



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO, MEDIANTE  
TRES FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN  
DEL CULTIVO DE BANANO

ARICA CHENCHE LUIS ANGEL  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO,  
MEDIANTE TRES FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO

ARICA CHENCHE LUIS ANGEL  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO, MEDIANTE TRES  
FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE  
BANANO

ARICA CHENCHE LUIS ANGEL  
INGENIERO AGRÓNOMO

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA  
2021

# EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO, MEDIANTE TRES FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.amecological.com](http://www.amecological.com)

Fuente de Internet

1%

2

[worldwidescience.org](http://worldwidescience.org)

Fuente de Internet

1%

3

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ARICA CHENCHE LUIS ANGEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO, MEDIANTE TRES FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de abril de 2021



ARICA CHENCHE LUIS ANGEL  
0705597144

## **DEDICATORIA**

A Dios:

A Dios porque ha estado al lado mío en cada etapa de mi vida; guiándome y brindándome salud y sabiduría para continuar.

A mis padres:

Sr. Julio Valarezo y Sra. Margarita Chenche, quienes a lo largo de mi vida me han velado por mi bienestar y educación, representando un pilar fundamental, con su gran ejemplo, honradez, humildad, seriedad, constancia y pertinencia en todo momento.

Brindándome su eterna confianza en cada proceso presentado en el transcurso de mi vida sin dudar de mis cualidades. Gracias a ellos soy lo que soy ahora, los amo con mi vida.

A mis hermanos:

Quienes han estado a mi lado y me han brindado su ayuda para intercalar en cada meta que me forjo.

Luis Angel Arica Chenche

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Machala por acogerme como estudiante y haberme formado como profesional.

Al Ing. Agric. Julio Chabla Carrillo, PhD por la dirección del presente trabajo de investigación y brindarme la oportunidad de aprender de su experiencia profesional y académica.

Al Ing. Salomón Barrezueta, PhD, Ing. Agro. José Quevedo Mg.Sc. por los conocimientos impartidos para culminar mi proyecto de investigación.

A la Sñr. Maritza Angel por prestar los predios de la Finca Orlando Valarezo, para la realización de este trabajo de investigación.

A mis amigos el Ing. Agr. Edison Cueva, Heiner Aguilar, Carlos Armijos por la ayuda brindada en todas las etapas de esta investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en este proyecto.

Luis Angel Arica Chenche

## RESUMEN

### EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO, MEDIANTE TRES FUENTES DE CALCIO, SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO

Autor:

Luis Angel Arica Chenche

Tutor:

Ing. Julio Chabla Carrillo

Un recurso esencial para el desarrollo socio-económico del planeta es el recurso suelo, siendo un sostén físico y químico de todas los ecosistemas terrestres. El inadecuado uso de aplicaciones de fertilizantes y de los sistemas de riegos, han provocado una degradación físicas del suelo. El principal factor físico causante de la degradación física del suelo se encuentra en la compactación, quien es el causante de romper y alterar la estructura del suelo. La problemática planteada permitió la aplicación de 3 fuentes de calcio con la finalidad de mejorar las propiedades físicas, permitiendo generar un efecto estructurados en los suelos, y así una adecuada infiltración del agua, aumento de la porosidad e incremento de la capacidad de retención del agua del suelo, además coadyuvante en el desplazamiento y lavado de sales, ante ello se plateo el siguiente objetivo; Evaluar la incidencia de tres fuentes de calcio como mejorador físico de la compactación y la producción, en suelos bananeros de la Finca Orlando Valarezo. Utilizando un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial (Profundidad, tratamientos) donde se evaluaron 4 tratamientos, Carbonato de calcio (T1), Hidróxido de calcio (T2), Sulfato de calcio (T3) y Testigo (T1). Para la medida de RPS se utilizó un penetrometro digital Field Scout 900 para medir los parámetros físicos se utilizó los protocolos dados por la USDA 2014, Las muestras de suelo fueron tomadas en la Finca Orlando Valarezo con estratos de 15 cm hasta la profundidad de 45 cm. El T1 y T3 mejoraron notablemente las propiedades físicas sometido a un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confiabilidad por medio de Tukey, la Da en los suelos donde se aplicaron estos tratamientos presentaron niveles bajos en comparación a los valores del tratamiento testigo. Ubicándose el valor más bajo el T1 con un valor de  $1,15 \text{ g.cm}^{-3}$  seguido del T2  $1,16 \text{ g. cm}^{-3}$  y el Testigo un valor de  $1,29 \text{ g. cm}^{-3}$ , Por su parte el porcentaje

de poros presentes en la aplicación de T1 es de 53,25%, el mayor valor registrado lo presento el T3 con 53,64 %, mientras que el T4 50,72% con un coeficiente de variación de 4,68 %. En la variable de resistencia mecánica a la penetración T1 influyó a reducir la resistencia a la penetración, en comparación de los demás tratamientos es el de menor respuesta, presentando valores de 216,33 kPa, seguido del T3 y su valor 265,40 kPa, en comparación al tratamientos con valores promedios de 317,78 kPa T2 y Testigo 589,59 kPa. En las variables productivas evaluadas, la longitud y calibración del dedo central de la última mano se registró un mayor promedio con el uso de carbonato de calcio y sulfato de calcio. La aplicación de T1 y T2 en dosis de 400g/planta de calcio presentaron efectos positivos sobre las variables de número de manos, peso de racimo y peso de raquis, lo que permite obtener un valor más alto en la variable ratio (cajas/banano). Emplear hidróxido de calcio de manera edáfica no presento influencia significativas en las variables productivas evaluadas en el cultivo de banano.

**Palabras claves.**

Compactación, densidad aparente, resistencia a la penetración, calcio, suelo.

## **SUMMARY**

### **EVALUATION OF SOIL DECOMPACTION BY THREE SOURCES OF CALCIUM, ITS INCIDENCE ON BANANA CROP PRODUCTION**

Autor:

Luis Angel Arica Chenche

Tutor:

Ing. Julio Chabla Carrillo

Soil is an essential resource for the socio-economic development of the planet, being a physical and chemical support for all terrestrial ecosystems. The inadequate use of fertilizer applications and irrigation systems have caused physical degradation of the soil. The main physical factor causing the physical degradation of the soil is found in compaction, which is the cause of breaking and altering the soil structure. The problem posed allowed the application of 3 sources of calcium with the purpose of improving the physical properties, allowing to generate a structured effect in the soils, and thus an adequate infiltration of water, increased porosity and increased water holding capacity of the soil, in addition to assisting in the displacement and washing of salts, therefore the following objective was proposed; To evaluate the incidence of three sources of calcium as a physical improver of compaction and production, in banana soils of the Orlando Valarezo Farm. Using a randomized block experimental design with factorial arrangement (depth, treatments), four treatments were evaluated: calcium carbonate (T1), calcium hydroxide (T2), calcium sulfate (T3) and control (T1). For the measurement of RPS the digital Field Scout 900 was used and the induced compaction the Proctor equipment, for its part the physical parameters were used the protocols given by the USDA 2014, The soil samples were taken at the Orlando Valarezo Farm with strata from 15 cm to a depth of 45 cm. T1 and T3 significantly improved the physical properties subjected to an analysis of variance (ANOVA) with 95% reliability by Tukey, the Da in the soils where these treatments were applied presented low levels compared to the values of the control treatment. The lowest value was found in T1 with a value of 1.15 g.cm<sup>-3</sup> followed by T2 with 1.16 g.cm<sup>-3</sup> and the control with a value of 1.29 g.cm<sup>-3</sup>. The percentage of pores present in the application of T1 was 53.25%, the highest value recorded was in T3 with 53.64%, while T4 had 50.72% with a coefficient of variation of

4.68%. In the variable of mechanical resistance to penetration, T1 influenced to reduce the resistance to penetration, compared to the other treatments is the one with the lowest response, presenting values of 216.33 kPa, followed by T3 and its value 265.40 kPa, compared to the treatments with average values of 317.78 kPa T2 and Witness 589.59 kPa, the productive variables evaluated, the length and calibration of the central finger of the last hand recorded a higher average with the use of calcium carbonate and calcium sulfate. The application of T1 and T2 in doses of 400g/plant of calcium presented positive effects on the variables of number of hands, bunch weight and rachis weight, which allows obtaining a higher value in the variable ratio (boxes/banana). The edaphic use of calcium hydroxide had no significant influence on the productive variables evaluated in the banana crop.

**Key words.**

Compaction, bulk density, penetration resistance, calcium, soil.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	11
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	11
<b>2. MARCO TEÓRICO.</b> .....	13
2.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS, SUS EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN.....	13
2.2. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO.....	13
2.3. FUNCIONES DEL CALCIO EN LAS PLANTAS .....	13
2.4. DEFICIENCIA DE CALCIO EN LAS PLANTAS DE BANANO .....	14
2.4.1. Síntomas de la deficiencia.....	14
2.5. ABSORCIÓN Y MOVIMIENTO DEL CALCIO EN LAS PLANTAS .....	14
2.6. DINÁMICA DEL CALCIO EN EL SUELO.....	15
2.7. FUNCIÓN DEL CALCIO EN EL SUELO .....	15
2.8. FUENTES DE CALCIO .....	15
2.9. SULFATO DE CALCIO (CaSO <sub>4</sub> ) .....	16
2.10. CARBONATO DE CALCIO (CaCO <sub>3</sub> ).....	16
2.11. HIDRÓXIDO DE CALCIO (Ca(OH) <sub>2</sub> ).....	16
2.12. CONDICIÓN Y MOMENTOS DE APLICACIÓN. ....	17
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.</b> .....	18
3.1. MATERIALES .....	18
3.1.1. Localización de estudio.....	18
3.1.2. Clima y ecología .....	18
3.1.3. Equipos, reactivos y materiales.....	19
3.1.3.1. Equipos, reactivos y materiales (Laboratorio – campo).....	19
3.1.4. Variables analizadas.....	20
3.1.5. Tratamientos.....	21
3.2. MÉTODOS .....	21
3.2.1. Aplicación de mejoradores del suelo .....	21
3.2.1.1. Fuentes de calcio .....	22
3.2.1.2. Testigo.....	22
3.2.2. Métodos de análisis de laboratorio.....	22
3.2.2.1. Determinación de la textura del suelo. ....	22
3.2.2.2. Densidad aparente (Da).....	23
3.2.2.3. Densidad real (Dr).....	24
3.2.2.4. Porosidad total (Pt).....	24

3.2.2.5.	Resistencia a la penetración del suelo (RPS).	24
3.2.3.	Método para variables productivas	25
3.2.3.1.	Peso del racimo	25
3.2.3.2.	Número de manos por racimo.	25
3.2.3.3.	Longitud del dedo central de la segunda mano y última mano.	25
3.2.3.4.	Calibre del dedo central de la segunda y última mano (grados).	25
3.2.3.5.	Peso del raquis.	25
3.2.3.6.	El rendimiento	25
3.2.4.	Diseño del experimento.	25
3.2.4.1.	Tipo de diseño	25
3.2.4.2.	Delineamiento experimental	25
3.2.4.3.	Hipótesis.	26
3.2.4.4.	Análisis de varianza.	26
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE LA FINCA ORLANDO VALAREZO.	27
4.1.1.	Textura de los suelos.	27
4.1.2.	Densidad aparente del suelo	28
4.1.3.	Porosidad del suelo	30
4.1.4.	Resistencia a la penetración (kPa).	31
4.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES PRODUCTIVAS DE LA FINCA ORLANDO VALAREZO.	40
4.2.1.	Longitud de la última mano.	40
4.2.2.	Calibración de la última mano.	40
4.2.3.	Calibración del dedo central de la segunda mano	41
4.2.4.	Longitud del dedo central de la segunda mano	41
4.2.5.	Peso del racimo	42
4.2.6.	Peso de raquis.	42
4.2.7.	Número de manos por racimo.	43
4.2.8.	Ratio	44
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Equivalentes químicos o valor neutralizante de diferentes materiales utilizados como enmiendas para el suelo. Adaptado de (Campillo & Sadwarka, 1993).	16
<b>Cuadro 2.</b> Localización de la finca de estudio, 2021. -----	18
<b>Cuadro 3.</b> Clima y ecología de los predios en estudio, 2020. -----	19
<b>Cuadro 4.</b> Especificaciones de los tratamientos a utilizar.-----	21
<b>Cuadro 5.</b> Escala de interpretación de la resistencia a la penetración del suelo. -----	24
<b>Cuadro 6.</b> Clase textura del suelo en los tratamientos aplicados.-----	28
<b>Cuadro 7.</b> Efecto y significancia de los tratamientos sobre la densidad aparente del suelo. -----	29
<b>Cuadro 8.</b> Efecto y significancia de los tratamientos sobre la porosidad del suelo. ----	30
<b>Cuadro 9.</b> Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 15 días de aplicación de tratamientos (RPS). -----	31
<b>Cuadro 10.</b> Datos de resistencia a la penetración después de 15 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo.-----	32
<b>Cuadro 11.</b> Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 30 días de aplicación de tratamientos (RPS). -----	34
<b>Cuadro 12.</b> Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 30 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo. -----	34
<b>Cuadro 13.</b> Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 45 días de aplicación de tratamientos (RPS). -----	35
<b>Cuadro 14.</b> Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 45 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo. -----	37
<b>Cuadro 15.</b> Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 60 días de aplicación de tratamientos (RPS). -----	37
<b>Cuadro 16.</b> Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 60 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo. -----	39
<b>Cuadro 17.</b> Clasificación del coeficiente de variación de las propiedades físicas (Warrick & Nielsen, 1980)-----	40
<b>Cuadro 18.</b> Longitud y calibración del dedo central de la última mano con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano. -----	41
<b>Cuadro 19.</b> Longitud y calibración del dedo central de la última mano con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano. -----	42
<b>Cuadro 20.</b> Peso del racimo y del raquis con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano. -----	43
<b>Cuadro 21.</b> Número de manos por racimo con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano. -----	43
<b>Cuadro 22.</b> Ratio obtenido de las aplicaciones de calcio en plantas de banano de la Finca Orlando Valarezo.-----	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de la Finca Orlando Valarezo _____	18
<b>Figura 2.</b> Aplicación de Sulfato de calcio. _____	22
<b>Figura 3.</b> Triángulo textural del suelo (USDA, 2004) _____	23
<b>Figura 4.</b> Densidad alta, media y baja según la textura del suelo (USDA, 2004) ____	24
<b>Figura 5.</b> Efecto de los tratamientos en la densidad aparente en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	29
<b>Figura 6.</b> Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	31
<b>Figura 7.</b> Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	33
<b>Figura 8.</b> Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	35
<b>Figura 9.</b> Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	37
<b>Figura 10.</b> Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio. _____	39

# 1. INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos es crucial para los agricultores de todo el mundo, la misma que se producen de varias formas, pero las actividades agrícolas más importantes son la salinización y acidificación, afectando de forma negativa en la productividad, la fertilidad del suelo y la calidad del agua con su drenaje (Eos, 2021).

