



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ**

**CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR Y  
EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*  
L.) CCN-51 EN LA ZONA DE SIMÓN BOLÍVAR - GUAYAS**

**AUTORA**

**ROMERO PAREDES MÓNICA CARLINA**

**TUTOR**

**ING. ANDRADE ALVARADO PEDRO, MSc.**

**MILAGRO, ECUADOR**

**2024**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ**  
**CARRERA AGRONOMIA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR Y EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 EN LA ZONA DE SIMÓN BOLÍVAR - GUAYAS”**, realizado por el (la) estudiante **MONICA CARLINA ROMERO PAREDES**; con cédula de identidad N° 0956681795 de la carrera **AGRONOMIA**, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

**Ing. Andrade Alvarado Pedro, MSc.**

Tutor

Milagro, 21 de octubre del 2024



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ  
CARRERA AGRONOMIA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la sustentación del trabajo de titulación: “**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR Y EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 EN LA ZONA DE SIMÓN BOLÍVAR - GUAYAS**”, realizado por la estudiante **MONICA CARLINA ROMERO PAREDES**; el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
**Ing. Martínez Carriel Tayron, M.Sc**  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
**Ing. Naverrete Cornejo Alexandra, M.Sc**  
Examinador Principal

\_\_\_\_\_  
**Ing. Cruz Miranda Kevin, M.Sc**  
Examinador Principal

\_\_\_\_\_  
**Ing. Andrade Alvarado Pedro, M.Sc**  
Examinador Suplente

Milagro, 21 de octubre del 2024

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante en cada paso de este viaje. A mis padres y mi abuela, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y a mi hermana, por ser siempre mi inspiración. A mis amigos, por su comprensión y ánimo en los momentos más difíciles. A mis profesores, por guiarme con sabiduría y paciencia. Y, finalmente, a todas aquellas personas que de una manera u otra me alentaron a seguir adelante, les dedico este logro que no habría sido posible sin su respaldo inquebrantable.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Agraria del Ecuador, institución que me ha brindado las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente. A mis profesores, quienes con su dedicación y compromiso me guiaron en este proceso de aprendizaje, brindándome siempre su apoyo y sabiduría. A mis compañeros, con quienes compartí momentos de esfuerzo, camaradería y crecimiento. A mi familia, por su amor y sacrificio incondicional, y por ser mi pilar fundamental en todo momento. A todos aquellos que creyeron en mí y me motivaron a alcanzar este logro, les expreso mi más sincero agradecimiento.

## **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, MONICA CARLINA ROMERO PAREDES, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR Y EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 EN LA ZONA DE SIMÓN BOLÍVAR - GUAYAS” para optar el título de INGENIERÍA AGRONOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, octubre del 2024

---

**MONICA CARLINA ROMERO PAREDES**

**C.I: 0956681795**

## RESUMEN

La producción del cultivo requiere nutrientes para mejorar la productividad, como es el caso del calcio, dicho nutrientes es relevante en el desarrollo del fruto; el déficit de este nutriente en el cacao refleja mal formaciones y baja productividad. Por tanto, se analizó el efecto de la aplicación de calcio foliar y edáfico en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en la zona de Simón Bolívar en la provincia del Guayas. Donde se usó oxido de calcio (20%) de aplicación foliar y sulfato de calcio (30.9%) de aplicación edáfica, en intervalos cada 30 días previo a la floración; dentro de un área experimental de 4 500 m<sup>2</sup>. entre sus resultados alcanzó un promedio mayor en el número de frutos por mazorca con el óxido de calcio (13) y menor con sulfato de calcio (8); la longitud del fruto (23 cm) presenta mejor resultado con oxido de calcio, y su diámetro (9.7 cm). Además, el número de almendros aumento con el óxido de calcio (50), alcanzando un rendimiento aproximado de 616.2 kg/ha, cuya rentabilidad alcanzó con el óxido de calcio 1.38 y el sulfato de calcio 0.77. Por lo que se concluye, que el uso de óxido de calcio de aplicación foliar es efectivo, diferente del sulfato de calcio de aplicación edáfica previo a la etapa de floración para obtener un número de mazorcas fructificadas mayor.

**Palabras claves:** cacao, calcio, floración, mazorca, *Theobroma*

## ABSTRACT

Crop production requires nutrients to improve productivity, such as calcium, which is relevant in the development of fruits; the deficiency of this nutrient in cocoa reflects malformations and low productivity. Therefore, the effect of foliar and soil application of calcium was analyzed in the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 in the Simon Bolivar area of the province of Guayas. Where calcium oxide (20%) was used for foliar application and calcium sulfate (30.9%) for soil application, at intervals every 30 days prior to flowering; within an experimental area of 4,500 m<sup>2</sup>. Among its results, it achieved a higher average in the number of fruits per ear with calcium oxide (13) and less with calcium sulfate (8); the length of the fruit (23 cm) presents a better result with calcium oxide, and its diameter (9.7 cm). Furthermore, the number of almond trees was increased with calcium oxide (50), reaching an approximate yield of 616.2 kg/ha, whose profitability was achieved with calcium oxide 1.38 and calcium sulphate 0.77. Therefore, it is concluded that the use of foliar application of calcium oxide is effective, unlike the soil application of calcium sulphate prior to the flowering stage to obtain a greater number of fruited spikes.

**Keywords:** *cocoa, calcium, flowering, spike, Theobroma*

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes del problema.....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.3 Justificación de la investigación .....	2
1.4 Delimitación de la investigación .....	2
1.5 Objetivo general .....	2
1.6 Objetivos específicos .....	3
1.7 Hipótesis o idea a defender.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Estado del arte .....	4
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	5
2.3 Marco legal.....	11
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 Enfoque de la investigación.....	15
3.2 Metodología.....	15
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos en estudio.....	16
Tabla 2. Valoración económica del proyecto.....	17
Tabla 3. Delimitación experimental .....	17
Tabla 4. Esquema de ANDEVA.....	19
Tabla 5. Promedio del número de frutos .....	20
Tabla 6. Promedio de la longitud de la mazorca (cm) .....	21
Tabla 7. Promedio del diámetro de la mazorca (cm).....	21
Tabla 8. Promedio del número de almendras por mazorca.....	22
Tabla 9. Promedio del rendimiento (kg/ha) .....	22
Tabla 10. Análisis económico del estudio .....	23
Tabla 11. Análisis estadístico de la 1era observación de flores fructificadas .....	39
Tabla 12. Análisis estadístico de la 2da observación de flores fructificadas .....	40
Tabla 13. Análisis estadístico de la longitud de la mazorca .....	41
Tabla 14. Análisis estadístico del diámetro de la mazorca.....	42
Tabla 15. Análisis estadístico del número de granos por mazorca .....	43
Tabla 16. Análisis estadístico del rendimiento.....	44
Tabla 17. Costo de producción del experimento .....	45

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Histograma de rentabilidad de los tratamientos .....	24
Figura 2. Sitio de estudio en Simón Bolívar (Guayas) .....	33
Figura 3. Croquis del experimento .....	33
Figura 4. Distanciamiento de plantas .....	34
Figura 5. Producto experimental SAETA GOLD.....	34
Figura 6. Ficha técnica del producto experimental SAETA Gold.....	35
Figura 7. Producto experimental SUCROAL .....	36
Figura 8. Ficha técnica del producto experimental SUCROAL.....	36
Figura 9. Zona del árbol y mazorca de investigación .....	37
Figura 10. Análisis de suelo .....	38
Figura 11. Delimitando el área experimental con letreros .....	46
Figura 12. Productos experimentales utilizados .....	46
Figura 13. Colocación de producto experimental .....	47
Figura 14. Observación de mazorca a cosecha .....	47
Figura 15. Observación y cosecha de la mazorca para información .....	48
Figura 16. Cosecha para el conteo de almendras.....	48

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes del problema

El elemento calcio (Ca) en las plantas, es necesario para la construcción estructural en paredes y membranas celulares, desempeñando un papel crítico como contra catión para aniones inorgánicos y orgánicos. Es un regulador crucial del crecimiento y desarrollo de las plantas. Igualmente, altas concentraciones de Ca en los tejidos podrían resultar en toxicidad celular y desarrollo anormal. Pero cuando el nivel de Ca es bajo o el transporte está bloqueado, su deficiencia puede provocar fallas en la pared celular y ruptura de la membrana (Xing, *et al.*, 2021).

Un estudio realizado por Correa (2018) indica que, el índice de floración obtenido para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 de acuerdo a los factores evaluados como los niveles de calcio y urea, demostraron mediante un análisis de varianza que existió un efecto significativo para la aplicación de calcio desde la primera evaluación mientras que para la aplicación de urea solo fue significativo a partir de los 60 días. Efecto de enmiendas cálcicas y orgánicas en la absorción de cadmio en plántulas de cacao.

Aunque el cultivo de cacao permanece por el hábito de generación en generación, este pasa actualmente por diversos inconvenientes que inciden de forma directa en su producción y rendimiento. Desde el punto de vista nutricional, implica la realización de estudios nutricionales en las variedades de cacao más utilizadas en el Ecuador. La baja productividad en los cultivos de cacao se debe a la falta de tecnificación de las fincas, esto genera la ausencia de labores culturales tales como: fertilización, riego, drenaje y resiembras (Garzón, 2021).

La producción del cultivo requiere nutrientes para mejorar la productividad, como es el caso del calcio, dicho nutriente es relevante en el desarrollo del fruto, el cual se encarga de preservar las paredes celulares de la planta, mientras que, al presentar un déficit de este nutriente en el cacao, se refleja en la punta de raíces, hojas y brotes que muestra síntomas de mala nutrición (Fajardo, 2021).

## 1.2 Planteamiento y formulación del problema

### 1.2.1 Planteamiento del problema

El cacao es uno de los cultivos que proporciona ayuda económica al sector rural, convirtiéndose en estrategia para algunos sectores; sin embargo, la falta de nutrientes en la planta provoca aborto floral, mal formación de fruto, reducida calidad del fruto y una reducción en la productividad.

El desconocimiento del papel que desempeña el elemento calcio (y en combinación con otros elementos) en la floración del cultivo de cacao, genera un problema en el rendimiento sumando el alto costo de producción y el bajo precio de mercado que adquiere el productor cacaotero.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Qué efecto tiene la aplicación del calcio en el cultivo de cacao en la zona de Simón Bolívar (Guayas)? ¿Puede cambiar los rendimientos del cultivo de cacao con la aplicación del calcio en Simón Bolívar? ¿Es el calcio una alternativa económica para productores cacaoteros de Simón Bolívar (Guayas)?

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

El cultivo de cacao es altamente productivo y de gran importancia económica para el país, en especial la zona de Simón Bolívar, ya que cuenta con tierras aptas para este tipo de cultivo con gran materia orgánica y buen drenaje permitiendo el buen desarrollo radicular.

La aplicación de calcio (edáfica o foliar) en el cultivo de cacao, ayuda a los problemas nutricionales y fisiológicos como incrementar la polinización y cuaje del fruto, siendo un elemento que necesita la planta en sus diferentes etapas y en especial en la floración para su metabolismo y al tener resultados positivos para el productor cacaotero; además la presente investigación contribuyendo con información a disposición para otros estudios que pueden realizar estudiantes, técnicos de campos, entre otros.

### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** El trabajo experimental se realizó en el recinto Puente Ñauza perteneciente al cantón Simón Bolívar, en la provincia del Guayas; cuyas coordenadas UTM son 666844.00 m E - 9776234.00 m S.
- **Tiempo:** Se ejecutó en un periodo de tres meses en época seca del 2023.
- **Beneficiarios:** Fueron partícipes de esta investigación los productores cacaoteros de la zona en estudio y sus cercanías.

