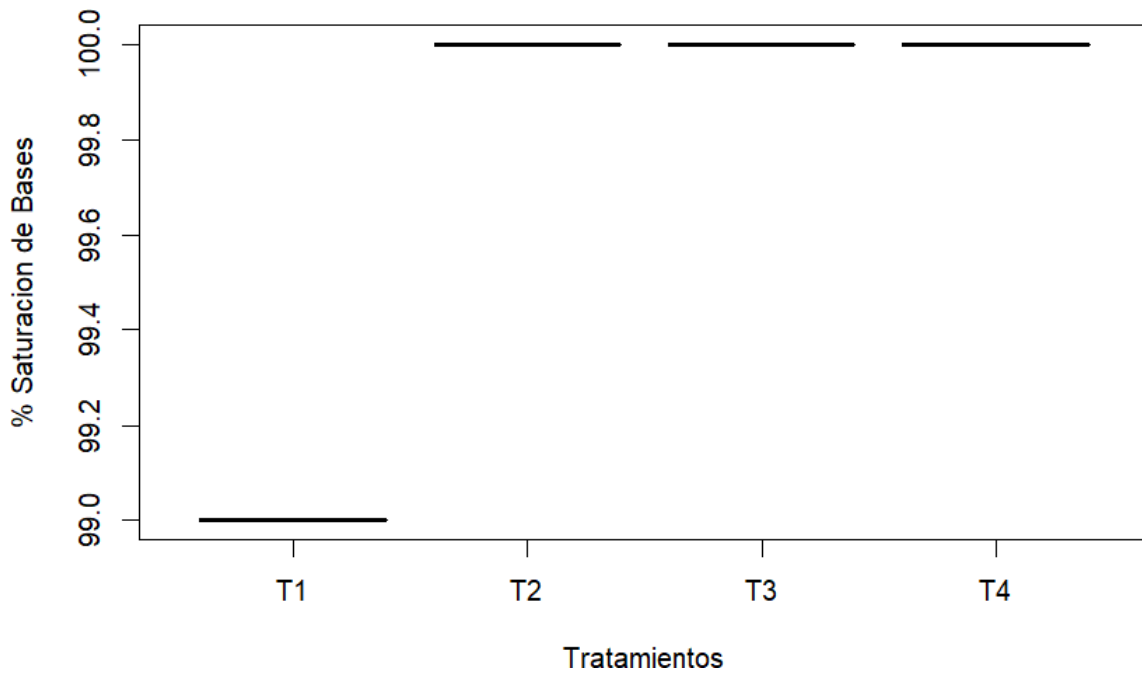
Por lo tanto, todo el complejo de intercambio está ocupado por cationes metálicos (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) que reemplazan completamente a los iones H<sup>+</sup>.

Tabla 477 Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos para la suma de bases cambiables, encontrados en el suelo

<b>Tratamientos</b>	<b>Saturación de bases</b>	<b>Significación al 5 %</b>
T2	100.0	a
T3	100.0	a
T4	100.0	a
T1	99.00	b

**Figura 26**

*Contenido de porcentaje de saturación de bases, encontrado en el suelo en los diferentes tratamientos*



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Las propiedades físicas del suelo (estructura, porosidad y retención de agua) muestran cambios significativos con el tratamiento T4 en el cual se incorpora 360 kg/10m<sup>2</sup> de gallinaza; el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos debido que dicho abono aporta bastante materia orgánica al suelo.

La propiedad química del pH obtenido con la gallinaza en dosis de 360, 270 y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 7.53, 7.5 y 7.44, respectivamente, son estadísticamente similares y a la vez superior al obtenido con el testigo, con el cual se obtuvo 5.98. Además, a medida que se incrementa la dosis de gallinaza, el pH aumenta, volviéndose de ácido a neutro debido a la materia orgánica que aporta la gallinaza. Para la (CIC, CE, Ca, (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>), suma de cationes, suma de bases cambiables y saturación de bases) no muestra cambios significativos con las diferentes dosis de la incorporación de la gallinaza por lo tanto los tratamientos T2, T3 y T4 (180, 270 y 360 kg/10m<sup>2</sup>) son estadísticamente iguales. Con respecto al T1 (0 kg/10m<sup>2</sup>) todos los tratamientos son superiores ya que muestran cambios significativos.