Para mejorar la calidad de los suelos, y reducir la degradación y contaminación, se debe aplicar enmiendas de yeso agrícola ( $\text{SO}_4\text{Ca}$ ), compost y el humus, reaccionando como estabilizadores estructural y aumentando la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos enmendados (Damian Suclupe, 2018).

El calcio es el elemento alcalino más abundante en la corteza terrestre, puede variar fácilmente de soluble a insoluble en el suelo, dependiendo principalmente de la condición de pH, debido a su carga disolvente y su bajo radio a hidratación, el calcio posee una gran afinidad con las arcillas y materia orgánica del suelo, formando complejos arcilla-húmico-cálcico estables, los cuales tienen a ser insolubles (Chabla Carrillo et al., 2021).

Esta característica del calcio le permite generar un efecto estructurador en los suelos, permitiendo así adecuada infiltración del agua, aumento de la porosidad e incremento de la capacidad de retención del agua del suelo, además coadyuvante en el desplazamiento y lavado de sales (Zapata, 2004).

El calcio en las plantas de banano promueve la división y extensión celular, la formación de estructura de pectatos de calcio originándose de la interacción con el ácido péptico, regula el balance hídrico de las células, además permite la regularización a las señales de respuestas a estímulos externos.(Díaz et al., 2007).

## 1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia de tres fuentes de calcio como mejorador físico de la compactación y la producción, en suelos bananeros de la Finca Orlando Valarezo.

## 1.2.OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Determinar la respuesta de las propiedades físicas específicas del suelo, a través de la aplicación de procedimiento químico, para valorar el impacto de sus aplicaciones.

2. Determinar la respuesta de propiedades productivas específicas en el cultivo de banano, para determinar el impacto de las aplicaciones de 3 fuentes de calcio.
3. Evaluar el efecto enmiendas de calcio que permite corregir la compactación del suelo, a través de la cuantificación de la resistencia mecánica a la penetración.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1.COMPACTACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS, SUS EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN.**

Un recurso esencial para el desarrollo socio-económico del planeta es el suelo, siendo un sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres. La degradación del recurso suelo causa las pérdidas de la producción agrícola, migración de las especies y las pérdidas de biodiversidad (Willians & Reyes, 2010). El principal factor físico causante de la degradación del suelo se encuentra la compactación (Cueto et al., 2009). Debido al uso de fertilizantes químicos a largo plazo ha demostrado efectos perjudiciales en la estructura y salud del suelo, conllevando a la erosión y rendimientos bajos(Chávez & Benavides, 2016).

La compactación de suelos engendra de forma directa o indirectamente fenómenos tales como: pérdidas de suelo por la erosión superficial, lo que provoca a la pérdidas de elementos nutritivos, reducción de la porosidad y la destrucción de la estructura (Bertshe, 1995). Siendo esto un obstáculo para el desarrollo de las raíces y la filtración del agua, baja la actividad biológica del suelo, lo que conlleva una caída de rendimientos (Carrasco et al., 2018).

La compactación del suelo tiene consecuencias sobre las propiedades físicas de los suelos, provocando consecuencias directas sobre la nutrición de las plantas, produciendo un desorden fisiológico en las plantas (Machetti et al., 2019).

### **2.2.RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO**

La resistencia mecánica a la penetración permite detectar fácilmente los cambios la relación entre la exploración de las raíces y los cambios en el perfil del suelo (Zerpa et al., 2013). Un incremento en esta propiedad hasta valores  $>2\text{MPa}$  acarrearía a la obtención de raíces con formas más redondeadas y regulares tamaños(M. Pérez et al., 2016).

### **2.3.FUNCIONES DEL CALCIO EN LAS PLANTAS**

El calcio es un elemento fundamental en las plantas, ayuda en la estimulación del crecimiento de las raíces y hojas, aporta en la reducción de los nitratos presentes en las plantas, funciona como activador en varios sistemas enzimáticos, estructural en la paredes de las células, neutraliza los ácidos orgánicos, (Vázquez et al., 2009) importante elemento para reducir la acidez en el suelo, forma parte de los sistemas de defensa y en la apertura

y cierre de los estomas regulando la transpiración de las plantas (Izquierdo & Armas, 2018).

El calcio es un elemento clave en la estructura de las paredes celulares primarias, donde se localizan los pectatos de calcio de lámina media y tiene la función de incrementar la adhesión entre las células, brindando una mejor estabilidad. También interviene en la división y expansión celular (Pérez, 2017).

El calcio estabiliza la pared y las membranas celulares mediante, por su interacción con el ácido péptico y la lámina media produciendo pectinas, transfiriendo mejor estabilidad e integridad de la pared celular, y todos los tejidos de las plantas (Pillajo et al., 2014).

## **2.4.DEFICIENCIA DE CALCIO EN LAS PLANTAS DE BANANO**

Las deficiencias de calcio en el cultivo de banano durante su fase reproductiva inducen a un desorden fisiológico fácil de identificar por su color rojizo en los dedos (Díaz et al., 2007). condiciones de humedad alta, frío y un bajo nivel de transpiración, el aumento de la salinidad presente en el suelo disminuye la absorción del agua por la planta por lo tanto, se produce una deficiencia de calcio, desequilibrios con K y Mg y el rápido crecimiento de la hoja provoca una escasez de Ca (Haifa, 2009).

### **2.4.1. Síntomas de la deficiencia.**

- **Hojas:** Deformaciones en la punta de hojas jóvenes, facilita el desarrollo de la enfermedad de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijensis*), clorosis intervenal cerca de los márgenes de las hojas (Haifa, 2009).
- **Planta:** Provoca la pudrición del cormo en plántulas de tejido recién plantado.
- **Fruta:** La fruta de curva, la cáscara se divide cuando la fruta madura, se reduce el peso y el diámetro del fruto, la calidad de la fruta es inferior.

## **2.5.ABSORCIÓN Y MOVIMIENTO DEL CALCIO EN LAS PLANTAS**

La absorción del Ca en las plantas de banano es pasiva lo que significa que no requiere una fuente de energía. Es transportado principalmente a través del xilema, junto con el agua. Por lo tanto, existe una relación directa entre la absorción del calcio con la proporción de transpiración de la planta (Molina & Rojas, 2005)

La savia elaborada y en presencia del ion  $\text{Ca}^{2+}$  forman los fosfatos de baja solubilidad por tal motivo no se pueden movilizar por el floema, por eso el Ca no se redistribuye desde

los órganos fuente que son las hojas a los órganos sumidero o frutos (Jama & Ibañez, 2017).

## **2.6.DINÁMICA DEL CALCIO EN EL SUELO**

El Ca del suelo proviene de los minerales del suelo y sus formas estables forman parte del complejo arcillo-húmico (Jorajuria, 2004). El contenido del calcio presente puede afectarse por la erosión y lixiviación; otra parte puede estar bloqueado por el pH o causa de otros elementos, aproximadamente el 3% de ion  $\text{Ca}^{2+}$  del suelo es aprovechado por las plantas (Arvensiagro, 2020).

El equilibrio entre los nutrientes presentes en el suelo tiene un efecto directo sobre la producción y calidad del fruto, Al haber interrelaciones, se han reportado la existencia de antagonismo fuertemente entre K/Ca (Moreno et al., 1999). La aplicación de enmiendas de calcio reduce la dispersión y promueve la floculación de los suelos, siendo una condición necesaria para estabilizar y formar la estructura del suelo (INTAGRI, 2014).

## **2.7.FUNCIÓN DEL CALCIO EN EL SUELO**

El calcio presente en el suelo tiene una importancia ya sea desde el punto de vista físico, químico o incluso biológico(Álvarez et al., 2009). Actúa como un elemento floculador ya que forma complejos con arcillas y ácido húmico, así evitando la erosión del suelo, favorece la circulación del agua, elevar pH del suelo, sirve de alimento para diferentes microorganismos y vegetales presentes en el suelo y reduce la agresividad o virulencia de ciertas enfermedades que se desarrollan en el suelo (Álvaro, 2020).

Es importante saber que solo cumple estas funciones cuando está presente como calcio activo  $\text{Ca}^{2+}$  y no como carbonato. Las enmiendas calcáreas suministran al suelo contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , promoviendo la precipitación del  $\text{Al}^{3+}$  reduciendo la toxicidad(Lerma-Lasso et al., 2020).

## **2.8.FUENTES DE CALCIO**

El encalado es una práctica agrícola que estimula el crecimiento de la planta al reducir la toxicidad del Al y Mn e incrementar la disponibilidad de nutrientes como Ca, N, P y Mo (Calva & Espinosa, 2017).

Entre las fuentes de Ca (cuadro 1) se debe utilizar los carbonatos porque su hidrólisis origina un ácido débil (Carbónico) inestable que se descompone en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , al

contrario las sales como  $\text{CaCl}_2$  o  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  no sirven como material de encalado (Díaz, 2016).

La estabilidad estructural de un suelo presenta una dependencia entre las interacciones físicas-química-biológicas. Está comprobado que las aplicaciones de enmiendas de calcio puede afectar de manera positiva o negativa (Nicora & Plata, 2012).

**Cuadro 1.** Equivalentes químicos o valor neutralizante de diferentes materiales utilizados como enmiendas para el suelo. Adaptado de (Campillo & Sadwarka, 1993).

Material	Equivalente química (EQ) (%)	Fórmula Química	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Carbonato de calcio	100	$\text{CaCO}_3$	40	
Dolomita	109	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	21.6	13.1
Óxido de calcio	179	$\text{CaO}$	71	
Hidróxido de calcio	138	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54	
Hidróxido de magnesio	172	$\text{Mg}(\text{OH})_2$		41
Carbonato de magnesio	119	$\text{MgCO}_3$		28.5
Óxido de magnesio	248	$\text{MgO}$		60
Silicato de calcio	86	$\text{CaSiO}_3$	34.4	

## 2.9. SULFATO DE CALCIO ( $\text{CaSO}_4$ )

El sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) es una enmienda agrícola que proporciona Ca y S al suelo, presenta una reacción lenta, permite mejorar el sistema radicular, además previene el encostramiento superficial. La aplicación de sulfato de calcio no altera el pH del suelo pero si elimina el  $\text{Al}^{+3}$  toxico (García Reyes, 2019).

## 2.10. CARBONATO DE CALCIO ( $\text{CaCO}_3$ )

Es el material de encalado más común. La calcita generalmente es minada a ciclo abierto. La calidad está en dependencia de impurezas del material tales como arcilla o residuos de materia orgánica (Hill, 1990). Sus valores de neutralización están dentro de un 65 – 70 % hasta un poco más de 100% (Perez, 2016).

## 2.11. HIDRÓXIDO DE CALCIO ( $\text{Ca}(\text{HO})_2$ )

También conocida como cal hidratada, es de acción rápida en el suelo, disminuye la presencia de cobre y a la vez regula el pH para un óptimo desarrollo del cultivo (Reyna & Alexander, 2020). Es una sustancia blanca, polvorienta difícil y desagradable de

manejar, su efecto neutralizador es intermedio, entre el óxido de calcio y carbonato de calcio (Castro, 2019).

### **2.12. CONDICIÓN Y MOMENTOS DE APLICACIÓN.**

La mejor manera de determinar la aplicación de fuentes de calcio es previo a un análisis del suelo, las muestras deberán ser extraídas por lo menos una vez cada tres años. Se debe conocer el pH del suelo. Si este tiene un valor igual o inferior al valor crítico (Soprocal, 2011).

La forma de aplicación más efectiva de la incorporación de enmiendas en los primeros 15-20 cm de suelo. La mayoría de los materiales de encalado son pocos solubles por lo tanto es importante que la cal reaccione completamente (Vázquez et al., 2009). En cultivos perennes con distancia de siembras altas, se debe aplicar en el área de gotera o rodaja, lugar donde se encuentran las raíces (Osorio, 2012). Debido a que la cal requiere de humedad para su reacción, el momento de aplicación más óptimo es antes o al inicio de la época lluviosa (E Molina, 2014).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Localización de estudio.

El trabajo fue realizado en la Finca Orlando Valarezo (Figura 1) perteneciente a la Sñr. Maritza Angel del cantón El Guabo de la provincia de El Oro, destinada a la producción bananera, manejada por sistema de riego presurizados con coordenadas UTM (627210.4515, 9648327.2496), cuya localización se detalla en el Cuadro 2.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la Finca Orlando Valarezo

**Cuadro 2.** Localización de la finca de estudio, 2021.

Predio	Provincia	Cantón	Parroquia	Coordenadas UTM
Finca “Maritza Angel”	El Oro	El Guabo	Barbones	627210.4515, 9648327.2496

Datum: WGS 84; Zona: 17 Sur

##### 3.1.2. Clima y ecología

Las condiciones climatológicas y ecológicas se detallan en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clima y ecología de los predios en estudio, 2020.

<b>Índice hídrico</b>	<b>Variación estacional de la humedad</b>	<b>Régimen térmico</b>	<b>Tipo de clima</b>	<b>Zona de vida</b>	<b>Isoterma</b>	<b>Isoyeta</b>
Sub húmedo	Gran Déficit Hídrico en época seca	Cálido	Tropical, megatérmico seco a semihúmedo	Bosque muy seco tropical (B.m.s.t)	28-30 °C	1200mm

### **3.1.3. Equipos, reactivos y materiales**

#### **3.1.3.1. Equipos, reactivos y materiales (Laboratorio – campo)**

##### **Determinación de la Densidad aparente**

- Agregados de suelo tal como se reciben del campo.
- Balanza de precisión.
- Parafina sólida (alternativa económica: vela común derretida)
- Manto calefactor
- Vaso precipitado
- Hilo fino (trozos de 20 a 30 cm)
- Estufa de secado a 105°C.