### **1.5 Objetivo general**

Analizar el efecto de la aplicación de calcio foliar y edáfico en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en la zona de Simón Bolívar en la provincia del Guayas.

### **1.6 Objetivos específicos**

- Determinar el comportamiento de la planta de cacao en la etapa de floración a la aplicación del calcio en forma foliar y edáfica.
- Definir el mejor tratamiento y dosis de acuerdo la productividad del cacao.
- Establecer un análisis económico mediante el índice beneficio-costo de los tratamientos propuestos.

### **1.7 Hipótesis o idea a defender**

Al menos en uno de los tratamientos en estudio se obtiene mayor floración, cuaje, fructificación y rendimiento en el cultivo de cacao en Simón Bolívar (Guayas).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

Un estudio realizado por Ahmad, et al. (2019), el cual mencionan que, en muchos árboles, incluido el mango, la intensidad del cuajado y/o la caída de frutos está muy influenciada por el estado de las fitohormonas y los niveles de azúcar de los tejidos vegetales. Los tres nutrientes en estudio (K, Ca y B) están involucrados en la inducción y el inicio de la floración, lo que conduce a una floración y un cuajado de frutos vigorosos. Demostrando así que, los efectos del Ca y B sobre la germinación del polen y cuajado de frutos en mango. Como resultado un efecto positivo significativo en la germinación del polen y el cuajado de frutos con la aplicación conjunta de Ca y B en 3,0 ml.

Jumbo (2019) en su trabajo sobre la fertilización edáfica con calcio (en forma de silicato de calcio) y adicionado con nitrógeno en una plantación de cacao CCN51 de 3 años en producción en la zona de Quinsaloma (Los Ríos, Ecuador); utilizando dosis desde los 150 kg hasta los 350 kg para ambos productos (218 hasta los 509 g/planta); obtuvo como resultado que, la observación después de 30 días encontró 7 mazorcas, incrementando su tendencia de presencia frutos hasta tener 14 mazorcas por planta hasta 90 días, observando que la acumulación de silicato de calcio crea una película en la hoja, aumentando la resistencia a plagas y factores externos.

Suárez, et al. (2022), en su estudio sobre la aplicación en calientes y el índice de clorofilas SPAD y la conductancia estomática de cacao CCN-51 expuesto a cadmio en el suelo, observó que las aplicaciones de enmiendas o aplicaciones sobresaturadas de calcio en el suelo pueden ser una herramienta útil para reducir las pérdidas causadas por la acumulación de cadmio en las plantas; sin embargo, estas aplicaciones deben realizarse de forma consecutiva y deben complementarse con nutrición eficiente para lograr resultados a largo plazo. Dado que, la relación con una deficiencia de calcio en el sistema vascular de la planta de cacao, que puede corregirse con aplicaciones de calcio. Cuando este aumento del calcio extracelular y del calcio citosólico conduce a un cierre estomático eficiente, permitiendo un mejor desempeño de la conductancia estomática, dando mejores condiciones para su cierre y apertura, y aumentando la densidad estomática. Además, hay una mejor y mayor producción de dibromotimoquinona (DBMIB),

enzima que permite el cierre estomático, donde el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generado por el cloroplasto en el mesófilo es necesario para evitar pérdidas por estrés o ingreso de patógenos.

Un estudio reciente por Dogbatse, et al. (2023), menciona que la siembra de variedades de cacao vigorosas y de alto rendimiento por parte de los agricultores requiere la necesidad de obtener una fuente y dosis de nitrógeno (N) adecuadas para estas variedades que requieren un alto contenido de N. El nitrato de calcio como fuente de N sería la mejor forma de fertilizante nitrogenado porque tiene una sinergia con el K, el Mg y el Ca, es decir, la absorción concomitante de cationes y aniones sin antagonismo y también tiene un efecto favorable en la rizosfera de las plantas. Mostrando que el fertilizante de nitrato de calcio es una fuente de N adecuada para el cacao en países como Ghana y una dosis de 75 kg N ha<sup>-1</sup> del fertilizante debe dividirse en dos periodos del año para garantizar un aumento en el rendimiento del cacao.

Según la investigación experimental realizada por Escobar (2023), la aplicación combinada del calcio y boro influye en el fruto, siendo de gran importancia en la etapa de floración y cuaje del fruto de cacao, encontrándose diferencia significativa en la dosis aplicada (500 g B + 1 l Ca + fertilización convencional). En este mismo estudio, en el diámetro de la mazorca se determinó que no encontró diferencia significativa por ser característica morfológica de la mazorca; sin embargo, en su longitud si mostró diferencia.

## **2.2 Bases científicas y teóricas de la temática**

### **2.2.1. Cacao (*Theobroma cacao L.*)**

El cacao ecuatoriano es conocido como 'Cacao de Arriba' (nombre atribuido al cacao de alta calidad producido en la provincia de Los Ríos). La mayor producción y calidad del cacao en esta provincia en comparación con otras provincias productoras (por ejemplo, Machala, Manabí y Balao) se atribuyeron a un suelo aluvial profundo, mejor drenaje debido a su mayor altitud sobre el nivel del mar, una baja prevalencia de vientos fuertes y altas precipitaciones. Con el tiempo, Ecuador comenzó a tener una gran cantidad de cultivares de cacao como resultado de la hibridación de cacaos "nacionales" ecuatorianos con cultivares trinitarios, venezolanos y amazónicos, introducidos en la década de 1940 (Zarrillo, et al., 2018).

Según el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, 2020), la planta de cacao presenta la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae

- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Malvales
- Familia: Malvaceae
- Tribu: Theobromeae
- Género: Theobroma
- Especie: *T. cacao* L.

Bastidas (2018) menciona que, el cultivo de cacao en el Ecuador muestra serios inconvenientes productivos debidos especialmente al ataque de plagas y enfermedades, existiendo la más severa enfermedad conocida como moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Se estiman pérdidas consideradas entre el 50% y el 80% de la obtención total por cosecha, dependiendo de las condiciones ambientales, y de las medidas de control que se realicen con variedades cultivadas.

El clon CCN 51 se reconoce tradicionalmente como un clon originado a partir de la triple cruz de (IMC-67 X ICS-95) x "Canelo" (Oriente 1). ICS-95 (Imperial College Selection) es un clon trinitario con contribuciones parentales del bajo Amazonas Forastero y Criollo, mientras que IMC-67 es un Forastero amazónico superior recolectado de Perú. Siendo este clon resistente a enfermedades y productivo con buenos rendimientos. Por lo que, la rápida propagación de este clon en América Latina se ha asociado con sus valiosos rasgos. Uno de los rasgos más importantes de CCN 51 es su notable productividad, con rendimientos estimados entre 1 300 a 1 800 kg/ha, que en promedio es más alto que para otros clones económicamente relevantes en la región (Reges, et al., 2021).

La planta se deriva de una semilla, que produce un tallo recto. La altura del tallo suele estar entre 1 m y 1.50 m. Desde el tallo, se ramifica en números de 3 a 5 y se extiende horizontalmente para formar un llamado abanico o forma de horquilla.

Una vez que se forma la horquilla, se erradica el brote de la raíz y el desarrollo posterior. La dirección vertical viene dada por la ventosa partiendo del sector más bajo de la horquilla (Jaimes, et al, 2021).

El cacao posee una raíz principal inclinada muy subterránea, que totalmente puede alcanzar una profundidad de 1 m. Si el sistema de raíces de una planta se

dobra, el árbol prosperará de una manera inusual, la productividad se comprimirá y la planta cambiará después (Marroquín, 2021).

El cacao presenta frutos de forma elíptica cuyo color varía del amarillo, café, morado, rojo; tamaño de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, y formas versátiles como de baya, siendo lisos o acostillados. La pared del fruto es gruesa, dura o suave. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática (Herrera, 2020).

La disposición de las flores depende en gran medida de la temperatura; generalmente por debajo de 21 °C, casi no hay composición floral, por el contrario, cuando la temperatura promedio alcanza los 25 °C, generalmente la mayor parte del año (Albiño, 2019).

La aplicación de vías defertilización debe considerarse como la experiencia del productor en parámetros técnicos y económicos. Altura del cacao, Por lo tanto, es esencial controlar estrictamente la fertilidad del suelo y reparar adecuadamente cualquier deficiencia de nutrientes (Centeno, 2020).

Cañas (2020) comentó que, el cacao debe mantener un suelo húmedo, el drenaje la sombra, incluidas las plantas cercanas, siempre manténgalas limpias, ya que producirán hojas secas como abono. Del mismo modo, las plantaciones de cacao, prefieren crecer en suelos ricos en materia orgánica, profundos, franco arcilloso con buen drenaje y topografía regular. Son ideales para el buen desarrollo del árbol; pero el cacao es un cultivo que se adapta a una variedad de suelo que van desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limosas (García et al., 2020).

El manejo de la enfermedad se realiza tradicionalmente con la integración de prácticas culturales, el uso de variedades tolerantes a la enfermedad y las aplicaciones de fungicidas químicos en los picos de producción y desarrollo del fruto. Entre los biocontroladores más estudiados para el manejo de enfermedades del cacao, los hongos del género *Trichoderma* aplicados en formulaciones con adherentes, han mostrado un buen potencial de control sobre *M. roleri*, *Phytophthora megakarya* y *Phytophthora palmivora* (Peñaherrera, et al., 2020).

La utilización de trampas, que atraen a los insectos con el fin de causar algún daño sobre ellos, y dejen de afectar al cultivo establecido (Palacios y Porras, 2020). Del mismo modo, algunas plagas reconocen los colores de las trampas ya sea rojo, amarillo, blanco o azul. Estas trampas funcionan atrayendo al insecto adulto de

acuerdo al color empleado, y se adhieren al plástico, siendo capturados, así se evita que se propague el insecto y no queden larvas para futuras poblaciones, lo cual provee la planta de cacao un desarrollo normal (Leiva, et al, 2019).

### **2.2.2. El calcio en las plantas**

La concentración celular de Ca es relativamente baja en comparación con otros nutrientes, y está presente en el rango de 0,1 a 80 nM en las paredes celulares y los orgánulos, mientras que los niveles citoplasmáticos de Ca se mantienen en 100 nM (Toyota, et al., 2018).

En condiciones ambientales adversas, como sequía, salinidad, ataque de patógenos, estrés por metales o deficiencia de nutrientes, se produce un rápido aumento de la concentración de iones  $\text{Ca}^{2+}$  a través de los canales iónicos de la membrana plasmática que restaura los procesos fisiológicos basales (Manishankar, et al., 2018).

La importancia del calcio (Ca) para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero se necesita cierto nivel (aproximadamente 30 – 300 ppm) de Silicio de Aluminio (SiA) en el suelo para que el Ca se torne disponible para las plantas. Además, un sistema vascular silificado favorece la transpiración; el agua, Ca (y otros minerales) se distribuyen en las áreas de la planta que estén perdiendo más agua (Rosas, et al., 2021).

La sintomatología de la deficiencia se presenta en hojas sin alcanzar su tamaño final, las plantas en general pierden vigor y los frutos presentan agrietamiento de la corteza o llamado también Splitting (Tiwari, et al, 2020).

