



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ**

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO (*Theobroma cacao*
L.), EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

AUTORES:

Escobar Morales Ronny Ivan
Rivera Tipan Anderson Jair

TUTOR:

Ing. Pincay Ronquillo Wellington Jean M.Sc.

**LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2026**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Escobar Morales Ronny Ivan, con cédula de ciudadanía No. 0503679847, Rivera Tipan Anderson Jair, con cédula de ciudadanía No. 1251413876, declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”**, siendo el Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MS.c., Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad

La Maná, 06 de marzo de 2026



Ronny Ivan Escobar Morales
C.C: 0503679847



Anderson Jair Rivera Tipan
C.C: 1251413876

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”, de Escobar Morales Ronny Ivan y Rivera Típan Anderson Jair, de la carrera de Agronomía, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 05 marzo de 2026



Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MSc
C.C: 1206384586
TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Carrera de Agronomía; por cuanto, los postulantes: Escobar Morales Ronny Ivan y Rivera Tipan Anderson Jair, con el título del Proyecto de Investigación: “USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

La Maná, 09 marzo de 2026

Para constancia firman:



Ing. López Bósquez Jonathan Bismar MS.c
C.C: 1205419292
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Quinatoa Lozada Eduardo Fabián MS.c
C.C: 1804011839
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Salazar Saltos Atex Enrique MS.c
C.C: 1803595584
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por concederme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este trabajo de investigación.

Agradezco de manera especial a la Universidad, por brindarme la formación académica y los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

Mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis el Ing. Wellington Pincay Ronquillo, por su orientación, paciencia y valiosos aportes científicos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de la presente investigación.

A los docentes, quienes a lo largo de mi formación universitaria contribuyeron con sus enseñanzas y experiencia académica.

Ronny

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para perseverar a lo largo de este proceso académico.

A mis padres Raúl y Dalia por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio, quienes han sido un pilar fundamental y mi mayor motivación para seguir adelante y alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis hermanos Cristhian y Robin, por sus constantes palabras de aliento y la confianza depositada en mí durante cada etapa de mi formación profesional.

Ronny

AGRADECIMIENTO

La culminación de esta investigación representa el resultado de esfuerzo, dedicación y constancia, pero sobre todo de la bendición de Dios, quien ha sido mi guía permanente, otorgándome salud, sabiduría y fortaleza para superar cada desafío presentado durante este proceso académico.

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad, institución que contribuyó de manera decisiva en mi formación integral, brindándome conocimientos científicos, valores éticos y herramientas profesionales que han fortalecido mi desarrollo personal y académico.

Manifiesto un especial reconocimiento al Ing. Wellington Pincay Ronquillo, tutor de la presente investigación, por su orientación técnica, rigurosidad científica, paciencia y compromiso, cualidades que fueron determinantes para el logro de los objetivos planteados y la culminación exitosa de este trabajo.

A los docentes de la carrera, quienes a lo largo de mi formación universitaria compartieron sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, contribuyendo significativamente a mi crecimiento intelectual y profesional.

Anderson

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre, María Tipan, por su amor incondicional, sacrificio y acompañamiento constante, quien ha sido mi principal fortaleza y motivación para culminar esta etapa de mi vida académica.

De manera especial, dedico este logro a mis abuelos, María Masapanta y Adán Tipan, por sus enseñanzas, consejos y valores inculcados, los cuales han sido fundamentales en mi formación personal y profesional.

Anderson

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

**TÍTULO: “USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO (*Theobroma cacao L.*),
EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”**

Autores:

Escobar Morales Ronny Ivan
Rivera Tipan Anderson Jair

RESUMEN

La investigación fue desarrollada en el campo experimental Sacha Wiwa, ubicado en la parroquia Guasaganda, del cantón La Maná. El trabajo de campo fue llevado a cabo en un lote experimental con tres clones de cacao tipo nacional con más de veinte años de edad. La investigación tuvo como objetivo Determinar el uso eficiente de macronutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*), se estableció un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial de A×B (3×5), conformando 15 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, sumando así 60 unidades experimentales. Los resultados obtenidos evidenciaron que la producción de mazorcas, la incidencia de enfermedades y su rendimiento está influenciada por el clon empleado, siendo el clon CCN-51 el que destacó al presentar una mayor producción de mazorcas, total y en la incidencia de enfermedades, sin embargo, en los clones EET-48 y EET-62 con la aplicación de diferentes niveles de fertilización no presentaron resultados significativos. En el caso de la eficiencia agronómica el clon CCN-51 fue el que presentó mayor eficiencia con magnesio a una dosis muy baja obteniendo un valor de 41,9 kg de grano seco * kg Mg aplicado. El análisis económico mostró que el clon CCN-51 a una dosis baja obtuvo una rentabilidad del 499%, mientras que el resto de clones resultaron ser económicamente no rentables.

Palabras claves: Dosis, eficiencia, fertilizantes, producción

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
EXTENSION LA MANA

TITLE: “EFFICIENT USE OF NUTRIENTS IN CACAO (*Theobroma cacao L.*), IN THE GUASAGANDA PARISH”

Authors:

Escobar Morales Ronny Ivan
Rivera Tipan Anderson Jair

ABSTRACT

The research was conducted at the Sacha Wiwa experimental field, located in the Guasaganda parish of the La Maná canton. Fieldwork was carried out in an experimental plot with three national-type cacao clones over twenty years old. The research aimed to determine the efficient use of macronutrients in cacao (*Theobroma cacao L.*). A Randomized Complete Block Design with a 3×5 factorial arrangement was established, comprising 15 treatments, each with four replications, for a total of 60 experimental units. The results showed that pod production, disease incidence, and yield are influenced by the clone used. Clone CCN-51 stood out, exhibiting higher pod production, total yield, and lower disease incidence. However, clones EET-48 and EET-62 did not show significant results with different fertilization levels. In terms of agronomic efficiency, clone CCN-51 showed the highest efficiency with magnesium at a very low dose, achieving a value of 41.9 kg of dry grain per kg of Mg applied. The economic analysis showed that clone CCN-51 at a low dose achieved a 499% return on investment, while the other clones proved to be economically unviable.

Keywords: Dosage, efficiency, fertilizers, production

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1.1. Objetivo General.....	6
6.1.2. Objetivos Específicos	6
7. ACTIVIDADES Y TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Generalidades el cultivo	8
8.2. Importancia del cultivo mundial y local.....	9
8.3. Características botánicas y morfológicas del cacao	10
8.3.1. Hojas.....	10
8.3.2. Flores	11

8.3.3. Frutos	11
8.3.4. Semillas	11
8.4. Clones de cacao	12
8.4.1. Clon de cacao EET-48.....	12
8.4.2. Clon de cacao EET-62.....	12
8.4.3. Clon de cacao CCN-51	12
8.5. Macronutrientes primarios.....	13
8.5.1.1. Nitrógeno (NH ₄ ⁺).....	13
8.5.1.1.1. Importancia del nitrógeno para las plantas de cacao	14
8.5.1.1.2. Síntomas de deficiencia del nitrógeno.....	14
8.5.1.2. Fósforo.....	14
8.5.1.2.1. Importancia del fósforo para plantas de cacao	14
8.5.1.2.2. Síntomas de deficiencia del fósforo.....	15
8.5.1.3. Potasio (K ⁺)	15
8.5.1.3.1. Importancia del potasio para las plantas de cacao.....	15
8.5.1.3.2. Síntomas de deficiencia de Potasio	15
8.5.2. Macronutrientes secundarios	16
8.5.2.1. Azufre	16
8.5.2.1.1. Importancia del azufre para las plantas de cacao	16
8.5.2.1.2. Síntomas de deficiencia de Azufre (S)	16
8.5.2.2. Magnesio (Mg ²⁺)	17
8.5.2.2.1. Importancia del magnesio para las plantas de cacao	17
8.5.2.2.2. Síntomas de deficiencia de Magnesio (Mg)	17
8.5.2.3. Calcio (Ca ²⁺).....	17
8.5.2.3.1. Síntomas de deficiencia de calcio (Ca).....	18
8.6. Dinámica del suelo – planta- nutrientes	18
8.7. Requerimientos nutricionales del cacao	19

8.8. Efectos de los nutrientes en el rendimiento de cacao	20
8.9. Eficiencia en el uso de nutrientes	21
8.10. Factores que afectan a la eficiencia de uso de los nutrientes.....	22
8.10.1. Interacción suelo-fertilizante-planta	22
8.11. Factores que determinan el rendimiento del cacao.....	23
8.12. Antecedentes de investigaciones	23
9. HIPÓTESIS	24
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
10.1. Ubicación de la zona de estudio	25
10.2. Tipos de investigación.....	25
10.2.1. Experimental.....	25
10.2.2. Descriptiva.....	25
10.2.3. Observacional	25
10.3. Insumos y materiales	26
10.4. Factores en estudio	26
10.5. Tratamientos en estudio.....	27
10.6. Diseño experimental	27
10.7. Análisis de varianza.....	27
10.8. Manejo del ensayo	28
10.8.1. Poda en el cacao	28
10.8.2. Eliminación de musgos.....	28
10.8.3. Fertilización	28
10.9. Variables evaluadas	29
10.9.1. Producción de mazorcas	29
10.9.2. Incidencia de enfermedades	30
10.9.3. Peso grano fresco por mazorca (kg)	30
10.9.4. Rendimientos (kg/ha)	30

10.9.5. Eficiencia agronómica	31
10.9.6. Niveles de clorofila.....	31
10.9.7. pH.....	32
10.9.8. Análisis económico.....	32
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
11.1. Producción de Mazorcas.....	35
11.1.1. Efecto simple producción de mazorcas	36
11.2. Interacción de la incidencia de enfermedades	37
11.2.1. Efecto simple en la incidencia de enfermedades	38
11.3. Interacción del peso granos frescos por mazorca	38
11.3.1. Efecto simple sobre el peso granos frescos por mazorca (g).....	39
11.4. Rendimiento (kg/ha ⁻¹).....	40
11.4.1. Efectos simples sobre el rendimiento (Kg/ha ⁻¹)	41
11.5. Eficiencia agronómica de nitrógeno	42
11.5.1. Eficiencia agronómica del fósforo.....	43
11.5.2. Eficiencia agronómica de potasio.....	44
11.5.3. Eficiencia agronómica del magnesio	45
11.5.4. Eficiencia agronómica del Azufre	45
11.6. Niveles de clorofila.....	46
11.6.1. Efecto simple de los niveles de clorofila	47
11.7. pH del suelo	48
11.7.1. Efectos simples sobre el pH.....	49
11.8. Análisis económico	50
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)	51
13. PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN	52
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
15. BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y tareas relacionadas con los objetivos	7
Tabla 2. Insumos y materiales	26
Tabla 3. Descripción de los tratamientos en estudio	27
Tabla 4. Esquema de análisis de varianza	27
Tabla 5. Recomendación de necesidades nutricionales del cultivo de cacao.....	29
Tabla 6. Plan de fertilización de la investigación.....	29
Tabla 7. Producción de mazorcas en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	35
Tabla 8. Efecto simple producción de mazorcas en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	36
Tabla 9. Incidencia de enfermedades en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda	37
Tabla 10. Efecto simple en la incidencia de enfermedades en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.	38
Tabla 11. Peso grano fresco por mazorca (g) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	39
Tabla 12. Efecto simple sobre el peso fresco por mazorca (g) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	40
Tabla 13. Rendimiento (kg/ha^{-1}) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	41
Tabla 14. Efectos simples sobre el rendimiento (Kg/ha^{-1}) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda	42
Tabla 15. Niveles de clorofila en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda	47
Tabla 16. Efecto simple de los niveles de clorofila en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	48
Tabla 17. pH de suelo uso eficiente de nutrientes en cacao en Guasaganda.....	49
Tabla 18. Efecto simple sobre el pH en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda	49
Tabla 19. Análisis económico de los tratamientos en estudio en tres clones de cacao tipo nacional con dosis de fertilización mineral.	50
Tabla 20. Presupuesto de investigación en estudio en tres clones de cacao tipo nacional con dosis de fertilización mineral.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Eficiencia agronómica del nitrógeno en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	43
Gráfico 2. Eficiencia agronómica del fosforo en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	43
Gráfico 3. Eficiencia agronómica del potasio en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	44
Gráfico 4. Eficiencia agronómica del magnesio en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	45
Gráfico 5. Eficiencia agronómica del azufre en el uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Parroquia Guasaganda.....	46

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:	Uso eficiente de nutrientes en cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la parroquia Guasaganda
Fecha de inicio:	Octubre 2025
Fecha de finalización:	Marzo 2026
Lugar de ejecución:	Centro Experimental “Sacha Wiwa” Guasaganda, La Maná, Cotopaxi, Ecuador.
Facultad que auspicia:	Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
Carrera de auspicia:	Agronomía
Proyecto de investigación vinculado:	Gestión Administrativa, Financiera y Técnica del sector agrícola de La Maná
Equipo de trabajo:	Ronny Ivan Escobar Morales Anderson Jair Rivera Tipan Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo M.Sc.
Área de conocimiento:	Agricultura, silvicultura y pesca
Línea de investigación:	Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) es de gran importancia socioeconómica para el Caribe y América Latina, siendo una fuente de ingreso para millones de personas (Sánchez *et al.*, 2019). El cultivo de cacao tiene una importante relevancia social, ambiental y económica, siendo un cultivo indispensable en los sistemas de producción de muchos agricultores en diferentes regiones, es decir, que su rol es primordial para el sustento y para el progreso local (Guerrero, 2019). El cacao es considerado como un producto de gran valor en la gastronomía global, debido a que las almendras de cacao tienen un alto valor alimenticio (Amay, 2023).

Gran parte de productores se los encuentra en Ghana y Costa de Marfil en África, conjuntamente llegan a producir alrededor del 70% de la producción mundial, en el caso de Ecuador, conocido por tener cacao de alta calidad, convirtiendo al producto en uno de los más importante dentro de las exportaciones (Valencia, 2024).

El cultivo de cacao la nutrición es muy importante para que el cultivo pueda desarrollarse de una mejor manera, con ello se puede alcanzar buenos niveles de producción, estos valores dependerán de gran parte de la edad que tengan y sobre todo de la variedad que se quiera sembrar, los nutrientes son indispensables para que las plantas de cacao puedan alcanzar un buen rendimiento, el cacao necesitan alrededor de 17 elementos los cuales son muy importantes para un desarrollo durante el crecimiento y producción (Valenzuela, 2021).

Una adecuada nutrición es esencial para el cacao (*Theobroma cacao L.*), permitiendo un óptimo desarrollo fisiológico y un buen crecimiento de las plantas, lo que conlleva a mayores rendimientos, sin embargo, las fertilizaciones deben ser sustentadas por análisis de suelo, para suministrar lo que el cultivo requiera, los beneficios de una buena fertilización aseguran la rentabilidad y mayor cantidad de mazorcas por árbol (Sánchez *et al.*, 2016).

Por otro lado, Snoeck y Dubos (2018), resaltan que es importante diseñar programas de fertilización basados en análisis físico químicas del suelo, los resultados de los análisis permitirán detectar y corregir deficiencias que puede tener el cultivo. La Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná mediante su proyecto de investigación generativa Gestión, administrativa, financiera y técnica del sector agrícola del cantón La Maná, en cumplimiento del objetivo 4 “asesorar los procesos productivos de los principales rubros agrícolas para el incremento de la productividad” planteó ensayos nutricionales en cacao, con la finalidad de

aportar fortalecimiento técnico y productivo del sector agrícola de la zona, razón por la cual nace el presente propuesta de investigación.

En este contexto, la presente investigación planeó el estudio eficiente de los nutrientes en cacao, por ello, se realizó el proyecto en la Parroquia Guasaganda, provincia de Cotopaxi, la cual consistió en un ensayo de campo implementando un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con un arreglo factorial (A*B) con 15 tratamientos y 4 repeticiones, a fin de evaluar el comportamiento agronómico y la producción de cacao bajo diferentes niveles de fertilización.

3.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es un cultivo que posee una gran importancia económica a nivel mundial, las regiones tropicales y subtropicales son las zonas donde se encuentran gran parte de la producción de cacao, África Occidental es el líder de producción en todo el mundo, siendo el cultivo de cacao clave para diferentes países, por sus ingresos económicos tanto para pequeños y medianos productores (Kongor *et al.*, 2024).

A nivel nacional el cacao ha sido fuente de trabajo de miles de familias, mismas que cuentan con esta actividad como único apoyo de ingresos económicos (Córdova *et al.*, 2021). Sin embargo, uno de los problemas que enfrenta este cultivo es la mala administración nutricional, generado una gran cantidad de desórdenes nutricionales, impidiendo el crecimiento óptimo y reduciendo la producción de las mazorcas, lo que ha ocasionado que las plantas entren en condiciones de estrés (Rodríguez, 2024). La producción de cacao sigue siendo escasa a pesar de las condiciones favorables que tiene el país, esto se da principalmente el mal manejo de macronutrientes NPK, ya que, muchos de los productores no cuentan con un debido asesoramiento técnico, lo que ha provocado diferencias y excesos que no benefician al crecimiento, desarrollo y calidad del grano (Cuenca, 2019).

La nutrición del cultivo de cacao es fundamental con el fin de asegurar la supervivencia del árbol y alcanzar sus máximos rendimientos productivos, ya que, al no tener una fertilización adecuada conduce a una disminución de la producción, logrando que la planta se vuelva más susceptible a las enfermedades, por lo que, un suministro balanceado de macronutrientes NPK es crucial para obtener un buen llenado de mazorcas, es decir, con un buen plan de fertilización impacta directamente en la calidad del grano y el peso (Ahenkorah y Akrofi, 2015).