##### **Determinación de la Densidad real, porosidad total del suelo**

- Muestra de suelo tamizado a 2 mm y secado en la estufa.
- Balón aforado de 50 ml
- Balanza
- Bomba de vacío
- Agua
- Estufa

##### **Determinación de la textura, clase textural**

- Agua Oxigenada
- Piseta
- Probetas
- Hidrómetro de Bouyoucos.
- Balanza
- Estufa

- Oxalato de sodio
- Alcohol amílico
- Licuadora industrial
- Termómetro
- Hoja logarítmica

**Determinación de la resistencia a la penetración del suelo:**

- Penetrómetro digital del suelo (Fieldscout SC-900)
- Estacas (40 cm x 5 cm)
- Cinta métrica
- GPS navegador (Garmin, Mod.: GPSmap 60CSx)
- Software FieldScout

**Determinación de área foliar, emisión foliar, rendimiento y fuste**

- Cinta métrica
- Flexómetro
- Balanza colgante
- Pie de rey
- Libreta de campo
- Etiqueta

**3.1.4. Variables analizadas**

Se evaluaron 12 variables que corresponden a las propiedades físicas del suelo y productivas, para cumplir con el objetivo planteado, Se evaluaron 12 variables que corresponden a las propiedades físicas del suelo y productivas, para cumplir con el objetivo planteado, evaluar la incidencia de tres fuentes de calcio como mejorador físico de la compactación y la producción, en suelos bananeros de la Finca Orlando Valarezo.

**Variables Dependientes:**

- A. Resistencia a la penetración del suelo (RPS), medida en: kPa
- B. Densidad aparente, expresada en  $\text{gr.cm}^{-3}$
- C. Densidad real
- D. Porosidad del suelo (%)
- E. Número de manos por racimo
- F. Longitud del dedo central de la segunda mano (cm)

- G. Calibre del dedo central de la segunda mano (grados)
- H. Calibre del dedo central de la última mano (grados)
- I. Longitud del dedo central de la última mano (cm)
- J. Peso raquis (libras)
- K. Peso del racimo (libras)
- L. Ratio (Cajas/planta)

**Variable independiente: Tratamientos**

1. Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>)
2. Sulfato de calcio (SO<sub>4</sub>Ca)
3. Hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>)
4. Testigo (sin aplicación)

**3.1.5. Tratamientos**

En función de los factores y métodos utilizados en esta investigación se plantean 3 tratamientos con su testigo respectivamente, detallados en la Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Especificaciones de los tratamientos a utilizar.

TRATAMIENTOS					
N°	Producto	Aplicación	Concentración de calcio (%)	Dosis (g/planta.Ca)	Repeticiones
T1	Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	Edáfica	40	400	3
T2	Hidróxido de calcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	Edáfica	54	400	3
T3	Sulfato de calcio (SO <sub>4</sub> Ca)	Edáfica	26	400	3
T4	Testigo	-	-	-	3

**3.2.MÉTODOS**

**3.2.1. Aplicación de mejoradores del suelo**

Para la aplicación de las enmiendas se procedió al cálculo de la longitud de cuerda (arco subtenido) de la semicircunferencia realizada en la base de la planta tal como lo recomienda con un radio de 60 cm para la aplicación de fertilizantes edáficos y enmiendas (Soto, 1992).

$$L = \frac{2\pi r a}{360}$$

L= área de semicírculo  
r= radio

$\alpha$ = ángulo

### **3.2.1.1.Fuentes de calcio**

Realizada la subdivisión en tres partes definidas de la semicircunferencia, se procede con la aplicación de las enmiendas, se realizaron 4 aplicaciones con una frecuencia de cada 15 días, donde se tomarán mediciones de resistencia con un intervalo de 15 días durante los 2 meses de acuerdo a los resultados significativos (Figura 2).



**Figura 2.** Aplicación de Sulfato de calcio.

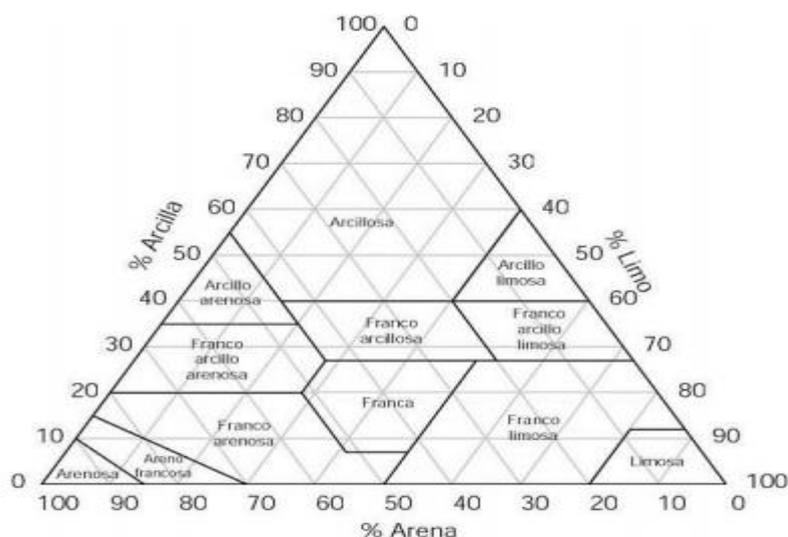
### **3.2.1.2.Testigo**

No se aplicaron ningún tratamiento, solo se tomaron datos de propiedades físicas del suelo.

## **3.2.2. Métodos de análisis de laboratorio.**

### **3.2.2.1.Determinación de la textura del suelo.**

La textura del suelo (Figura 3) fue empleada para conocer las partículas del suelo de las diferentes áreas, para los análisis se empleó el método básico, también conocido como “Método de Bouyoucus” es aplicable en suelos no calcáreos, ni salinos y con contenido bajos de materia orgánica (Villaseñor, 2016).



**Figura 3.** Triángulo textural del suelo (USDA, 2004)

### 3.2.2.2. Densidad aparente ( $D_a$ ).

Mediante el método del terrón o de la parafina. Tomar un agregado de 2 – 4 cm de diámetro, posteriormente amarrarlo cuidadosamente a un hilo fino. Pesar el agregado ( $P_t$ ). Es necesario calcular la humedad con un agregado de similares características secado a 105° C en la estufa por 24 h.

$$\text{Paso 1} = \frac{4^{\text{to}} \text{Terrón Húmedo} - 4^{\text{to}} \text{Terrón seco } 105^{\circ} \text{C}}{4^{\text{to}} \text{Terrón Húmedo}}$$

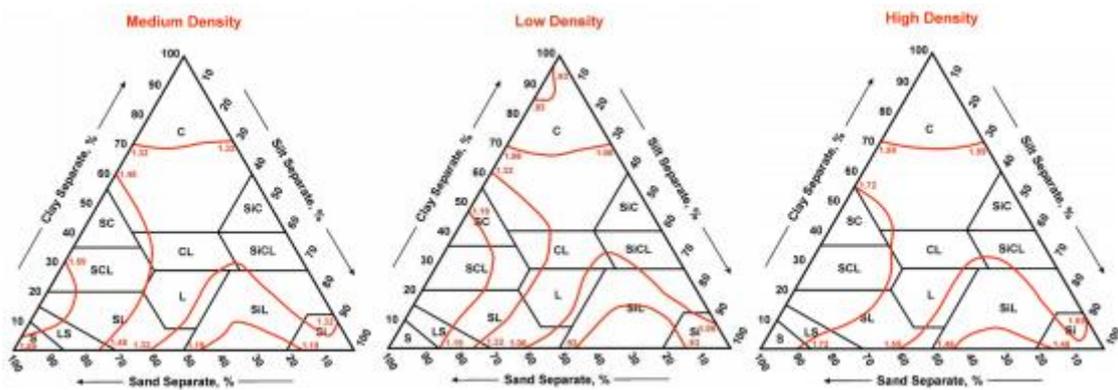
$$\text{Paso 2} = \frac{\text{Terrón parafina} - \text{Terrón húmedo}}{\text{Densidad parafina}}$$

$$\text{Paso 3} = \text{Volúmen desplazado} - \text{Paso 2}$$

$$\text{Paso 4} = \text{Terrón húmedo} - (\text{Paso 1} * \text{Terrón Húmedo})$$

$$\text{Paso 5} = \frac{\text{Paso 4}}{\text{Paso 3}}$$

En un vaso precipitado calentar la parafina sólida en el manto calefactor, sumergir el agregado y sacarlo. Una vez solidificado con una continua cubierta se pesa el agregado ( $P_{tp}$ ). Con la balanza adaptada para colgar una masa, se cuelga el hilo y se pesa el agregado sumergido dentro de un recipiente con agua ( $P_{tpa}$ ). El agregado no debe tocar las paredes ni el fondo del recipiente (Figura 4).



**Figura 4.** Densidad alta, media y baja según la textura del suelo (USDA, 2004)

### 3.2.2.3. Densidad real ( $D_r$ )

Mediante el método del picnómetro siendo un método sencillo y de buena precisión, la densidad real de una muestra de suelo se calcula con dos mediciones cuantitativas la masa de sólidos y el volumen de sólidos de una muestra de suelo (Sandoval et al., 2012).

### 3.2.2.4. Porosidad total ( $P_t$ ).

El valor de la porosidad total de un suelo, se realiza a partir de los valores obtenidos de la densidad aparente y real, expresando el resultado en porcentaje.

$$P_t = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

$P_t$ =Porosidad total  
 $D_a$ = Densidad aparente  
 $D_r$ = Densidad real

### 3.2.2.5. Resistencia a la penetración del suelo (RPS).

Para la medición de la variable utilizando un penetrómetro digital (penetrómetro Fieldscout SC-900) donde se lo introduce a los primeros 45 cm del suelo obteniendo mediciones en diferentes estratos de 2,5 cm, para luego ser promediados los resultados en tres estratos (0-15,15-30,30-45 cm).

**Cuadro 5.** Escala de interpretación de la resistencia a la penetración del suelo.

RPS (kPa)	CONDICIÓN
≤900	Sin restricciones
900-1400	Leves restricciones
1400-2000	Moderadas a severas restricciones
>2000	Restrictivo para el enraizamiento, malas condiciones

**Fuente:** (Zerpa et al., 2013)

### **3.2.3. Método para variables productivas**

#### **3.2.3.1. Peso del racimo**

Se tomaron 10 racimos de forma al azar por cada tratamiento, los datos fueron obtenidos mediante una balanza colgante, obteniendo el peso promedio en libras.

#### **3.2.3.2. Número de manos por racimo.**

El conteo de manos por racimo se realizó mediante observación de los 10 racimos tomados de forma al azar por cada tratamiento.

#### **3.2.3.3. Longitud del dedo central de la segunda mano y última mano.**

En los racimos seleccionados se evaluó la longitud del dedo central de la segunda y última mano, con una cinta métrica desde su pedúnculo hasta la punta del dedo o pezón de racimo de banano.

#### **3.2.3.4. Calibre del dedo central de la segunda y última mano (grados).**

Los valores del calibre del dedo central de la segunda y última mano se midieron mediante el empleo de un calibrador de pie de rey el cual mide en grados el diámetro.

#### **3.2.3.5. Peso del raquis**

Al momento de la cosecha se separaron las manos del raquis, procediendo a pesar el raquis de cada racimo con una balanza colgante, su peso se obtuvo en lb.

#### **3.2.3.6. El rendimiento**

Mediante los valores obtenidos del peso del racimo, se restó el peso del raquis y el peso de la fruta que no califica para exportación, por cada racimo de cada tratamiento y se expresó en libras.

### **3.2.4. Diseño del experimento**

#### **3.2.4.1. Tipo de diseño**

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial, con tres tratamiento más el testigo, con tres repeticiones donde en cada repetición se evaluaron 10 plantas donde fueron aplicados los tratamientos, dando un total de 120 unidades experimentales.

#### **3.2.4.2. Delineamiento experimental**

Número de parcelas 12

Número de tratamientos 4

Número de repeticiones	3
Plantas por parcelas	10
Total de plantas	100
Separación entre parcelas	5 m
Separación entre bloques	10 m
Área del estudio	6400 m <sup>2</sup>

### 3.2.4.3. Hipótesis

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** La aplicación de fuentes de calcio evaluados no obtendrán efecto sobre la producción y las propiedades físicas del suelo en el cultivo de banano, por lo tanto no hay diferencia entre sí, y se cumple:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_{20}$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):** La aplicación de fuentes de calcio evaluados obtendrán efecto sobre la producción y las propiedades físicas del suelo en el cultivo de banano, y por lo menos existe diferencias entre dos medias, y se cumple la ecuación:

$$H_a \neq \mu_1 \neq \dots \mu_{20}$$

Se rechaza o acepta H<sub>0</sub> en base a las siguientes igualdades:

- Si P-valor (valor de probabilidad es menor a 0.05, se detecta un resultado significativo al 5%)
- Si Valor-P (valor de probabilidad es mayor o igual a 0.05, se declara el resultado no significativo).

### 3.2.4.4. Análisis de varianza.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) a través del software IBM SPSS STATICS 23 (2014). Las variables consideradas en este método son: Da, Dr, Pt, RPS, y variables productivas de banano.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE LA FINCA ORLANDO VALAREZO.**

#### **4.1.1. Textura de los suelos.**

La textura del suelo es una medida esencial que establece y define propiedades permanentes en el largo plazo, debido a que se generan tras la destrucción de los agregados (Sandoval et al., 2012). La textura Franca es la más predominante de los perfiles de suelo estudiados, representando un 41% de toda las clases texturales presentes, mientras que la arena es la partícula más predominante e influyente en el perfil, dando lugar a texturas franca, franco arenosa, franco arcillosa y franco arcillo arenosa.

En el cuadro 6, Los extractos de suelo de 15 cm y 45 cm, presentaron y valor alto de porcentaje de área, siendo el perfil quien presenta los valores más alto con un valor máximo de 76,95 % y valor mínimo de 42,95 %. El porcentaje de limo en el extracto de 15 cm es inferior a los demás extractos en los siendo el tratamiento de testigo quien presenta el mayor porcentaje con 33,05, cuya partícula empieza a aumentar a partir de los estratos de 15 a 50 cm, esta distribución de las partículas se debe al origen aluvial de estos suelos.

Por otra parte carbonato de calcio, indica que la arena es la partícula más influyente en el perfil, su contenido es de 76,95 % en los primeros 10 cm, en conjunto al limo con un 13,05% dan lugar a texturas Francos arenosas, el contenido de arena disminuye en el estrato 30 cm con 44,95% con textura Franco arcillo arenosa, cuya partícula empieza a aumentar a en el extracto de 45 cm de suelo debido a la presencia y aumento del limo que tiene correlación negativa con la arena, originando textura Franca.