En suelos de Latinoamérica se ha comprobado la efectividad de la sobresaturación de calcio a través de enmiendas calcáreas como dolomita y yeso, generando una sobreoferta de cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  que, mediante un efecto combinado, neutralizan la acidez intercambiable y contribuyen a la nutrición del suelo, facilitando una absorción más eficiente de elementos nutricionales con funciones bioquímicas por parte de las plantas que mejoran el rendimiento, donde paulatinamente se irán recuperando las estructuras celulares afectadas por el Cd (moléculas de clorofila y otras estructuras asociadas al calcio y magnesio) (Huang, et al., 2020).

La combinación de otros elementos junto con el calcio puede emplearse para disminuir el daño por enfermedades en plantas, como la aplicación preventiva de nitrato o cloruro de calcio disminuyó el daño por *Phytophthora sojae* en plantas de

soja (*Glycine max* L.), explicando que esa disminución de la enfermedad estaba relacionada con el aumento del contenido de calcio en el tejido vegetal y a la acción directa sobre el patógeno (disminución en la producción de zoosporas por efecto de las sales). Este nutriente actúa sobre las paredes celulares vegetales no solo proporcionan estructura a la planta, sino que también actúan como barreras contra estreses bióticos y abióticos (Alayón, et al., 2022).

Choudhury et al (2022), observó que, al fijar los iones de calcio sobre las cargas negativas de la fracción coloidal del suelo, el calcio ingresa más eficientemente a la planta y facilita una recuperación de la actividad metabólica, especialmente en la reconstrucción de las moléculas de clorofila donde se requieren importantes concentraciones de calcio y magnesio, mejorando eficiencia fotosintética. Asimismo, la humedad del suelo juega un papel esencial en la liberación de calcio en la solución del suelo.

El estudio de investigación por Nunes, *et al.* (2020), encontraron que en la pulpa de cacao los elementos encontrados en mayores cantidades fueron K, Mg, Na y P. Con respecto a los elementos Ca y Mg, el nivel de calcio fue menor. Estos elementos minerales son importantes durante la fermentación como coadyuvante de malta para mejorar la elaboración de la cerveza; por lo que estos mismos elementos actúan como cofactores esenciales para la actividad de varias enzimas.

Un estudio realizado por (Wang & Sheng, 2024), determinó que las plantas tienen calcio en una concentración promedio de 125  $\mu\text{mol}$ /gramo de peso seco. El  $\text{Ca}^{2+}$  generalmente se encuentra en el suelo, pero es relativamente insoluble (por ejemplo,  $\text{CaCO}_3$ ) en su forma predominante. Hay algunas especies (p. ej., *Trichoderma*) que tienen la capacidad de acidificar el ambiente circundante mediante la secreción de ácidos orgánicos, solubilizando así los fosfatos, micronutrientes y cationes minerales.

Por otro lado Juric, et al, (2020), la adición simultánea de cationes de calcio junto con agentes de biocontrol mejora la actividad de los agentes de biocontrol, es decir, a través de un acto sinérgico. El calcio ingresa a las células vegetales a través del  $\text{Ca}^{2+}$ , canales iónicos permeables en sus membranas plasmáticas.

El calcio es necesario como componente de la pared celular y para neutralizar aniones. La deficiencia de calcio puede causar un color verde claro en la clorosis desigual de las hojas jóvenes, quemaduras marrones en las puntas de las hojas nuevas, crecimiento deficiente de las raíces y raíces cortas y engrosadas.

Demostrando el papel directo del  $\text{Ca}^{2+}$  en la síntesis de compuestos polifenólicos y se ha demostrado que la suplementación con  $\text{Ca}^{2+}$  aumenta la actividad antioxidante en las plantas (Mihai, et al., 2023).

### **2.2.3. Aplicación foliar y edáfica de nutrientes a la planta**

La fertilización en los suelos ha sido utilizada en la agricultura desde hace muchos años, causando un gran aporte en los cultivos y también en la ganadería debido que mejoran la calidad de las pasturas que son consumidas por el ganado lo cual repercute en la leche y la carne de mayor calidad que son utilizados por los seres humanos como alimento para subsistir (Ge, et al., 2018).

Para Goes et al. (2019), el análisis foliar y de fertilidad del suelo se ha utilizado con frecuencia en la agricultura como una herramienta importante para monitorear el estado nutricional de los cultivos, facilitando la interpretación de sus resultados, una vez que se considera un rango de contenidos de nutrientes incluso en condiciones de disminución del crecimiento y la productividad. Por ello, existen sistemas como, el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) constituye una alternativa en estos casos, ya que permite obtener estándares nutricionales a partir del monitoreo de nutrientes contenidos en el suelo y hojas en cultivos comerciales.

La fertilización mediante el uso edáfico en algunos cultivos ha formado una gran asistencia en el cuajado de los frutos también se ha distinguido en la aportación de la producción de azúcares, vitaminas y almidones en el interior de la planta dando una ampliación en la producción y generando una recuperación en la calidad de los frutos física organolépticamente (Arias, 2021).

La práctica que comúnmente se está realizando hace muchos años atrás es la fertilización foliar debido a que corrige las deficiencias de nutrientes que pueden existir en las plantas, favoreciendo el buen desarrollo y mejoras en el rendimiento y en la calidad de los frutos (Vásquez y Gómez, 2022).

Para mejorar la productividad del cacao Tapia, et al. (2022), la fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige deficiencias de micronutrientes favoreciendo el buen desarrollo del cultivo, mejora el rendimiento y la calidad de la mazorca de cacao. De la misma manera, se ha estudiado ampliamente la fertilización del suelo en el cultivo del cacao. La aplicación de fertilizantes debe realizarse en base a un análisis de suelo, ya que debido al origen de los mismos tienen minerales y nutrientes que son ricos

para ser absorbidos por las plantas, pero muchas veces sobre tiempo las fuentes se debilitan al perder importantes valores nutricionales que los cultivos necesitan.

## **2.3 Marco legal**

### **2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.**

Principios de aplicación de los derechos.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 17. El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la Comunicación, y al efecto:

2. Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las 26 personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada

Capítulo séptimo.

Derechos de la naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

### **2.3.2 Código Orgánico del Ambiente.**

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay.

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

#### **CAPITULO IV**

De los instrumentos para la regularización ambiental.

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

### **2.3.3 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable**

Artículo 8.- Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad. - La presente ley garantiza los siguientes derechos individuales y derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades: c) Derecho de las personas naturales o jurídicas a la libre asociación para investigar, producir, comercializar semillas nativas, tradicionales y certificadas;

Artículo 10.- Reconocimiento al agricultor. De conformidad con los instrumentos internacionales vigentes, al agricultor se le reconocen las siguientes garantías: c) Participar en asuntos relacionados a la conservación y la utilización sostenible de la agrobiodiversidad de conformidad con la ley;

Artículo 17.- De las zonas de agrobiodiversidad. La Autoridad Agraria Nacional, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, institutos públicos de investigación y centros de educación superior, identificarán con la participación de los productores y organizaciones sociales, las áreas de agrobiodiversidad que fortalezcan la protección, conservación, manejo y uso sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, para garantizar la soberanía alimentaria.

Artículo 49.- Prácticas y tecnologías. Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes: d) Prevenir y controlar las plagas y enfermedades mediante el uso de biopreparados, repelentes y atrayentes, así como la diversificación, introducción y conservación de enemigos naturales; e) Difundir mediante programas y campañas de educación e información pública los beneficios que reporta esta producción agrícola, tanto para productores como para consumidores; f) Promover la economía familiar campesina y comunitaria para dinamizar este sector, así como fomentar el consumo de alimentos saludables (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

### **2.3.4 Ley orgánica de sanidad agropecuaria**

Artículo 1. Objeto. - La presente Ley regula la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades; promover el bienestar animal, el control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a los vegetales y animales y que podrían representar riesgo fito y zoonosario.

Artículo 4. De los fines. -La presente Ley tiene las siguientes finalidades: a) Garantizar el ejercicio de los derechos ciudadanos a la producción permanente de alimentos sanos, de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo para alcanzar la soberanía alimentaria;

Artículo 22. De las medidas fitosanitarias.- Para mantener y mejorar el estatus fitosanitario, la Agencia de Regulación y Control, implementará en el territorio nacional y en las zonas especiales de desarrollo económico, las siguientes medidas fitosanitarias de cumplimiento obligatorio: b) Campañas de sanidad vegetal, de carácter preventivo, de control y erradicación; c) Diagnóstico, vigilancia y notificación fitosanitaria de plantas y productos vegetales; d) Tratamientos de saneamiento y desinfección de plantas y productos vegetales, instalaciones, equipos, maquinarias y vehículos de transporte que representen un riesgo fitosanitario. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017)

### **2.3.5 Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales**

Art. 5. De lo agrario: “Para fines de la presente ley, el termino agrario incluye las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, silvícolas, forestales, ecoturísticas, agro-turísticas y de conservación relacionadas con el aprovechamiento productivo de la tierra rural”

Art. 8. De los fines. - Son fines de la presente ley: f) “fortalecer la agricultura familiar campesina en los procesos de producción, comercialización y transformación productiva”. j) “promover la producción sustentable de las tierras rurales e incentivar la producción de alimentos sanos, suficientes y nutritivos, para garantizar la soberanía alimentaria”.

Art. 49. Protección y recuperación. - por ser de interés público, el Estado impulsará la protección, la conservación y la recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales; desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016).

### **2.3.6 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria**

Artículo 1. Esta ley regula el Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos Agrícolas, en adelante el Sistema. El objeto del Sistema es asegurar y certificar que los productos orgánicos sean producidos, elaborados, envasados y manejados de acuerdo con las normas de esta ley y su regulación.

Artículo 4. El Servicio Agrícola y Ganadero será la autoridad competente encargada de fiscalizar el cumplimiento de esta ley y su normativa complementaria, y de sancionar las infracciones señaladas en los artículos 9 y 10, de acuerdo al procedimiento de sanción y reclamación del Título I de la ley N° 18.755. Así mismo, le corresponderá al Servicio Agrícola y Ganadero administrar y controlar el uso del sello oficial distintivo de productos orgánicos agrícolas, pudiendo encomendar la aplicación del mismo a entidades certificadoras inscrita en su registro (Asamblea Nacional, 2016, p. 5).

### **2.3.7 Código orgánico de la producción, comercio e inversiones**

Art. 57. “Democratización productiva. En concordancia con lo establecido en la constitución se entenderá por democratización productiva a las políticas, mecanismos e instrumentos para que genere la desconcentración de factores y recursos productivos, y faciliten el acceso al financiamiento capital y tecnología para la realización de actividades productivas”. Párrafo II. “El estado protegerá a la agricultura familiar y comunitaria como garante de la soberanía alimentaria..., y al micro, pequeña y mediana empresa, implementando políticas que regulen sus intercambios con el sector privado.”.

Art. 59. Objetivo de democratización. Literal I. Implementar medidas dirigidas especialmente a las y los agricultores familiares, mujeres y comunidades, pueblos y nacionalidades para erradicar la desigualdad y la discriminación. (Asamblea nacional, 2017, p. 22)

### **2.3.8 Guía de buenas prácticas agrícolas para cacao**

Artículo 1.- Aprobar la “Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao” documento que se adjunta como ANEXO 1 y que es parte integrante de esta resolución, el mismo que tiene por objeto, establecer las especificaciones técnicas que deben ser consideradas en los procedimientos de Buenas Prácticas Agrícolas para cacao (Agrocalidad, 2012).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

- **Investigación experimental:** Se pone a prueba diferentes tratamientos con diferentes productos para observar sus efectos y reacciones.
- **Investigación exploratoria:** Esta investigación se identificó los problemas que aborda el presente estudio.
- **Investigación descriptiva:** Se detallaron los resultados de cada variable en estudio con el propósito de llegar a una conclusión de mayor objetividad.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

El presente estudio se detalló a través de un diseño experimental, el cual consistió en la aplicación de calcio en el cultivo de cacao, en condiciones de campo abierto para así recopilar la información y proyectarla en el presente documento.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables en estudio

###### 3.2.1.1. *Variable independiente*

Calcio en el cultivo de cacao CCN-51.