Esta investigación está sujeta al proyecto de investigación generativa, Gestión, administrativa, financiera y técnica en el sector agrícola del cantón La Maná, cuyo objetivo es “Asesorar los procesos productivos de los principales rubros agrícola para el incremento de la productividad”, por ende, esta investigación aporta conocimientos sobre el uso correcto de los nutrientes en cacao, además, este proyecto tiene un gran impacto económico y social mismos que busca una mejor eficiencia productiva y un mejor manejo sostenible.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Una vez finalizada la investigación los beneficiarios directos son los productores de la parroquia Guasaganda, ya que, con este proyecto tendrán mejores conocimientos sobre el manejo de los nutrientes en el cultivo de cacao (*Theobroma caca L.*), logrando un mejor manejo sostenible y una economía progresiva.

4.2. Beneficiarios indirectos

Con esta investigación los beneficiarios indirectos son los estudiantes de la carrera de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, otras instituciones de educación superior y personas que están vinculados al cultivo de cacao, mediante la investigación permitirá obtener conocimientos y experiencias sobre el adecuado manejo de nutrientes en el cultivo de cacao, además, con esto se busca que los productores de cacao implementen un manejo agrícola sostenible para alcanzar altos rendimientos.

5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El mal manejo de nutrientes en todo el mundo representa un reto crítico en el cual está la degradación ambiental, la sostenibilidad de los cultivos y seguridad alimentaria, el problema se da por la deficiencia y por el exceso de los nutrientes en diferentes sistemas productivos, siendo la más grave la aplicación de fertilizantes de una manera excesiva, donde solo una porción es absorbida por el cultivo, el resto se pierde en el ambiente (González, 2015).

El uso eficiente de los nutrientes para el cultivo de cacao se ha transformado en un tema de importancia en todo el mundo, siendo este el principal motor para obtener una alta productividad, el cultivo de cacao es esencial para millones de pequeños productores en África, Asia y América Latina (Puentes *et al.*, 2014, p. 145-152). El uso inadecuado de fertilizantes ya sea por exceso, deficiencia o por desequilibrio al aplicar afecta de manera negativa a la productividad y calidad de las mazorcas de cacao, elementos como el fósforo, potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, boro y zinc cumplen funciones indispensables en las diferentes etapas productivas y vegetativas (Marschner, 2012).

Esta situación, ha ocasionado que gran parte de lotes exportados en mercados internacionales sean rechazados, afectando de manera directa a la economía de los productores (Chávez *et al.*, 2015). Siendo necesario la implementación de estrategias de manejo nutricional, mismas que deben ser adaptadas a las diferentes condiciones locales y al material genético que se está utilizando, para evitar que la microfauna y la biodiversidad microbiana se vea afectada (Cuenca, 2019).

En este contexto, la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, destacada por la presencia del cultivo de cacao, gracias a su clima favorable y sus suelos adecuados, sin embargo, persisten situaciones como el desconocimientos sobre el manejo correcto del cultivo y especialmente de los nutrientes, lo que ha llevado al mal uso de fertilizantes, en donde, la mayoría de productores no consideran los requerimientos nutricionales de cultivo en la fertilización de los clones cultivados en la zona, lo que ha generado declives en los rendimientos y en la sostenibilidad del cultivo.

6. OBJETIVOS

6.1.1. Objetivo General

- Determinar el uso eficiente de macronutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la parroquia Guasaganda.

6.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la eficiencia del uso de macronutriente en tres clones de cacao.
- Evaluar la influencia de los tratamientos de fertilización en la incidencia de enfermedades en tres clones de cacao.
- Cuantificar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilización sobre la producción de cacao en los tres clones.
- Estimar el retorno económico de los distintos tratamientos de fertilización en los tres clones de cacao.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y tareas relacionadas con los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES PRINCIPALES	RESULTADOS ESPERADOS	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Determinar la eficiencia del uso de macronutriente en tres clones de cacao.	*Establecimiento de las parcelas experimentales. *Aplicación de los tratamientos de fertilización. *Monitoreo del desarrollo vegetativo y productivo.	*Determinación del peso fresco promedio de las almendras por tratamiento. *Toma de variables como pH y Clorofila * Obtención del peso promedio de 100 almendras para evaluar la eficiencia nutricional.	*Registros en el libro de campo. *Pesaje de almendras con balanza de precisión. *Análisis y tabulación de datos en hojas de cálculo (Excel).
Evaluar la influencia de los tratamientos de fertilización en la incidencia de enfermedades en tres clones de cacao.	*Manejo fitosanitario controlado. *Registro de la incidencia y severidad de enfermedades. *Clasificación de mazorcas sanas y afectadas por tratamiento.	*Cuantificación del porcentaje de mazorcas enfermas y sanas. *Identificación del efecto de la fertilización sobre la sanidad del cultivo.	*Registros fotográficos de campo. *Tabulación de datos en hojas de cálculo (Excel).
Cuantificar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilización sobre la producción de cacao en los tres clones.	*Aplicación de los tratamientos de fertilización. *Registro de variables de rendimiento (número de mazorcas, peso de 100 almendras, producción total por planta).	*Determinación de la fertilización más efectiva en la productividad de los clones. *Base de datos con valores correlacionados de nutrientes y rendimiento.	*Registros fotográficos de campo. *Tabulación de datos en hojas de cálculo (Excel).
Estimar el retorno económico de los distintos tratamientos de fertilización en los tres clones de cacao.	*Registro de costos de cada tratamiento *Análisis de costo-beneficio. -*Comparación de la rentabilidad económica entre tratamientos.	*Determinación del costo total y beneficio neto por tratamiento.	*Registros contables. *Hojas de cálculo de costos y beneficios.

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Generalidades el cultivo

El cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene su origen en los bosques húmedos tropicales de la cuenca del Amazonas, especialmente en el Alto Amazonas, evidencias científicas centradas en análisis genéticos, han demostrado que el Amazonas es el centro de la gran parte de diversidad genética esta especie, lo que apunta a este lugar como su centro de origen, estudios realizados han demostrado que la población de cacao silvestre que habitan en el Amazonas presentan mayor variabilidad genética, siendo el lugar de donde salen la diversa cantidad de variedades que existen en la actualidad (Loor *et al.*, 2012).

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) fue dispersado naturalmente y con ayuda humana, extendiéndose hacia zonas tropicales de Sudamérica, incluida la cuenca del Orinoco, esta región es conocida como un área de dispersión secundaria, donde pudo originarse una variedad híbrida como el cacao Trinitario, la familia del cacao incluye a varios parientes silvestres que también se encuentran en la Amazonía y el Orinoco, lo que hace que en estas zonas sean un lugar de diversidad genética crucial para mejorar al cultivo frente a amenazas como el cambio climático (Chimborazo, 2015).

Ecuador destaca en el mercado global de cacao, siendo el principal exportador mundial de cacao fino de aroma, el país contribuye cerca del 62% de la oferta en todo el mundo, la calidad de cacao se caracteriza por sus genéticas únicas del Cacao Nacional, el mismo que es reconocido por su sabor floral y frutal ideal para la industria chocolatera gourmet, además, En El País también se produce el clon de alto rendimiento como es el CCN-51, el país cuenta con una ventaja crucial el cual permite acceder a mercados internacionales que son exigentes en la calidad de la almendra (Rojas, 2017).

El cacao es uno de los principales rubros de exportación no petrolera del país, beneficiando al actual del desarrollo económico a nivel nacional, las exportaciones de cacao y sus derivados han formado una gran parte de los ingresos significativos, en todo el mundo se ha generado una gran cantidad de empleos lo que ha beneficiado a más de 600 mil personas, en su gran mayoría son los pequeños productores los que dependen de esta actividad para su sustento económico, el cultivo de cacao ha fomentado elevadas oportunidades de generar ingresos en el país asegurando así un óptimo desarrollo en zonas rurales (Mendoza *et al.*, 2021).

8.2. Importancia del cultivo mundial y local

El cacao tiene un valor global polifacético que va más allá de su función como materia prima para el chocolate, es un motor esencial para familias en los países desarrollados desde el punto de vista financiero, ya que, produce ingresos y divisas mediante la exportación de granos y productos derivados, abarcando más de 100 mercados globales. Asimismo, el sector tiene relevancia desde un punto de vista social, ya que ofrece trabajo significativo y cuenta con una notable participación femenina en la fuerza laboral, además de fomentar el progreso en áreas rurales. El aumento constante en el valor de sus exportaciones se ve impulsado por la demanda internacional, particularmente en los mercados de chocolate ecológico y premium. Sin embargo, su producción se enfrenta a retos como la fluctuación de precios y el aumento del cambio climático en su cultivo (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2024).

El cacao es el motor fundamental para la economía del país dentro del sector primario, aportando de gran manera al Producto Interno Bruto (PIB), el cacao es la segunda actividad del sector primario que genera más recursos después del rubro petrolero, la producción de cacao es crucial para el aumento del PIB a nivel nacional, la producción de derivados del cultivo de cacao como la manteca y el chocolate han aumentado su valor, este aporte está reflejado en cifras del PIB total, que sitúan a las exportaciones del cultivo en lo más alto (Alcívar *et al.*, 2021).

En sector cacaotero se ha convertido en un rubro importante para el ingreso de divisas, lo que confirma su importancia en el comercio internacional, Ecuador, es conocido a nivel mundial por tener variedades que presentan una alta calidad, como el cacao fino de aroma, esto hace que tenga una gran ventaja competitiva y con ello una alta demanda en mercados internacionales, con esto se estima que miles de familias dependen de la cadena cacaotera, lo que se ve reflejado en la población económicamente activa, lo que contribuye a la estabilidad económica de las comunidades rurales (Acebo y Rodríguez, 2016).

Ecuador se destaca en todo el mundo por producir el cacao fino de aroma, principalmente en las zonas bajas de la Costa y Amazonía, sin embargo, con el fin de aumentar la productividad se ha modificado el cultivo de variedad Forastero, entre ellos el CCN-51, este tipo de cacao ha demostrado una excelente adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas, además, tiene una mayor resistencia a las enfermedades como la Moniliasis y la Escoba de bruja, logrando un

equilibrio entre la calidad del grano y su eficiencia en volumen (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2022).

La gran adaptación de las diferentes variedades a las condiciones climáticas, ha hecho que sea un enfoque clave en la investigación cacaotera del país, donde, estudios han evidenciado lo que ha generado un incremento de las temperaturas y variación en las precipitaciones, estos factores impactan la distribución del cultivo, lo que puede llevar a la reducción de las áreas aptas para que se de este cultivo, sin embargo, clones como el CCN-51 y otros materiales mejorados han demostrado presentar una mejor conducta productiva y una mejor condición fitosanitaria frente a las altas precipitaciones, logrando una sostenibilidad en la producción de cacao ante las variaciones climáticas (Plasencia *et al.*, 2022).

En la provincia de Cotopaxi, cantón La Maná, parroquia Guasaganda, el cacao es fundamental para la economía, para la parroquia es indispensable la actividad cacaotera, en el centro experimental Sacha Wiwa el cultivo de cacao ha tenido diversas investigaciones, mismas que se centran en el fortalecimiento de la cadena de valor, buscando una mejor rentabilidad para los pequeños productores.

8.3. Características botánicas y morfológicas del cacao

El cacao perteneciente a la familia Malvácea, esta es una especie perenne, este cultivo es nativo de los bosques tropicales amazónicos, en plantaciones manejadas pueden llegar alcanzar una altura de 4 a 8 metros, este árbol presenta un tronco con una corteza delgada, su raíz es pivotante profunda, tiene un crecimiento característico por el desarrollo de las ramas laterales, formando una estructura de copa conocida como molinillo, este cultivo se caracteriza por ser cauliflora, es decir, presenta pequeñas flores que surgen directamente del tronco y ramas, dando así el origen a la mazorca (Sacoto *et al.*, 2022).

8.3.1. Hojas

Las hojas del cacao son simples, enteras y caracterizan por presentar un tamaño considerable, obteniendo longitudes que van de 17 a 48 cm y su ancho de 7 a 14 cm, sus hojas son alternas, ligeramente asimétricas, pueden presentar un color verde oscuro en el haz y en el envés con un tono más pálido, tiene una textura con una ligera vellosidad, su disposición es típica y estas se forman en fases de despliegue, la forma foliar característica del cacao depende del hábitat natural donde se encuentre (Dostert *et al.*, 2017).

La fisiología foliar del cultivo de cacao es sensible a los factores ambientales, especialmente al déficit hídrico y las altas radiaciones solares, cuando la planta está perdiendo agua inician con el cierre estomático con el fin de mitigar la transpiración, lo que hace que reduzca de manera inevitable la tasa de fotosíntesis, además, es una planta muy sensible a los fuertes vientos que pueden provocar defoliación (García y Moreno, 2016).

8.3.2. Flores

El cacao es una especie cauliflora, es decir que sus flores están formadas directamente sobre el tronco y las ramas, llamados cojinetes florales, la flor del cacao es hermafrodita, pequeña que puede llegar a medir de 1 a 2 cm de diámetro, su estructura es pentámera y sostenida por un pedicelo (Pineda, 2016). Posee cinco pétalos y cinco sépalos los cuales forman una cavidad, su morfología floral con sus piezas complejas y la poca viscosidad de los granos de polen, la ausencia del néctar hace que la polinización sea limitada por el viento, por esta razón, el cultivo de cacao es dependiente de polinizadores, siendo esto un factor clave para lograr tener éxitos en la producción (Vera, 2014).

8.3.3. Frutos

El fruto del cacao es fundamental para lograr el mejoramiento genético del cultivo, permitiendo la identificación de clones e individuos que posean características deseables para lograr una alta productividad, una mejor resistencia a las diferentes enfermedades y sobre todo a mejorar las cualidades organolépticas, el fruto es una baya o también conocida como mazorca, posee una superficie rugosa, con diez surcos marcados, su color varía de rojo o verde a amarillo lo cual indica una madurez intermedia, según el genotipo que se esté utilizando, la mazorca se divide en cinco celdas y contiene aproximadamente de 20 a 40 semillas, mismas que son conocidas como almendras o granos, para distinguir las variedades se toma encuentra indicadores cruciales como la variabilidad en la forma, el peso, el contenido de antocianinas (Sacoto *et al.*, 2022).

8.3.4. Semillas

Las semillas son conocidas como almendras o granos, las semillas se encuentran en el interior de las mazorcas, envueltas en una pulpa de color blanco a rosado, su número por mazorca varía de entre 20 a 60 semillas, las semillas están cubiertas por una cascara delgada, la cual es fácil

de retirar una vez hecha la fermentación y secado, el color de los cotiledones es importantes para poder realizar una clasificación exitosa del tipo de cacao (Sosa, 2022).

8.4. Clones de cacao

8.4.1. Clon de cacao EET-48

El clon EET-48 tiene su origen en la provincia de El Oro, es conocido como Santa Rosa 34, mismo que destaca por ser una planta vigorosa del tipo genético Nacional, sus características de cacao fino de aroma son bajos en comparación a otros clones, sus rendimientos oscilan entre 1000 y 1242 kg/ha de cacao seco, calificando a este clon de alta productividad, en lo que respecta a la sanidad este clon muestra ser tolerante a la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y estudios realizados han demostrado que puede presentar menor números de escoba de brujas (*Moniliophthora perniciosa*), en comparación a otros clones, la calidad de la almendra es apreciada por su sabor frutal, los granos presentan un porcentaje de grasa de alrededor del 51%, este clon es adaptable a las diferentes zonas del país de entre 400 a 700 m.s.n.m (Amores *et al.*, 2020).

8.4.2. Clon de cacao EET-62

En el caso del clon EET-62 Porvenir 7 de origen Trinitario es procedente de Vinces – Los Ríos, este clon se destaca en Ecuador debido a su potencial sanitario y productivo, presenta una arquitectura semi erecta, es un clon de gran importancia en la región del Litoral, este es un clon que ha presentado menor número de mazorcas enfermas ocasionados por (*Moniliophthora roreri*), lo que demuestra que este cultivo es tolerante a la enfermedad, en el caso de ser afectado por la enfermedad estudios han demostrado que solo dos frutos son afectados por la moniliasis, en lo que respecta a las características morfológicas su péndulo floral presenta pigmentos más largos que otros clones, su floración es similar a la del clon EET-48, sin embargo, la combinación de resistencia a enfermedades y un buen nivel productivo lo posiciona como un material de gran valor para la conservación y programas de mejoramiento genético (Escobar, 2008).

8.4.3. Clon de cacao CCN-51

El clon de cacao CCN-51 es originario de Naranjal provincia del Guayas, tiene una arquitectura erecta, se destaca por su alta productividad y precocidad, puede iniciar su producción a los 24 meses y alcanzar rendimientos superiores a 50 qq/ha cuando se lo maneja de manera

tecnificada, esta variedad presenta un crecimiento compacto y una baja altura, esto ayuda a la reducción de costos de labores de manejo, como la poda y la cosecha, en lo que respecta a lo sanitario el CCN-51 es notablemente tolerante a la escoba de bruja y enfermedades fúngicas, las cuales son las que más afectan al cacao, aunque es sensible a la Moniliasis, por lo que requiere un manejo fitosanitario riguroso, este clon tiene un alto índice de mazorca, aproximadamente 13 mazorcas son necesarias para obtener un kilogramo de cacao seco, lo que se ve reflejado su superioridad productiva en comparación a otros genotipos, además, este clon logra alcanzar altos rendimientos incluso cuando el cultivo presenta una baja fertilidad de los suelos (Briones, 2018).