En el tratamiento de sulfato de calcio, la arcilla posee contenidos más elevados respecto al área de los demás tratamientos, de acuerdo a su textura los perfiles de 15 y 45 cm son homogéneos, la presencia de valores más alto de arcilla se debe a la capacidad de aglutinamiento, provocada a la acción del yeso logrando evitar la dispersión de las partículas.

**Cuadro 6.** Clase textural del suelo en los tratamientos aplicados.

<b>Carbonato de Calcio</b>				
<b>Profundidad de muestreo</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Clase Textural USDA</b>
0 – 15 cm	76,95	10	13,05	Franco arenosa
15 – 30 cm	44,95	26	29,05	Franco arcillo arenosa
30 – 45 cm	54,25	16	29,75	Franca
<b>Hidróxido de calcio</b>				
<b>Profundidad de muestreo</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Clase Textural USDA</b>
0 – 15 cm	63,25	18	18,75	Franco arenosa
15 – 30 cm	42,25	22	35,75	Franco arcillo arenosa
30 – 45 cm	48,25	23	28,75	Franca
<b>Sulfato de calcio</b>				
<b>Profundidad de muestreo</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Clase Textural USDA</b>
0 – 15 cm	47,25	26	26,75	Franca
15 – 30 cm	50,95	16,35	32,7	Franco arenosa
30 – 45 cm	46,25	20	33,75	Franca
<b>Testigo</b>				
<b>Profundidad de muestreo</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Clase Textural USDA</b>
0 – 15 cm	55,95	12	32,05	Franco arcillosa
15 – 30 cm	49,25	17	33,75	Franca
30 – 45 cm	50,95	14,45	35,6	Franco arenosa

#### 4.1.2. Densidad aparente del suelo

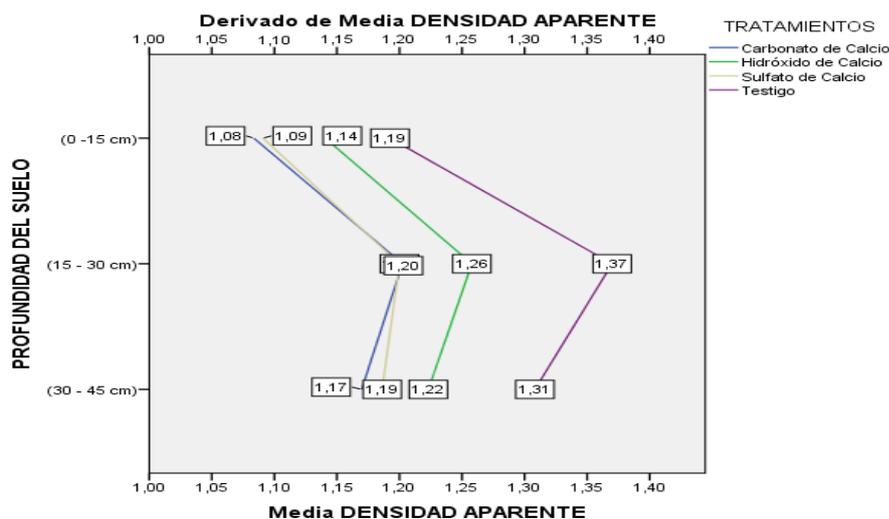
En el cuadro 7 se determinó que la densidad aparente en los primeros 15 cm de suelo correspondiente al presente trabajo fueron inferiores a los valores de Da media (1,35 – 1,37 g.cm<sup>-3</sup>) Álvarez (2009) según la clase Textural Franco arenosa. Ubicándose el T1 con un valor de 1,08 g.cm<sup>-3</sup> mostrando efecto por presentar el menor valor, seguido del T2 mostrando 1,09 g. cm<sup>-3</sup> y un coeficiente de variación 5,17 %. De acuerdo a la prueba de análisis de varianza no existieron diferencias significativas en los distintos tratamientos, mientras que en las profundidades de 0-30 cm existe diferencias significativas entre los tratamientos agrupando a los T1 y T2 obteniendo los mismo valores promedios 1,20 g.cm<sup>-3</sup>, estos resultados coinciden con Machetti et al (2019),

quienes evaluaron la incidencia de agregados de calcio en las propiedades físicas y químicas del suelo, donde encontraron un aumento sobre la infiltración, sin modificar la Da. El grupo conformado por T2 y T4, siendo el T4 quien presentó valor de  $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$  de acuerdo con el diagrama textural de la USDA (2014) a los niveles de densidad aparente relacionado con la textura del suelo, presentan niveles bajos y medios de densidad.

**Cuadro 7.** Efecto y significancia de los tratamientos sobre la densidad aparente del suelo.

DENSIDAD APARENTE ( $\text{g.cm}^{-3}$ )				
Profundidad	T1: Carbonato de calcio	T2: Hidróxido de calcio	T3: Sulfato de calcio	T4: Testigo
0-15 cm	1,08	1,14	1,09	1,19
15-30 cm	1,20	1,26	1,20	1,37
30-45 cm	1,17a	1,22ab	1,19a	1,31b
<b>Suma</b>	3,45a	3,62b	3,48a	3,87b
<b>Promedio</b>	1,15	1,21	1,16	1,29
<b>Des. Estándar</b>	0,06	0,06	0,06	0,09
<b>CV%</b>	5,42	4,99	5,17	7,09

En la figura 5, se observa que la aplicación de fuentes de calcio redujo las densidades aparente en la profundidad de 15cm del suelo, donde el carbonato de calcio ( $1,08 \text{ g.cm}^{-3}$ ) con el sulfato de calcio ( $1,09 \text{ g.cm}^{-3}$ ), en la profundidades de 15 – 45 cm los promedios de la Da se encuentran entre los  $1,17 \text{ g.cm}^{-3}$  hasta los  $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$ . Esto coincide con Vázquez (2009), que afirma que las densidades son indicadores poco sensibles a la penetración del suelo.



**Figura 5.** Efecto de los tratamientos en la densidad aparente en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

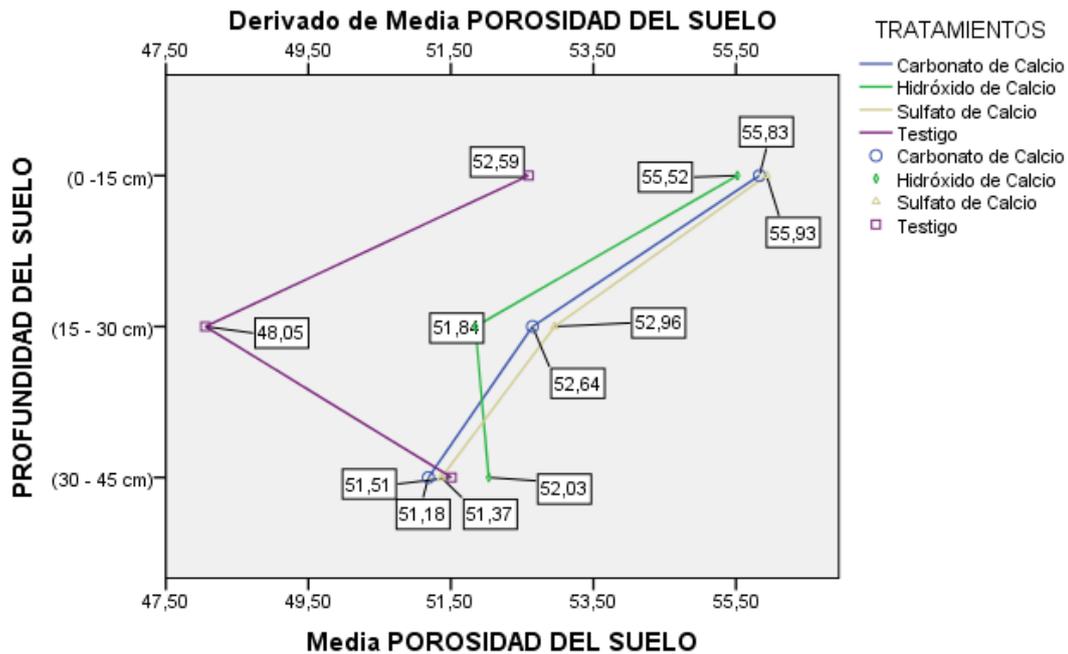
### 4.1.3. Porosidad del suelo

Mediante un análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El T3 demostró un efecto a los 60 días con un valor de 53,64% de porosidad del suelo, con un coeficiente de variación de 3,80% indicando que mejoró la capacidad de retención de agua de los suelos, mientras que el tratamiento testigo presentó un 50,72 % con una variación de 4,68%. Chabla et al. (2021) indica que los porcentajes de porosidad del suelo donde se aplicó yeso agrícola presentaron valores de 50,01% hasta 55,16 %. El T1 a los 60 días de la aplicación edáfica presentó un valor de 53,25% y un coeficiente de variación de 4,57 %.

**Cuadro 8.** Efecto y significancia de los tratamientos sobre la porosidad del suelo.

<b>Profundidad</b>	<b>T1: Carbonato de calcio</b>	<b>T2: Hidróxido de calcio</b>	<b>T3: Sulfato de calcio</b>	<b>T4: Testigo</b>
0-15 cm	55,93	55,52	55,93	52,59
15-30 cm	52,64a	51,84b	52,95a	48,05b
30-45 cm	51,18	51,51	52,03	51,51
<b>Suma</b>	159,75a	158,87b	160,91a	152,15b
<b>Promedio</b>	53,25	52,96	53,64	50,72
<b>Des. Estándar</b>	2,43	2,23	2,04	2,37
<b>CV%</b>	4,57	4,20	3,80	4,68

En la figura 6 se observa los efectos de las tres fuentes de calcio aplicadas en la variable de porcentaje de poros, quienes lograron aumentar el valor de porosidad del suelo hasta los extractos 30cm de profundidad, siendo el sulfato de calcio quien presenta valores de 55,93% (0-15 cm), y un valor de 52,96% en los 30 cm de profundidad. Los Tratamiento no demuestran diferencias significativas a la profundidad de 45 cm en función del testigo quien presentó un valor de 51,37%, INTAGRI 2014, indica que las aplicaciones constantes de fuentes de calcio en suelo, promueven beneficios de floculación del suelo, ayudando a una mejor infiltración y percolación del agua, reduciendo la erosión y mejorar el uso eficiente de agua.



**Figura 6.** Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

#### 4.1.4. Resistencia a la penetración (kPa)

El cuadro 9 muestra un resumen de la estadística descriptiva de los 3 tratamientos y testigo evaluados a distintas profundidades del suelo durante los primeros 15 días de aplicación. Donde se observa un efecto sobre la RPS en los primeros 0-15 cm del suelo de todos los tratamientos siendo el hidróxido de calcio el de mayor impacto, cabe recalcar que el carbonato de calcio influyó sobre desde los 0 – 30 cm del suelo siendo los valores más bajos en comparación a todos los tratamientos, resultado semejante a Calva & Espinoza (2017), donde indica que el carbonato de calcio es un corrector de acción rápida y redujo dicha resistencia respecto del testigo hasta los 30 cm. El sulfato de calcio no presentó influencia sobre la resistencia a la penetración presentado valores promedio superiores a los 700 kPa.

**Cuadro 9.** Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 15 días de aplicación de tratamientos (RPS).

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO (Kpa)									
Tratamiento	Profundidad	Promedio	Me	S	CV (%)	Min	Max	Rango	Sesgo
Carbonato de calcio	(0 - 15 cm)	605,06	637,29	133,47	22,06	458,43	719,48	261,05	-1,02
	(15 - 30 cm)	608,30	647,89	96,31	15,83	498,50	678,50	180,00	-1,54
	(30 - 45 cm)	614,48	530,94	200,38	32,61	469,39	843,11	373,72	1,55
Hidróxido de calcio	(0 - 15 cm)	596,81	604,52	24,00	4,02	569,90	616,00	46,10	-1,30

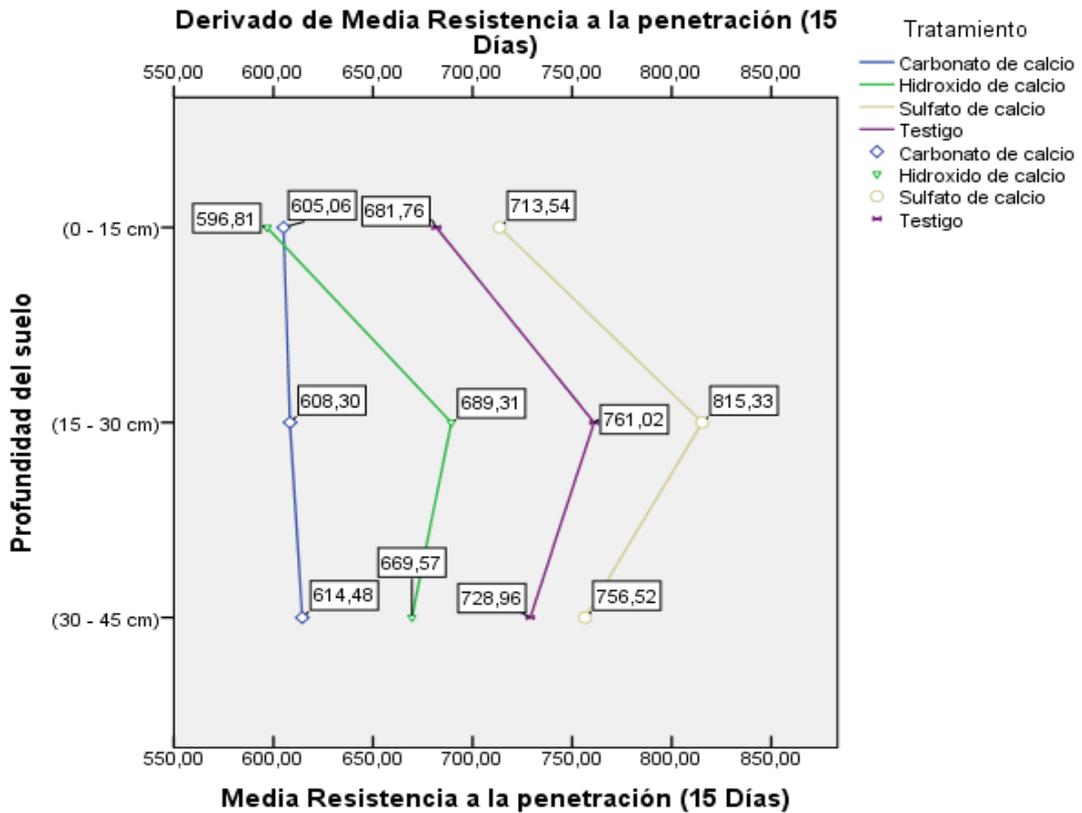
<b>CONTINUACIÓN DEL CUADRO 10</b>	(15 - 30 cm)	689,31	682,28	91,20	13,23	601,83	783,83	182,00	0,35
	(30 - 45 cm)	669,57	690,00	69,32	10,35	592,33	726,39	134,06	-1,21
<b>Sulfato de calcio</b>	(0 - 15 cm)	713,54	708,05	67,50	9,46	648,95	783,62	134,67	0,36
	(15 - 30 cm)	815,33	856,83	196,02	24,04	601,89	987,28	385,39	-0,91
	(30 - 45 cm)	756,52	732,39	240,66	31,81	528,83	1008,33	479,50	0,45
<b>Testigo</b>	(0 - 15 cm)	681,76	678,48	69,03	10,13	614,43	752,38	137,95	0,21
	(15 - 30 cm)	761,02	785,89	53,45	7,02	699,67	797,50	97,83	-1,64
	(30 - 45 cm)	728,96	745,56	81,72	11,21	640,22	801,11	160,89	-0,88

En el cuadro 10, mediante un análisis de varianza presentaron diferencias significativas, donde el T1 y T2, mostraron efectos sobre la RPS, el menor valor lo presentó el T2 con un valor 596,81 kPa en el perfil de 0-15cm. Mientras que el T1 demostró efectos en todos los perfiles de suelo evaluados, con un promedio de 609,28 kPa y un coeficiente de variación de 0,79, de acuerdo con Pérez et al (2016) indicando que la resistencia a la penetración menor a 1000 kPa no presenta restricción en el crecimiento de raíces a profundidades mayores a 45 cm, mientras que Chabla et al (2021) indica que en el cultivo de banano valores de 800 kPa, presentaron volcamiento de plantas. El T3 no presentó efectos notables a los 15 días de aplicación.