###### 3.2.1.2. *Variable dependiente*

###### 3.2.1.2.1. *Fructificación*

###### 3.2.1.2.2. *Longitud de mazorca*

###### 3.2.1.2.3. *Diámetro de mazorca*

###### 3.2.1.2.4. *Número de granos por mazorca en fresco*

###### 3.2.1.2.5. *Rendimiento kg/ha*

###### 3.2.1.2.6. *Relación beneficio-costos*

###### 3.2.1.2.7. *Análisis de suelo (inicio y final)*

##### 3.2.2 Tratamientos

Se aplicó cinco tratamientos como se muestra a continuación, con óxido de calcio al 20% (producto comercial Saeta Gold) de aplicación foliar con dosis comercial de 1,0 l/ha a 2 l/ha; aplicación edáfica de sulfato de calcio al 30.9% (producto comercial Sulfato de calcio Sucroal) con dosis de 100 kg/ha a 200 kg/ha; cabe mencionar que, todos los tratamientos experimentales se usó fertilización NPK básica (formulación 8-20-20):

**Tabla 1.***Tratamientos en estudio*

<b>Tratamientos</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis Ha</b>	<b>Frec. Aplic.(día)</b>
<b>T1</b>	Óxido de Calcio 20%	1 L	0 – 30 – 60 – 90
<b>T2</b>	Óxido de Calcio 20%	3 L	0 – 30 – 60 – 90
<b>T3</b>	Sulfato de Calcio 30.9%	100 kg	0 – 30 – 60 – 90
<b>T4</b>	Sulfato de Calcio 30.9%	300 kg	0 – 30 – 60 – 90
<b>T5</b>	Testigo convencional N-P-K	250 kg	0 – 30 – 60 – 90

**Elaborado por: La Autora, 2024****3.2.3 Diseño experimental**

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, donde cada parcela tuvo un total de 16 plantas, dejando al interior cuatro plantas como unidad de muestreo para la valoración de las variables mencionadas.

**3.2.4 Recolección de datos****3.2.4.1. Recursos****3.2.4.1.1. Materiales y Herramientas**

Entre los materiales a utilizarse fueron computadora, machete, piola, cuaderno, bomba mochila, guantes, mascarillas, baldes.

**3.2.4.1.2. Material Experimental**

- Cultivo de cacao: CCN-51 con 8 años de producción con riego subfoliar.
- Para aplicación foliar: Ingrediente activo compuesto por Oxido de Calcio 20% + Anhídrido fosfórico 21% + Ingrediente inertes 59%; producto comercial Saeta Gold en presentación de 1 litro.
- Para aplicación edáfica: Ingrediente activo compuesto por Oxido de Calcio 30.9% + Azufre 17.5%; de polvo color blanco (malla 200); producto comercial SUCROAL en presentación saco de 25 kg.

**3.2.4.1.3. Recursos humanos**

Se realizó con la ayuda del tutor docente guía, agricultores de la zona en sus predios y la autora del presente trabajo.

**3.2.4.1.4. Recursos económicos**

El presente trabajo de investigación fue financiado por recursos propios del tesista.

**Tabla 2.***Valoración económica del proyecto*

<b>Detalle</b>	<b>Valor (\$)</b>
Computadora	300.00
Transportación – Visitas al campo	100.00
Saeta Gold (foliar – liquido presentación 1 litro)	50.00
SUCROAL (edáfico – saco 50 kg)	50.00
Mano de obra (jornales en aplicación producto y cosecha)	100.00
Recolección de muestras de suelo y su análisis	100.00
<b>Total</b>	<b>700.00</b>

**Elaborado por: La Autora, 2024****3.2.4.2. Delimitación experimental**

La separación de parcelas fue con cintas.

**Tabla 3.***Delimitación experimental*

<b>Características</b>	<b>Valor - Unidad</b>
Número de parcela	20
Área total de la parcela	144 m <sup>2</sup>
Ancho del total del experimento	75 m
Largo del total del experimento	60 m
Área total del experimento	75 m * 60 m = 4 500 m <sup>2</sup>
Ancho del área total	102 m
Largo del área total	42 m
Ancho de la parcela	12 m
Largo de la parcela	12 m
Distanciamiento entre parcelas y repeticiones	3 m
Distancia entre plantas	3 m
Distancia entre hileras	3 m
Número de plantas por parcela	16
Número total planta por ensayo	320
Área útil	64 m <sup>2</sup>
Número de plantas a evaluar	4

**Elaborado por: La Autora, 2024**

### 3.2.4.3. Métodos y técnicas

- **Método sintético:** Permitió construir y relacionar los resultados para la elaboración de discusión, conclusiones y recomendaciones.
- **Método exploratorio:** Se utilizó este método debido a la escasa información que se puede hallar sobre el uso del calcio en el cultivo de cacao en la zona de estudio.

A continuación, se menciona los procedimientos de medición de las variables mencionadas:

- *Fructificación.* Se contabilizaron las mazorcas (en crecimiento) en la zona media (tronco) del árbol de cacao a los 30 y 90 días después de la aplicación de los tratamientos en estudios. Se registraron los frutos dentro del área útil (2 plantas) por cada unidad experimental.
- *Longitud de mazorca.* Al momento de la cosecha, se seleccionó frutos sanos y comerciales por unidad experimental, y con una cinta métrica se midió la mazorca desde la base del pedúnculo hasta su ápice.
- *Diámetro de mazorca.* Con las mismas mazorcas seleccionadas de cada unidad experimental y la ayuda de un calibrador, se midió las mazorcas en su diámetro ecuatorial, se expresó y promedió en cm.
- *Número de granos por mazorca en fresco.* Se contaron los granos o almendras frescas de las mazorcas que estaban fisiológicamente madura y en el momento de la evaluación por unidad experimental.
- *Rendimiento kg/ha.* Se pesó las almendras o granos frescos por cada tratamiento (plantas), se multiplicó la cantidad cosechada por el número estimado de una hectárea (1110 plantas), por cada tratamiento.
- *Relación beneficio-costos.* Con la observación de los costos obtenidos en cada tratamiento, se realizó un balance económico para conocer en detalle los ítems que relacionen su producción y así obtener su rentabilidad.

### 3.2.5 Análisis estadístico

Los datos se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre tratamientos. La comparación de medias se efectuó a través del test de Tukey. Estos análisis se realizaron al 5% de probabilidad, utilizando el software Infostat. El modelo de ANOVA se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 4.***Esquema de ANDEVA*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Formula</b>		<b>Grados de libertad</b>
<b>Tratamientos</b>	(t-1)	(5-1)	4
<b>Repeticiones</b>	(r-1)	(4-1)	3
<b>Error experimental</b>	(t-1)(r-1)	(4-1)(5-1)	12
<b>Total</b>	(tr-1)	(20-1)	19

Elaborado por: La Autora, 2024

**3.2.5.2. Hipótesis estadística**

- Ho: En ninguna de las aplicaciones experimentales no causa efecto en el cultivo de cacao
- Hi: Al menos en alguna de las aplicaciones experimentales causa efecto sobre el cultivo de cacao.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Comportamiento de la planta a la aplicación del calcio

#### 4.1.1 Fructificación

Como se observa en la Tabla 5 el promedio de número de frutos observables después de la aplicación de los tratamientos; el cual presenta en la 1era observación (30 días) con un coeficiente de variación de 23.36%, error experimental 1.09, y un p-valor  $0.05 > 0.0623$  no presentando diferencia entre los tratamientos; mientras que en la 2da observación (90 días) después de la aplicación de los tratamientos (90 días) se observa un coeficiente de variación 20.91%, un error experimental 1.11, y un p-valor  $0.0468 < 0.05$  presentando al menos un tratamiento con resultados significativos.

**Tabla 5.**

*Promedio del número de frutos*

Tratamiento	30 días	90 días
T1:Oxido de calcio 1L	7.7a	9.0ab
T2:Oxido de calcio 3L	11.7a	13.0a
T3:Sulfato de calcio 100kg	7.0a	7.3b
T4:Sulfato de calcio 300kg	7.0a	8.3ab
T5:Testigo convencional	7.0a	8.3ab
E. E.	1.09	1.11
C. V. (%)	23.36	20.91
p-valor	0.0623	0.0468

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Elaborado por: La Autora, 2024**

#### 4.1.2 Longitud de mazorca

En la Tabla 6 se observa el promedio de la longitud de la mazorca después de aplicada los tratamientos (al momento de la cosecha), donde se muestra el coeficiente de variación del 6.96%, el error experimental de 0.86, y p-valor de  $0.1784 > 0.05$  no presenta diferencias entre los tratamientos aplicados.

**Tabla 6.***Promedio de la longitud de la mazorca (cm)*

Tratamiento	Medias
T1:Oxido de calcio 1L	21.0a
T2:Oxido de calcio 3L	23.3a
T3:Sulfato de calcio 100kg..	20.0a
T4:Sulfato de calcio 300kg..	21.7a
T5:Testigo convencional	21.0a
E. E.	0.86
C. V. (%)	6.96
p-valor	0.1784

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

#### 4.1.3 Diámetro de mazorca

En la Tabla 7 se observa los datos del promedio del diámetro de la mazorca (expresado en centímetros), donde se muestra el coeficiente de variación del 5.41%, el error experimental de 0.28, y p-valor de  $0.0788 > 0.05$  no presenta diferencias entre los tratamientos aplicados.

**Tabla 7.***Promedio del diámetro de la mazorca (cm)*

Tratamiento	Medias
T1:Oxido de calcio 1L	9.0a
T2:Oxido de calcio 3L	9.7a
T3:Sulfato de calcio 100kg..	8.3a
T4:Sulfato de calcio 300kg..	9.0a
T5:Testigo convencional	8.7a
E. E.	0.28
C. V. (%)	5.41
p-valor	0.0788

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

## 4.2 Definición del tratamiento y dosis en la productividad

### 4.2.1 Número de granos por mazorca en estado fresco

En la Tabla 8 se observa los datos del promedio del número de almendras o granos de una mazorca después de aplicada los tratamientos (al momento de la cosecha), donde se muestra el coeficiente de variación del 5.46%, el error experimental de 1.4, y p-valor de  $0.0173 < 0.05$  al menor un tratamiento presenta diferencias y efecto entre los aplicados.

**Tabla 8.**

*Promedio del número de almendras por mazorca*

Tratamiento	Medias
T1:Oxido de calcio 1L	41b
T2:Oxido de calcio 3L	50a
T3:Sulfato de calcio 100kg..	43b
T4:Sulfato de calcio 300kg..	44.7ab
T5:Testigo convencional	43.7ab
E. E.	1.4
C. V. (%)	5.46
p-valor	0.0173

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Elaborado por: La Autora, 2024**

#### 4.2.2 Rendimiento (kg/ha)

En la Tabla 9 se observa los datos el promedio del rendimiento expresado en kilogramos por hectárea, donde se muestra el coeficiente de variación del 6.08%, el error experimental de 19.82, y p-valor de  $0.0003 < 0.05$  al menor un tratamiento presenta diferencias y efecto entre los aplicados.