Las propiedades químicas como nitrógeno, fósforo y potasio obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son significativamente diferentes. Además, por la superioridad de los resultados, la mejor dosis de gallinaza es de 360 Kg/10m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 0.28 % de nitrógeno. Con las dosis 270 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 0.26 % y 0.19 %, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 0.11 % siendo este el menor contenido de nitrógeno. Para el fósforo obtenido con las dosis 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados son 384.33 y 350.87

ppm, son estadísticamente iguales y superiores al resto. Con las dosis 180 Kg/10m<sup>2</sup> se obtuvo 262.93 ppm, y con el testigo se obtuvo 12.9 ppm, siendo este último el menor contenido de fósforo. El potasio obtenido con las diferentes dosis de gallinaza y con el testigo son significativamente diferentes. Además, por la superioridad de los resultados, la mejor dosis de gallinaza es de 360 Kg/m<sup>2</sup>, con la cual se obtuvo 2073.67 ppm de potasio. Con las dosis 270 Kg/10m<sup>2</sup> y 180 Kg/10m<sup>2</sup>, se obtuvo 1379.00 y 1311.33 ppm, respectivamente, y con el testigo se obtuvo 128.00 ppm siendo este el menor contenido de potasio.

La materia orgánica obtenida con la gallinaza en dosis de 360 y 270 Kg/10m<sup>2</sup>, cuyos resultados fueron 3.64 y 3.69 %, respectivamente, son significativamente iguales y superiores al resto. La materia orgánica obtenida con la dosis de 180 Kg/10m<sup>2</sup> y con el testigo fue 2.47 y 1.65 % para el testigo, estos resultados son significativamente iguales. Por lo que evidencia que la materia orgánica aumenta con la incorporación de la gallinaza.

## **5.2. Recomendaciones**

Evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, después de la instalación y desarrollo de diferentes cultivos para determinar la extracción de los diferentes nutrientes por parte de las plantas.

Realizar más estudios de este tipo es decir con los mismos tratamientos y dosis de gallinaza para poder obtener datos no solo locales sino también de la región ya que no se cuenta con información local de este tipo de investigación

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, M., Abaigar, A., & Irujo, E. (2014). Gallinaza alternativas ala gestion en fresco. *Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA, S.A.)*, 8.
- Arango Orozco, M. J. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos Trabajo. In *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. (Vol. 0, Issue 0). Corporación Universitaria Lasallista.
- Astulla Puca, D. A. (2019). *Efectos de abonos organicos en el cultivo de phaseolus vulgaris L. var. canario en un suelo ácido- Satipo* [Universidad del Centro del Peru].
- Barahona amores, L. A., & Villareal, J. E. (2015). *Efectos de la gallinaza en las propiedades Fisicas y Quimicas del suelo. August, 2–3*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25859.50723>
- Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., & Mata, D. A. (2005). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica en los sustratos para plantas. *Instituto de Floricultura CIRN*, 1–15. Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R., & Gorriz Ganum, M. J. (2017). *El sistema suelo planta* (A. Vogliotti, J. Di Marco, J. Ammann, D. Prado, & M. Brito (eds.); 1° Edicion).  
[www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/](http://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/)
- Casas Castro, A., & Casas Barba, E. (1999). *Analisis de suelo agua planta y su aplicacion en la nutricion de cultivos horticolas en la zona peninsular* (Caja Rural de Almeria (ed.); 2° edicion, Vol. 21, Issue 1).
- Collazo, M. J. (2012). *Efecto de dos abonos orgánicos sobre propiedades físicas y*



*químicas del suelo y rendimiento de lechuga (lactuca sativa l. var. crispa var. brisa), en un haplustol éntico, Santa Rosa, La Pampa* [Universidad Nacional de La Pampa].  
<https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/2208>

Cotrina Cabello, V. R. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en las propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao – 2017* [Universidad Nacional Hermilio Valdizan].

Cotrina, V., Alejos, I., Cotrina, G., Córdova, P., & Córdova, I. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 31–40.