**Cuadro 90.** Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 15 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo.

<b>Profundidad</b>	<b>T1: Carbonato de calcio</b>	<b>T2: Hidróxido de calcio</b>	<b>T3: Sulfato de calcio</b>	<b>T4: Testigo</b>
0-15 cm	605,06a	596,81a	713,54b	681,76b
15-30 cm	608,30a	689,31a	815,33b	761,02b
30-45 cm	614,48a	669,57a	728,96b	756,52b
<b>Suma</b>	1827,84	1955,70	2257,83	2199,30
<b>Promedio</b>	609,28	651,90	752,61	733,10
<b>Des. Estándar</b>	4,79	48,72	54,86	44,52
<b>CV%</b>	0,79	7,47	7,29	6,07

En la Figura 7 se logra apreciar como el T1 es el tratamiento que mejores resultados presenta después de 15 días de su aplicación, con promedios bajos de RPS, mientras que el T3 no presenta ningún efecto sobre la variable medida presentando el promedio más alto que el tratamiento testigo. Resultados semejantes a Nicora y Plata (2012), donde las aplicaciones de sulfato de calcio no obtuvieron efecto en los primeros 20 días de su aplicación.



**Figura 7.** Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

En el cuadro 11, el promedio de RPS en los primeros 15 cm del suelo más bajo alcanzó el carbonato de calcio con un valor de 434,79 kPa, y un valor mínimo de 412,33 kPa y máximo de 459,90 kPa, siendo el mejor tratamiento para la descompactación del suelo a largo plazo, indicando un efecto en la calidad del suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención hídrica, seguido del sulfato de calcio con un promedio de 549,19 kPa, y un valor mínimo de 476,38 kPa y máximo de 591,38 kPa en comparación con el testigo quien no demuestro cambios en RPS.

En las profundidades de 15-30 cm en comparación de los promedios obtenidos el T1, T2 y T3 influye en la reducción de valores de esta propiedad con siendo el T1 con mejores propiedades con un valor promedio de 520,06 kPa en comparación con el T4 quien no ostentó influencia, y en la capa de los 30-45 cm de profundidad del suelo, los tratamientos T1 y T3 presentaron valores promedios inferiores a los 600 kPa, a comparación con los tratamientos T2 y T4, presentando valores promedios mayores a los 600 kPa.

**Cuadro 101.** Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 30 días de aplicación de tratamientos (RPS).

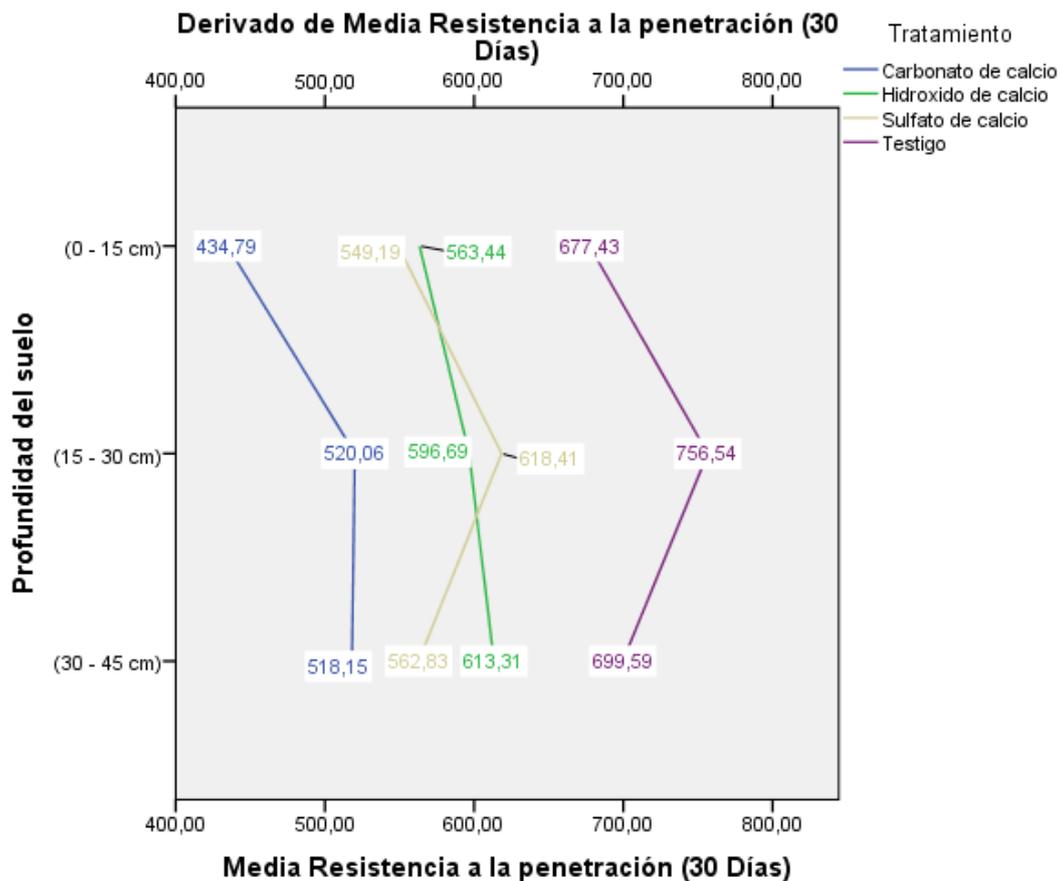
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO (Kpa)									
Tratamiento	Profundidad	Promedio	Me	S	CV (%)	Min	Max	Rango	Sesgo
Carbonato de calcio	(0 - 15 cm)	434,79	432,14	23,90	5,50	412,33	459,90	47,57	0,49
	(15 - 30 cm)	520,06	490,67	69,83	13,43	469,72	599,78	130,06	1,56
	(30 - 45 cm)	518,15	502,17	74,98	14,47	452,44	599,83	147,39	0,92
Hidróxido de calcio	(0 - 15 cm)	563,44	542,10	38,43	6,82	540,43	607,81	67,38	1,73
	(15 - 30 cm)	596,69	609,98	45,03	7,55	546,51	633,57	87,06	-1,21
	(30 - 45 cm)	613,31	611,33	25,86	4,22	588,50	640,11	51,61	0,34
Sulfato de calcio	(0 - 15 cm)	549,19	579,81	63,32	11,53	476,38	591,38	115,00	-1,67
	(15 - 30 cm)	618,41	607,56	57,28	9,26	567,33	680,33	113,00	0,82
	(30 - 45 cm)	562,83	576,83	27,69	4,92	530,94	580,72	49,78	-1,69
Testigo	(0 - 15 cm)	677,43	698,14	49,40	7,29	621,05	713,10	92,05	-1,56
	(15 - 30 cm)	756,54	730,39	45,38	6,00	730,28	808,94	78,66	1,73
	(30 - 45 cm)	699,59	661,22	78,24	11,18	647,94	789,61	141,67	1,68

En el cuadro 12, mediante un análisis de varianza (ANOVA), los tratamientos presentaron diferencias significativas, donde el T1 difiere significativamente con el T2, T3 y T4, mostrando efectos sobre la variable RPS, con un promedio general su valor de 488,67 kPa presentó el T1, y un coeficiente de variación de 9,59%, donde, el perfil de 0-10 cm exhibe un valor de 434,79 kPa, mientras que los tratamientos, El Tratamiento T3 muestra efecto en los perfiles de 15 y 45 cm con sus promedios más bajos en comparación con, el T2 que muestra efectos en los primeros 30 cm del suelos.

**Cuadro 12.** Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 30 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo.

Profundidad	T1: Carbonato de calcio	T2: Hidróxido de calcio	T3: Sulfato de calcio	T4: Testigo
0-15 cm	434,79a	563,44b	549,19b	677,43b
15-30 cm	520,06a	596,69a	618,41b	756,54b
30-45 cm	511,15a	613,31b	562,83a	699,59b
<b>Suma</b>	1466,00	1773,44	1730,43	2133,55
<b>Promedio</b>	488,67	591,15	576,81	711,18
<b>Des. Estándar</b>	46,87	25,39	36,66	40,81
<b>CV%</b>	9,59	4,30	6,36	5,74

La figura 8 manifiesta el efecto de las tres fuentes de calcio aplicadas, Donde el T1 presenta los promedios más bajos, El T3 ya demuestra un efecto sobre la variable de estudio con promedios menores al T2 en el perfil de 15 y 45 cm. Mientras que el Tratamiento Testigo no presenta cambios en RPS. Machetti et al (2009) presentó en los resultados de aplicaciones con fuentes de calcio, que la resistencia a la penetración del suelo en profundidades de 30 y 40 cm no se vio afectado significativamente entre los tratamientos.



**Figura 8.** Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

En el cuadro 13, el promedio de RPS en los primeros 15 cm del suelo más bajo es el carbonato de calcio con un valor de 434,79 kPa, y un valor mínimo de 412,33 kPa y un máximo de 459,90 kPa, siendo el mejor tratamiento para la descompactación del suelo a largo plazo, seguido del sulfato de calcio con un promedio de 549,19 kPa, y un valor mínimo de 476,38 kPa y máximo de 591,38 kPa en comparación con el testigo quien no demostró cambios en RPS.

En las profundidades de 15-30 cm en comparación de los promedios obtenidos el T1, T2 y T3 influye en la reducción de valores de esta propiedad con siendo el T1 con mejores

propiedades con un valor promedio de 520,06 kPa en comparación con el T4 quien no presentó influencia, y en la capa de los 30-45 cm de profundidad del suelo, los tratamientos T1 y T3 presentaron valores promedios inferiores a los 600 kPa, a comparación con los tratamientos T2 y T4, presentando valores promedios mayores a los 600 kPa.

**Cuadro 13.** Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 45 días de aplicación de tratamientos (RPS).

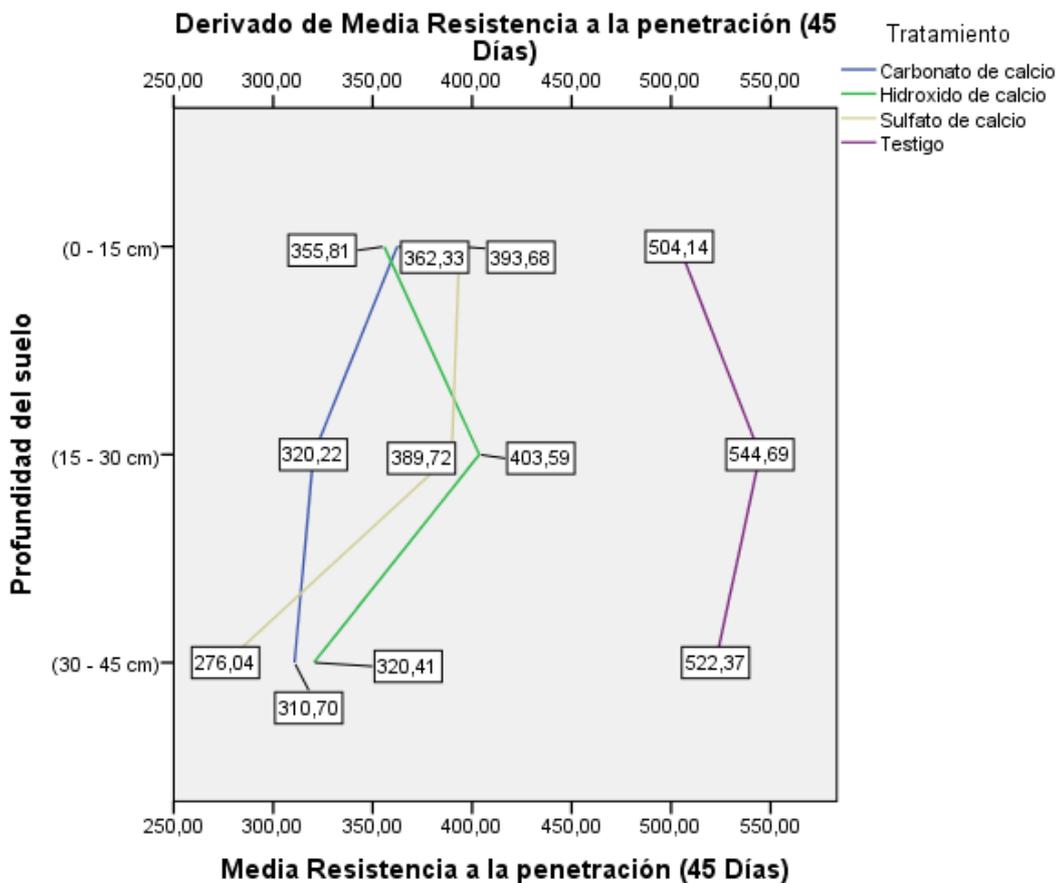
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO (kPa)										
Tratamiento	Días	Profundidad	Promedio	Me	S	CV (%)	Min	Max	Rango	Sesgo
Carbonato de calcio	45 Días	(0 - 15 cm)	362,33	372,14	53,14	14,	309,90	414,38	104,48	-0,562
		(15 - 30 cm)	327,05	316,38	47,62	14,56	285,67	379,11	93,44	1,22
		(30 - 45 cm)	298,42	302,5	51,45	0,17	189,11	231,33	42,22	0,97
Hidróxido de calcio	45 Días	(0 - 15 cm)	309,02	294,81	41,60	13,46	276,38	355,86	79,48	1,36
		(15 - 30 cm)	341,83	353,11	30,68	8,97	307,11	365,28	58,17	-1,43
		(30 - 45 cm)	302,48	294,78	25,34	8,38	281,89	330,78	48,89	1,24
Sulfato de calcio	45 Días	(0 - 15 cm)	257,84	256,14	6,66	2,58	252,19	265,19	13,00	1,07
		(15 - 30 cm)	287,80	276,56	21,47	7,46	274,28	312,56	38,28	1,71
		(30 - 45 cm)	250,56	251,33	18,01	7,19	232,17	268,17	36,00	-0,19
Testigo	45 Días	(0 - 15 cm)	599,54	618,67	93,74	15,63	497,71	682,24	184,52	-0,88
		(15 - 30 cm)	616,28	609,06	23,19	3,76	597,56	642,22	44,67	1,27
		(30 - 45 cm)	552,94	522,78	70,13	12,68	502,94	633,11	130,17	1,58