8.5. Macronutrientes primarios

El nitrógeno, potasio, calcio, azufre y magnesio son los macronutrientes más importantes para la planta de cacao, porque ayuda al crecimiento y para una buena producción, el Potasio (K) destaca como el nutriente más extraído por las mazorcas, siendo el más importante para el transporte de azúcares desde las hojas hasta los frutos, lo que significa que mejora el llenado y la calidad del grano, en lo que respecta al Nitrógeno (N) es fundamental para la síntesis de proteínas y un buen desarrollo vegetativo, el Fósforo (P) es indispensable para la transferencia de energía y para el desarrollo de las raíces, mientras que el Magnesio (Mg) es un componente ideal para la clorofila, esencial para la fotosíntesis, por tanto, una fertilización ya sea incompleta o desbalanceada, en el caso de la omisión de macronutrientes reduce de una manera significativa la producción del cultivo de cacao (Solano y Vizúete , 2024).

8.5.1.1. Nitrógeno (NH₄⁺)

La planta requiere de un elemento esencial para su crecimiento, el nitrógeno se encuentra en el suelo como nitrato o amonio, cuando es absorbido por la planta se combina con otros componentes que son producidos por los metabolismos de carbohidratos con el fin de formar aminoácidos, siendo estos los principales contribuyentes para un buen desarrollo de las plantas y por ende, sus rendimientos, por lo que, se debe realizar una buena aplicación de nitrógeno, ya que, es importante para la absorción de otros elementos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2004). El nitrógeno ayuda al desarrollo de los órganos vegetativos de las plantas, también, ayuda a la regulación de los elementos como potasio y fósforo, evitando así el marchitamiento de los frutos más jóvenes (Salgado *et al.*, 2006).

8.5.1.1.1.Importancia del nitrógeno para las plantas de cacao

El nitrógeno es un elemento de vital importancia ya que, beneficia de manera positiva en el rendimiento del cultivo de cacao, este elemento es indispensable para el crecimiento vegetativo, la formación de clorofila y la eficiencia fotosintética, investigaciones han demostrado que la aplicación adecuada de nitrógeno incrementa sustancialmente la producción de grano seco, por lo que, un manejo nutricional optimizado está relacionada con el aumento del número de frutas por planta y por ende con una mejor estimación de la cosecha (Uribe *et al.*, 2005).

8.5.1.1.2. Síntomas de deficiencia del nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno se manifiesta como una disminución en el incremento de la planta y en el desarrollo, estos síntomas se hacen visibles en pocas semanas, el signo más distintivo es la clorosis o el amarillamiento, el mismo que comienza en las hojas viejas hasta llegar a los nuevos brotes, en el caso de la clorosis nítrica, se caracteriza por presentar un color verde pálido en toda la lámina foliar, las hojas que son afectadas se presentan un severo entorchamiento y si la deficiencia se mantiene, las hojas más nuevas no podrán extraer suficiente N, por tanto, los síntomas se vuelven más graves haciendo más evidente el amarillamiento de las hojas (García, 2020).

8.5.1.2. Fósforo

Este elemento juega un papel importante en el requerimiento de energía, es un elemento que aporta alta energía, también, el cual se encarga de las gran cantidad de reacciones químicas en la planta, el fósforo es un elemento que se mueve por toda la planta en forma de iones y como fósforo es incorporado en compuestos orgánicos de cual esta formado, también, este elemento es muy beneficioso para que las raíces logren tener un óptimo desarrollo, lo que resulta a la obtención de un mejor equilibrio en la absorción de otros elementos como el nitrógeno, el cual ayuda a una mejor floración y fructificación. (Rodríguez, 2019).

8.5.1.2.1.Importancia del fósforo para plantas de cacao

El fósforo es fundamental para la producción de energía y en el desarrollo de las raíces, flores y frutos, siendo esto vital para los rendimientos y en la calidad del grano, sin embargo, un aporte adecuado es beneficioso para la productividad, ya que, la aplicación de fósforo puede estar relacionada con la disminución de las enfermedades como la Moniliasis y *Phytophthora*, por

tanto, se debe tener estrategias de fertilización optimizadas las cuales buscan maximizar las cosechas (Macay, 2023).

8.5.1.2.2. Síntomas de deficiencia del fósforo

La deficiencia del fósforo en el cultivo de cacao se manifiesta de una manera crucial, debido a que este es un nutriente móvil y sus síntomas iniciales aparecen en las hojas viejas, en el cual se observa un retraso significativo en el crecimiento general del árbol, el mismo que crece de una manera lenta, lo que indica una limitación en el desarrollo vegetativo, las hojas que están afectadas se tornan amarillas y pueden llegar a marchitarse, esta deficiencia también afecta de manera negativa a la floración, esto se da como resultado de la disminución de los cojines florales y como consecuencia en los frutos, ocasionando que las semillas tengan menor tamaño y peso (Progresía Caribe, 2021).

8.5.1.3. Potasio (K⁺)

El potasio es un elemento esencial para los procesos fisiológicos que determinan la productividad y la calidad del grano, este es el elemento más extraído del suelo, ya que, actúa como un regulador en el balance hídrico, controlando la apertura y cierre de las estomas, también, ayuda a la translocación de azúcares desde las hojas hacia los frutos (Puentes *et al.*, 2014). Una concentración apropiada de potasio en las plántulas contribuye a un desarrollo morfológico adecuado, garantizando la viabilidad del material vegetal (Tamayo *et al.*, 2022).

8.5.1.3.1. Importancia del potasio para las plantas de cacao

El potasio es ampliamente reconocido por su calidad en la producción agrícola. Una nutrición potásica apropiada optimiza numerosas facetas de la calidad de las cosechas: incremento en el porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el contenido proteico de las almendras, mayor cantidad de aceite y de vitamina C, mejora en la apariencia y el gusto de las frutas, crecimiento del tamaño de los frutos (Pasquel, 2018).

8.5.1.3.2. Síntomas de deficiencia de Potasio

Un factor limitante que afecta la fisiología y el rendimiento de la planta es la falta o deficiencia de potasio, este problema se manifiesta en las hojas más viejas, los síntomas más comunes comienzan con el desarrollo de parches de color verde amarillo en las hojas maduras, con el

paso del tiempo toma una apariencia de bordes quemados con medida que la deficiencia avanza los brotes y chupones se vuelven más pequeños y finalmente la hoja se torna de color amarillo-naranja antes de caer (Ocampo, 2020).

8.5.2. Macronutrientes secundarios

8.5.2.1. Azufre

El azufre (S) es un macronutriente, al igual que el N, P, K, Ca y Mg; esto significa que los cultivos lo necesitan en mayor cantidad, al igual que con cualquier nutriente esencial, la carencia de S puede tener un impacto en la calidad y producción de las cosechas, incluso si los otros nutrientes se encuentran en niveles apropiados en el suelo, las plantas, generalmente, tienen la capacidad de asimilar S de distintas maneras: El S también interviene en procesos metabólicos, se ha evidenciado recientemente que el azufre (S) desempeña un papel en la detoxificación y transporte de metales pesados (Cedeño y Vera, 2017).

8.5.2.1.1. Importancia del azufre para las plantas de cacao

El azufre (S) es un nutriente secundario esencial que ayuda en el rendimiento y la productividad del cultivo de cacao, especialmente en la variedad CCN-51, este se vincula directamente con la salud fitosanitaria del cultivo y funciona como una opción esperanzadora para el control completo de las enfermedades, el uso de azufre tiene un impacto positivo en la cantidad de mazorcas sanas que se cosechan, por lo tanto, es un elemento importante no solo para la síntesis de proteínas y aminoácidos que son fundamentales para un óptimo crecimiento de las plantas, sino también para los programas de fertilización del suelo con el objetivo de aumentar la calidad y cantidad de la cosecha del cacao (Macías , 2022).

8.5.2.1.2. Síntomas de deficiencia de Azufre (S)

Las plantas que tienen carencia de azufre suelen ser difíciles de identificar y se confunden con las que tienen falta de nitrógeno, las hojas recién desarrolladas adquieren un color amarillento brillante, incluyendo las nervaduras o venas de las hojas, pero esto no tiene impacto en su tamaño, después el brillo se pierde y adquieren un color tenue, las hojas más viejas presentan manchas de un tono amarillo pálido, por lo general, estos síntomas se presentan en todas las hojas, que luego se enrollan y caen (Ávila *et al.*, 2013).

8.5.2.2. Magnesio (Mg^{2+})

En el marco de la nutrición vegetal, el magnesio es un nutriente fundamental, su aporte incluye varias funciones esenciales en los cultivos, esto incide en la conservación de una turgencia celular ideal y promueve la creación de carbohidratos en las plantas, este elemento es de suma importancia para lograr una buena nutrición de las plantas, y esto se ve reforzado por su función como cofactor esencial en el proceso de fotosíntesis, su participación activamente en la estructura de la clorofila, un compuesto fundamental para absorber luz durante el proceso fotosintético, fortalece su aporte directo a la productividad (Ulloa, 2024).

8.5.2.2.1.Importancia del magnesio para las plantas de cacao

El magnesio es un macronutriente fundamental para la productividad y rendimiento del cultivo de cacao, ya que, actúa como catalizador enzimático en la respiración y en la producción de grasas, proteínas y aceites, lo cual es vital para el llenado del grano de cacao y su calidad, cuando se mejora la nutrición de la planta con este elemento, también, ayuda a mejorar la absorción de otros elementos, aportando a una mayor estimulación de crecimiento en las plantas, lo que resulta en una mayor cantidad de mazorcas o en un peso superior de los granos secos cosechados (Ulloa, 2024).

8.5.2.2.2. Síntomas de deficiencia de Magnesio (Mg)

La clorosis característica de esta falta empieza en las zonas próximas a la nervadura central de las hojas más antiguas y, después de un tiempo, se extiende entre las nervaduras hacia los bordes del follaje, en situaciones graves de deficiencia, se observan áreas aisladas en estado de descomposición, se puede notar una zona amarilla prominente que avanza por delante de las áreas en descomposición y que suele ser más luminosa que en situaciones de escasez de potasio (K), se pueden detectar deficiencias simultáneas de diferentes componentes, en particular de Magnesio (Mg) y Potasio (K) o de Calcio (Ca) y Potasio (K) las hojas viejas tienden a pudrirse en los bordes (Plantwise, 2020).

8.5.2.3. Calcio (Ca^{2+})

El calcio es el principal macronutriente que nutre a la planta, además, participa en la conservación de la integridad de las células, es decir, impide que la degradación de los frutos sea más fácil, este nutriente puede encontrarse en el suelo en muchas formas, por lo que,

dependerán del material a utilizar y de la meteorización y de lixiviación que ocurre a través de los años, las plantas acumulan el calcio en las hojas, donde se deposita de manera irreversible, este componente está vinculado con la formación de la rizosfera y microorganismos que están presentes en el suelo, lo que lo convierte en un factor que influye en el desarrollo y crecimiento del sistema radical, así como de los tallos, las hojas y los frutos, además, el calcio es un elemento esencial para la cantidad y calidad de las cosechas (Fertilab, 2021).

8.5.2.3.1. Síntomas de deficiencia de calcio (Ca)

Cuando la deficiencia de este nutriente esta presente en el cultivo los frutos se tornan con una pudrición aplica, esto se ve más en hojas jóvenes, donde se nota la necrosis y las deformaciones, esto también afecta el crecimiento de las raíces y yemas, ocasionando una caída prematura de las hojas (INIAP, 2023).

8.6. Dinámica del suelo – planta- nutrientes

El cacao (*Theobroma cacao L.*) absorbe nutrientes que están ligadas a las propiedades edáficas siendo el pH, un factor concluyente lo que limita la disponibilidad de los elementos esenciales, muchas zonas cacaoteras tienen suelos ácidos con una baja disponibilidad de macronutrientes como el Fósforo y Potasio, esto hace que se restrinja el desarrollo de la planta y con ello el rendimiento, además, cuando el pH es bajo puede aumentar la solubilidad y la toxicidad de los elementos como el aluminio (Al) y el hierro (Fe), lo que afecta la absorción radicular, por otro lado, la materia orgánica juega un papel importante en la mejora de la retención de agua y en la liberación gradual de nitrógeno y otros elementos, Investigaciones han demostrado, que diversos clones muestran una mayor eficacia para las absorción de nutrientes Incluso en condiciones adversas, lo que sugiere investigar genotipos específicos para cada zona que se va a cultivar (Patiño *et al.*, 2021).

La distribución y absorción de los distintos nutrientes varía entre los diferentes órganos del cultivo de cacao, en función al clon cultivado y en la etapa de desarrollo que este el árbol, por lo tanto, es fundamental realizar un manejo nutricional eficiente, investigaciones han demostrado que la mayor concentración de nitrógeno y fósforo se presenta en la almendra de cacao, mientras que el potasio se acumula en la cáscara del fruto, por lo que, la extracción de nutrientes requiere de programas de fertilización específicos, mismos que deben buscar reponer los nutrientes extraídos con la cosecha, sin embargo, otro factor crítico es la humedad del suelo

particularmente para el Fósforo, ya que, la absorción mediante de la raíz se ve afectada, por lo que es esencial tener un buen contenido de humedad para mejorar la absorción, la eficiencia en la absorción del NPK también está influenciada por la interacción entre los demás nutrientes (Puentes *et al.*, 2014).

8.7. Requerimientos nutricionales del cacao

En cacao los requerimientos nutricionales son esenciales para un óptimo desarrollo fisiológico y para una buena productividad, estos requerimientos varían significativamente en las diferentes etapas fenológicas, entre ellos se destaca el Potasio, Nitrógeno y el Calcio como los elementos de mayor demanda, En las etapas de producción estudios han demostrado que los árboles de cacao acumulan grandes cantidades de Potasio, Nitrógeno y Calcio, lo que demuestra la necesidad de una buena fertilización para sostener altos rendimientos y evitar así el agotamiento de los suelos a largo plazo, la fructificación, es una de las fases críticas donde se concentra la mayor extracción de nutrientes especialmente del Potasio, siendo este elemento crucial para la calidad del grano y la resistencia a las diferentes enfermedades (Leiva, 2015).

Las estrategias de fertilización se orientan hacia un manejo integrado de nutrientes con el fin de optimizar la producción y la sostenibilidad del cultivo, por ello, suministrar una fertilización mineral con la orgánica con el fin de asegurar un buen suministro de nutrientes en fases críticas de crecimiento y en la producción, con base a un análisis de suelo se logra definir las dosis específicas, logrando así una estrategia eficaz para obtener un buen desarrollo de las plantas y altos rendimientos (Agbesi *et al.*, 2021).

Además, una fertilización de NPK en el cacao requiere de elementos como el Calcio, Magnesio y Azufre, por lo que se requiere en menores cantidades, pero son de vital importancia para prevenir deficiencias que puedan afectar el rendimiento del cultivo, por otro lado, el análisis foliar también es una herramienta recomendada para determinar cuáles son las necesidades que contiene el cultivo respecto a los nutrientes, ya que, las deficiencias no siempre se pueden ver en el suelo, esto se puede apreciar cuándo se manifiesta un amarillamiento en las hojas (Jaraba *et al.*, 2021).

La respuesta del cultivo a la fertilización está ligada al material genético eso está utilizando y a la dosis aplicada por lo tanto se debe ajustar a un análisis de suelo previo el cual tenga como objetivo maximizar la producción, aumentando así el número de mazorcas, incrementando el

peso de las almendras, logrando así un mayor índice de mazorca, y por otro lado la integración de abonos orgánicos termina demostrado que puede potenciar el rendimiento y a su vez mejorando las propiedades físicas del suelo maximizando el potencial productivo y económico del cultivo (Ruales *et al.*, 2011).

Tabla 2. Exigencias nutricionales del cacao en sus diferentes etapas

Estado del cultivo	Edad Plantas / meses	Requerimiento nutricional promedio en kg/ha						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Vivero	5-12	2.4	0.6	2.4	2.3	1.1	0.04	0.01
Establecimiento	28	136	14	156	113	47	3.9	0.5
Inicio producción	39	212	23	321	140	71	7.1	0.9
Plena producción	50-87	438	48	633	373	129	6.1	1.5

Fuente: (Paspuel, 2018)

8.8. Efectos de los nutrientes en el rendimiento de cacao

La fertilización NPK, son conocidos como macronutrientes primarios mismos que son esenciales y al ser aplicados con una correcta gestión influyen directamente en lo que es la calidad del cacao y su rendimiento, diversas investigaciones han demostrado que una fertilización balanceada, ajustada a las necesidades específicas que requiere el clon y el suelo, con ello se busca maximizar la producción de mazorcas y almendra secas, en el caso del potasio este es un nutriente que la planta de cacao extraen mayor cantidad, siendo fundamental en procesos que conlleva al llenado del grano y a la resistencia a estrés, por lo tanto, un manejo adecuado de NPK logra duplicar la producción de mazorcas por árbol, en comparación a árboles que no han tenido ninguna aplicación, lo que destaca la importancia de estos elementos en las etapas de producción (Puentes *et al.*, 2014).

Los macronutrientes primarios desempeñan un rol importante en el rendimiento del cacao debido a que desempeñan un papel vital en el desarrollo de flores y en el cuajado de las mazorcas, por lo que, al existir una deficiencia o un exceso de estos elementos puede provocar trastornos, lo que reduce la productividad del cultivo, por lo que, es indispensable a base a análisis de suelo suplir de manera correcta el uso y aporte de nutrientes (Cuenca, 2019).

La nutrición es un factor determinante que influye directamente en las etapas claves de producción del cultivo de cacao como la floración el cuajado de frutos y la calidad de las almendras, elementos como el Potasio y Calcio son esenciales para asegurar un desarrollo

inicial del cultivo desde la brotación hasta la floración y cuajado de los frutos, al igual que el Boro el cual es de vital importancia para la viabilidad del polen. Además, la disponibilidad de elementos como el Manganeseo y Zinc los cuales tienen una relación estrecha con la acumulación de clorofila y la formación de frutos de mayor calidad (Kodad & Socias, 2008).