Demagnet Filippi, R. (2017). ¿Qué efecto tiene en las pasturas la presencia de Aluminio en el suelo y en la planta? *Aluminio*, 1–6.

Didier González, J., Diego Mosquera, J., & Torrente Trujillo, A. (2015). Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 103–111.

Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 1(3), 46–54.

Duran Boneth, A. M., & Sanchez Duran, M. A. (2021). Análisis comparativo entre gallinaza líquida y abonos inorgánicos. *ResearchGate*, June, 0–8.

Elejalde Vargas, C. C. (2018). Aplicación de enmiendas órgano-minerales como estrategia para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de dos suelos representativos del Valle del Cauca. In *Journal of Controlled Release*. Universidad del Valle.

Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista*

*de Investigación*, 2(1), 7.

FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. In *Mundi-Prensa Madrid*.

Flores delgadillo, L., & Alcala Martinez, J. R. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. In *Instituto de Geología (UNAM)* (p. 56).

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I., Vargas, R., & Olmedo, G. F. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*.

González Vélez, A. (2011). Gallinaza como enmienda al suelo: Efecto en el rendimiento y análisis foliar de yautía y en las propiedades químicas del suelo. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 95(3–4), 211–221.

Huerta Cantera, H. E. (2010). *Determinación de Propiedades Físicas Y Químicas de Suelos con Mercurio en la Región De San Joaquín, QRO., y su relación con el Crecimiento Bacteriano* [Universidad Autónoma de Querétaro].

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelo. In A. Quiroga & A. Bono (Eds.), *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*.

INTAGRI. (2015). *La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo*.

Jaramillo Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. In *Introducción a La Ciencia Del Suelo*.

Liebig, M. A., Varvel, G. E., Doran, J. W., & Wienhold, B. J. (2002). Crop Sequence and Nitrogen Fertilization Effects on Soil Properties in the Western Corn Belt. *Soil*

*Science Society of America Journal*, 66(2), 596–601.

Lungo, O., & Dynoodt, R. (2008). Acidification from long-term use of urea and its effect on selected soil properties. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 8(4), 451–463.

Martínez H, E., Fuentes E, J. P., & Edmundo, A. H. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutricion Vegetal*, 8(1), 68–96.

Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Principios de Nutricion Vegetal. In *Instituto Internacional de la Potasa* (1° Edicion, Issue 1).

Molina, E. (2012). *El análisis de suelos y su interpretación*. 69–88.  
<http://www.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias>

Moreno Ayala, L., Cadillo Castro, J., & Chura Chuquija, J. (2020). Calidad de abonos orgánicos elaborados a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. *Anales Científicos*, 81(1), 243.

Moya Patiño, F. L., & Farinango Alova, A. A. (2020). Evaluación de propiedades físico químicas en suelos agrícolas mediante abonos orgánicos en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Santa Martha de Cuba, Carchi [Universidad Tecnica del Norte]. In *Kaos GL Dergisi* (Vol. 8, Issue 75).

Nicholls, C. I., & Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 8–16.

O'Hallorans, J. M., Muñoz, M. A., & Colberg, O. (1993). Effect of chicken manure on chemical properties of a Mollisol and tomato production. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 77(3–4), 181–191.

- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A., & Velarde, M. J. (2011). Edafología 1. In *Edafologia 1* (Vol. 1).
- Pimentel, M. S., Quintao Lana, A. M., & De Polli, H. (2009). Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. *Revista Ciência Agronômica*, 40, n, 106–112.
- Porta Casanellas, J., Acevedo Reguerin, M., & Roquero de Laburu, C. (2003). *Edafologia Para la agricultura y el medio ambiente* (3° Edicion).
- Ramirez Carvajal, R. (1997). PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS. In *Santa Fe de Bogotá, Septiembre*.
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. 35(4), 52–59.
- Rubio Gutiérrez, A. M. (2010). *La Densidad Aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales*. Universidad de Sevilla.
- Rucks, L., Garcia, F., Kaplan, A., Ponce de Leon, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. In *Transactions of the Faraday Society* (Vol. 64).
- Sadeghian Khalajabadi, S. (2010). La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. In S. M. Marin L (Ed.), *La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*.
- Salamanca Jiménez, A., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Journal Of Agricultural Education and Human Resource Development*, 41(1), 191–210.
- Sanchez Torrez, J. D. (2012, March). Acidez de los suelos y su manejo. *Centro de*

*Investigacion Del Banano*, 1–10.