El cuadro 14 indica que la resistencia a la penetración en los 45 días, mediante un análisis de varianza los tratamientos presentaron diferencias significativas, se vio influenciada directamente por las aplicaciones de los T1, T2, T3, hasta los 45 cm, mastranto efectos hasta los 45 cm, el T1 (331,28 kPa) con un coeficiente de variación de 2,80%. El T3 muestra una diferencia significativa en el perfil de 45 cm con un valor de (276,03 %) con un coeficiente de variación de (6,30 %). Nicora y Plata (2012), indica que las aplicaciones de fuentes de calcio modifican la resistencia a la penetración del suelo en forma variable de acuerdo al tiempo transcurrido, Las menores dosis de correctores, redujeron principalmente en los 10cm de profundidad.

**Cuadro 14.** Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 45 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo.

Profundidad	T1: Carbonato de calcio	T2: Hidróxido de calcio	T3: Sulfato de calcio	T4: Testigo
0-15 cm	362,93	355,80	393,68	504,14
15-30 cm	320,22a	403,59b	389,72a	544,68b
30-45 cm	310,70a	320,40a	276,03a	522,37b
<b>Suma</b>	993,85	993,83	1059,43a	1571,19
<b>Promedio</b>	331,28	359,93	353,14	523,73
<b>Des. Estándar</b>	27,82	41,74	66,81	20,30
<b>CV%</b>	2,80	3,86	6,30	1,29

En la figura 9, se visualiza la dinámica de la resistencia a la penetración obteniéndose valores en el T2 de 276,04 kPa en el perfil de 45cm, el T1 no presenta variabilidad alta entre los perfiles, manteniendo un promedio de 331,28 kPa.



**Figura 9.** Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

En cuadro 15, se aprecia que luego de los 60 días de aplicación de los tratamientos se determinó que los tratamientos con mejor respuesta para la reducción a la penetración del

suelo son T1 y T3 estos datos obtenidos están en relación a lo determinado por Chabla et al., (2021), Donde señala que el efecto del sulfato de calcio mejoró las condiciones de suelo en los primeros 50 cm, donde los primeros 10 cm de suelo se obtiene valores bajos de RPS y aumenta en los 30 cm de suelo siendo este su valor más alto, para posteriormente bajar de forma gradual hasta los 50cm. El T3 influyó a reducir la resistencia a la penetración, en comparación de los demás tratamientos es el de menor respuesta, presentando valores de 309,02 kPa en los primeros 15 cm y su valor más bajo 302,48 kPa en los 45 cm, en comparación al tratamientos con valores promedios de 566,54 kPa.

**Cuadro 15.** Estadística descriptiva para la resistencia a la penetración después de 60 días de aplicación de tratamientos (RPS).

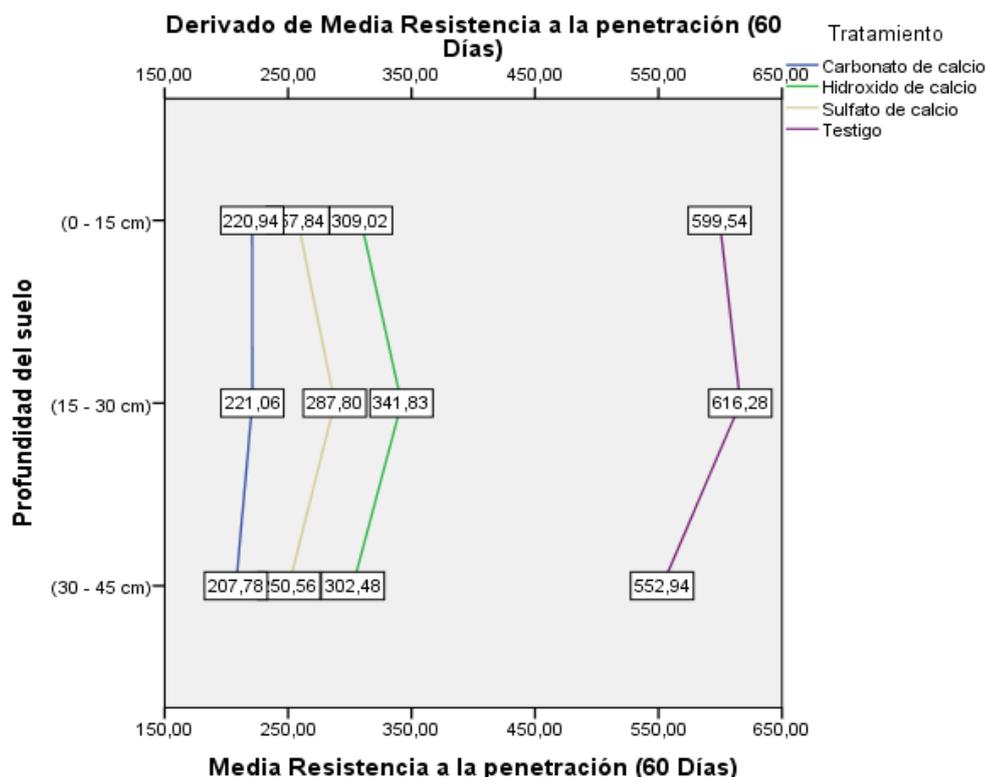
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO (kPa)										
66Tratamiento	Días	Profundidad	Promedio	Me	S	CV (%)	Min	Max	Rango	Sesgo
Carbonato de calcio	60 Días	(0 - 15 cm)	362,33	372,14	27,89	7,70	330,86	384,00	53,14	-1,39
		(15 - 30 cm)	320,00	316,39	8,73	2,73	314,06	330,22	14,17	1,59
		(30 - 45 cm)	310,70	304,05	12,88	4,15	302,50	325,56	23,06	1,70
Hidróxido de calcio	60 Días	(0 - 15 cm)	355,81	384,05	56,41	15,85	290,86	392,52	101,67	-1,68
		(15 - 30 cm)	403,59	420,44	48,20	11,94	349,22	441,11	91,89	-1,38
		(30 - 45 cm)	320,41	334,72	31,66	9,88	284,11	342,39	58,28	-1,62
Sulfato de calcio	60 Días	(0 - 15 cm)	393,68	391,23	18,92	4,81	376,10	413,71	37,62	0,57
		(15 - 30 cm)	389,72	392,22	16,23	4,16	372,39	404,56	32,17	-0,68
		(30 - 45 cm)	276,03	280,33	35,74	12,95	238,33	309,44	71,11	-0,53
Testigo	60 Días	(0 - 15 cm)	504,14	485,95	101,56	20,15	412,90	613,57	200,67	0,78
		(15 - 30 cm)	544,68	531,00	76,06	13,96	476,39	626,67	150,28	0,78
		(30 - 45 cm)	522,37	527,83	103,91	19,89	415,83	623,44	207,61	-0,24

En el cuadro 16, se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, El T1 Presenta efectos en los 3 perfiles evaluados don por valores más bajos de RPS, dando un promedio de 216,33%, y un coeficiente variación de 3,74%. Donde Vázquez et al. (2009) indica que el agregado de enmiendas cálcicas y calcio-magnésicas producen efectos sobre la resistencia mecánica del suelo, y dosis medias aumentan la estabilidad de los agregados al agua.

**Cuadro 116.** Datos de resistencia a la penetración (kPa) después de 60 días de aplicación de los tratamientos en la finca Orlando Valarezo.

Profundidad	T1: Carbonato de calcio	T2: Hidróxido de calcio	T3: Sulfato de calcio	T4: Testigo
0-15 cm	220,94a	309,02a	257,84a	599,54b
15-30 cm	221,06a	341,83a	287,80a	616,28b
30-45 cm	207,00a	302,48a	250,56a	552,94b
<b>Suma</b>	648,99	953,33	796,19	1768,76
<b>Promedio</b>	216,33	317,78	265,40	589,59
<b>Des. Estándar</b>	8,08	21,09	19,74	32,82
<b>CV%</b>	3,74	6,64	7,44	5,57

La figura 10 indica que las tres fuentes de calcio utilizadas realizaron un efecto sobre la RPS, donde el T1 y T3 son los tratamientos con los promedios correctores en las profundidades de 0 – 45 cm del suelo, Vázquez et al. (2009) indica que las aplicaciones de carbonato de calcio y sulfato de calcio, reducen de manera significativa la resistencia a la penetración del suelo en el lapso de tiempo de 3 meses luego de su aplicación.



**Figura 10.** Efecto de los tratamientos en la variable de porcentaje de poros en el perfil del suelo de 0-45 cm en la finca de estudio.

Warrick & Nielsen (1980) clasificó al coeficiente de variación de las propiedades físicas en 3 clases donde.

**Cuadro 17.** Clasificación del coeficiente de variación de las propiedades físicas (Warrick & Nielsen, 1980)

CV (%)	Clasificación de las variables	Variables Físicas del suelo
< 12	Baja variabilidad	RPS, Da, %P
12-60	Variabilidad media	Textura
>60	Alta Variabilidad	*

## **4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES PRODUCTIVAS DE LA FINCA ORLANDO VALAREZO**

### **4.2.1. Longitud de la última mano.**

Utilizando carbonato de calcio de forma edáfica con una dosis de 400 g Ca por planta se obtuvo mayor longitud del dedo central de la última mano (24,33 cm) y el menor promedio (21,36) lo registró el Testigo Pérez (2017), indica que la longitud y calibración del dedo central de la última mano, presentaron un incremento en plantas donde se aplicaron dosis de calcio a comparación de su tratamiento testigo.

El análisis de varianza detectó diferencia significativa, entre las 3 fuentes de calcio y el Testigo, el promedio general fue de 23,40 y el coeficiente de variación de 5,98% (Cuadro 18).

### **4.2.2. Calibración de la última mano.**

En el cuadro 18, se hace referencia a la calibración del dedo central de la última mano. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas, el promedio general fue de 39,14 grados y el coeficiente de variación de 0,94%. El T3 presenta el promedio más alto con 39,56 grados, respuesta obtenida por la disponibilidad constante del elemento de calcio en el suelo, de manera asimilable para las plantas.

**Cuadro 128.** Longitud y calibración del dedo central de la última mano con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano.

N°	Tratamientos			Última mano	
	Fuente	Aplicación	Dosis/Pt	Longitud (cm)	Calibración (grados)
T1	Carbonato de calcio	Edáfica	400 g Ca	24,33a	39,11
T2	Hidróxido de calcio	Edáfica	400 g Ca	23,64a	39,23
T3	Sulfato de calcio	Edáfica	400 g Ca	24,28a	39,56
T4	Testigo (sin aplicación)	-		21,36 b	38,67
Significancia estadística				*	ns
Promedio general				23,40ab	39,14
Desviación Estándar				1,40	0,37
Coeficiente de Variación (%)				5,98	0,94

Promedios con la misma letra no significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo

\*= significativo

\*\*= altamente significativo

#### 4.2.3. Calibración del dedo central de la segunda mano

En el cuadro 19, se observa que no se reportaron diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza, el uso de sulfato de calcio alcanzó un mayor promedio (42,89 grados), a diferencia del hidróxido de calcio quien presentó el menor promedio (41,44 grados). El efecto del calcio sobre la regularización de la transpiración de las plantas de banano en época calurosa, ayudando al llenado correcto del fruto permitiendo obtener estas diferencias. El promedio general es de 42,11 grados y el coeficiente de variación es de 3,11%.

#### 4.2.4. Longitud del dedo central de la segunda mano

La longitud del dedo central de la segunda mano, registró como 27,46cm con el uso de sulfato de calcio con 0,02 cm de diferencia al carbonato de calcio, el valor mínimo presentó el tratamiento de Hidróxido de calcio con 26,31 cm. Pillajo et al (2014) indica que el calcio es un elemento poco movible dentro de las plantas, pero la aplicación constantes de este elemento ayuda a regular la demanda en la etapa de fructificación, generando compuesto de pectatos de calcio, mejorando la calidad y rendimiento de los frutos.

Efectuado el análisis de varianza (ANOVA) no se detectó diferencias significativas, el promedio general fue 26,93 cm y el coeficiente de variación 2,25 %.

**Cuadro 1913.** Longitud y calibración del dedo central de la última mano con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano.

N°	Tratamientos			Segunda mano	
	Fuente	Aplicación	Dosis/Pt	Longitud (cm)	Calibración (grados)
T1	Carbonato de calcio	Edáfica	400 g	27,44	42,56
T2	Hidróxido de calcio	Edáfica	400 g	26,31	41,44
T3	Sulfato de calcio	Edáfica	400 g	27,46	42,89
T4	Testigo (sin aplicación)	-		26,51	41,56
Significancia estadística				ns	ns
Promedio general				26,93	42,11
Desviación Estándar				0,6	0,72
Coeficiente de Variación (%)				2,25	1,71

Promedios con la misma letra no significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo

\*= significativo

\*\*= altamente significativo

#### 4.2.5. Peso del racimo

En el cuadro 20, mediante un análisis de varianza, la variable de peso del racimo exhibió diferencias significativas, con un coeficiente de variación de 7,02%, donde promedio mayor (47,82 lb) lo presento los racimos de las plantas que se aplicó carbonato de calcio (T1), el T2 obtuvo un valor de 44,92 lb, efecto producido por la capacidad de acción instantánea del T1 mostrando respuestas en el suelo desde su aplicación, y el T2 mostró efectos al mes después de su aplicación, mientras que el tratamiento testigo presentó un valor de 40,46 lb, el valor presente del hidróxido de calcio (T3) no difiere estadísticamente del tratamiento testigo.