8.9. Eficiencia en el uso de nutrientes

El uso eficiente de nutrientes es esencial para asegurar altos rendimientos esto requiere un arduo seguimiento que a través de diferentes análisis y aplicaciones precisas de macronutriente como NPK, ya que, al omitir puede afectar considerablemente el desarrollo del cultivo, siendo el uso y aprovechamiento del cacao trasciende al grano pues los subproductos como lo son la cáscara y el mucílago son los que representan el 76% del peso de la fruta, mismos que contienen abundantes compuestos de fibra dietética Los cuales no son aprovechados de una mejor manera o transformados e insumos alimenticios para animales, esta es una de las estrategias ambientales preventivas las cuales minimizando desechos, fomentando un buen desarrollo económico, posicionando a la industria cacaotera como una de las importantes fuentes de ingresos (Rodríguez, 2019).

La eficiencia agronómica de los fertilizantes es crucial para obtener una alta productividad, investigaciones han demostrado que la omisión de macronutrientes impacta de forma negativa en el rendimiento, por lo que, una fertilización integrada es fundamental para lograr mejorar las características organolépticas del cacao, una fertilización orgánica también es de suma importancia con el fin de mejorar el suelo y para la capacidad de retener el agua (Agyeman *et al.*, 2025).

La eficiencia fisiológica en el cultivo de cacao también es importante con el fin de optimizar el metabolismo de las plantas, con el fin de maximizar el rendimiento, los fertilizantes a base de macronutrientes suplen las deficiencias que presenta el suelo, logrando un buen desempeño fisiológico, ya que, impactan directamente en procesos claves como llenado de frutos, y floración (Cedeño *et al.*, 2022).

En el caso de las eficiencias nutricionales es fundamental Tener una sostenibilidad y productividad alta abarcando diversos indicadores agronómicos y fisiológicos la adecuada absorción y uso de macronutrientes esenciales conlleva a un mayor rendimiento de mazorcas y crecimiento vegetativo, lo que hace que reduzca la pérdida que afecta a la eficiencia de uso,

durante la aplicación de fertilizantes se presentan problemas como la volatilización, por tanto, es necesario tener esquemas de fertilización para mejorar la eficiencia nutricional y la rentabilidad del cultivo (Carmona *et al.*, 2022).

8.10. Factores que afectan a la eficiencia de uso de los nutrientes

El uso de nutrientes en el cultivo de cacao está condicionado por las propiedades edáficas, como la acidez del suelo, en muchas zonas cacaoteras en zonas de la Costa es un factor limitante, ya que, reduce la cantidad de macronutrientes esenciales como el fósforo y el potasio afectando la tasa de mineralización de Nitrógeno y Azufre, por ello existen prácticas como el encalado con el fin de mejorar la absorción. Además, otro factor importante es la materia orgánica que se encuentre en el suelo siendo fundamental, ya que, ayudan a mejorar la estructura, aireación y la capacidad de retención de agua del suelo, Finalmente, una fertilización balanceada basada en análisis de suelo es indispensable para un óptimo desarrollo y alto nivel de productividad (Fernández *et al.*, 2016).

El aprovechamiento de los nutrientes por parte del cultivo de cacao está ligado a la interacción compleja de diversos factores como son el genotipo, siendo este uno de los pilares para determinar la capacidad de absorción, a esto se le suma la influencia que tienen las condiciones climáticas, donde las precipitaciones y las temperaturas son cruciales, porque pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, afectando la capacidad de absorción de los nutrientes, en el caso de las temperaturas éstas impactan en los procesos fisiológicos como la fotosíntesis (Rosas *et al.*, 2021).

8.10.1. Interacción suelo-fertilizante-planta

El muestreo del suelo es una pieza primordial en el proceso de análisis químico con el fin de diagnosticar la fertilidad del suelo, ya que al obtener una muestra inadecuada puede conducir al resultado imprecisos incluso puede provocar conocer el estado nutricional real de una parcela, para ello la técnica de muestreo debe considerar diversos factores como la profundidad de expansión radicular del cultivo, la textura, la estructura del suelo, se debe considerar un buen muestreo que garantice un óptimo resultado de las pruebas, este puede ser intensivo por cuadrícula o por zonas de manejo como esto se garantiza las recomendaciones de la fertilización (Villalba y Encina, 2024).

Por su parte el análisis químico provee el índice esencial que existe de la disponibilidad de nutrientes y otras propiedades como la materia orgánica, pH y la capacidad de intercambio catiónico, con esto se puede relacionar los índices con los requisitos nutricionales que requiere el cultivo, por lo que, conocer estos niveles es crucial ya que puede ocasionar un desequilibrio nutricional, ya sea por deficiencia o por exceso de metales pesados te pueden limitar el crecimiento y rendimiento del cultivo mientras que una aplicación innecesaria puede provocar pérdidas económicas y contaminación ambiental, finalmente, esta práctica ayuda a que la fertilización tenga una mejor estrategia fundamental y dirigida para lograr una buena productividad y mejorar el equilibrio suelo-planta-microorganismo (Pérez, 2013).

8.11. Factores que determinan el rendimiento del cacao

El rendimiento del cacao está influenciada por una serie de redes siendo de las condiciones ambientales y el manejo agronómico los pilares fundamentales, entre ellos tenemos la climatología la cual juego un papel importante ya que el cacao requiere un rango de temperatura ideal típica de entre 21 y 32 °C y una precipitación anual que varía entre 1150 y 2500 mm, esto es para evitar el estrés hídrico o las inundaciones que pueden dañar la producción, el uso de clones alto rendimiento que sean resistente a enfermedades, así como un buen control fitosanitario con el fin de mitigar el impacto de enfermedades y plagas que pueden causar pérdidas en la cosecha (Barba , 2024).

Otro factor determinante es la edad de las plantaciones y aquí en muchos casos los bajo rendimientos se dan por plantas que se encuentran envejecidas lo que conlleva a la siembra de nuevas plantas para optimizar la productividad, así mismo, junto con la fertilización es fundamental ya que se ha demostrado que una adecuada fertilización puede mejorar los rendimientos hasta en un 100%, ya que en muchas fincas no aplican abonos al suelo o simplemente tienen un mal plan de fertilización, adicionalmente, el factor económico también juega un papel crucial ya que la falta de asistencia técnica y capacitaciones por parte de los productores afectan directamente a la rentabilidad y el rendimiento final del grano (Córdova *et al.*, 2001).

8.12. Antecedentes de investigaciones

Los nutrientes son indispensables para obtener una buena producción, cuando existe un exceso de nutrientes este puede afectar al medio ambiente y sobre todo a la rentabilidad del cultivo, para ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar el uso eficiente de los

nutrientes en clones de cacao finos de aroma (EET-576; EET-575; EET-103 y CCN-51), también, se utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, las aplicaciones fueron diversas concentraciones de NPK. Con los resultados obtenidos presentaron que las eficiencias más altas la obtuvieron con el CCN-51, en el caso de las más bajas la obtuvo el clon EET-103, en lo que respecta los rendimientos el CCN-51 y el clon EET-575, fueron lo que mayor cantidad de rendimiento obtuvieron en comparación a otros genotipos utilizadas (Menjívar et al., 2019).

La presente investigación desarrollada en la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, la cual planteó la evaluación de la eficiencia agronómica y el rendimiento en clones de cacao tipo nacional, también, se planteó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un arreglo factorial de 3 x 5, evaluando clones EET-103; EET-544 y EET-62, además, se evaluaron variables que son de gran importancia agronómica, cuando existe la omisión de macronutrientes el cultivo de cacao puede verse afectado, haciendo que su rendimiento se vea reducido (Solano y Vizúete , 2024).

Una investigación realizada en el centro Experimental “Sacha Wiwa” de la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, este proyecto tuvo como objetivo evaluar el efecto de la respuesta ante la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), los clones evaluados fueron los siguientes: (CCN-51, EET-48 y EET-96), obteniendo como resultado que al omitir los macronutrientes las plantas de cacao se vuelven más susceptibles a las enfermedades y por ende, los rendimientos se vuelven bajos, en esta investigación el CCN-51 fue el que obtuvo mayores resultados (Ayala y Hernandez, 2024).

9. HIPÓTESIS

Ho: El uso de nutrientes en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) no tiene efecto positivo en la producción.

Ha: El uso de nutrientes en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene efecto positivo en la producción.

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue realizada en el centro experimental Sacha Wiwa, ubicado en la parroquia Gusaganda del cantón La Maná, perteneciente a la provincia de Cotopaxi. Con una altitud de 500 metros sobre el nivel del mar (msnm), coordenadas UTM 707947 y 9911960 perteneciente a la zona 17 hemisferio Sur, clima húmedo tropical, su temperatura media anual de 22 °C, humedad relativa 88%, precipitación anual de 2761 mm, y heliofanía de 570 horas/luz/año, con topografía regular, el estudio fue desarrollado en un lote experimental con una colección de cacao tipo nacional de 20 años de edad.

10.2. Tipos de investigación

10.2.1. Experimental

La investigación es de tipo experimental, porque se llevó a cabo evaluando variables de producción en cultivos de cacao tipo nacional, el proyecto fue desarrollado en parcelas experimentales, lo que posibilitó la obtención de datos acerca de los tratamientos aplicados, a nivel experimental se realizaron la toma de datos en cada unidad experimental según el diseño empleado, con este diseño se permitirá evaluar el efecto de los diferentes niveles de fertilización en el cultivo.

10.2.2. Descriptiva

Esta investigación es de tipo descriptiva ya que, se pretende analizar el comportamiento del cultivo en estudio a partir de la obtención de datos en condiciones de campo, con esto se obtuvo un registro más preciso sobre el comportamiento del cultivo frente a los niveles de fertilización, por ello, se realizaron registros de datos cada 20 a 30 días.

10.2.3. Observacional

La investigación tendrá como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización sobre las características fenotípicas y producción en clones, para ello, se centró en determinar cómo el manejo nutricional influye en el desarrollo, rendimiento y rentabilidad del cultivo, además, los datos fueron organizados y analizados mediante tablas y gráficos, con el fin de facilitar su interpretación y permitir la identificación de patrones de comportamiento.

10.3. Insumos y materiales

Los insumos y materiales utilizados en la investigación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Insumos y materiales

Insumos	
<u>Descripción</u>	<u>Cantidad (kg/ensayo)</u>
Urea 46% N	35
Fosfato diamónico 18% N – 46% P ₂ O ₅	15
Muriato de potasio 60% K	31
Sulfato de magnesio 27% MgO – 18% S	17
Materiales	
<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
Libro de campo	1 unidad
Tijeras de podar	4 unidades
Machetes	2 unidades
Barreno	2 unidades
Bomba de fumigar	1 unidad
Cinta	2 unidades
Botas	2 pares
Guantes	2 unidades

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

10.4. Factores en estudio

La presente investigación estuvo conformada por dos factores en estudio, donde el Factor A son los tres clones de cacao y el Factor B son los niveles de fertilización.

Factor A: Clones de cacao

- EET-48
- EET-62
- CCN-51

Factor B: Niveles de fertilización

- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

- Sin fertilización

10.5. Tratamientos en estudio

Tabla 4. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Repeticiones	Plantas U/ E	Total
EET- 48 + Fertilización Alto	4	5	20
ETT-48 + Fertilización Medio	4	5	20
ETT-48 + Fertilización Bajo	4	5	20
EET-48 + Fertilización Muy bajo	4	5	20
EET-48 Sin Fertilización	4	5	20
EET- 62 + Fertilización Alto	4	5	20
ETT-62 + Fertilización Medio	4	5	20
ETT-62 + Fertilización Bajo	4	5	20
EET-62 + Fertilización Muy bajo	4	5	20
EET-62 Sin Fertilización	4	5	20
CCN-51 + Fertilización Alto	4	5	20
CCN-51 + Fertilización Medio	4	5	20
CCN-51 + Fertilización Bajo	4	5	20
CCN-51 + Fertilización Muy bajo	4	5	20
CCN-51 Sin Fertilización	4	5	20
Total			300

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

10.6. Diseño experimental

En la presente investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con un arreglo factorial $A \times B$ (3×5), lo que da como resultado un total de 15 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, sumando así 60 unidades experimentales, seguido de la prueba de medias de Tukey al 5 % de probabilidad, con el fin de determinar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

10.7. Análisis de varianza

Tabla 5. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación		Grados de libertad
Bloques	(r-1)	3
Clones cacao (A)	(a-1)	2
Fertilización (B)	(b-1)	4
Interacción A x B	(a-1) (b-1)	8
Error experimental	(r-1) (ab-1)	42
Total	(rab-1)	59

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

10.8. Manejo del ensayo

La investigación fue realizada en tres clones de cacao establecidos en una plantación de 20 años de edad.

10.8.1. Poda en el cacao

Antes de realizar el trabajo de investigación con los diferentes tratamientos, se realizó una poda estructural destinada a la eliminación de ramas cruzadas y dar forma al árbol, además, se realizaron podas fitosanitarias con el objetivo de eliminar daños ocasionados por plagas y enfermedades en el árbol de cacao, para realizar las diferentes podas se utilizó tijeras de podar.

10.8.2. Eliminación de musgos

La eliminación de los musgos en cada una de los árboles de cacao se efectuó de manera manual, con el fin de mejorar la salud del árbol, permitiendo una mejor circulación del aire, reduciendo la humedad que los árboles tienen retenida en el tronco y ramas, esta práctica también ayuda a mejorar la floración.

10.8.3. Fertilización

Para la fertilización se creó una tabla de recomendaciones de necesidades (Ver tabla 6) basada en los requerimientos del cultivo mínimos del cultivo de acuerdo a varios autores como INIAP, Agrosavia y otro, además de un análisis de suelo (Ver anexo 5), a fin de ajustar los tratamientos con los niveles de fertilización. Para el presente estudio se estableció cinco niveles de fertilización basados en las recomendaciones de requerimientos del cultivo (muy bajo, bajo, medio y alto) además del nivel cero (sin fertilización). La primera fertilización fue aplicada 30 días posteriores a la poda y posteriormente con intervalos de 20 días dos aplicaciones más, con un total de tres aplicaciones, empleando las siguientes fuentes: urea, con una concentración del 46% de nitrógeno ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$); fosfato diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), que aportó 18% de nitrógeno y 46% de fósforo (P_2O_5); cloruro de potasio (KCl o muriato de potasio), con 60% de potasio (K_2O); y sulfato de magnesio monohidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), con una concentración de 18% de óxido de magnesio (MgO) y 27% de azufre (S), lo cual se detallan a continuación.

Tabla 6. Dosis empleadas en la investigación

Niveles de fertilización	Kg/ha/ Año				
	N	P2O5	K2O	MgO	S
Muy bajo	80	30	80	20	13
Bajo	160	60	160	40	27
Medio	240	90	240	60	40
Alto	320	120	320	80	53

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

Tabla 7. Plan de fertilización de la investigación

Niveles de fertilización aplicados	Kg/ha/año	Kg/ciclo/ha		
		1	2	3
<u>MUY BAJO</u>				
Fosfato diamónico	66	33	33	
Muriato de potasio	132	44	44	44
Urea	147	49	49	49
Sulfato de magnesio	75	25	25	25
<u>BAJO</u>				
Fosfato diamónico	130	65	65	
Muriato de potasio	267	89	89	89
Urea	297	99	99	99
Sulfato de magnesio	147	49	49	49
<u>MEDIO</u>				
Fosfato diamónico	196	98	98	
Muriato de potasio	399	133	133	133
Urea	444	148	148	148
Sulfato de magnesio	222	74	74	74
<u>ALTO</u>				
Fosfato diamónico	260	130	130	
Muriato de potasio	534	178	178	178
Urea	594	198	198	198
Sulfato de magnesio	297	99	99	99

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

10.9. Variables evaluadas

10.9.1. Producción de mazorcas

De cada unidad experimental se evaluaron cuatro árboles al momento de cada cosecha registrando la cantidad de mazorcas por árbol, clasificándolas entre mazorcas sanas y enfermas, considerando únicamente aquellas que alcanzaban la madurez fisiológica en cuanto a coloración y textura dependiendo del clon.

10.9.2. Incidencia de enfermedades

Se consideraron las mazorcas con síntomas de monilla, cherelles y escoba de bruja, estos valores fueron expresados en porcentajes del total de mazorcas cosechadas, con la siguiente fórmula se estimó el porcentaje de enfermedades presentes durante cada cosecha:

$$(\%) I = \frac{m}{N} * 100$$

Donde:

% I = Incidencia de la enfermedad expresada en porcentaje

m = Número de mazorcas enfermas con síntomas y signos

N = Número total de mazorcas cosechadas

10.9.3. Peso grano fresco por mazorca (kg)

Para el registro de esta variable, se seleccionaron cuatro árboles por unidad experimental. En cada cosecha, se recolectaron las mazorcas maduras y se extrajo las almendras frescas para proceder a registrar su peso de forma individual por cada una de las mazorcas de los árboles en estudio, utilizando una balanza digital de precisión.

10.9.4. Rendimientos (kg/ha)

Esta variable se obtuvo a partir de los mismos cuatro árboles seleccionados previamente. El peso fresco de las almendras por árbol se utilizó como base para estimar el rendimiento anual de granos secos por hectárea. Para ello, se aplicó un factor de conversión de 0,40, el cual representa la proporción del peso seco luego del proceso de secado, considerando una pérdida del 60% de humedad (equivalente a un contenido final de 7% de humedad), esta metodología de conversión se fundamenta en lo descrito por (Sánchez *et al.*, 2015).

$$R = \frac{PFt(0.40)}{N} * 853$$

Donde:

R = Peso de los granos seco en kg

PFt: Peso fresco del grano total

(0.40) = Porcentaje de humedad que se pierde en el proceso de secado

N= Número de árboles seleccionados por tratamiento.