**Tabla 9.**

*Promedio del rendimiento (kg/ha)*

Tratamiento	Medias
T1:Oxido de calcio 1L	569.4bc
T2:Oxido de calcio 3L	616.2ab
T3:Sulfato de calcio 100kg.	442d
T4:Sulfato de calcio 300kg.	519.3cd
T5:Testigo convencional	677.8a
E. E.	19.82
C. V. (%)	6.08
p-valor	0.0003

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Elaborado por: La Autora, 2024**

### 4.3 Análisis económico respecto al beneficio-costo de los tratamientos

Con un precio de mercado internacional relativo del cacao de \$2 USD el kilogramo (50 kg en \$100 USD), se aprecia a continuación el análisis económico de los tratamientos en estudio:

**Tabla 10.**

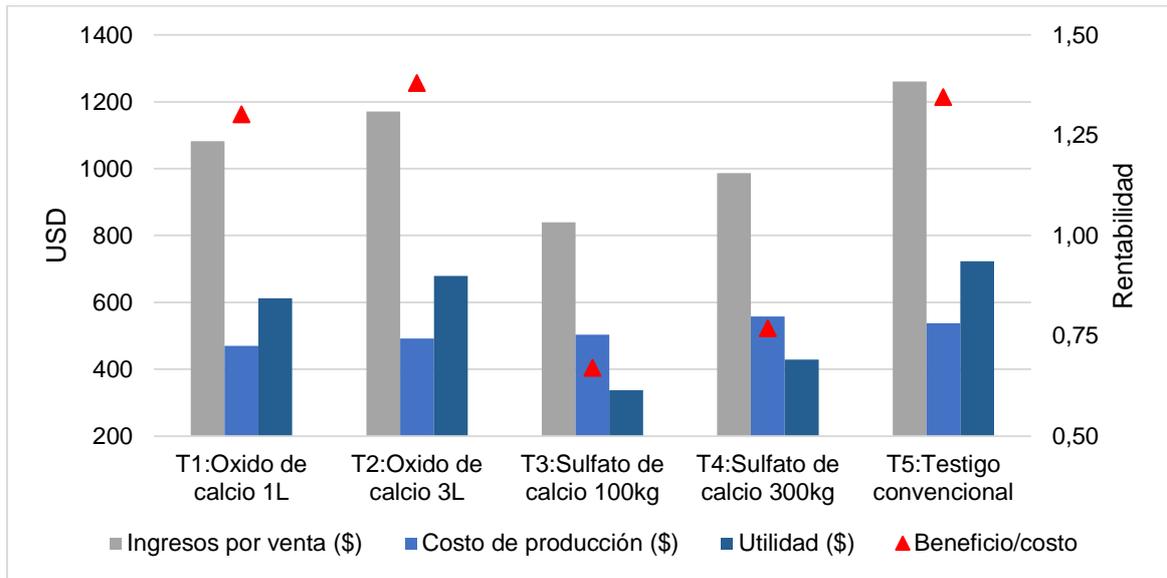
*Análisis económico del estudio*

Descripción	T1: Oxido de calcio 1L	T2: Oxido de calcio 3L	T3: Sulfato de calcio 100kg	T4: Sulfato de calcio 300kg	T5: Testigo convencional
Rendimiento (kg/ha)	569.39	616.24	441.99	519.30	677.8
Rendimiento ajustado (kg/ha)	540.92	585.43	419.89	493.34	630.35
Precio venta (\$/kg)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ingresos por venta (\$)	1081.84	1170.86	839.78	986.67	1260.71
Costo de producción (\$)	469.92	491.92	502.92	557.92	537.50
Utilidad (\$)	611.92	678.94	336.86	428.75	723.20
Beneficio/costo	1.30	1.38	0.67	0.77	1.35

**Elaborado por: La Autora, 2024**

Es así que el costo de producción del presente experimento varía según el uso del tratamiento y su aplicación (ver Anexos: Tabla 17. Costos de producción), por lo que, la mayor utilidad la presenta los tratamientos T5 (Testigo convencional) con \$723 USD, seguido del T2 (Oxido de calcio 2L) con \$679 USD y T1 (Oxido de calcio 1L) con \$612 USD; es importante destacar la rentabilidad supere el valor de \$1, indica que su uso es rentable. Se puede visualizar la Figura 2 para visualizar esta información de manera gráfica.

Figura 1.

*Histograma de rentabilidad de los tratamientos*

Elaborado por: La Autora, 2024

## 5. DISCUSIÓN

Una vez analizados los resultados, se puede mencionar que:

Con el uso de calcio en forma líquida presenta efectos significativos positivos mayores (Tabla 5) alcanzando una media final de 13 frutos cuajados, diferente del calcio de uso edáfico que alcanzó 8 frutos cuajados con vigorosidad. Aceptando lo mencionado por Ahmad et al (2019), quien menciona que el uso de Ca presenta efectos positivos sobre la germinación de polen y cuajado de frutos. Por tanto, el uso del tratamiento en estudio presenta productividad positiva para cacaoteras de Simón Bolívar.

La aplicación del calcio en forma edáfica (sin importar su dosis de aplicación) en el cultivo de cacao CCN-51 en la zona de Simón Bolívar (Guayas), se observa que no presenta diferencia significativa con la longitud y diámetro del fruto (Tabla 6 y 7); y aunque muestra una deficiencia en la floración del mismo (Tabla 5) evidenciando que existe un efecto desfavorable en la planta de cacao; el número de almendra por mazorca (Tabla 8) presenta un efecto significativo alcanzando las 45 almendras diferente de la variable del peso de 100 almendras (Tabla 9), es decir, presenta menor peso, comprobando que el suelo presenta altos contenido de calcio (Anexos: Figura 11) cuando se expuso los tratamientos en estudio y se manejó con las labores culturales de la zona; por tanto, se rechaza lo mencionado por Dogbatse et al (2023), cuando se aplica Ca en conjunto como nitrato de calcio como fuente de N (Nitrógeno) presenta efecto favorable en la rizosfera de la planta, aunque se divida la fertilización en diferentes periodos del año para garantizar un aumento en el rendimiento.

La aplicación de óxido de calcio (dosis de 3 L/ha) presentó un peso de 100 almendras de 256 gramos (Tabla 9), alcanzando un mayor rendimiento de 585 kg/ha, no mostrando diferencias significativas en la longitud y diámetro (Tabla 6 y 7); rechazando lo expuesto por Escobar (2023), quien acota que, la aplicación del calcio influye en la etapa de floración, cuaje del fruto del cacao, y la longitud del fruto y por ende, en su rendimiento alcanzando productividad favorable.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Una vez obtenidos los resultados, se concluye lo siguiente:

La respuesta de la aplicación del calcio en la etapa de floración en forma foliar logró fructificar un promedio de 13 mazorcas/árbol y en forma edáfica logró cuajar un promedio de 8 mazorca/árbol; no mostrando diferencia en la longitud y diámetro del fruto.

El mejor tratamiento lo presento el óxido de calcio con una dosificación de 3 litros por hectárea, alcanzando un rendimiento de 585.43 kg. Mientras que con el uso de sulfato de calcio con una dosificación de 300 kg alcanzó un promedio de 4943.34 kg en relación a una hectárea.

Al observar la rentabilidad en el experimento, el mejor tratamiento lo presenta el uso de óxido de calcio 3 L cuya rentabilidad alcanzó \$1.38 proyectando una utilidad de \$678.94 USD para zonas cacaoteras de Simón Bolívar.

### **6.2 Recomendaciones**

Una vez mencionado las conclusiones, se puede aconsejar lo siguiente:

Aplicar oxido de calcio de forma foliar en dosis de 3 Litros por hectárea en la etapa de floración para obtener un número mayor de mazorcas fructificadas.

Incluir en el programa de fertilización en las plantaciones de cacao, oxido de calcio en forma foliar, con la finalidad de mejorar la productividad en la zona de Simón Bolívar.

Realizar otros estudios en base al presente estudio de calcio, para obtener mejor documentación del uso de este elemento en las plantaciones de cacao en el país.

Referenciar el presente documento para futuras investigaciones sobre el uso del calcio y su efecto en plantaciones de cacao con otras variedades o especies vegetales de la zona de Simón Bolívar (Guayas).

## BIBLIOGRAFÍA

- AGRIPAC. (2023). Producto fertilizante foliar SAETA Gold. AGRIPAC, Guayaquil, Ecuador.
- Agrocalidad. (2012). Guía de buenas prácticas agrícolas para Cacao - Resolución Técnica No. 183. *Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la calidad del agro*, Recuperado de: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/Gui%CC%81a-de-BPA-para-cacao.pdf>.
- Ahmad, I., Bibi, F., Bakhsh, A., Kiran, S., Danishc, S., Ullah, H., & Rehman, A. (2019). Effect of Foliar Application of Boron with Calcium and Potassium on Quality and Yield of Mango cv. Summer Bahisht (SB) Chaunsa. *SCOPUS - Journal Open Agriculture 4*, 98-106, <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0009>.
- Alayón, P., Chabbal, M., Piccoli, A., Yfran, M., Gaiad, J., & Giménez, L. (2022). Combinación de tratamientos con fungicidas y nitrato de calcio para el control de la mancha marrón (*Alternaria alternata*) y su efecto en la producción de tanger 'Murcott'. *SCIELO - Revista de investigaciones agropecuarias 48*.
- Albiño, J. I. (2019). Influencia del cambio climático en la producción de los cultivos de cacao en el cantón Shushufindi. *Universidad Andina Simón Bolívar*, Recuperado de: <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6890>.
- Arias, A. H. (2021). Manejo integrado cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): enmiendas edáficas, efecto en la floración y cuajado de fruto. *Universidad Técnica de Machala*, Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16538>.
- Asamblea Nacional. (2016). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. Registro Oficial Año 2 lunes 27 diciembre del 2010-No. 349. *Asamblea Nacional*.
- Asamblea nacional. (2017). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Quito - Ecuador: Registro Oficial.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador (Registro oficial 449)*. Quito, Ecuador: Recuperado de: [https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf).
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). *Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (Registro oficial suplemento 711)*. Quito, Ecuador.