#### 4.2.6. Peso de raquis.

En la variable peso del raquis, el análisis de varianza no reportó diferencias significativas, con promedio de 5,81 lb, con un coeficiente de variación de 0,12% (Cuadro 21). La aplicación de hidróxido de calcio presentó un peso promedio de 5,96 lb obteniendo el valor más alto, mientras que el menor promedio muestro el tratamiento testigo con 40,46 lb, donde no se realizaron aplicaciones de fuentes de calcio.

**Cuadro 140.** Peso del racimo y del raquis con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano.

N°	Tratamientos			Peso (lb)	
	Fuente	Aplicación	Dosis/Pt	Racimo	Raquis
<b>T1</b>	Carbonato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	47,82a	5,87
<b>T2</b>	Hidróxido de calcio	Edáfica	400 g/Ca	43,10b	5,96
<b>T3</b>	Sulfato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	44,92ab	5,68
<b>T4</b>	Testigo (sin aplicación)	-		40,46b	5,74
<b>Significancia estadística</b>				*	ns
<b>Promedio general</b>				44,08	5,81
<b>Desviación Estándar</b>				3,1	0,12
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>				7,02	2,15

Promedios con la misma letra no significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo

\*= significativo

\*\*= altamente significativo

#### 4.2.7. Número de manos por racimo.

En el cuadro 21, no presentaron diferencias significativas, los promedios del conteo de número de manos por racimo fue 4,95 manos con un coeficiente de variación de 5,41. El tratamiento testigo presentó un promedio de 4,66 manos por racimo, mientras que el T1 (5,12 manos) y T2 (5,22 manos), siendo los tratamientos con mejores resultados. El T3 alcanzó un promedio de 4,78 manos, Díaz et al. (2007) demuestra que las aplicaciones de calcio ayudan a obtener, mayor números de mano, influyendo de manera positiva al rendimiento, indicando que el llenado del fruto se da principalmente por el floema y la acumulación de calcio en este órgano ayuda a controlar los desórdenes en la cascara.

**Cuadro 21.** Número de manos por racimo con las aplicaciones de calcio a las plantas de banano.

N°	Tratamientos			Número de manos
	Fuente	Aplicación	Dosis/Pt	
<b>T1</b>	Carbonato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	5,12
<b>T2</b>	Hidróxido de calcio	Edáfica	400 g/Ca	4,78
<b>T3</b>	Sulfato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	5,22
<b>T4</b>	Testigo (sin aplicación)	-		4,66
<b>Significancia estadística</b>				ns
<b>Promedio general</b>				4,95
<b>Desviación Estándar</b>				0,27
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>				5,41

Promedios con la misma letra no significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo  
 \*= significativo  
 \*\*= altamente significativo

#### 4.2.8. Ratio

En el cuadro 22, la variable ratio, el análisis de varianza alcanzó diferencias altamente significativas, promedio general fue 0,9 cajas/racimo y el tratamiento donde se aplicó carbonato de calcio en dosis de 400g Ca mostró 0,99 cajas/racimo, estadísticamente no presenta diferencias significativa entre T2, quien presentó un valor 0,93/racimo, mientras que el testigo obtuvo un valor de 0,83 cajas/racimo, Moreno et al., (1999), demostró un efecto sobre la aplicación de Ca, donde se presenta una interacción suelo/planta produciendo un leve incremento sobre el área foliar de banano, produciendo un correcto llenado del fruto mejorando el ratio de una planta de banano.

**Cuadro 22.** Ratio obtenido de las aplicaciones de calcio en plantas de banano de la Finca Orlando Valarezo.

N°	Tratamientos			Ratio (cajas/racimo)
	Fuente	Aplicación	Dosis/Pt	
T1	Carbonato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	0,99a
T2	Hidróxido de calcio	Edáfica	400 g/Ca	0,88bc
T3	Sulfato de calcio	Edáfica	400 g/Ca	0,93a
T4	Testigo (sin aplicación)	-		0,83c
<b>Significancia estadística</b>				**
<b>Promedio general</b>				0,91abc
<b>Desviación Estándar</b>				0,07
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>				7,77

Promedios con la misma letra no significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo  
 \*= significativo  
 \*\*= altamente significativo

## 5. CONCLUSIONES

Por los resultados expuestos en el trabajo de titulación: evaluación de la descompactación del suelo, mediante tres fuentes de calcio, su incidencia en la producción del cultivo de banano, se puede concluir lo siguiente:

1. Los cambios en la densidad aparente del suelo estuvieron acompañados por un incremento en la porosidad del suelo y reducción de la resistencia mecánica a la penetración.
2. La aplicación de carbonato de calcio tiende a tener resultados más efectivos en menos tiempo, mejorando las propiedades físicas del suelo, optimizando la capacidad exploratoria de las raíces de banano.
3. El agregado de enmiendas cálcicas modificó la resistencia a la penetración del suelo en forma variable. El carbonato de calcio presentó efecto desde los 15 días de aplicación, reduciendo la resistencia mecánica a la penetración (609,28 kPa hasta los 216,33 kPa).
4. El agregado de sulfato de calcio influye favorablemente en mejorar las propiedades físicas del suelo, la aplicación de esta enmienda mostró influencia en la reducción de la resistencia mecánica a la penetración (752,61 kPa hasta 265,40 kPa), desde los 30 días de aplicación.
5. La aplicación de hidróxido de calcio no modificó de forma significativa las propiedades físicas del suelo.
6. La longitud y calibración del dedo central de la última mano registró mayor promedio en el uso de carbonato de calcio (24,33 cm) y sulfato de calcio (24,28 cm), demostrando la influencia del Ca sobre un apropiado llenado del fruto.
7. La aplicación de sulfato de calcio y carbonato de calcio en dosis de 400 g/planta Ca presentaron un mayor número de manos, peso de racimo y menor peso del raquis, lo que permite obtener un mayor ratio (cajas/banano), aumentando la producción de la finca.
8. Emplear hidróxido de calcio de manera edáfica no presentó influencia significativa en las variables productivas evaluadas en el cultivo de banano.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C. R., Duggan, M. T., Chamorro, E. R., D'ambrosio, D., & Taboada, M. A. (2009). Descompactación De Suelos Franco Limosos En Siembra Directa: Efectos Sobre Las Propiedades Edáficas Y Los Cultivos Decompaction of No-Tillage Soils: Effects on Soil Properties and Crops. *Ci. Suelo (Argentina)*, 27(2), 159-169.
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana Effect of four liming materials on acidity control of a soil from Loreto, Orellana. *Revista Digital Siembra*, 4(1), 110.
- Carrasco, J., Aguirre, C., & Silva, L. (2018). Propiedades físicas de los suelos y su relación con la producción de Maíz. *INIA*, 2, 29-37.
- Castro, J. (2019). *Evaluación de la aplicación de enmiendas de diferente granulometría en la fertilidad de un suelo y en el crecimiento del cultivo de banano (Musa AAA, Subgrupo Cavendish, Gran enano)* (Vol. 53, Número 9). UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- Chabla Carrillo, J., Barrezueta Unda, S., Paz González, A., & Cueva Rivera, E. (2021). YESO AGRÍCOLA Y ROTURACIÓN COMO PRÁCTICAS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO DE SUELOS BANANEROS. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 103-108. <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>
- Chávez, C., & Benavides, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Revista Terra Latinoamericana*, 34(4), 441-456.
- Cueto, O. G., Iglesias Coronel, C. E., & Herrera Suárez, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola Analysis of the factors that cause soil compaction. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18, 57-63.
- Damian Suclupe, M. J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Rev. Arnaldoa*, 25(1), 141-158. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Díaz, Cayón, G., & Mira, J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. *Revista Agronomía*

*Colombiana*, 25(2), 280-287.

Díaz, J. (2016). *Determinación Del Efecto De La Aplicación De Nueve Materiales De Encalado En Muestras De Cinco Suelos Ecuatorianos De Diferente Material Parental*. Universidad Central del Ecuador.

García Reyes, L. E. (2019). Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9).

Haifa. (2009). Recomendaciones nutricionales para BANANO. *HAIFA*, 3-4.  
[https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana\\_Spanish.pdf](https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana_Spanish.pdf)

INTAGRI. (2014). Manual de Uso del Yeso Agrícola como Mejorador de Suelos. *Instituto para la innovación Tecnológica en la Agricultura*, 1-9.

Izquierdo, M., & Armas, M. (2018). Propuesta de un protocolo de fertilización como una estrategia para el control de nematodos en el cultivo de banano Proposal of a protocol of fertilization as a strategy for the control of nematodes in banana crop. *Rev. Cient. Nat. Ambiente*, 12(1), 31-42.

Lerma-Lasso, J. L., Zapata-Molina, J. J., Chañag-Miramag, H. A., Meneses-Buitrago, D. H., Ruiz-Eraso, H., Ojeda-Jurado, H., & Castro-Rincón, E. (2020). Efecto de enmiendas calcáreas en la productividad y la calidad de Medicago sativa (L.) en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 190-200.

Machetti, N., Pellegrini, A. E., Gutuieréz, N. M., Max, G., Giraudo, R. A., Tropeano, F., Fernández, F., Vázquez, M. E., & Cosentino, D. J. (2019). Efecto Del Encalado Sobre Propiedades Químicas Y Físicas Effect of Liming on Soil Chemical and Physical Properties and on Soybean Yield ( Glycine Max ). *AACS, Ciencias del suelo*, 37(2), 372-382.

Molina, E. (2014). Acidez de suelos y uso de enmiendas. *CIA. Universidad de Costa Rica, Cuadro 2*, 1-7. [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Nota técnica 1-2014\\_Acidez de suelos y uso de enmiendas.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Nota_técnica_1-2014_Acidez_de_suelos_y_uso_de_enmiendas.pdf)

Molina, Eloy, & Rojas, A. (2005). Efecto Del Encalado En El Cultivo De Naranja Valencia En La Zona Norte De Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29(3), 81-

95.

- Moreno, D., Fernández, L., Sosa, L., & Nava, J. (1999). Efecto del potasio , calcio y magnesio sobre el rendimiento del banano ( M u s a AAA , subgrupo Cavendish , clon Gran Enano )' Effect of potassium , calcium and magnesium on banana tree yield ( Musa AAA , Cavendish subgroup , Great Dwarf clone ) Resumen. *Rev. Fac. Agron, 1*, 114-123.
- Nicora, Z., & Plata, L. (2012). Efecto del encalado sobre la resistencia mecánica de un hapludol éntico bonaerense -. *Rev. Engormix*, 1-10.
- Perez, G. P. (2016). *Evaluación de dos fuentes de calcio (cal agrícola, dolomita) con cuatro niveles, en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa) En el cantón Pillaro*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Pérez, J. (2017). *Efecto de la aplicacion de Calcio y Boro, sobre la calidad y rendimiento del furto de banano (Musa spp) en el Cantón Baba, Provincia de Los Ríos*.
- Pérez, M., García, A., Paredes, A., Luna, J., & Madriz, P. (2016). Resistencia mecánica del suelo a la penetración de raíces y forma de la raíz reservante de la batata a partir del descriptor de Huamán. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 147-159. <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27394>
- Pillajo, J., Basantes, E., & Soria, N. (2014). Efecto del calcio proveniente de tres fuentes aplicados en dos dosis y dos épocas en la piña de exportación variedad MD-2 ( Ananas comosus ). *ESPE, IX Congreso de ciencias y tecnología*, 18-23. [file:///C:/Users/Core i5/Desktop/Maestria nutrición vegetal/Horticultura/82-197-1-SM \(1\).pdf](file:///C:/Users/Core%20i5/Desktop/Maestria%20nutrici%C3%B3n%20vegetal/Horticultura/82-197-1-SM%20(1).pdf)
- Reyna, P., & Alexander, A. (2020). *Uso de enmiendas para disminuir la acidez de suelos en banano ( Musa cavendish AAA )*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Sandoval, M., Dörner, J., Seguel, O., Cuevas, J., & Rivera, D. (2012). Métodos de análisis físico de suelos. *Publicaciones Departamento de Suelos y Recursos Naturales*, 5, 80.
- Soprocal. (2011). Guía de uso Cal Agrícola Guía de uso Cal Agrícola. *Soprocal*, 4, 1-8.

[https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cdc5dda3aa85.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cdc5dda3aa85.pdf)

Vázquez, M., Terminiello, A., Andrés, D., García, M., & Facundo, G. (2009). Efecto del encalado sobre propiedades Físicas de un suelo de la pradera Pampeana. *Ciencia del suelo*, 27(1), 67-76.

Villaseñor, D. (2016). *Fundamentos y procedimientos analisis para análisis físicos y morfológicos del suelo* (UTMACH (ed.); UTMACH).

Zerpa, G., Sosa, O., Berardi, J., Bolatti, J., Galindo, A., & Joaquín, M. (2013). La resistencia mecánica a la penetración en pasturas. *Rev. Agromensajes*, 26(35), 64-68.