853 = Número de árboles por hectárea

10.9.5. Eficiencia agronómica

La eficiencia agronómica se define como la capacidad de un sistema agrícola para incrementar la producción de biomasa o el rendimiento del cultivo por unidad de nutriente aplicado, lo que permite evaluar el aprovechamiento real del fertilizante por parte del cultivo. En este estudio, la eficiencia agronómica será calculada individualmente para cada nutriente puro aplicado, utilizando la siguiente fórmula descrita por (Fixen, 2010).

$$EA = \frac{(R - R0)}{CDA} * 100$$

Donde:

EA= Eficiencia agronómica

R= Rendimiento de la porción cosechada con aplicación de N, P, K, Mg y S

R0= Rendimiento del fruto con tratamiento control (sin aplicación).

CDA= Cantidad de N, P, K, Mg y S aplicado

10.9.6. Niveles de clorofila

Se evaluó cada 15 días en los cuatro arboles de evaluación, el índice de verdor foliar mediante lecturas en la porción media de la lámina de hojas completamente desarrolladas, utilizando un medidor portátil de clorofila modelo SPAD 5161-LED. Este instrumento permite estimar de forma indirecta la concentración de clorofila, expresada en unidades SPAD, lo cual es un indicador del estado nutricional y fisiológico del cultivo de cacao.

10.9.7. pH

Se evaluó el pH en cada una de las unidades experimentales, esta variable fue registrada cada 15 días con la ayuda de un barreno, para la toma de la muestra de suelo aleatoria, de cada parcela se tomó aproximadamente 200 g de suelo a 20 cm de profundidad, una vez obtenida la muestra se prepara una mezcla de 15 g de suelo con 70 cc de agua destilada; posteriormente, se vertió la solución por alrededor de 15 minutos y posterior a ello se registró las lecturas de esta variable.

10.9.8. Análisis económico

El análisis económico se realizará tomando el precio de los fertilizantes el costo y número de aplicaciones por hectárea, el costo de cosecha más transporte cada aplicación utilizada en el ensayo y finalmente se consideró el precio actual del cacao en el mercado

a. Ingreso bruto por tratamiento

Este rubro se estimó a partir del precio del grano de cacao y la producción de cacao por hectárea, para el efecto se aplicará la siguiente ecuación:

$$IB = Y * PY$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

Y = Producto

PY = Precio del producto

b. Costo total por tratamiento

Los costos totales, serán analizados a partir de los costos fijo y variables de los tratamientos y estimados por hectárea, para el efecto se aplicará la siguiente ecuación:

$$CT = X + PX$$

Donde:

CT = Costos totales

X = Costos fijos

PX = Costos variables

c. Beneficio neto

El beneficio neto será determinado a partir de la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales, para el efecto se aplicará la siguiente ecuación:

$$BN = IB - CT$$

Donde:

BN = Beneficio neto

IB = Ingreso bruto

CT = Costo totales

d. Relación costo/beneficio

El costo beneficio para cada tratamiento será calculado a partir de la siguiente ecuación:

El índice neto de rentabilidad de cada tratamiento se obtendrá con la aplicación de la ecuación siguiente:

$$B/C = \frac{BN}{CT}$$

Donde:

B/C = Costo – beneficio

BN = Beneficio neto

CT = Costo total

e. Rentabilidad

La rentabilidad final será calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{BN}{CT} * 100$$

Donde:

R = Rentabilidad

BN = Beneficio neto

CT = Costos totales

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Interacción en la producción de Mazorcas

En la tabla 8 se observa la interacción de los clones por niveles de fertilización, donde existen diferencias estadísticas significativas en el número total de mazorcas producidas y su clasificación entre sanas y enfermas, siendo el clon CCN-51 presentó los mayores valores en todos los niveles de fertilización, lo que indica que el elevado potencial productivo del clon incrementa también su susceptibilidad sanitaria bajo las condiciones del estudio. En cuanto a los clones EET-48 y EET-62 se tienen números inferiores de mazorcas producidas con relación al CCN-51, sin embargo, en las combinaciones con niveles medio y alto de fertilización se aprecia una mejor relación de mazorcas sanas y enfermas, lo cual evidencia una respuesta más equilibrada entre el material genético frente a la fertilización empleada.

Tabla 8. Producción de mazorcas en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Clon	* Interacción niveles de fertilización	Cantidad de mazorcas				
		Sanas		Enfermas		Total
<u>EET-48</u>						
	Sin fertilización	6,00	g	4,00	c	10,00 e
	Muy bajo	10,50	fg	6,25	c	16,75 de
	Bajo	9,50	g	5,00	c	14,50 e
	Medio	34,00	cd	14,75	bc	48,75 b
	Alto	23,50	def	14,00	bc	37,50 bcd
<u>EET-62</u>						
	Sin fertilización	12,75	fg	7,25	bc	20,00 de
	Muy bajo	10,25	fg	7,25	bc	17,50 de
	Bajo	14,50	efg	10,25	bc	24,75 cde
	Medio	27,25	de	17,50	b	44,75 bc
	Alto	17,00	efg	14,25	bc	31,25 bcde
<u>CCN-51</u>						
	Sin fertilización	58,00	a	33,75	a	92,00 a
	Muy bajo	43,75	bc	42,50	a	86,25 a
	Bajo	57,25	ab	41,50	a	98,75 a
	Medio	51,25	ab	36,75	a	88,00 a
	Alto	59,25	a	38,50	a	97,50 a
	CV%	18,57		22,43		17,74

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

El comportamiento registrado en las interacciones de niveles de fertilización con CCN-51 del presente estudio, concuerda con lo reportado por Armijos (2015), el cual manifiesta que el clon suele tener una mayor producción de mazorcas y por ende mayor número de afectación por enfermedades en las mismas con respecto a los clones de EET, debido a la interacción producida

entre los genotipos, la fertilización y las condiciones ambientales que pueden favorecer la presencia de patógenos en el cacao. En este contexto con base en los resultados se puede indicar que una fertilización adecuada aporta a mejorar la producción de mazorcas sanas, especialmente en clones de menor productividad, mientras que en aquellos de mayor rendimiento la fertilización influye principalmente a la producción total, siendo moderadamente equilibrada la proporción de frutos sanos y enfermos, como también lo expresan (Pinargote, 2015; López, 2014).

11.1.1. Efecto simple producción de mazorcas

Al efectuar el análisis del efecto simple en la producción de mazorcas de los tres clones de cacao en estudio, se evidencia la existencia de diferencia estadística significativa marcada entre CCN-51 y los materiales de EET. El CCN-51 presentó los mayores valores de mazorcas con 92,50 de las cuales 53,90 eran sanas y 38,60 estaban enfermas, por lo que superó con gran diferencia a los clones EET como se aprecia en la tabla 9. Estos resultados indican que a mayor capacidad productiva mayor presencia de enfermedades existe en las mazorcas, lo cual propone la existencia de una relación directa entre una mayor carga productiva y mayor presión sanitaria.

En relación con el factor de niveles de fertilización, se observaron diferencias estadísticas en todas las variables analizadas, la fertilización media destacó al presentar el mayor rendimiento, con un total de 60,50 mazorcas sanas, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos, no obstante es importante señalar que tanto los niveles medios como alto de fertilización registraron las mayores cantidades de mazorca sanas afectadas por enfermedades, lo que sugiere una posible relación entre las dosis aplicadas.

Tabla 9. Efecto simple producción de mazorcas en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Factores	Cantidad de mazorcas		
	Sanas	Enfermas	Total
<u>Clones de cacao</u>			
EET-48	16,70 b	8,80 b	25,50 b
EET-62	16,35 b	11,30 b	28,00 b
CCN-51	53,90 a	38,60 a	92,50 a
<u>Niveles de fertilización</u>			
Sin fertilización	25,58 c	15,00 b	40,58 b
Muy bajo	21,50 c	18,67 ab	40,17 b
Bajo	27,08 bc	18,92 ab	46,00 b
Medio	37,50 a	23,00 a	60,50 a
Alto	33,25 ab	22,25 a	55,50 ab
CV%	18,57	22,43	17,74

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.2. Interacción de la incidencia de enfermedades

En la tabla 10 se observa los resultados del análisis de varianza y la comparación de medias de la incidencia de enfermedades de tres clones de cacao bajo diferentes niveles de fertilización, donde los resultados permiten evidenciar que la sanidad del cultivo responde directamente a la interacción entre el material genético y los niveles de fertilización estudiados.

Tabla 10. Incidencia de enfermedades en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Clon * niveles de fertilización	Interacción		Incidencia de enfermedades (%)
<u>EET-48</u>			
Sin fertilización			39,79 abc
Muy bajo			37,38 abc
Bajo			34,32 a c
Medio			30,23 c
Alto			37,16 abc
<u>EET-62</u>			
Sin fertilización			36,31 abc
Muy bajo			41,11 abc
Bajo			40,34 abc
Medio			39,04 abc
Alto			45,49 ab
<u>CCN-51</u>			
Sin fertilización			36,35 abc
Muy bajo			49,22 a
Bajo			42,29 abc
Medio			41,81 abc
Alto			39,56 abc
CV%			13,43

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

La interacción EET-48 con fertilización media obtuvo la menor incidencia de enfermedades en mazorcas con 30,23%, reflejando la respuesta del genotipo a un manejo nutricional equilibrado. Por el contrario, CCN-51 con fertilización muy baja alcanzó 49,22%. No obstante, en niveles intermedios de fertilización la incidencia de enfermedades se reduce, sugiriendo que una nutrición equilibrada puede aplacar esta condición, aunque en todos los niveles de fertilización en los diferentes clones, aunque existen diferencias numéricas muchas de las interacciones no presentan variaciones estadísticas significativas entre sí. Estos resultados se contraponen a los presentados por Ortega (2016), quien en su estudio alcanzó 61,05% de incidencia de enfermedades en diferentes clones de cacao dentro de los que se incluía CCN-51, lo cual se atribuye a una fertilización no apropiada. Por su parte, Celdas (2022), expresa que CCN-51,

aunque posee un alto potencial productivo responde negativamente a los desbalances nutricionales, volviéndose altamente susceptible a plagas y enfermedades.

11.2.1. Efecto simple en la incidencia de enfermedades

Al efectuar el análisis estadístico sobre el efecto simple en la incidencia de enfermedades, se observó diferencia significativa entre los materiales evaluados, donde el clon EET-48 presentó la incidencia más baja con 35,77%, diferenciándose de ETT-62 (40,46%) y CCN-51 (41,85%), que mostraron una mayor susceptibilidad a enfermedades, lo que sugiere que el material genético de manera independiente puede influir en el comportamiento fitosanitario del cultivo. Por otra parte, con respecto a los niveles de fertilización, no se aprecian diferencias estadísticas significativas, puesto que todos presentaron valores similares estadísticamente, sin embargo, se puede apreciar que el nivel medio de fertilización logró la menor incidencia (37,03%), mientras que el nivel muy bajo de fertilización alcanzó el mayor valor (42,57), lo cual sugiere que en condiciones de deficiencia nutricional se incrementa la vulnerabilidad de la planta a las enfermedades, aunque cabe señalar que dicho efecto no fue suficientemente marcado al analizarlo de manera independiente.

Tabla 11. Efecto simple en la incidencia de enfermedades en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda.

Factores	Incidencia de enfermedades (%)	
<u>Clones de cacao</u>		
EET-48	35,77	b
EET-62		40,46 a
CCN-51		41,85 a
<u>Nivel de fertilización</u>		
Sin fertilización		37,48 a
Muy bajo		42,57 a
Bajo		38,98 a
Medio		37,03 a
Alto		40,73 a
CV%		13,45

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.3. Interacción del peso granos frescos por mazorca

Con relación al peso de grano fresco por mazorca, los resultados muestran que una respuesta diferenciada en el Clon por niveles de fertilización. En este sentido los clones evaluados en la tabla 11, reflejan diferencias estadísticas significativas, siendo el clon CCN-51 * fertilización media el que obtuvo un mayor peso de grano fresco por mazorca con un valor de 252,69 g,

seguido por el clon CCN-51 * fertilización alta con un valor de 217,83 g, demostrando que un material genético de elevado potencial productivo requiere de niveles adecuados de fertilización para expresar su rendimiento. Los resultados obtenidos en el presente estudio respaldan lo establecido por Alcívar (2024), quien expresa que la aplicación de fertilizaciones balanceadas sin excesos favorece al llenado del fruto mejorando significativamente el peso del grano, especialmente en clones como CCN-51, al igual que Herrera (2019) señala que una fertilización equilibrada permite optimizar la absorción de nutrientes, resultando en una mayor acumulación de materia seca en los frutos, expresándose el mayor potencial productivo en el cultivo.

Tabla 12. Peso grano fresco por mazorca (g) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Clon * niveles de fertilización	Interacción		Peso granos frescos por mazorca (g)
<u>EET-48</u>			
Sin fertilización	68,39	cd	
Muy bajo	81,09	cd	
Bajo	89,46	cd	
Medio	33,36	d	
Alto	37,29	d	
<u>EET-62</u>			
Sin fertilización	37,16	d	
Muy bajo	48,99	cd	
Bajo	32,50	d	
Medio	51,88	cd	
Alto	62,30	cd	
<u>CCN-51</u>			
Sin fertilización	104,17	c	
Muy bajo	178,27	b	
Bajo	208,18	ab	
Medio	252,69	a	
Alto	217,83	ab	
CV%	12,95		

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.3.1. Efecto simple sobre el peso granos frescos por mazorca (g)

En la tabla 13 se presenta la evaluación de medias mediante la prueba de Tukey ($p > 0,05$), en donde se identificaron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tres clones estudiados, el clon CCN-51 destacó por presentar el mayor peso de grano fresco, con 192,23 g en contraste con los materiales EET-48 Y EET-62 los cuales mostraron comportamientos productivos similares y no exhibieron diferencias significativas entre sí, en relación con los niveles de fertilización no se detectaron diferencias significativas sin embargo, la fertilización media alcanzó el mayor peso promedio de grano fresco por mazorca con 112,64 g, seguida por

la fertilización baja con 110,05 g, estos resultados sugieren que aunque de manera individual los niveles de fertilización no evidencian diferencias estadísticamente marcadas la aplicación de niveles medios puede promover un incremento tangible en el peso de grano fresco por mazorca.

Tabla 13. Efecto simple sobre el peso fresco por mazorca (g) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Factores	Peso de granos frescos por mazorca (g)
<u>Clones de cacao</u>	
EET-48	61,92 b
EET-62	46,56 b
CCN-51	192,23 a
<u>Dosis de (N-P-K-Mg-S)</u>	
Sin fertilización	69,91 a
Muy bajo	102,78 a
Bajo	110,05 a
Medio	112,64 a
Alto	105,80 a
CV%	11,35

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.4. Interacción del rendimiento (kg/ha⁻¹)

En la siguiente Tabla (14) se muestran los rendimientos obtenidos de los clones y las diferentes dosis empleadas en la investigación, se observa que en los clones EET-48 y EET-62 no existen diferencias estadísticas significativas en sus dosis (N-P-K-Mg-S), en el clon CCN-51 sí existen diferencias estadísticas significativas siendo las dosis de fertilización media, alta y baja las que obtuvieron los valores más altos en el rendimiento del cultivo 1751,60, 1695,28, 1626 kg de grano seco por hectárea, mostrando que la aplicación equilibrada de las diferentes dosis incrementa el rendimiento del cultivo, mejorando significativamente el peso de las almendras. Resultados que no concuerdan con Romero (2020), quien al evaluar una dosis de fertilización baja 93,84 g/planta obtuvo menores rendimientos, es decir, que para lograr buenos rendimientos la dosis empleada no debe ser baja, ya que, con eso se logra aportar los nutrientes necesarios para maximizar la productividad del cultivo. Por otro lado, Sarango (2021), concuerda con lo planteado en la investigación, ya que al evaluar al clon CCN-51 obtuvo resultados similares con un rendimiento de 19872 kg/ha⁻¹, además, menciona que al aplicar una dosis de fertilización alta y media la producción puede incrementar en un 51%, mostrando que las dosis aplicadas benefician al rendimiento del cultivo, por lo que se debe realizar planes de fertilización acorde a las necesidades del cultivo, con el objetivo de mejorar la producción final.

Tabla 14. Rendimiento (kg/ha⁻¹) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Interacción Clon * niveles de fertilización	Rendimiento (kg/ha⁻¹)	
<u>EET-48</u>		
Sin fertilización	52,64	d
Muy bajo	108,90	d
Bajo	103,12	d
Medio	130,00	d
Alto	111,60	d
<u>EET-62</u>		
Sin fertilización	59,60	d
Muy bajo	68,00	d
Bajo	62,96	d
Medio	185,04	d
Alto	154,40	d
<u>CCN-51</u>		
Sin fertilización	677,26	c
Muy bajo	1222,00	b
Bajo	1626,00	a
Medio	1751,60	a
Alto	1695,28	a
CV%	12,95	

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.4.1. Efectos simples sobre el rendimiento (Kg/ha⁻¹)

En la tabla 15 se muestra una evaluación de las medias mediante la prueba de Tukey ($p > 0,05$), donde se observó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tres clones utilizados, siendo el clon CCN-51 el que presentó el mayor rendimiento con 1394,43 kg/ha⁻¹, por el contrario, los clones EET-48 y EET-62 el rendimiento fue similar entre ellos con promedios de 101,25 Kg/ha⁻¹ y 106 Kg/ha⁻¹ respectivamente. Para los diferentes niveles de fertilización se observó que existieron diferencias estadísticas significativas, siendo la fertilización media la que logró un mayor rendimiento con 688,88 Kg/ha⁻¹, seguido por la dosis de Fertilización alta con 653,76 Kg/ha⁻¹. Estos resultados demostraron que al aplicar dosis altas-medias con material genético adecuado para la producción del cultivo de cacao se puede lograr buenos rendimientos, comportamiento que indica que el rendimiento está condicionado por el material genético, asimismo demuestra la eficiencia de niveles medios de fertilización con respecto a dosis altas que no siempre resultan en una alta producción.