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (Registro oficial suplemento 10)*. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley orgánica de sanidad agropecuaria (Suplemento 27)*. Quito, Ecuador. Obtenido de Asamblea Nacional del Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). Código Orgánico del Ambiente (Registro oficial suplemento 983). Recuperado de: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf).
- Bastidas, F. (2018). *Efecto de la aplicación de Trichoderma spp en el control de moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao CCN-51 (Theobroma cacao), Simón Bolívar-Guayas*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Cañas, P. (2020). Mejoramiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) con la implementación de manejo técnico enfocado a la producción y empresarización en el municipio de Landázuri- Santander como cultivo sostenible. *Universidad de La Salle*, Recuperado de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria\\_agronomica/172/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/172/).
- Centeno, V. (2020). Utilización de herramientas SIG para el manejo eficiente y sostenible del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la finca agrícola Bellavista cantón Chontamarca. *Universidad Agraria del Ecuador*, Recuperado de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CENTENO%20MUENTES%20VICENTE%20AURELIO.pdf>.
- Choudhury, M. R., J., C., Das, S., Apan, A., Menzies, N., Chapman, S., . . . Y.P., D. (2022). Detection of calcium, magnesium, and chlorophyll variations of wheat genotypes on sodic soils using hyperspectral red edge parameters. *Environ. Technol. Innov.* 27, 102469, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102469>.
- Correa, J. (2018). *Efecto de enmiendas cálcicas y orgánicas en la absorción de cadmio en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) en la región San Martín Tarapotó, Perú (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de San Martín: Tarapotó, Perú.
- Dogbatse, J., Awudzi, G., Arthur, A., Ansah, F., Attah, I., Quaye, A., . . . Amaning, A. (2023). Assessment of Calcium Nitrate Fertiliser as a Suitable Nitrogen

- Source for Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Cultivation in Ghana. *SCOPUS - SSRN*, <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4462141>.
- Escobar, S. (2023). Efectos de la fertilización edáfica complementado con calcio y boro en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), El Deseo, Milagro (Tesis de grado). *Universidad Agraria del Ecuador*, Milagro, Ecuador.
- Fajardo, J. (2021). *Efecto de las aplicaciones edáficas de los sulfatos de zinc y calcio en la producción del cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Agraria del Ecuador: Milagro, Ecuador.
- FERMAGRI. (2023). Producto fertilizante edáfico SUCROAL. *FERMAGRI*, Guayaquil, Ecuador.
- García, M., Cerón, M., Rodríguez, E., Cubillos, A., Polanco, E., López, M., . . . Parra, E. (2020). Estrategias tecnológicas para el manejo del cultivo y el beneficio del cacao. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, Recuperado de: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36651>.
- Garzón, M. (2021). *Estudio de dos genotipos de cacao CCN51 y EET-103 mediante la aplicación de calcio más potasio en la zona del Guayas, Naranjal*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Ge, S., Zhu, Z., & Jiang, Y. (2018). Long-term impact of fertilization on soil pH and fertility in an apple production system. *Journal of soil science and plant nutrition* 18(1), 282-293, Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005001002>.
- Góes, M., Luis, F., Cayó, A., Gontijo, I., & Duarte, H. (2019). Soil patterns and foliar standards for two cocoa clones in the States of Espírito Santo and Bahia, Brazil. *Ciencia Rural, Santa María* 49(10), e20180686, <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180686>.
- Herrera, B. (2020). *Efecto de reguladores fito-hormonales en la producción de cacao (Theobroma cacao) CCN51*. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Huang, Y., Sheng, P., Zhou, P., & Zhang, Y. (2020). Remediation of Cd-contaminated acidic paddy fields with four-year consecutive liming. *Ecotoxicol Environ. Saf* 188, 109903, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109903>.
- Jaimes, Y., Agudelo, G., Báez, E., Rengifo, G., & Rojas, J. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el

- departamento de Santander. *AGROSAVIA*, Recuperado de: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>.
- Jumbo, J. B. (2019). Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Quinsaloma (Tesis de grado). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*.
- Juric, S., Sopko, K., Krol, Z., Zutic, I., Fabek, S., Dermic, E., . . . Vincekovic, M. (2020). The enhancement of plant secondary metabolites content in *Lactuca sativa* L. by encapsulated bioactive agents. *Scientific reports* 10(1), 3737, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60690-3>.
- Leiva, S., Oliva, M., Rubio, K., Maicelo, J., & Milla, M. (2019). Uso de trampas de colores y atrayentes alcohólicos para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en plantaciones de café altamente infestadas. *Revista Colombiana de Entomología* 45(2), e8537, Recuperado de: <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.8537>.
- Manishankar, P., Wang, N., Koster, P., Alatar, A., & Kudla, J. (2018). Calcium signaling during salt stress and in the regulation of ion homeostasis. *SCOPUS - Journal of Experimental Botanical* 69, 4215-4226.
- Marroquín, A. M. (2021). Estudio agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del Departamento de Usulután en El Salvador. *Universidad Dr. José Matías Delgado*, Recuperado de: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/estudio-agromorfologico-y-fisicoquimico-de-ecotipos-de-cacao-cultivados-en-los-municipios-de-usulután-california-y-tecapán-del-departamento-de-usulután-en-el-salvador/>.
- Mihai, R., Melo, E., Terán, V., Espinoza, I., Pinto, E., & Catana, R. (2023). The Panoramic View of Ecuadorian Soil Nutrients (Deficit/Toxicity) from Different Climatic Regions and Their Possible Influence on the Metabolism of Important Crops. *MDPI - Toxics* 11(2), 123, <https://doi.org/10.3390/toxics11020123>.
- NCBI. (2020). *Mapa de vida*. Obtenido de Centro Nacional de Información Biotecnológica NCBI: <http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>
- Nunes, S., da Silva, M., Camilloto, G., Machado, B., Hodel, K., Koblitz, M. C., & Uetanabaro, A. (2020). Potential Applicability of Cocoa Pulp (*Theobroma*

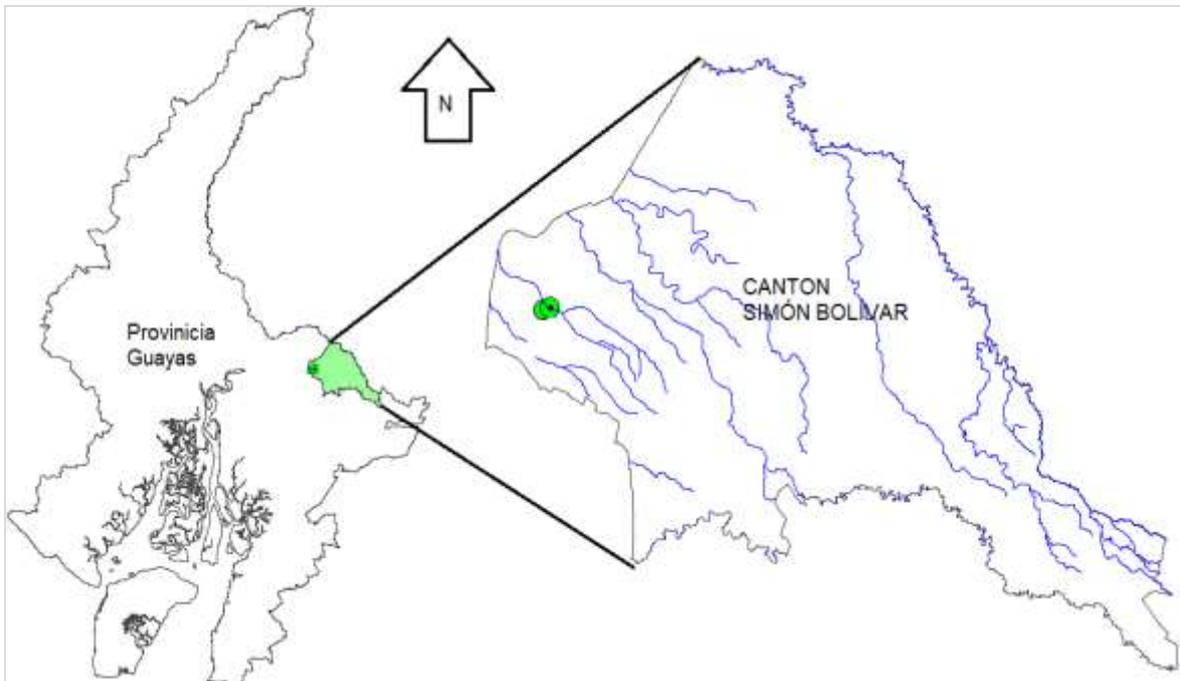
- cacao L) as an Adjunct for Beer Production. *The Scientific World Journal*, <https://doi.org/10.1155/2020/3192585>.
- Palacios, E., & Porras, K. (2020). Efecto Inhibitorio del té de la cascara de cacao sobre el streptococcus mutans en diferentes concentraciones. Estudio in vitro. *Universidad Central del Ecuador*, Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22144>.
- Peñaherrera, S., Cedeño, G., Solórzano, F., Cedeño, G., & Terrero, P. (2020). Efficacy of mixtures of Trichoderma spp. and palm oil in the management of Moniliophthora roreri Cif & Par in cocoa. *Centro de Investigaciones Agropecuarias* 47(2), 5-15, <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-5.pdf>.
- Reges, B., Maia, A., Sarmiento, D., Silva, M., Santos, S., & Damaceno, M. (2021). Quality variables for technological application of cocoa clones from the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola y Ambiental* 25(3), 203-208.
- Rosas, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía Colombiana. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica* 24(1).
- Suárez, K. V., Castañeda, C. S., Forero, F. E., Almanza, P. J., & Serrano, P. C. (2022). Liming applications and the SPAD chlorophyll index and stomatal conductance in cocoa exposed to cadmiun in the soil. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 16(2), e14530, <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i2.14530>.
- Tapia, L., Iler, V., Burgos, T., & Astudillo, D. (2022). Effects of pruning and fertilization on the yield of cocoa (Theobroma cacao L.) in Guayas, Ecuador. *Revista Centrosur* 15(1), 23-34, <https://www.centrosuragraria.com/index.php/revista/article/download/217/445>.
- Tiwari, S., Patel, A., Pandey, N., Raju, A., Singh, M., & Prasad, S. (2020). Deficiency of Essential Elements in Crop Plants: Sustainable Solutions for Elemental Deficiency and Excess in Crop Plants. *SCOPUS - Sustainable Solutions for Elemental Deficiency and Excess in Crop Plants*, 19-52, [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8636-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8636-1_2).

- Toyota, M., Spencer, D., Sawai, S., Jiaqi, W., Zhang, T., & K., A. (2018). Glutamate triggers long-distance, calcium-based plant defense signaling. *SCOPUS - Science* 80, 1112-1115.
- Vásquez, L. V., & Gómez, F. (2022). Evaluación de la respuesta del crecimiento vegetativo de aguacate (*Persea americana* var. Hass) a la aplicación de un bioestimulante. *Universidad Central del Ecuador*, Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26844>.
- Wang, C., & Sheng, L. (2024). Calcium homeostasis and signaling in plant immunity,. *Current Opinion in Plant Biology* 77, 102485, <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2023.102485>.
- Xing, Y., Zhu, Z., Wang, F., Zhan, X., Yu, B., Feng, S., & Mao, Y. (2021). Role of calcium as a possible regulator of growth and nitrate nitrogen metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. *SCOPUS - Scientia Horticulturae* 276(2), 109740.
- Zarrilo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., . . . Salin, F. (2018). The use domestication of *Theobroma cacao* during the mind-Holocente in the upper Amazon. *Journal Nature Ecology and Evolution* 2, 1879-1888.

## ANEXOS

Figura 2.