## 7. ANEXOS

PROFUNDIDAD	TRATAMIENTOS	RPS (15 Días)	RPS (30 Días)	RPS (45 Días)	RPS (60 Días)
(0 - 15 cm)	Carbonato de calcio	458,43	412,33	330,86	219,86
(0 - 15 cm)	Carbonato de calcio	637,29	432,14	384	204,1
(0 - 15 cm)	Carbonato de calcio	719,48	459,9	372,14	238,86
(0 - 15 cm)	Hidróxido de calcio	604,52	542,1	290,86	276,38
(0 - 15 cm)	Hidróxido de calcio	569,9	540,43	392,52	355,86
(0 - 15 cm)	Hidróxido de calcio	616	607,81	384,05	294,81
(0 - 15 cm)	Sulfato de calcio	648,95	476,38	413,71	265,19
(0 - 15 cm)	Sulfato de calcio	708,05	591,38	391,24	252,19
(0 - 15 cm)	Sulfato de calcio	783,62	579,81	376,1	256,14
(0 - 15 cm)	Testigo	614,43	621,05	412,9	497,71
(0 - 15 cm)	Testigo	678,48	698,14	485,95	682,24
(0 - 15 cm)	Testigo	752,38	713,1	613,57	618,67
(15 - 30 cm)	Carbonato de calcio	498,5	490,67	314,06	206,06
(15 - 30 cm)	Carbonato de calcio	647,89	469,72	330,22	225,06
(15 - 30 cm)	Carbonato de calcio	678,5	599,78	316,39	232,06
(15 - 30 cm)	Hidróxido de calcio	682,28	546,51	349,22	307,11
(15 - 30 cm)	Hidróxido de calcio	783,83	609,98	441,11	353,11
(15 - 30 cm)	Hidróxido de calcio	601,83	633,57	420,44	365,28
(15 - 30 cm)	Sulfato de calcio	601,89	607,56	372,39	312,56
(15 - 30 cm)	Sulfato de calcio	987,28	567,33	404,56	276,56
(15 - 30 cm)	Sulfato de calcio	856,83	680,33	392,22	274,28
(15 - 30 cm)	Testigo	785,89	730,28	476,39	609,06
(15 - 30 cm)	Testigo	699,67	730,39	531	597,56
(15 - 30 cm)	Testigo	797,5	808,94	626,67	642,22
(30 - 45 cm)	Carbonato de calcio	469,39	502,17	325,56	189,11
(30 - 45 cm)	Carbonato de calcio	530,94	452,44	304,06	202,89
(30 - 45 cm)	Carbonato de calcio	843,11	599,83	302,5	231,33
(30 - 45 cm)	Hidróxido de calcio	726,39	611,33	284,11	294,78
(30 - 45 cm)	Hidróxido de calcio	690	640,11	334,72	281,89
(30 - 45 cm)	Hidróxido de calcio	592,33	588,5	342,39	330,78
(30 - 45 cm)	Sulfato de calcio	528,83	580,72	238,33	268,17
(30 - 45 cm)	Sulfato de calcio	1008,33	530,94	280,33	232,17
(30 - 45 cm)	Sulfato de calcio	732,39	576,83	309,44	251,33
(30 - 45 cm)	Testigo	801,11	789,61	415,83	633,11
(30 - 45 cm)	Testigo	745,56	661,22	527,83	522,78
(30 - 45 cm)	Testigo	640,22	647,94	623,44	502,94

**Anexo 1.** Matriz de base de datos de resistencia a la penetración del suelo (0-45 cm).

<b>PERFIL</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DENSIDAD REAL (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>DENSIDAD APARENTE (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>% POROSIDAD DEL SUELO</b>
(30 - 45 cm)	Carbonato de Calcio	2,38	1,17	50,84
(30 - 45 cm)	Carbonato de Calcio	2,4	1,12	53,33
(30 - 45 cm)	Carbonato de Calcio	2,41	1,22	49,38
(15 - 30 cm)	Carbonato de Calcio	2,5	1,1	56
(15 - 30 cm)	Carbonato de Calcio	2,55	1,31	48,63
(15 - 30 cm)	Carbonato de Calcio	2,57	1,2	53,31
(0 -15 cm)	Carbonato de Calcio	2,44	1,14	53,28
(0 -15 cm)	Carbonato de Calcio	2,47	1,01	59,11
(0 -15 cm)	Carbonato de Calcio	2,45	1,1	55,1
(30 - 45 cm)	Hidróxido de Calcio	2,56	1,27	50,39
(30 - 45 cm)	Hidróxido de Calcio	2,54	1,18	53,54
(30 - 45 cm)	Hidróxido de Calcio	2,55	1,22	52,16
(15 - 30 cm)	Hidróxido de Calcio	2,63	1,2	54,37
(15 - 30 cm)	Hidróxido de Calcio	2,59	1,27	50,97
(15 - 30 cm)	Hidróxido de Calcio	2,61	1,3	50,19
(0 -15 cm)	Hidróxido de Calcio	2,58	1,1	57,36
(0 -15 cm)	Hidróxido de Calcio	2,55	1,15	54,9
(0 -15 cm)	Hidróxido de Calcio	2,56	1,17	54,3
(30 - 45 cm)	Sulfato de Calcio	2,43	1,17	51,85
(30 - 45 cm)	Sulfato de Calcio	2,45	1,18	51,84
(30 - 45 cm)	Sulfato de Calcio	2,44	1,21	50,41
(15 - 30 cm)	Sulfato de Calcio	2,53	1,11	56,13
(15 - 30 cm)	Sulfato de Calcio	2,55	1,22	52,16
(15 - 30 cm)	Sulfato de Calcio	2,57	1,27	50,58
(0 -15 cm)	Sulfato de Calcio	2,5	1,14	54,4
(0 -15 cm)	Sulfato de Calcio	2,48	1,04	58,06
(0 -15 cm)	Sulfato de Calcio	2,44	1,09	55,33
(30 - 45 cm)	Testigo	2,63	1,34	49,05
(30 - 45 cm)	Testigo	2,67	1,27	52,43
(30 - 45 cm)	Testigo	2,79	1,31	53,05
(15 - 30 cm)	Testigo	2,63	1,31	50,19
(15 - 30 cm)	Testigo	2,61	1,35	48,28
(15 - 30 cm)	Testigo	2,67	1,45	45,69
(0 -15 cm)	Testigo	2,5	1,13	54,8
(0 -15 cm)	Testigo	2,5	1,2	52
(0 -15 cm)	Testigo	2,55	1,25	50,98

**Anexo 2.** Matriz de base de datos de las propiedades físicas del suelo de la Finca Orlando Valarezo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Calibración 2da mano (grados)</b>	<b>Calibración utl. Mano (grados)</b>	<b>Número de manos</b>	<b>Longitud Ult. Mano (cm)</b>	<b>Longitud 2da mano (cm)</b>	<b>Peso raquis (lb)</b>	<b>Peso racimo (lb)</b>	<b>Ratio(cajas/b anano)</b>
Carbonato de Calcio	43	39	6	25,2	29,2	6	47,16	0,98
Carbonato de Calcio	44	40	4	23,9	27	6,2	49,46	1,03
Carbonato de Calcio	44	40	5	24	25,7	6	44,64	0,92
Carbonato de Calcio	41	40	4	24,8	27	5,2	41,32	0,86
Carbonato de Calcio	40	39	6	23,5	28,5	5	49,94	1,07
Carbonato de Calcio	42	41	6	25,6	28	6,7	49,54	1,02
Carbonato de Calcio	43	41	6	24,1	25,6	6,2	51,98	1,09
Carbonato de Calcio	43	40	4	24	29,5	5,5	45,4	0,95
Carbonato de Calcio	43	39	5	23,9	26,5	6	50,94	1,07
Hidróxido de Calcio	43	40	4	23,5	27	5,4	39,84	0,82
Hidróxido de Calcio	41	39	5	23,8	25,6	6,2	44	0,9
Hidróxido de Calcio	41	38	5	24	26,5	6	40,86	0,83
Hidróxido de Calcio	39	40	5	23,6	26,5	6,1	41,38	0,84
Hidróxido de Calcio	42	39	4	24	25,6	5,5	42,46	0,88
Hidróxido de Calcio	40	39	6	22,8	27	6,7	50,8	1,05
Hidróxido de Calcio	40	39	5	24,1	27	6	47,16	0,98
Hidróxido de Calcio	44	39	4	23	25,4	4,9	43,12	0,91
Hidróxido de Calcio	43	40	5	24	26,2	6,8	38,3	0,75
Sulfato de Calcio	43	39	4	24,5	28,5	5,2	38,38	0,79
Sulfato de Calcio	42	40	6	24,1	26	6,1	44,74	0,92
Sulfato de Calcio	43	39	6	23,9	27	5,9	48,32	1,01
Sulfato de Calcio	41	41	6	25,2	29,2	5,5	51,28	1,09
Sulfato de Calcio	43	39	5	23,5	28,5	6,2	41,48	0,84
Sulfato de Calcio	42	39	5	24,5	26,4	5	43,22	0,91
Sulfato de Calcio	44	39	4	24,8	27	6	49,26	1,03
Sulfato de Calcio	44	41	6	24	27,5	5,5	43,72	0,91

Sulfato de Calcio	44	39	5	24	27	5,7	43,92	0,91
Testigo	41	40	4	20,5	26,5	5,6	44,66	0,93
Testigo	39	39	4	21,2	27	5,2	39,22	0,81
Testigo	44	40	6	23,8	25,6	6	36,66	0,73
Testigo	40	40	5	21,5	27,5	5,5	40,36	0,83
Testigo	43	39	5	22,5	25,4	6	40,44	0,82
Testigo	42	38	4	20,1	26,5	5,5	39,52	0,81
Testigo	43	39	4	20,9	26,5	6	37,5	0,75
Testigo	41	38	5	21,2	27	5,2	40,06	0,83
Testigo	41	39	5	20,5	26,6	6,7	45,76	0,93

**Anexo 3.** Matriz de base de datos de variables productivas de la Finca Orlando Valarezo



**Anexo 4.** Calicata para la toma de muestras.



**Anexo 5.** Análisis de propiedades físicas del suelo.



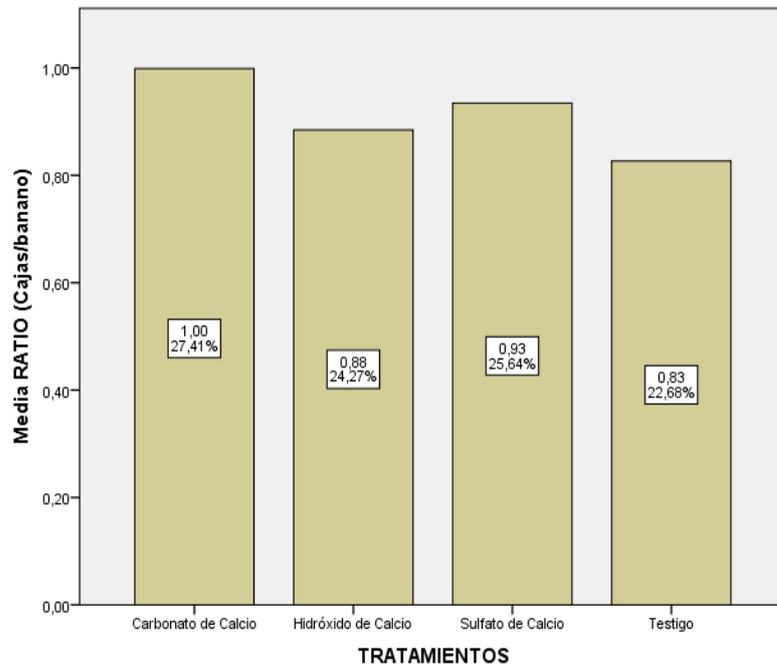
**Anexo 6.** Fuentes de calcio (A. carbonato de calcio, B. Sulfato de Calcio, C. Hidróxido de calcio).



**Anexo 7.** Medición resistencia a la penetración del suelo.



**Anexo 8.** Medición variables productivas de banano.



**Anexo 9.** Media y porcentaje de la variable ratio en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Profundidad del suelo	Shapiro-Wilk				
		Estadístico	gl	Sig.		
Carbonato de calcio	Resistencia a la penetración (15 Días)	(0 - 15 cm)	,956	3	,598	
		(15 - 30 cm)	,873	3	,305	
		(30 - 45 cm)	,870	3	,295	
	Resistencia a la penetración (30 Días)	(0 - 15 cm)	,991	3	,816	
		(15 - 30 cm)	,867	3	,288	
		(30 - 45 cm)	,966	3	,646	
	Resistencia a la penetración (45 Días)	(0 - 15 cm)	,907	3	,409	
		(15 - 30 cm)	,856	3	,256	
		(30 - 45 cm)	,800	3	,115	
	Resistencia a la penetración (60 Días)	(0 - 15 cm)	,997	3	,897	
		(15 - 30 cm)	,934	3	,503	
		(30 - 45 cm)	,961	3	,622	
	Hidróxido de calcio	Resistencia a la penetración (15 Días)	(0 - 15 cm)	,922	3	,461
			(15 - 30 cm)	,996	3	,872
			(30 - 45 cm)	,935	3	,507
Resistencia a la penetración (30 Días)		(0 - 15 cm)	,769	3	,041	
		(15 - 30 cm)	,935	3	,506	
		(30 - 45 cm)	,996	3	,873	
Resistencia a la penetración (45 Días)		(0 - 15 cm)	,812	3	,144	
		(15 - 30 cm)	,908	3	,413	
		(30 - 45 cm)	,847	3	,232	
Resistencia a la penetración (60 Días)		(0 - 15 cm)	,913	3	,427	
		(15 - 30 cm)	,899	3	,381	
		(30 - 45 cm)	,931	3	,491	
Sulfato de calcio		Resistencia a la penetración (15 Días)	(0 - 15 cm)	,995	3	,865
			(15 - 30 cm)	,966	3	,648
			(30 - 45 cm)	,992	3	,834
	Resistencia a la penetración (30 Días)	(0 - 15 cm)	,825	3	,175	
		(15 - 30 cm)	,973	3	,685	
		(30 - 45 cm)	,808	3	,134	
	Resistencia a la penetración (45 Días)	(0 - 15 cm)	,987	3	,786	
		(15 - 30 cm)	,982	3	,744	
		(30 - 45 cm)	,989	3	,801	
		(0 - 15 cm)	,951	3	,575	

	Resistencia a la penetración (60 Días)	(15 - 30 cm)	,794	3	,101
		(30 - 45 cm)	,999	3	,929
Testigo	Resistencia a la penetración (15 Días)	(0 - 15 cm)	,998	3	,921
		(15 - 30 cm)	,838	3	,208
		(30 - 45 cm)	,969	3	,662
	Resistencia a la penetración (30 Días)	(0 - 15 cm)	,868	3	,290
		(15 - 30 cm)	,751	3	,002
		(30 - 45 cm)	,820	3	,162
	Resistencia a la penetración (45 Días)	(0 - 15 cm)	,976	3	,703
		(15 - 30 cm)	,976	3	,701
		(30 - 45 cm)	,998	3	,913
	Resistencia a la penetración (60 Días)	(0 - 15 cm)	,969	3	,661
		(15 - 30 cm)	,927	3	,478
		(30 - 45 cm)	,861	3	,271

**Anexo 10.** Prueba de normalidad de la resistencia a la penetración del suelo.