Tabla 15. Efectos simples sobre el rendimiento (Kg/ha⁻¹) en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

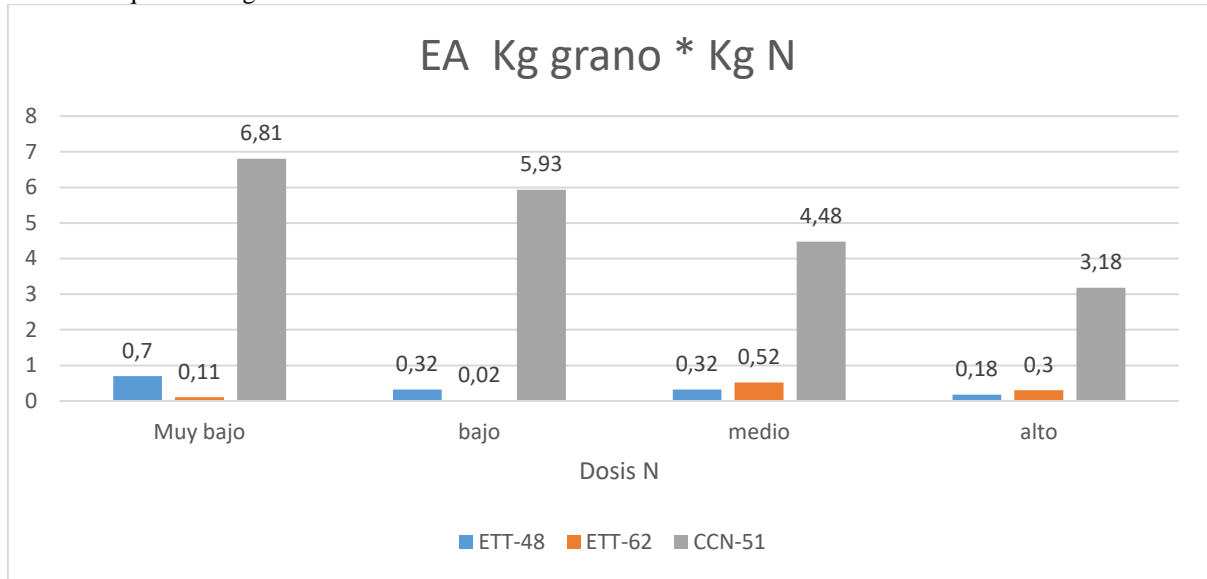
Factores	Rendimiento (Kg/ha⁻¹)
<u>Clones de cacao</u>	
EET-48	101,25 b
EET-62	106 b
CCN-51	1394,43 a
<u>Dosis de (N-P-K-Mg-S)</u>	
Sin fertilización	263,17 d
Muy bajo	466,30 c
Bajo	597,36 b
Medio	688,88 a
Alto	653,76 ab
CV%	14,27

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.5. Eficiencia agronómica de nitrógeno

Como se aprecia en el Gráfico 1, la eficiencia agronómica del nitrógeno presentó respuestas diferenciadas entre los clones evaluados y los niveles de fertilización aplicados, destaca la variedad CCN-51 que superó ampliamente a los demás materiales alcanzando un máximo de 6,81 kg de grano por cada kg de Nitrógeno aplicado bajo una dosis baja de 80 kg N, este comportamiento sugiere una mayor capacidad del cultivo para optimizar la absorción y utilización de nutrientes cuando estos están disponibles en cantidades limitadas o en niveles inferiores, en contraste los clones EET mostraron una eficiencia agronómica de nitrógeno considerablemente menor y con poca variabilidad entre los distintos niveles de fertilización lo que indica una respuesta productiva limitada ante incrementos en la aplicación de N en términos generales estos resultados evidencian que la eficiencia del nitrógeno tiende a disminuir a medida que aumentan las dosis aplicadas. Los resultados obtenidos difieren de los obtenidos por Herrera et al. (2022), quienes mencionan que el nitrógeno no exhibe diferencias estadísticas significativas en la eficiencia agronómica, estas discrepancias son atribuidas a la alta movilidad del nitrógeno en el suelo, fenómeno ampliamente documentado en estudios previos que evidencian fluctuaciones significativas en las concentraciones de N en cortos períodos, sin embargo las variaciones observadas en la eficiencia agronómica del nitrógeno en el presente estudio sugieren que tanto el material genético como los niveles de fertilización aplicados influyen de manera determinante en la absorción y aprovechamiento del nutriente, especialmente en genotipos con alta capacidad productiva, como es el caso del clon CCN-51.

Gráfico 1. Eficiencia agronómica del nitrógeno en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

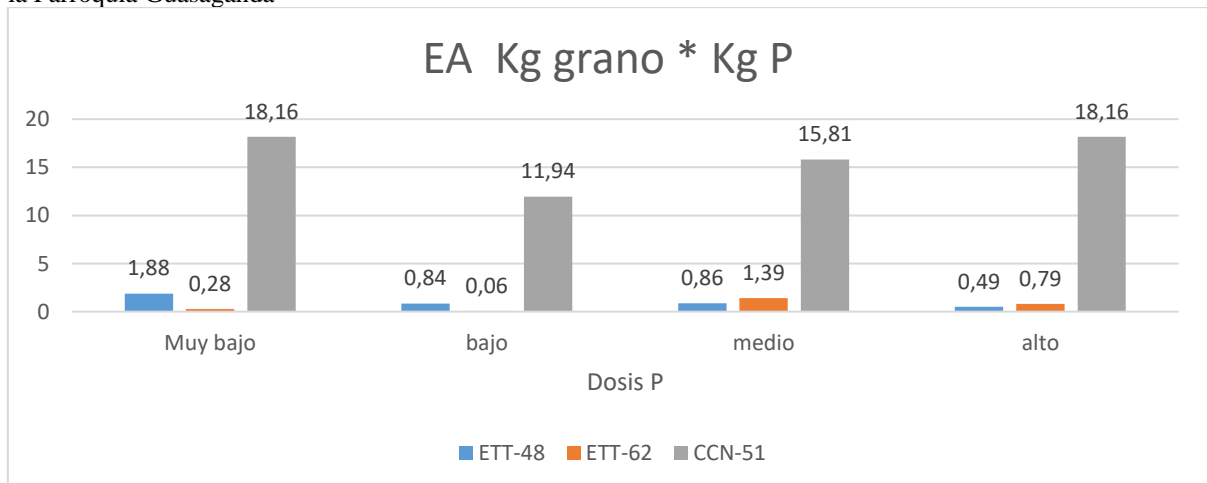


Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.5.1. Eficiencia agronómica del fósforo

En el gráfico 2 se muestra la eficiencia agronómica del fósforo en tres clones de cacao con diferentes niveles de fertilización, donde se destaca el clon CCN-51 con los valores más altos de eficiencia, misma que aumenta significativamente a medida que el nivel de fósforo disminuye, alcanzando un máximo de 18,16 kg de grano por Kg de P, en el nivel muy bajo. Por otra parte, en los clones EET-62, EET-48 muestra una tendencia de crecimiento ligera, logrando un mejor desempeño en el nivel muy bajo con 1,88 kg de grano por Kg P, en contraste, el clon EET-62 presenta niveles de eficiencia bajos en todos los niveles evaluados.

Gráfico 2. Eficiencia agronómica del fosforo en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda



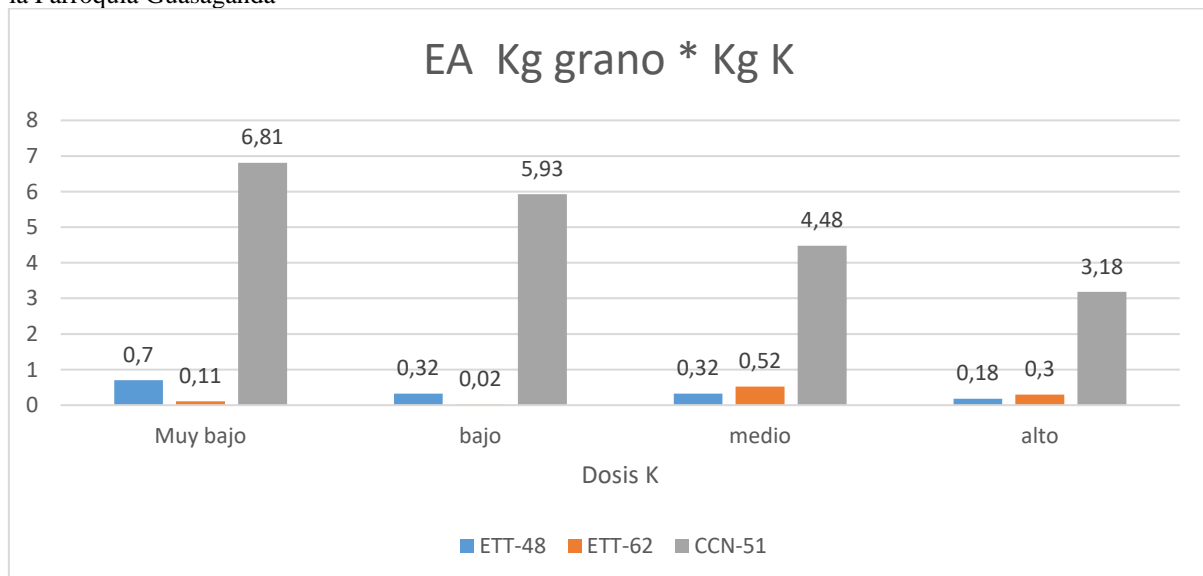
Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

Estos resultados sugieren que el CCN-51 posee la capacidad de optimizar mejor los recursos cuando la concentración de fósforo es menor, probablemente por su limitada movilidad en el suelo, lo cual podría asociarse a un mayor desarrollo radicular, y mejora absorción de nutrientes, lo cual concuerda con Caballero et al. (2015), quien establece que la eficiencia del P depende en gran medida del genotipo, lo cual confirman los resultados de este estudio

11.5.2. Eficiencia agronómica de potasio

Como se puede observar en el gráfico 3, la eficiencia agronómica del potasio mostró una respuesta diferente entre los clones evaluados (EET-48, EET-62 y CCN-51), en función de los diferentes niveles de fertilización utilizadas en la presente investigación. Se observa una tendencia marcada, al igual que los casos anteriores, con el material CCN-51, superando significativamente a los otros genotipos evaluados, alcanzando un máximo de 6,81 kg de grano por kg de nutriente en niveles muy bajos de K. En contraste los materiales EET- 48 y EET- 62 mostraron valores inferiores y repuestas de menor eficiencia con relación a los niveles de fertilización de K implementados en el estudio. El potasio es uno de los elementos de gran importancia para diversos procesos en la planta, este elemento ha demostrado que una nutrición balanceada de K permite incrementar la eficiencia agronómica, evitando así las pérdidas de los nutrientes en el suelo (Imas *et al.*, 2022). Estos resultados permiten reforzar que la eficiencia del K está estrechamente ligada al genotipo del clon, siendo CCN-51 el de mayor eficiencia especialmente en niveles bajos de fertilización.

Gráfico 3. Eficiencia agronómica del potasio en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

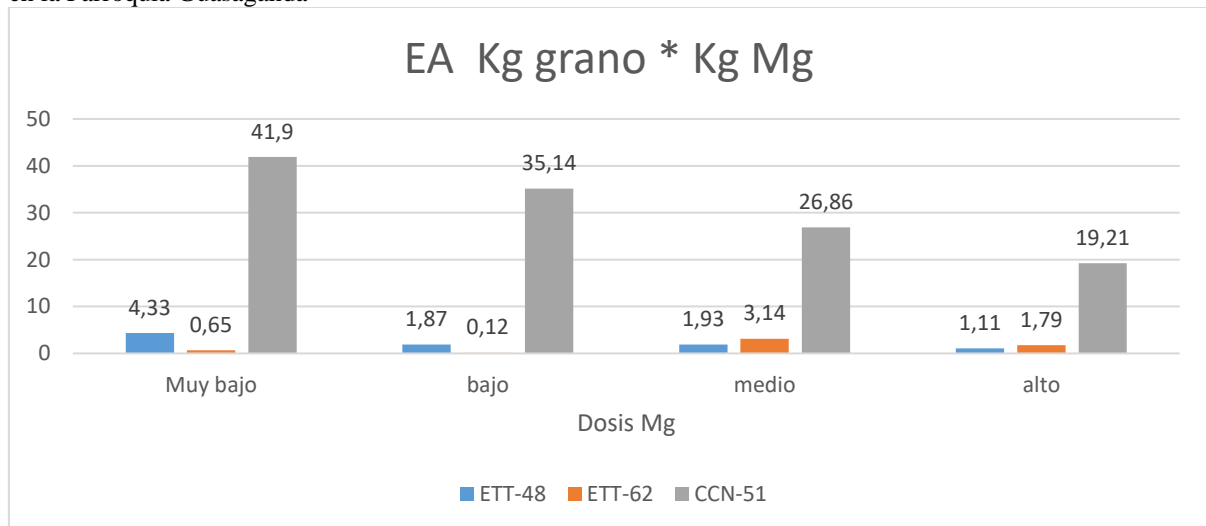


Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.5.3. Eficiencia agronómica del magnesio

La gráfica demuestra que el CCN-51 posee una mayor capacidad de remoción y conversión de magnesio en la biomasa productiva (grano), consolidándose como el mejor el clon CCN-51, con mejor respuesta a la fertilización correctiva en suelos con deficiencias nutricionales, demostrando una capacidad de respuesta superior ante la fertilización correctiva donde alcanzó una eficiencia de 41.9 kg/Mg^{-1} los genotipos EET-48 Y EET-62 presenta valores de eficiencia notablemente inferiores manteniéndose en rangos que oscilan entre 0,12 y 4,3, se observa que el EET-48 tiene un ligero repunte de eficiencia cuando el magnesio es limitante (muy bajo) mientras que el EET-62 muestra una respuestas marginales incluso decreciente en condiciones críticas. No obstante, Engracia (2018), manifiesta que la eficiencia del Mg se encuentra estrechamente relacionada con su balance nutricional con K, donde los niveles apropiados de ambos nutrientes mejoran la absorción y por ende el rendimiento del cultivo, lo cual sugiere que la eficiencia observada en este estudio responde a la interacción entre los nutrientes y también al material genético.

Gráfico 4. Eficiencia agronómica del magnesio en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

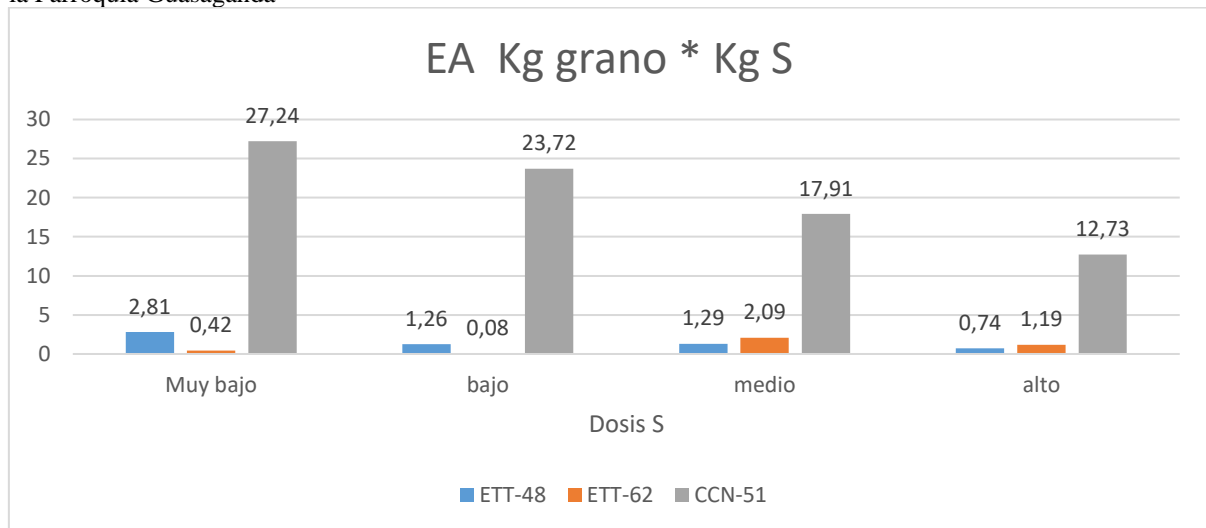


11.5.4. Eficiencia agronómica del Azufre

Como se puede observar en el gráfico 5, la eficiencia agronómica del azufre (S) mostró una respuesta diferente entre los clones evaluados, en función del nivel de fertilización empleados en la investigación. El CCN-51 destacó superando ampliamente a los clones EET, alcanzando una eficiencia máxima de $27,24 \text{ kg}$ de grano por kg de nutriente, en nivel muy bajo de S aplicado, mostrando una capacidad de aprovechamiento de nutrientes bajo condiciones de baja

fertilización. Este comportamiento permite confirmar que la eficiencia agronómica no depende exclusivamente de la cantidad de nutriente empleado, sino también del material genético que se utilice para cultivar, donde claramente los materiales de alto rendimiento como el CCN-51 logran mayor eficiencia fisiológica para la optimización del uso de nutrientes, especialmente S, nutriente que tiene un rol fundamental en la síntesis de aminoácidos y proteínas, el cual participa también de manera activa en la absorción de N, aportando a la mejora de la eficiencia de este nutriente, lo cual favorece al crecimiento vegetativo de la planta y por ende al rendimiento del cultivo (Montes, 2016), explicando de esta manera el desempeño de este clon observado en la presente investigación.