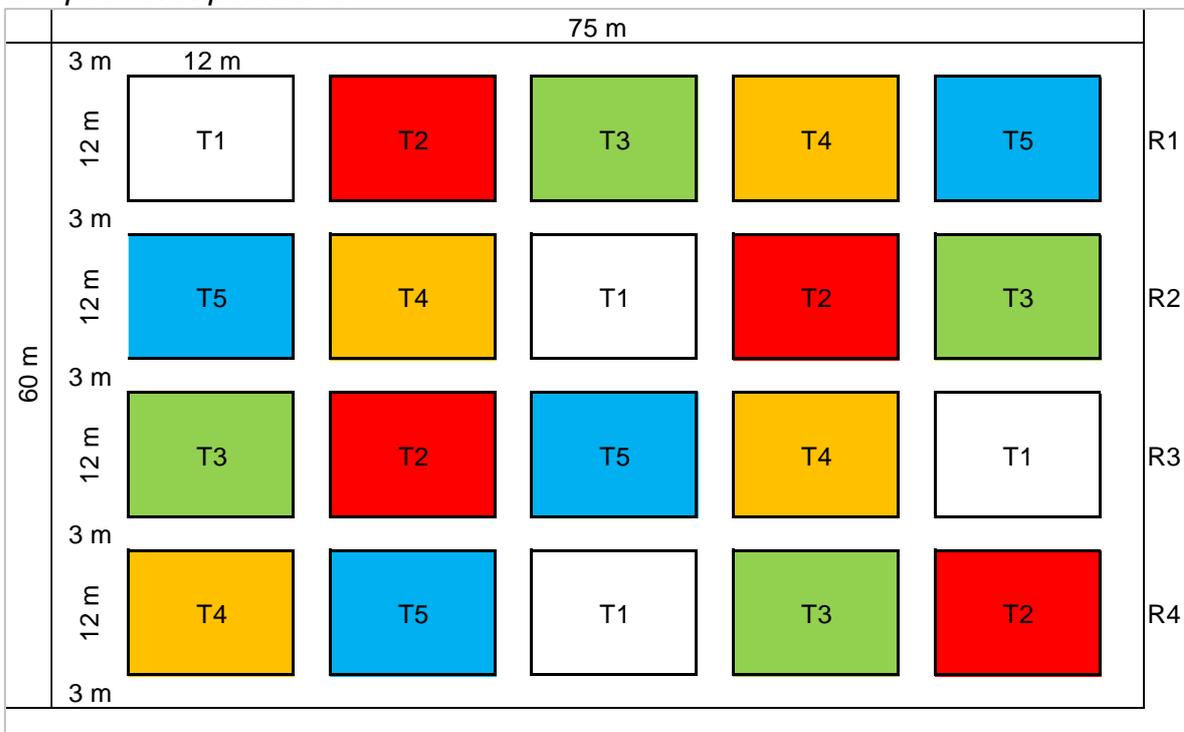
Sitio de estudio en Simón Bolívar (Guayas)



Elaborado por: La Autora, 2024

Figura 3.

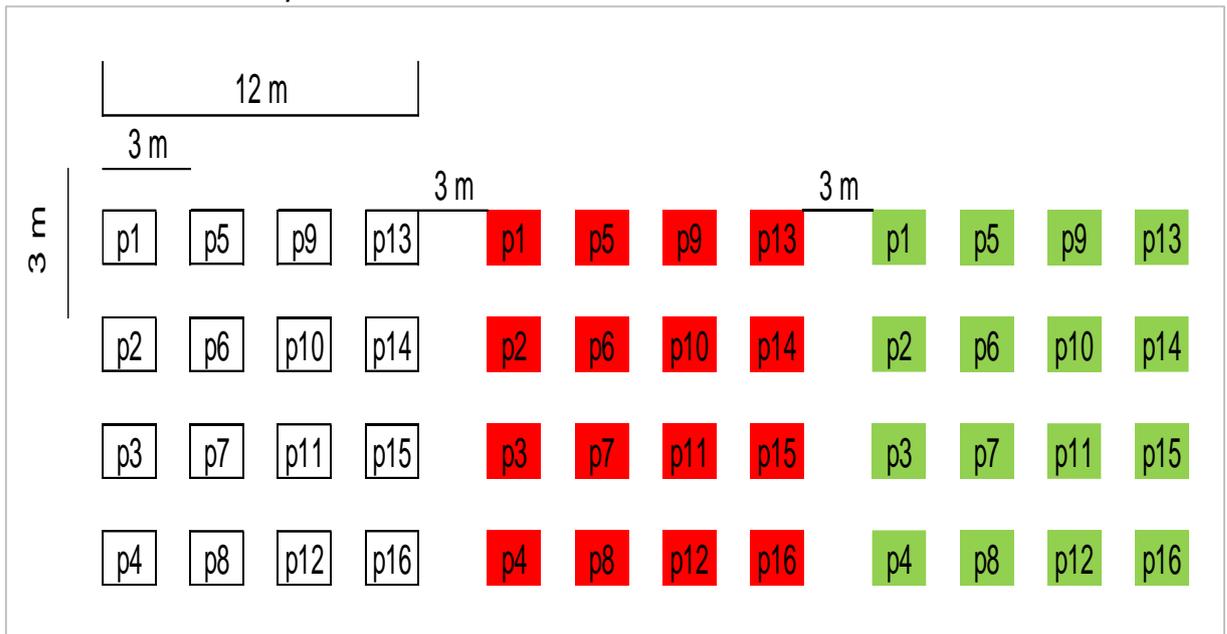
Croquis del experimento



Elaborado por: La Autora, 2024

**Figura 4.**

*Distanciamiento de plantas*



Elaborado por: La Autora, 2024

**Figura 5.**

*Producto experimental SAETA GOLD*



Fuente: AGRIPAC, 2024

Figura 6.

## Ficha técnica del producto experimental SAETA Gold

SAETA GOLD®	
CONTENIDO GARANTIZADO	
	%
<b>Ingredientes Activos:</b>	
Anhidrido fosforico (P205) .....	p/p 21.00 %
Oxido de Calcio.....	20.00 %
<b>Ingredientes Inertes:</b>	
Agua y compuestos relacionados.....	59.00 %
<b>TOTAL :</b> .....	100.00 %

Contiene: 410 gramos de ingrediente activo por kilogramo de producto comercial.

CONTENIDO NETO: 1 LITRO

## Características del producto

**SAETA GOLD®** es un Fosfonato foliar a base de fósforo y calcio que tiene doble acción: como fertilizante (aporta Fósforo y Potasio asimilables) y como fungistático (previene el ataque de enfermedades del grupo Oomycetos como Phythophthora, Pytium, Peronospora, Alternaria, etc.). Además de ser una fuente rica en los nutrientes antes mencionados, proporciona un efecto fitotónico sobre las plantas tratadas por la presencia del fósforo en forma de ion fosfito.

**SAETA GOLD®** estimula la producción de Fitoalexinas, que fortalecen y estimulan los mecanismos de auto defensa de la planta, especialmente en el tronco, cuello y raíz.

Con el fin de contrarrestar los excesos de nitrógeno, **SAETA GOLD®** produce un efecto importante al intensificar el desarrollo radicular y estimular la entrada en producción. Importante es también su aplicación para dar consistencia a los cultivos en la fase de maduración.

**SAETA GOLD®** tiene alta concentración de Fosforo (21% P2O5) y Calcio (20% Oxido de Calcio) que se mueven por acción SISTEMICA dentro del sistema vascular de cultivos tratados.

## DOSIS DE APLICACION

CULTIVOS	DOSIS (LIT/ha.)	EPOCA DE APLICACION
Hortalizas, Cucurbitáceas(melón, sandía, calabacita, pepino, zucchini,etc.)	1.0-2.0	Iniciar aplicaciones en la etapa inicial de desarrollo. Repetirlas cada 7-14 días, de acuerdo a la dosis y nivel de infección del inoculo.
ARROZ	1.0-2.0	<b>Tratamiento de semillas:</b> Aplicar 500 cc en 200 lits de aguac. <b>Aplicaciones foliares:</b> la primera al inicio de macollaje MAS 1 lit/ha de EVERGREEN <b>2da. Aplicación Foliar:</b> al maximo macollaje.
Vid	1.0-2.0	Iniciar aplicaciones preventivas a la emergencia de la yema a intervalos de 7-14 días, de acuerdo al nivel de infestación
Tomate, Chile, Berenjena	1.0-2.0	Iniciar aplicaciones a la aparición de la segunda-cuarta hoja para siembras directas o inmediatamente después del trasplante. Aplicar cada 7-14 días, de acuerdo a la dosis y nivel de infección del inoculo.
Fresa	1.0-2.0	Iniciar aplicaciones a los 20 días del trasplante. Repetir cada 4-6 semanas, de acuerdo a la dosis y nivel de infección del inoculo.
Papa, Cebolla	1.0-2.0	Aplicar cada 7-14 días, de acuerdo a la dosis y nivel de infección del inoculo.
Citricos	1.0-2.0	Aplicar 4 veces al año, después de la brotación. Asegurar aplicación con abundante agua para mojar follaje completamente.
MAIZ	1.0-2.0	Aplicar cada 60 días hasta 4 veces por año
BANANO, Plátano	1.0-2.0	Asegurar aplicación con abundante agua para mojar follaje completamente

Fuente: AGRIPAC, 2024

Figura 7.

Producto experimental SUCROAL



Fuente: FERMAGRI, 2024

Figura 8.

Ficha técnica del producto experimental SUCROAL

**SULFATO DE CALCIO SUCROAL**  
30.9%CaO + 17.5 % S  
FERTILIZANTE EDÁFICO

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

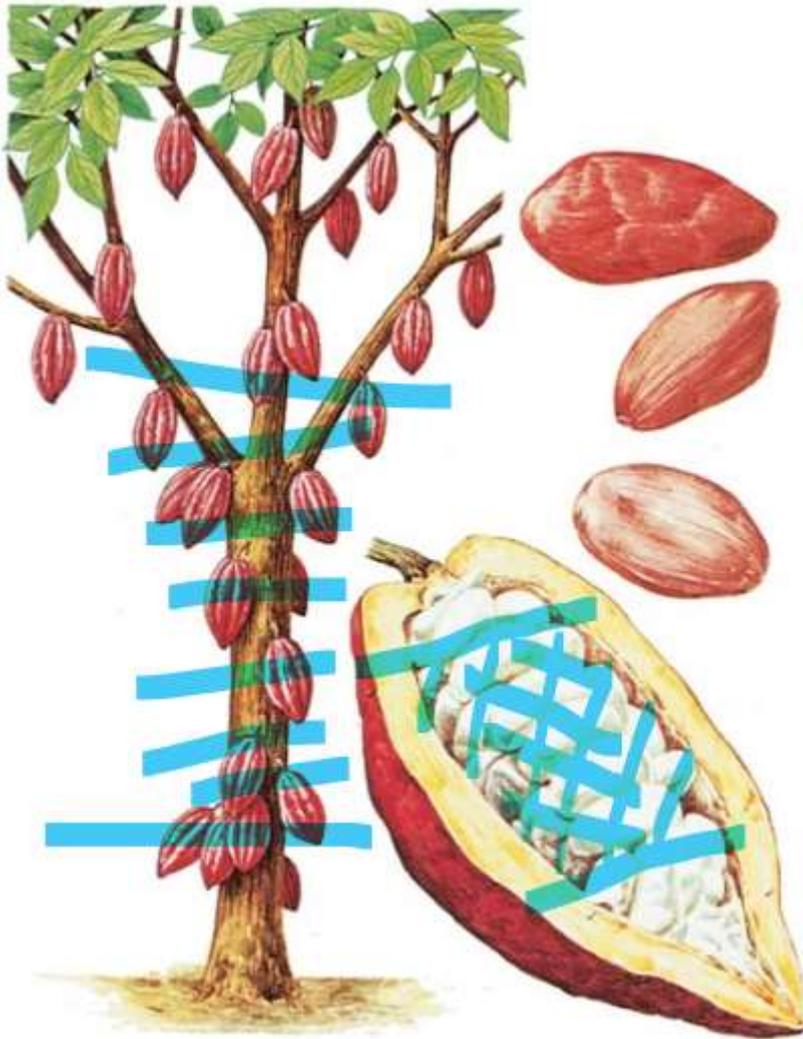
PARAMETRO	CONTENIDO
Formula Química	Ca(SO <sub>4</sub> ) 2H <sub>2</sub> O
Peso Molecular	172.16 g/mol
Concentración	95 % mín
Calcio Total (CaO)	30.9 % mín
Azufre (S)	17.5 % mín
pH (sol. 10%)	5.1
Apariencia	Polvo color blanco

- ✓ Es un fertilizante y enmienda tipo polvo blanco (malla 200) alto en calcio, que se obtiene de la purificación del ácido cítrico vía fermentación de azúcar (libre de sodio).
- ✓ Aporta calcio intercambiable y liga la materia orgánica a las arcillas, produciendo floculación y mejorando las características fisicoquímicas del suelo.
- ✓ Corrector de suelos sódicos y salino-sódicos, actúa a una profundidad mayor debido a que el calcio del sulfato es 200 veces más soluble que el de la cal.
- ✓ Su uso genera que los suelos se renueven gradualmente y no se degraden tan fácilmente en cultivos extensivos y no rotativos o por el mal uso de los fertilizantes químicos.