Sierra B, C. (2007). Fertilizacion en Vides de Mesa. *Eclac.Cl*, 990, 57.

Soriana Soto, M. D. (2015). Bases de cambio en el suelo. *Universidad Politécnica de València*, 1, 1–5.

Sposito, G. (2008). The chemistry of soils. In *Science* (Second Edi, Vol. 20, Issue 493).  
Published by Oxford University Press, Inc.

Steckling, N., Gotti, A., Bose-O'Reilly, S., Chapizanis, D., Costopoulou, D., De Vocht, F., Garí, M., Grimalt, J. O., Heath, E., Hiscock, R., Jagodic, M., Karakitsios, S. P., Kedikoglou, K., Kosjek, T., Leondiadis, L., Maggos, T., Mazej, D., Polańska, K., Povey, A., ... Sarigiannis, D. A. (2018). Biomarkers of exposure in environment-wide association studies – Opportunities to decode the exposome using human biomonitoring data. *Environmental Research*, 164(April), 597–624.

Torres Barahona, C. S. (2020). Aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales y su efecto en las propiedades físico-químicas y formación de materia seca de maíz (*Zea mays* L.). San Jerónimo de Tunán, 2017.  
In *Repositorio Institucional Continental*. Universidad Continental.

Trinidad-Santos, A., & Velasco-Velasco, J. (2016). Importancia De La Materia Orgánica En El Suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52–58. h

U.S. Borax. (2019). *Efectos del sodio en bórax en los suelos y cultivos*.

Weil, R. R., & Brady, N. C. (2016). The Nature and Properties of soils. *ResearchGate*, April, 933.

## ANEXOS

### Foto 1

*Rotulado de muestras para envío a laboratorio (UNALAM).*



### Foto 2

*Pesado de muestras para calcular densidad aparente y porosidad del suelo.*



**Foto 3**

*Juego de tamices para determinar granulometría del suelo*



**Foto 4**

*Cálculo del % de retención de agua mediante probetas en proporción de agua y suelo 1:1.*



**Tabla 48**

*Análisis de caracterización del suelo antes de la incorporación de la gallinaza.*

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																				
Solicitante		: BENEDICTO RUIZ GARCIA																		
Departamento		: CAJAMARCA										Provincia : CAJAMARCA								
Distrito		: CAJAMARCA										Predio : YANAMANGO								
Referencia		: H.R. 64261-103C-18							Bolt.: 1730			Fecha : 20/07/18								
Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de	de	%
		( 1:1 )	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases
9056	BR-1	5.98	0.12	0.00	1.88	12.9	128	70	15	15	Fr.A.	7.20	5.49	1.12	0.36	0.14	0.10	7.20	7.10	99
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																				
Número de Muestra		N																		
Lab	Claves	%																		
9056	BR-1	0.11																		
																	<b>Dr. Sady García Bendezú</b> <i>Jefe del Laboratorio</i>			



**Tabla 49**

*Análisis de caracterización del suelo después de 4 meses de aplicado la gallinaza para el bloque N°1.*

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																					
Solicitante :		BENEDICTO RUÍZ GARCÍA																			
Departamento :		CAJAMARCA														Provincia :				CAJAMARCA	
Distrito :		CAJAMARCA														Predio :				LUGAR YANAMANGO	
Referencia :		H.R. 69825-106C-19										Bolt.: 3465				Fecha :				13/09/19	
Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%	
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de	de	%	
		( 1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases	
7297	BI-T1	7.44	2.42	4.10	2.72	280.0	1284	69	15	16	Fr.A.	8.96	1.68	4.28	2.61	0.38	0.00	8.96	8.96	100	
7298	BI-T2	7.40	2.09	6.30	3.86	354.7	1431	67	17	16	Fr.A.	9.92	0.39	6.05	3.07	0.41	0.00	9.92	9.92	100	
7299	BI-T3	7.36	2.55	7.80	3.59	393.5	1684	65	21	14	Fr.A.	9.60	0.22	5.83	3.02	0.52	0.00	9.60	9.60	100	
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																					
Número de Muestra																					
Lab	Claves	N																			
		%																			
7297	BI-T1	0.19																			
7298	BI-T2	0.25																			
7299	BI-T3	0.29																			
																		<b>Ing. Braulio La Torre Martínez</b> <b>Jefe del Laboratorio</b>			