Gráfico 5. Eficiencia agronómica del azufre en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda



Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.6. Interacción de los niveles de clorofila

Al analizar los resultados sobre los niveles de clorofila en unidades SPAD entre los 15 y 120 días, se pudo apreciar que estadísticamente existieron diferencias significativas a los 30 días, en las medias de las interacciones valoradas, mientras que los demás momentos de evaluación no se mostraron diferencias estadísticas, entre las combinaciones de clones por niveles de fertilización, mostrando comportamientos fisiológicos similares entre los tratamientos. A los 30 días la interacción CCN-51 * fertilización alta logró el mayor contenido de clorofila en tejidos verdes con 50,73 SPAD, seguido de EET-48 * fertilización muy baja (47,15 SPAD) y EET-62 * fertilización alta (46,88 SPAD), que sugiere que el contenido de clorofila en la planta no se condiciona únicamente al genotipo de material vegetativo cultivado, sino que responde directamente a su fertilización, aun en cultivos adultos. Por su parte, la ausencia de diferencia

estadística en los demás momentos de valoración, indica estabilidad en el contenido clorofílico propia en cultivos de etapa productiva madura, concordando con lo que manifiestan Casierra et al. (2012), quienes indican que la clorofila es muy variable en etapas tempranas del desarrollo foliar y se estabiliza en hojas maduras, completamente desarrolladas. Por otra parte, los resultados obtenidos difieren parcialmente de los reportados por Ardisana et al. (2018), quienes reportaron niveles mucho más altos en cultivares de CCN-51, comportamiento que se puede atribuir a las variaciones existentes con las edades de los cultivos analizados, condiciones ambientales y fertilizantes utilizados, factores influyentes en el contenido de clorofila de la planta.

Tabla 16. Niveles de clorofila en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Interacción	Niveles de clorofila (SPAD)							
	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
EET-48								
Sin fertilización	29,13 a	35,15 b	14,23 a	29,20 a	21,50 a	32,05 a	19,93 a	32,05 a
Muy bajo	34,78 a	47,15 ab	12,35 a	29,55 a	23,55 a	31,90 a	22,35 a	33,58 a
Bajo	36,08 a	9,15 ab	10,45 a	27,10 a	23,21 a	33,05 a	22,13 a	33,45 a
Medio	32,30 a	34,73 b	14,93 a	27,18 a	23,50 a	30,78 a	21,03 a	30,63 a
Alto	31,53 a	43,90 ab	11,88 a	24,45 a	21,68 a	33,90 a	19,45 a	34,10 a
EET-62								
Sin fertilización	30,80 a	42,45 ab	19,59 a	30,75 a	25,33 a	36,43 a	20,28 a	36,58 a
Muy bajo	31,38 a	46,68 ab	10,20 a	29,40 a	20,73 a	37,85 a	19,48 a	37,88 a
Bajo	31,75 a	41,48 ab	12,45 a	24,85 a	21,85 a	32,80 a	21,78 a	32,93 a
Medio	26,18 a	40,08 ab	15,48 a	28,53 a	20,78 a	34,20 a	19,80 a	34,43 a
Alto	27,68 a	46,88 ab	16,60 a	31,63 a	21,33 a	38,88 a	18,65 a	39,13 a
CCN-51								
Sin fertilización	33,33 a	39,18 ab	13,05 a	27,90 a	23,38 a	33,76 a	16,30 a	33,65 a
Muy bajo	25,33 a	41,63 ab	16,63 a	28,00 a	20,68 a	34,98 a	17,75 a	34,85 a
Bajo	27,13 a	43,95 ab	14,10 a	26,90 a	20,73 a	35,45 a	16,45 a	34,63 a
Medio	36,15 a	44,78 ab	15,78 a	30,43 a	25,93 a	37,38 a	18,98 a	37,23 a
Alto	34,03 a	50,73 a	15,10 a	27,35 a	24,83 a	38,93 a	24,33 a	34,88 a
CV%	22,48	13,39	30,29	13,60	17,60	10,06	17,91	10,06

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.6.1. Efecto simple de los niveles de clorofila

La tabla 17 muestra el análisis estadístico de medias tomadas mediante la prueba de Tukey ($p > 0,05$) del contenido de clorofila (SPAD), donde se puede observar que existieron diferencias significativas entre los clones de cacao, destacándose EET-62 por obtener el mayor contenido de clorofila con 36,19 SPAD, superando estadísticamente a EET-48 y CCN-51, expresando influencia del material genético en este parámetro fisiológico. En contraste, las dosis no mostraron diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo, lo que indica que los diferentes niveles de fertilización no alteraron significativamente los niveles de clorofila de las

plantas, sin embargo, numéricamente hablando la fertilización alta presentó el valor más alto (36,03 SPAD), sugiriendo que una nutrición alta favorece la actividad fotosintética y generación de clorofila, aunque sin cambios estadísticos significativos.

Tabla 17. Efecto simple de los niveles de clorofila en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Parroquia Guasaganda

Factores	Niveles de clorofila (SPAD)
<u>Clones de cacao</u>	
EET-48	32,76 b
EET-62	36,19 ab
CCN-51	35,05 ab
<u>Dosis de (N-P-K-Mg-S)</u>	
Sin fertilización	34,09 a
Muy bajo	35,43 a
Bajo	33,67 a
Medio	34,09 a
Alto	36,03 a
CV%	11,47

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.7. Interacción pH del suelo

En el análisis de los resultados de las interacciones de clones de cacao con diferentes niveles de fertilización, los valores promedios de pH de suelo no mostraron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las combinaciones mostradas en la tabla 18. Los valores de pH de suelo oscilan entre 5,88 y 6,88, encontrándose dentro del rango apropiado para el cultivo de cacao, sin embargo, las interacciones EET-48 sin fertilización, ETT-62 sin fertilización y CCN-51 por fertilización baja, y también media presentaron los valores más altos con 6,88, 6,75 en los tres últimos, este comportamiento señala una estabilidad del pH de suelo, probablemente, gracias a la capacidad amortiguadora del suelo en estudio. Resultados similares fueron reportados en la investigación realizada por Rosas et al. (2021), los cuales manifiestan que una fertilización balanceada no causa cambios significativos del pH del suelo, siempre que se maneje apropiadamente la nutrición del cultivo, al igual que Armijo (2018) reportó valores similares de pH suelo a los obtenidos en la presente investigación, confirmando que el cacao se desarrolla sin inconvenientes dentro de estos niveles sin comprometer la disponibilidad de nutrientes del suelo, manteniendo un adecuado desarrollo del cultivo, mismo que significará una producción adecuada del cultivo.

Tabla 18. pH de suelo en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Interacción Clon * niveles de fertilización	pH del suelo
<u>EET-48</u>	
Sin fertilización	6,88 a
Muy bajo	6,63 a
Bajo	5,88 a
Medio	6,38 a
Alto	6,38 a
<u>EET-62</u>	
Sin fertilización	6,75 a
Muy bajo	6,50 a
Bajo	6,00 a
Medio	6,63 a
Alto	6,13 a
<u>CCN-51</u>	
Sin fertilización	6,63 a
Muy bajo	6,50 a
Bajo	6,75 a
Medio	6,75 a
Alto	6,38 a
CV%	6,12

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

11.7.1. Efectos simples sobre el pH

Según la tabla 18, el análisis del pH del suelo en Guasaganda mostro que el genotipo no influyó estadísticamente en los resultados, aunque el clon CCN-51 registró el promedio nominal más alto (6,60) frente a los clones EET-48 y EET-62, en contraste los niveles de fertilización generaron variaciones significativas evidenciando el impacto directo de las dosis aplicadas.

Tabla 19. Efecto simple sobre el pH en el uso eficiente de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Parroquia Guasaganda

Factores	pH del suelo
<u>Clones de cacao</u>	
EET-48	6,43 a
EET-62	6,40 a
CCN-51	6,60 a
<u>Dosis de (N-P-K-Mg-S)</u>	
Sin fertilización	6,75 a
Muy bajo	6,54 ab
Bajo	6,21 b
Medio	6,58 ab
Alto	6,28 ab
CV %	6,12

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

En el caso de las dosis empleadas (N-P-K-Mg-S) se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas, siendo la dosis sin fertilización la que obtuvo el pH con un valor de 6,75, seguido por la dosis media con un promedio de 6,58, demostrando que se encuentran dentro de los rangos óptimos para obtener una buena disponibilidad de nutrientes.

11.8. Análisis económico

Los resultados del análisis económico muestran resultados muy contrastantes entre los clones de cacao estudiados, como se observa en la tabla 20 los materiales de EET en todos sus tratamientos presentaron beneficio neto (BN) negativo, con relaciones beneficio costo (B/C) menores a 1 y rentabilidad negativa, por el contrario, el CCN-51 resultó altamente favorable en todos los niveles de fertilización aplicados, con un balance económico positivo en general. El tratamiento de CCN-51 con fertilización baja registró la mejor relación B/C y rentabilidad de 499%, resultados que especialmente se deben al precio del cacao el cual al momento de la cosecha fluctuaba entre 200 y 300 USD.

Tabla 20. Análisis económico de los tratamientos en estudio en tres clones de cacao tipo nacional con dosis de fertilización mineral.

Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha ⁻¹	BB (USD)	CT (USD)	BN(USD)	B/C	R (%)
ETT-48						
Sin fertilización	52,64	288,99	565,27	-276,27	-0,49	-49
Muy bajo	108,9	597,86	815,85	-217,99	-0,27	-27
Bajo	103,12	566,13	1048,46	-482,34	-0,46	-46
Medio	130	713,70	1290,53	-576,83	-0,45	-45
Alto	111,6	612,68	1520,56	-907,88	-0,60	-60
ETT-62						
Sin fertilización	59,6	327,20	567,28	-240,08	-0,42	-42
Muy bajo	68	373,32	803,99	-430,67	-0,54	-54
Bajo	62,69	344,17	1036,74	-692,57	-0,67	-67
Medio	185,04	1015,87	1306,49	-290,62	-0,22	-22
Alto	154,4	847,66	1532,98	-685,32	-0,45	-45
CCN51						
Sin fertilización	677,26	3718,16	746,41	2971,75	3,98	398
Muy bajo	1222	6708,78	1138,65	5570,13	4,89	489
Bajo	1626	8926,74	1490,10	7436,64	4,99	499
Medio	1751,6	9616,28	1760,79	7855,49	4,46	446
Alto	1695,28	9307,09	1979,83	7327,26	3,70	370

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)

Técnico.

El presente proyecto tiene un impacto técnico relevante para la producción cacaotera de La Maná, ya que permitió conocer sobre el manejo nutricional del cultivo bajo diferentes niveles de fertilización, así como también, la evaluación de los diferentes clones en cuanto al uso eficiente de los nutrientes. La evaluación comparativa de los diferentes materiales estudiados contribuye a mejorar los conocimientos acerca de los clones y su efectividad a los planes de fertilización utilizados en este estudio, este conocimiento sirve para la toma de decisiones de los productores.

Sociales.

Desde una perspectiva social, la presente investigación contribuye a la optimización de prácticas agrícolas más eficientes especialmente en lo referente a la nutrición del cultivo, ya que orienta hacia el uso de técnicas que contribuyen a una utilización adecuada de los fertilizantes, mejorando la toma de decisiones de los agricultores dedicados al cultivo de cacao. Asimismo, la adopción de prácticas sostenibles garantiza la salud del ecosistema local, mejorando la estabilidad económica de las comunidades y así se contribuye a una buena seguridad alimentaria.

Ambientales

El uso eficiente de los nutrientes genera un impacto ambiental positivo al reducir problemas de lixiviación de los elementos, al aplicar dosis precisas se evitan afectaciones en el suelo, mitigando emisiones de gases de efecto invernadero, esta gestión permite que el suelo mantenga su fertilidad a largo plazo, finalmente, esta investigación promueve una producción sostenible que equilibra una rentabilidad económica con la salud del ambiente.

Económicos.

El uso eficiente de los nutrientes genera un impacto económico positivo al optimizar la relación beneficio-costos, al aplicar fertilizantes basados en análisis de suelo se reduce el desperdicio de insumos, minimizando la inversión de los productores, además, logrando una buena eficiencia

nutricional transforma el manejo agronómico en una estrategia financiera, potenciando una sostenibilidad económica para todas las familias de los productores.

13. PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN

En la tabla 21 se detalla el presupuesto correspondiente a la ejecución de la presente investigación.

Tabla 21. Presupuesto de investigación en estudio en tres clones de cacao tipo nacional con dosis de fertilización mineral.

Actividades	Presentación	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo total \$
Limpieza	Jornal	2	30	60
Poda	Unidad	240	0,5	120
Chapia	Jornal	4	20	80
Análisis de suelo	Unidad	3	35	105
Aplicación fertilizante	Jornal	3	20	60
Urea	Kg	89	0,53	47,13
DAP	Kg	43,62	0,98	42,75
Muriato de potasio	Kg	79,92	0,49	39,16
Sulfato de Magnesio	Kg	44,46	0,36	16,01
Tiametoxan + lambdacialotrina	cc	200	0,08	16
Aplicación insecticida	Jornal	2	20	40
Algas marinas	ml	500	0,03	16
Bioestimulante aminofol	ml	300	0,04	10,8
Mancozeb	Kg	1	9	9
Aplicación foliares	Jornal	1	20	20
Tijeras de podar	Unidad	4	20	80
Machete	Unidad	4	4	16
Balanza	Unidad	1	60	60
Baldes	Unidad	4	4	16
Cuaderno de campo	Unidad	1	3	3
pHmetro	Unidad	1	35	35
Conductivímetro	Unidad	1	54,99	54,99
Impresiones	Unidad	100	0,25	25
Sub total				971,84
Imprevisto 5%				48,592
Total costos directos				1020,432

Elaborado por: Escobar & Rivera (2026).

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La eficiencia de los macronutrientes varía de manera significativa en función de la genética de los clones utilizados en la producción de cacao particularmente en los clones evaluados, donde el CCN-51 con la aplicación de dosis muy baja fue la mejor eficiencia agronómica, en términos de eficiencia por elemento, el fósforo presentó los índices de eficiencia agronómica más elevados con 18,16 kg/grano seco, seguido por el nitrógeno con 6,81 kg/grano seco y el potasio con 6,81 kg/grano seco.
- Se evaluó la influencia de los tratamientos dando como resultado que el clon EET-48 demostró una mayor tolerancia con una incidencia de enfermedad del 35,77% diferenciándose estadísticamente de las otras variedades, en cuanto a la eficiencia de los niveles de fertilización se concluye que no existe influencias estadísticas, demostrando así que el estado nutricional no fue el factor limitante primordial para la incidencia de enfermedad.
- El clon CCN-51 expresó su material genético en esta zona, alcanzando los niveles de producción máxima con los niveles de fertilización media con un rendimiento de 1751,6 kg/ha, por lo que, una fertilización adecuada ayuda a potenciar la productividad de los clones evaluados.
- Se concluye que existe una estabilidad genotípica en los clones EET-48, EET-62 Y CCN-51 frente al manejo nutricional, mientras que el pH del suelo se mantiene en rangos óptimos de acidez demostrando una alta resiliencia del sustrato, en lo que respecta a los niveles de clorofila (SPAD) revela que el clon CCN51 posee una capacidad superior de asimilación de nitrógeno bajo dosis medias con 37,23 SPAD, alcanzando picos fotosintéticos que superan a los clones nacionales evaluados.
- Según el análisis económico muestran resultados similares en el caso de los clones EET presentando beneficios netos negativos, en el caso del CCN-51 presentó valores positivos cada uno de los niveles aplicados, El clon CCN-51 con una fertilización medio obtuvo el mejor beneficio neto con \$7855,49, demostrado así que el material genético junto con los niveles de fertilización es efectivo para lograr una economía progresiva.
- Basado en los resultados alcanzados en la presente investigación se acepta la hipótesis alternativa (H_a), ya que, el uso de nutrientes en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*

L.) tiene efecto positivo en la producción., mostrando diferencias en la mayoría de las variables en estudio.