Fuente: FERMAGRI, 2024

**Figura 9.**

*Zona del árbol y mazorca de investigación*



Elaborado por: La Autora, 2024

Figura 10. Análisis de suelo

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR**  
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS  
Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab.suelos.esb@inap.gob.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO**  
**ACREDITADO POR EL SAE**  
N° OAE LE C 11-007

### INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

**DATOS DEL PROYECTO:**  
Nombre : MÓNICA CAROLINA ROMERO PAREDES  
Dirección : GOLA 17 DE SEPTIEMBRE  
Ciudad : MILAGRO  
Teléfono : 0939626236  
Fax : N/A

**DATOS DE LA PROPIEDAD:**  
Nombre : PUERTO LIMÓN  
Provincia : GUAYAS  
Cantón : SIMÓN BOLÍVAR  
Parroquia : SIMÓN BOLÍVAR  
Ubicación : RCTO. FUENTE NAUZA

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
Factura No. : 9985  
Fecha Análisis : 15/11/2023  
Fecha Muestreo : 12/11/2023  
Fecha Emisión : 15/11/2023  
Fecha Ingreso : 13/11/2023  
Condiciones Ambientales : T°C: 25.0 %H: 57.0 Cultivo Actual : CACAÓ

**N° Laborat.** : 78527  
**Identificación del Lote** : BLOQUE 1 (0-20CM)

**pH** : 6.3  
**LAC**

**ug/ml**

NH 4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	B	Cl
26 M	38 A	233 A	3133 A	362 A						

**Integración:**  
NH<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, S  
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl

• = Bajo  
• = Medio  
• = Alto

**Microbiología:**  
Coliformes  
Alcalinos  
Ácidos  
Turbididad  
Coliformes  
Volumen  
Petrocarbón

**Ensayos:**  
Otro  
Muestreo  
pH S  
Forkley de Ca  
Módulos  
Análisis  
Suav. agua (1,2,5)

**Niveles de Referencia Opcionales**

Muestra (ug/g)	Fe	Mn	B	Cl
NH + 20 - 40	120 - 240	30 - 40		
P	10 - 20	15 - 20	8 - 15	
K	10 - 100	20 - 70	0.5 - 1.0	
Ca	800 - 1800	10 - 45	17 - 34	

*[Firma]*  
**Responsable Técnico del Laboratorio**  
**Mgs. Diana Acosta J.**

Página 1 de 3

**N/A** = No entregado  
**<LC** = Menor al Límite de Cuantificación  
Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación otorgado al SAE.  
Las opciones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación otorgado al SAE.  
Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.  
Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente

**Tabla 11.**

*Análisis estadístico de la 1era observación de flores fructificadas.*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	7	7	9	23	8
T2:Oxido de calcio 3L	12	13	10	35	12
T3:Sulfato de calcio 100kg	5	7	9	21	7
T4:Sulfato de calcio 300kg	7	5	9	21	7
T5:Testigo convencional	8	8	5	21	7

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Prim observación de flores fructific	15	0.64	0.37	23.36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.53	6	8.42	2.37	0.1284
Tratamiento	49.6	4	12.4	3.49	0.0623
Repeticion	0.93	2	0.47	0.13	0.8787
Error	28.4	8	3.55		
Total	78.93	14			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.31478**

*Error: 3.5500 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2:Oxido de calcio 3L	11.67	3	1.09	A
T1:Oxido de calcio 1L	7.67	3	1.09	A
T5:Testigo convencional	7	3	1.09	A
T4:Sulfato de calcio 300kg..	7	3	1.09	A
T3:Sulfato de calcio 100kg..	7	3	1.09	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 12.**

*Análisis estadístico de la 2da observación de flores fructificadas.*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	8	8	11	27	9
T2:Oxido de calcio 3L	14	13	12	39	13
T3:Sulfato de calcio 100kg	6	8	11	25	8
T4:Sulfato de calcio 300kg	8	6	11	25	8
T5:Testigo convencional	9	7	6	22	7

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
seg observ de flores fructific (90 días)	15	0.69	0.46	20.91

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66.8	6	11.13	3.01	0.0762
Tratamiento	58.4	4	14.6	3.95	0.0468
Repeticion	8.4	2	4.2	1.14	0.3682
Error	29.6	8	3.7		
Total	96.4	14			

#### **Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.42590**

*Error: 3.7000 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T2:Oxido de calcio 3L	13	3	1.11	A	
T1:Oxido de calcio 1L	9	3	1.11	A	B
T4:Sulfato de calcio 300kg..	8.33	3	1.11	A	B
T3:Sulfato de calcio 100kg..	8.33	3	1.11	A	B
T5:Testigo convencional	7.33	3	1.11		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 13.***Análisis estadístico de la longitud de la mazorca (cm).*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	21	21	21	63	21
T2:Oxido de calcio 3L	24	23	23	70	23
T3:Sulfato de calcio 100kg	19	20	21	60	20
T4:Sulfato de calcio 300kg	23	21	21	65	22
T5:Testigo convencional	20	24	19	63	21

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LONGITUD	15	0.53	0.17	6.96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.87	6	3.31	1.49	0.2922
Tratamiento	18.27	4	4.57	2.06	0.1784
Repeticion	1.6	2	0.8	0.36	0.7078
Error	17.73	8	2.22		
Total	37.6	14			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.19973***Error: 2.2167 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2:Oxido de calcio 3L	23.33	3	0.86	A
T4:Sulfato de calcio 300kg..	21.67	3	0.86	A
T5:Testigo convencional	21	3	0.86	A
T1:Oxido de calcio 1L	21	3	0.86	A
T3:Sulfato de calcio 100kg..	20	3	0.86	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 14.***Análisis estadístico del diámetro de la mazorca (cm).*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	9	9	9	27	9
T2:Oxido de calcio 3L	10	10	9	29	10
T3:Sulfato de calcio 100kg	8	9	8	25	8
T4:Sulfato de calcio 300kg	9	9	9	27	9
T5:Testigo convencional	9	8	9	26	9

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO	15	0.62	0.34	5.41

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.07	6	0.51	2.19	0.1507
Tratamiento	2.93	4	0.73	3.14	0.0788
Repeticion	0.13	2	0.07	0.29	0.7588
Error	1.87	8	0.23		
Total	4.93	14			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.36257***Error: 0.2333 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2:Oxido de calcio 3L	9.67	3	0.28	A
T1:Oxido de calcio 1L	9	3	0.28	A
T4:Sulfato de calcio 300kg..	9	3	0.28	A
T5:Testigo convencional	8.67	3	0.28	A
T3:Sulfato de calcio 100kg..	8.33	3	0.28	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 15.***Análisis estadístico del número de granos por mazorca*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	42	40	41	123	41
T2:Oxido de calcio 3L	52	48	50	150	50
T3:Sulfato de calcio 100kg	47	39	43	129	43
T4:Sulfato de calcio 300kg	43	42	49	134	45
T5:Testigo convencional	48	39	44	131	44

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
No_GRANOS	15	0.81	0.67	5.46

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	200.53	6	33.42	5.66	0.0142
Tratamiento	136.4	4	34.1	5.78	0.0173
Repeticion	64.13	2	32.07	5.44	0.0323
Error	47.2	8	5.9		
Total	247.73	14			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.85168***Error: 5.9000 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T2:Oxido de calcio 3L	50	3	1.4	A	
T4:Sulfato de calcio 300kg..	44.67	3	1.4	A	B
T5:Testigo convencional	43.67	3	1.4	A	B
T3:Sulfato de calcio 100kg..	43	3	1.4		B
T1:Oxido de calcio 1L	41	3	1.4		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 16.***Análisis estadístico del rendimiento*

Tratamiento	Repetición			Sumatoria	Promedio
	R1	R2	R3		
T1:Oxido de calcio 1L	574.66	571.61	561.89	1708.16	569.39
T2:Oxido de calcio 3L	605.77	632.99	609.94	1848.70	616.23
T3:Sulfato de calcio 100kg	441.90	394.68	489.40	1325.98	441.99
T4:Sulfato de calcio 300kg	519.11	463.84	574.94	1557.90	519.30
T5:Testigo convencional	666.04	696.32	671.04	2033.41	677.80

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
REND(KG)_Ha	15	0.91	0.85	6.08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100035.49	6	16672.58	14.14	0.0007
Tratamiento	97763.09	4	24440.77	20.73	0.0003
Repeticion	2272.4	2	1136.2	0.96	0.4217
Error	9431.36	8	1178.92		
Total	109466.85	14			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=96.85300***Error: 1178.9196 gl: 8*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T5:Testigo convencional	677.8	3	19.82	A	
T2:Oxido de calcio 3L	616.24	3	19.82	A	B
T1:Oxido de calcio 1L	569.39	3	19.82		B C
T4:Sulfato de calcio 300kg..	519.3	3	19.82		C D
T3:Sulfato de calcio 100kg..	441.99	3	19.82		D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Elaborado por: La Autora, 2024**

**Tabla 17. Costo de producción del experimento**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicación año	Costo unitario \$	T1: Oxido de calcio 1L	T2: Oxido de calcio 3L	T3: Sulfato de calcio 100kg	T4: Sulfato de calcio 300kg	T5: Testigo convencional
<b>Mano de Obra</b>									
Fertilización Control	Jornal	2	3	12	72	72	72	72	86.4
fitosanitario	Jornal	2	2	12	48	48	48	48	57.6
Poda	Jornal	2	2	12	48	48	48	48	57.6
Cosecha y postcosecha	Jornal	2	3	12	72	72	72	72	86.4
<b>Insumos</b>									
Urea	kg	50	2	0.3	30	30	30	30	36
Superfosfato triple	kg	30	2	0.3	18	18	18	18	21.6
Muriato de potasio	kg	40	2	0.3	24	24	24	24	28.8
Abono foliar	lt	2	3	5	30	30	30	30	36
Paraquat	lt	2	2	6	24	24	24	24	28.8
Cipermetrina	lt	0.2	3	12	7.2	7.2	7.2	7.2	8.64
Oxido de cobre	kg	0.5	4	17	34	34	34	34	40.8
Oxido de calcio	lt	1	2	10	20	40	-	-	-
Sulfato de calcio	kg	50	2	0.25	-	-	50	100	-
<b>Gastos</b>									
<b>Imprevisto</b>									
Varios 10%	-	-	-	-	42.72	44.72	45.72	50.72	48.86
<b>Total</b>					<b>469.92</b>	<b>491.92</b>	<b>502.92</b>	<b>557.92</b>	<b>537.50</b>

Elaborado por: La Autora, 2024

**Figura 11.**

*Delimitando el área experimental con letreros*



**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Figura 12.**

*Productos experimentales utilizados*



**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Figura 13.**

*Colocación de producto experimental*



**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Figura 14.**

*Observación de mazorca a cosecha*



**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Figura 15.**

*Observación y cosecha de la mazorca para información*



**Elaborado por: La Autora, 2024**

**Figura 16.**

*Cosecha para el conteo de almendras*



**Elaborado por: La Autora, 2024**