**Tabla 50**

*Análisis de caracterización del suelo después de 4 meses de aplicado la gallinaza para el bloque N°2.*

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																					
Solicitante		BENEDICTO RUÍZ GARCÍA																			
Departamento		CAJAMARCA										Provincia						CAJAMARCA			
Distrito		CAJAMARCA										Predio						LUGAR YANAMANGO			
Referencia		H.R. 69825-106C-19										Bolt.: 3465		Fecha						13/09/19	
Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%	
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de	de	%	
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases	
7300	BII-T1	7.44	2.29	3.60	2.30	227.4	1266	67	19	14	Fr.A.	9.60	2.74	4.22	2.26	0.39	0.00	9.60	9.60	100	
7301	BII-T2	7.53	1.64	5.20	3.00	348.7	1272	69	19	12	Fr.A.	8.00	2.95	2.10	2.62	0.33	0.00	8.00	8.00	100	
7302	BII-T3	7.61	4.66	7.30	3.47	375.6	2256	69	19	12	Fr.A.	8.48	2.58	2.07	3.07	0.76	0.00	8.48	8.48	100	
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																					
Número de Muestra		N																			
Lab	Claves	%																			
7300	BII-T1	0.18																			
7301	BII-T2	0.25																			
7302	BII-T3	0.27																			
																		Ing. Braulio La Torre Martínez Jefe del Laboratorio			

**Tabla 51**

*Análisis de caracterización del suelo después de 4 meses de aplicado la gallinaza para el bloque N°3.*

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																					
Solicitante :		BENEDICTO RUÍZ GARCÍA																			
Departamento :		CAJAMARCA												Provincia :						CAJAMARCA	
Distrito :		CAJAMARCA												Predio :						LUGAR YANAMANGO	
Referencia :		H.R. 69825-106C-19								Bolt.: 3465				Fecha :						13/09/19	
Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%	
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de	de	%	
		( 1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases	
7303	BIII-T1	7.45	2.36	3.80	2.40	281.4	1384	68	16	16	Fr.A.	9.60	2.74	4.38	2.11	0.37	0.00	9.60	9.60	100	
7304	BIII-T2	7.58	2.98	6.40	3.62	349.2	1434	69	17	14	Fr.A.	9.46	2.90	3.05	3.09	0.42	0.00	9.46	9.46	100	
7305	BIII-T3	7.63	4.55	7.90	3.86	383.9	2281	67	19	14	Fr.A.	9.35	2.65	3.83	2.08	0.79	0.00	9.35	9.35	100	
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																					
Número de Muestra																					
Lab	Claves	N																			
		%																			
7303	BIII-T1	0.19																			
7304	BIII-T2	0.27																			
7305	BIII-T3	0.28																			
																		<b>Ing. Braulio La Torre Martínez</b> <b>Jefe del Laboratorio</b>			

**Tabla 52**

*Análisis de la materia orgánica (gallinaza), la cual fue incorporada en la parcela experimental.*

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA							
SOLICITANTE	:	BENEDICTO RUIZ GARCIA					
PROCEDENCIA	:	CAJAMARCA/ CAJAMARCA					
MUESTRA DE	:	GALLINAZA					
REFERENCIA	:	H.R. 65723					
BOLETA	:	2099					
FECHA	:	15/11/18					
Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
1029	Muestra BR-1-Gallinaza	7.72	3.14	48.12	2.02	3.97	1.56
Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N	
1029	Muestra BR-1-Gallinaza	4.17	1.06	22.92	0.14	13.05	
				<i>Dr. Sady García Bendezú</i>			
				<i>Jefe de Laboratorio</i>			