Recomendaciones

- Se recomienda a los productores de cacao de la parroquia Guasaganda la adopción prioritaria del clon CCN-51 debido a que presento un rendimiento significativamente superior en comparación con los clones EET-48 Y EET-62 los cuales mostraron una productividad marginal en las mismas condiciones de siempre.
- Se recomienda implementar programas de fertilización basados en análisis de suelo específico de cada clon, priorizando fórmulas que eviten el exceso de nutrientes, haciendo énfasis en dosis que optimicen el rendimiento y la eficiencia agronómica.
- Se recomienda integrar prácticas de fertilización con manejo fitosanitario, como podas, estrategias de manejo de enfermedades, esto debido a la alta incidencia de enfermedades en los clones evaluados.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, K., Quezada, J., Barrezueta, S., Garzón, V., & Carvaja, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 –2019. *Ciencias económicas y empresariales*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet- AnalisisEconomicoDeLaExportacionDelCacaoEnElEcuado-7926903.pdf>
- Briones, J. (2018). Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Nitrógeno (N) y Potasio (K) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2e54bbb8-d827-48d1-bb0f-1c9306d7e7bb/content>
- Jaraba , A., Álvaro , J., Vega, F., Urrego, J., Bautista, J., Puerta, J., . . . Herrán, L. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) nutrición y fertilización. compañía Nacional de Chocolates S.A.S. Obtenido de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2024/02/PDF_WEB_FOLLETO_NUTRICION_Y_FERTILIZACION.pdf
- Acebo, M., & Rodríguez, J. (2016). Estudios industriales orientación estratégica para la toma de decisiones; Industria de Cacao. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.espae.edu.ec/wp-content/uploads/2024/05/industriacacao.pdf>
- Agbesi, J., Arthur, A., Kweku, G., & Quaye, A. (2021). Efectos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes por cacao joven (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/350200451_Effects_of_Organic_and_Inorganic_Fertilizers_on_Growth_and_Nutrient_Uptake_by_Young_Cacao_Theobroma_cacao_L
- Agyeman, N., Kuffour, C., Novor, S., Abdul, K., & Gyasi, K. (2025). Evaluación de los efectos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las explotaciones cacaoteras campesinas: el caso de dos distritos agroecológicos de cultivo de cacao en Ghana. Obtenido de https://www.scirp.org/pdf/jacen_2750765.pdf
- Ahenkorah , Y., & Akrofi, G. (2015). El final del primer experimento de sombra y abono de cacao en el Instituto de Investigación del Cacao de Ghana. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00221589.1974.11514550>

- Alcivar, R. (2024). Efecto del boro, manganeso y zinc en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, Simón Bolívar - Guayas. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RODRIGUEZ%20ALCIVAR%20ASTRID%20RUDDY%20.pdf>
- Amaringo, M. (2018). Identificación de genotipos de cacao con capacidades superiores tolerantes a acidez del suelo en vivero en la estación experimental Juan Bernito. ICT. Tarapoto - Perú: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Obtenido de <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1bbdf4a9-167a-4c4c-8d3b-ade907621ad7/content>
- Amay, A. (2023). Efecto de tres dosis de biol sobre la floración de cacao (*Theobroma cacao*) CCN51 en el Cantón La Troncal. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AMAY%20FREIRE%20ANGEL%20ALFREDO.pdf>
- Amores, F., Ramos, R., Rhon, F., Sotomayor, K., & Vasco, A. (2020). Adaptación de clones de cacao (*Theobroma cacao* l.) tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AdaptacionDeClonesDeCacaoTheobromaCacaoLTipoNacio-8065045.pdf>
- Ardisana, E., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., & León, R. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). La Técnica. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ContenidoDeClorofilasTotalesEnDoceClonesDeCacaoThe-6723168%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ContenidoDeClorofilasTotalesEnDoceClonesDeCacaoThe-6723168%20(1).pdf)
- Armijo, A. (2015). Validación de tres métodos de propagación en cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional y trinitario en la Finca Experimental La Represa, UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3f54abf8-cce3-4aa3-827b-8852cc8395b5/content>
- Armijos , A., Quevedo , J., & García , R. (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en cacao CCN-51. Revista para la transformación agraria sostenible, 72-79. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/564/537>
- Avila, A., Campos, M., Guharay, F., & Camacho, A. (2013). Aprendiendo e innovando sobre el manejo de fertilidad de suelos cacaoteros. Lutheran World Relief. Obtenido de

- https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Guia_4_Fertilidad_de_Suelos.pdf
- Ayala, E., & Hernandez, A. (2024). Respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8627f785-0cf7-4145-91a2-d199f05d4cc8/content>
- Barba , T. (2024). Informe del análisis de los determinantes de la productividad de cacao (almendra seca) 2023. Proyecto Integral de Diversificación Agroproductiva y Reconversión Agrícola-PIDARA. Obtenido de https://pidara.mag.gob.ec/wp-content/uploads/2024/12/Informe_determinantes_productividad_cacao_2023.pdf
- Caballero, E., Jarma , A., & Paternina, E. (2015). Bromatología de *Brachiaria decumbens* Stapf y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst en suelos sulfatados ácidos en Córdoba, Colombia. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500011
- Caldas, K. (2022). Identificación de los principales insectos plagas y enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Milagro. Milagro - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALDAS%20AZU%20KEVIN%20JOSUE.pdf>
- Carmona, L., Gutiérrez, E., Henao, A., & Urrea, A. (2022). Nutrición en los cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.): Que factores que deben ser considerados? *Biotechnologías Aplicadas a Cultivos de Interés Socioeconómico*, 1-21. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-NutritionInCacaoTheobromaCacaoLCropsWhatDeterminin-8872506.pdf>
- Casierra, F., Ávila, O., & Riascos, D. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. *Temas Agrarios*, 60-71. Obtenido de <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/697/813>
- Cedeño, D., & Vera, E. (2017). Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. *Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/648/1/TA69.pdf>
- Cedeño, G., Veásquez, S., & Mendoza , J. (2022). Efectividad de fertilizantes de mezcla física, química y eficiencia mejorada sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51. Obtenido de

<https://www.espam.edu.ec/recursos/sitio/informativo/archivos/ponencias/vinculacion/i/s2/CV-02-020.pdf>

- Chavez, E., He, Z., Stoffella, P., & Moyano, B. (2015). Concentración de cadmio en granos de cacao y su relación con el cadmio del suelo en el sur del Ecuador. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715302990>
- Chimborazo, C. (2015). Caracterización in situ, de las variedades morfológicas presentes en el cultivo de cacao existente en la Provincia De Pastaza. Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/44/1/T.AGROP.B.UEA.1006>
- Córdova, Kevin ; Barrezuela , Salomón ; Carvajal, Héctor ; Quezada, Jessica. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el ecuador durante el periodo 2014 - 2019. doi:10.23857/pc.v6i3.2522
- Córdova, V., Sánchez, M., Estrella, N., Sandoval, E., & Ortiz, C. (2001). Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido francisco i. madero del plan chontalpa, Tabasco, México. Universidad y Ciencia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/154/15403405.pdf>
- Cuenca, E. (2019). Evaluación del uso eficiente de nutrientes en cuatro clones élite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de los Ríos Ecuador. Repositorio Universidad Nacional. Obtenido de <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/595d0422-e2fb-401f-a088-d502eb6242eb/content>
- Dostert, N., Gamarra, J., Cano, A., & La Torre, M. (2017). Hoja botánica: Cacao *Theobroma cacao* L. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/321796762_Hoja_botanica_Cacao_-_Theobroma_cacao_L
- Engracia, J. (2018). Evaluación de cuatro tipos de poda de mantenimiento en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) CCN-51 en la zona de Zapotal, provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/79a3fedf-9529-4a23-be93-b89244e3e487/content>
- Escobar, R. (2008). Comportamiento de seis clones de "cacao" (*Theobroma cacao* L.) en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de

- https://www.researchgate.net/publication/318390003_Comportamiento_de_seis_clones_de_cacao_Theobroma_cacao_L_en_Guasaganda_provincia_de_Cotopaxi_Ecuador
- Fernández, J., Bohórquez, W., & Rodríguez, A. (2016). Dinámica nutricional del cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732016000200017
- Fertilab. (2021). Importancia del calcio en la agricultura. Recuperado el 3 de Diciembre de 2025, de [https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Importancia_d el_calcio.pdf](https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Importancia_del_calcio.pdf)
- Fixen, P. (2010). Eficiencia de uso de nutrientes en el contexto de agricultura sostenible. *Informaciones Agronómicas*.
- García , A. (1 de Noviembre de 2020). Deficiencia de Nitrógeno (N) en Cacao. Recuperado el Noviembre de 2025, de <https://plantwisepiusknowledgebank.org/doi/full/10.1079/pwkb.20207800512>
- García, J., & Moreno, L. (2016). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122016000100007
- González et al. (2018). Manejo sostenible de la fertilidad en cacao nacional. *Revista Ciencias Agrarias*, 3, 98–107.
- González, P. (2015). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Obtenido de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuen cias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)
- Guerrero , F. (2019). Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* linnaeus) como Rubro para la Sustentabilidad de los Suelos. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5636/563659492005/html/>
- Herrera, R. (2019). Dinámica nutricional en interacciones NPK relacionada a características morfológicas y fisiológicas en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51. Loja – Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/86728bcb-ef6a-479f-ac04-6ed2096d7d41/content>

- Herrera, R., Vásquez, S., Granja, F., Molina, M., Capa, M., & Guamán, A. (2022). Interacción de n, p y k sobre características del suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la Amazonía ecuatoriana. *Bioagro*, 277-288. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-InteraccionDeNPYKSobreCaracteristicasDelSueloCreci-8554071.pdf>
- Imas, P., Kumer, S., & Perelman, A. (2022). El papel del potasio en la mejora de la eficiencia del uso de nutrientes en la agricultura. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-5199-1_13
- INIAP. (2023). Deficiencias nutricionales en cacao. Obtenido de <https://tecnologia.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/deficiencias.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2022). Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20ACAO%20SOSTENIBLE%20PARA%20LA%20AMAZONIA%20ECUATORIA%20N%C2%B0125.pdf>
- Kodad, O., & Socias, R. (2008). Densidad floral, cuajado y características de los frutos del almendro en relación al tipo de ramificación. *Información técnica Económica Agraria*. Obtenido de https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2008/104-4/433 ITEA_104-4.pdf
- Kongor, J., Owusu, M., & Oduro, C. (31 de octubre de 2024). La producción de cacao en la década de 2020: desafíos y soluciones. Obtenido de Artículo Científico: <https://cabiagbio.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43170-024-00310-6>
- Leiva, E. (2015). Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. Obtenido de <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/a445037e-64e1-4e4e-8c76-510073c7ee2c/content>
- Loor, R., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador. (Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/235953800_Origen_de_la_Domesticacion_d_el_cacao_y_su_uso_temprano_en_Ecuador_Origin_of_the_domestication_of_cacao_and_its_early_use_in_Ecuador
- Macay, J. (2023). Efectos del fósforo más zeolita en *Phytophthora palmivora* y *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Mocache – Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de

- <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fe445570-c095-47ee-ab08-a350a0f889ca/content>
- Macías , Á. (2022). Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51. Mocache – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/034c3675-f864-4913-917a-fbfff008cf0c/content>
- Marschner, P. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press ISBN, (3rd ed). Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=_ahKcXXQuAC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mineral+Nutrition+of+Higher+Plants+Marschner,&ots=QlktItca9Z&sig=kB5tm9-BXE3eA-BQPJW5_M3ZONk&redir_esc=y#v=onepage&q=Mineral%20Nutrition%20of%20Higher%20Plants%20Marschner%2C&f=f
- Mendoza, E., Cervantes, X., & Zamora, E. (2021). Recorrido histórico de la importancia del cacao para la economía de Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/eduardohernandez,+14.+Recorrido+hito_rico+de+la+importancia+del+cacao+para+la+economi_a+de+Ecuador.pdf
- Menjívar, J., Puentes , Y., & Cuenca, E. (2019). Uso eficiente de nutrientes en el cacao fino aromático en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472019000308963
- Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2024). Estudio de investigación sensorial sector cacao y derivados (Vol. 1). San Isidro, Lima, Perú. Obtenido de https://www.producepresarial.pe/wp-content/uploads/2024/09/89-Estudio-de-Investigacion-Sectorial-de-Cacao-y-sus-derivados-2023_02.09.2024-2.pdf
- Montes, M. (2016). Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, en la zona de Babahoyo. Babahoyo – Los Rios – Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/959e8d5e-bc03-45d4-bf37-88a923df234c/content>
- Ocampo, Á. (1 de Noviembre de 2020). Deficiencia de Potasio (K) en Cacao. Obtenido de <https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/10.1079/pwkb.20207800513>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2004). Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d81ae4cf-54e9-421d-8bac-d36719b2eaf0/content>
- Ortega, C. (2016). Nivel de incidencia de enfermedades en frutos de cacao en plantaciones con diferentes prácticas de manejo en Tingo María. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fd7093cc-21aa-424b-aabc-027932c6becd/content>
- Paspuel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a7840f34-cb9e-4a5d-8ff8-7a7cbe8fc814/content>
- Pasquel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a7840f34-cb9e-4a5d-8ff8-7a7cbe8fc814/content>
- Patiño, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia Colombiana. Revista U.D.C.A. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1643/2127>
- Pérez, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. InterSedes. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582013000300001
- Pinargote, M. (2015). Comportamiento productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Quevedo, 2014. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/624e4290-ae58-4906-94ec-f4f2be3fd4ee/content>

- Pineda, B. (2016). Precocidad de tres clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) En el CIPCA Provincia de Napo. Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/331/1/T.AGROP.B.UEA.1068.pdf>
- Plantwise. (2020). Deficiencia de Magnesio (Mg) en Cacao. Obtenido de <https://plantwisepplusknowledgebank.org/doi/pdf/10.1079/pwkb.20207800511>
- Plasencia, A., Vilchez, C., Ferrer, Y., & Veloz, C. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo *Moniliophthora roreri* y el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Ecuador continental. *Terra Latinoamericana*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792022000100703
- Progresar Caribe. (2021). Guía para la identificación y manejo de las deficiencias de nutrientes en el cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de <https://progresacaribe.info/wp-content/uploads/2021/09/Guia-de-cacao-CRS-borrador-3.pdf>
- Puentes, Y., Menjivar, J., Gómez, A., & Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122014000200007
- Rodríguez, G. (2024). Mecanismos de respuesta frente a la deficiencia de nutrientes en el cultivo de Cacao en la costa ecuatoriana.
- Rodríguez, P. (2019). “Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda San José, cantón Babahoyo. Babahoyo- Los Ríos- Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b8c96c95-8600-4728-b333-59d17d9d9e79/content>
- Rojas, J. (2017). Análisis de la producción de cacao fino de aroma y su impacto en las exportaciones a España 2012-2015. Quito - Ecuador: Universidad Internacional SEK. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2589/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Romero, A. (2020). Aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas y su influencia en la morfología, fisiología y productividad de cacao *Theobroma cacao* L. CCN51. Loja – Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fe54a126-6574-4628-93c9-6227053a3947/content>

- Rosas, G., Puentes, Y., & Menjívar, J. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia colombiana. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262021000100004
- Ruales, J., Burbano, H., & Ballesteros, W. (2011). Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revistas de Ciencias agrícolas*, 81-94. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaFertilizacionConDiversasFuentesSobreElRe-5104094.pdf>
- Sacoto, C., Alvarado, A., Farah, S., & Martillo, J. (2022). Caracterización morfológica del cacao nacional “*Theobroma cacao* L.” del cantón Naranjal, Ecuador. *Revista Tecnológica Espol*. Obtenido de <https://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/es/article/view/978/675>
- Salgado, S., Palma, D., Núñez, R., Lagunes, L., Debernardi, H., & Mendoza, R. (2006). Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Villahermosa. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/339016492/FERTILIZANTES-Y-ABONOS-ORGANICOS-pdf>
- Sánchez, Medina, Díaz, Ramos, Vera, & Vásquez. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador.
- Sánchez, T., David, P., & Salgado, S. (2016). Nutrición orgánica en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312538495_nutricion_organica_en_plantaciones_de_cacao_theobroma_cacao_l_en_tabasco_mexico
- Sánchez, V., Zambrano, J., Iglesias, C., Rodríguez, E., & Villalobos, V. (2019). La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/d8870c6d-fe17-44a1-bece-d772dfdf256f/content>
- Sarango, K. (2021). Respuesta del cultivo de cacao CCN-51 cultivado en suelos ácidos, frente a la aplicación de fertilizante mineral y orgánico. Universidad Técnica Particular de Loja. Obtenido de <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/cgi-bin/abnetclwo?METS=70157675858>
- Snoeck, & Dubos. (2018). Mejorando la gestión del suelo y los nutrientes para el cultivo del cacao. *Achieving sustainable cultivation of cocoa*, pp. 225–236. Obtenido de

- https://www.researchgate.net/publication/326992974_Improving_soil_and_nutrient_management_for_cacao_cultivation#fullTextFileContent
- Solano , B., & Vizúete , W. (2024). Eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) por la omisión de macronutrientes. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a2ba115a-1f8a-40c4-b021-98739a0738b9/content>
- Sosa, E. (2022). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco. Instituto Tecnológico de Huimanguillo. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/4206/1/Variaci%C3%B3n%20morfol%C3%B3gica%20de%20frutos%20y%20semillas%20de%20cacao%20%28Theobroma%20cacao%20L.%29%20de%20plantaciones.pdf>
- Tamayo, J., Carmona, L., & Urrea, A. (2022). Efecto de la concentración del potasio (K⁺) sobre el desarrollo morfológico y procesos fisiológicos de plántulas de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. *Bioteecnologías Aplicadas a Cultivos de Interés Socioeconómico*, 1-15. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaConcentracionDelPotasioKSobreElDesarroll-8872499.pdf>
- Ulloa, J. (2024). Efecto del sulfato de zinc y sulfato de magnesio en el cultivo de cacao en el Cantón Las Naves. Guayaquil - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ULLOA%20GARC%C3%8DA%20JOEL%20GEOVANNY.pdf>
- Uribe, A., Mendez, H., & Mantilla, J. (2005). Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia. Obtenido de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fertilizacion_del_cacao.pdf
- Valencia, P. (17 de junio de 2024). Precios altos del cacao y sus consecuencias para Ecuador: Un Análisis Integral. Obtenido de <https://ocaru.org.ec/precios-altos-del-cacao-y-sus-consecuencias-para-ecuador-un-analisis-integral/>
- Valenzuela, J. (abril de 2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de *Nutrición Y Fertilización*.
- Vera, H. (2014). Uso de la poda y fertilización para mejorar la compatibilidad del cacao nacional. Universidad Técnica Estatal del Quevedo. Obtenido de

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a79ba7d2-ed56-430e-92f1-1ccb05b85587/content>

Villalba, C., & Encina, A. (2024). El muestreo para análisis químicos de suelos en condiciones sub tropicales. *Revista Arandu Poty*. Vol. 3. Núm. 2, 10-17. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/A2_10_17.pdf