



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**EXTENSIÓN LA MANÁ**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EFICIENCIA AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.) POR LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de  
Ingeniero/a Agrónomo/a

**AUTORES:**

Solano Méndez Benjamin Juveall  
Vizuet Marcillo Wendy Marisol

**TUTOR:**

Ing. Jonathan Bismar López Bósquez, Mgs.

**LA MANÁ - ECUADOR**  
**FEBRERO-2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Solano Méndez Benjamín Juveall, con cédula de ciudadanía No. 0504091554, Vizuite Marcillo Wendy Marisol, con cédula de ciudadanía No. 0504258534 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “EFICIENCIA AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao L.*) POR LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES”**, siendo el Ing. Jonathan Bismar López Bósquez Mgs., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi 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 nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, febrero 21 del 2024



Benjamín Juveall Solano Méndez  
C.C. 0504091554



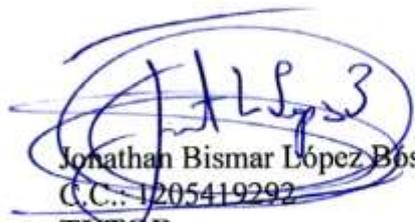
Wendy Marisol Vizuite Marcillo  
C.C. 0504258534

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

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

**“EFICIENCIA AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao L.*) POR LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES”**, de Solano Méndez Benjamín Juveall; Vizucte Marcillo Wendy Marisol, 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, 21 de febrero de 2024



Jonathan Bismar López Bósquez  
C.C.: 1205419292  
**TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribuna de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentaria emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná; por cuanto, los postulantes: Solano Méndez Benjamin Juveall; Vizuite Marcillo Wendy Marisol, con el título de Proyecto de Investigación: **“EFICIENCIA AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.) POR LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

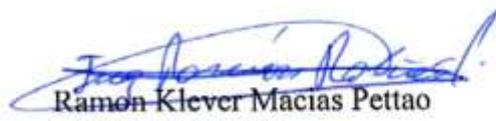
Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 21 de febrero del 2024

Para la constancia firman:



Alex Enrique Salazar Saltos  
C.C: 1803595584  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ramon Klever Macias Pettao  
C.C: 0910743285  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Eduardo Fabián Quinatoa Lozada  
C.C: 1804011839  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente, quiero empezar agradeciéndole a Dios, quien fu aquel que con su bendición día a día me permitió y me dio esa fuerza, ese valor de seguir adelante, afrontando problemas, obstáculos y miedos a lo largo de todo este camino que me ha tocado recorrer en mi carrera universitaria.*

*Lo cual de la misma manera expresar un grandioso agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná por todas esas enseñanzas que nos brindan a cada uno de los que somos estudiantes, también a todos los docentes que conforman y son parte de la carrera de Agronomía ya que son aquellos los que nos ayudaban a formarnos como profesionales.*

*Finalmente me dirijo extendiéndole un enorme agradecimiento por su apoyo, por su amistad, por sus consejos y por toda esa paciencia que llego a tenerme en toda esta trayectoria como es al Ingeniero Jonathan López y al Ingeniero Wellington Pincay Ronquillo, gracias por todo ese apoyo gracias.*

**Benjamín**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente, agradezco a Dios por un día más de vida, agradezco los consejos dados, el cariño, la paciencia, la colaboración, afecto y ayuda, de un gran equipo que formamos en mi tesis, que no solo fue de trabajo sino de amistad, y una gran solidaridad que se mantuvo firme durante todo este tiempo compartido. Incluyo en este agradecimiento a mi amigo, compañero de aventuras, locuras, trabajos, proyectos y en especial de tesis, por siempre darme las fuerzas y el apoyo mutuo para este gran proyecto que estamos por terminarlo juntos.*

*A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, por haberme abierto las puertas de su institución para poder haber aprendido todo lo que se gracias a cada uno de mis ingenieros de mi carrera, por la enseñanza brindada, en fin, a todas las autoridades de la institución.*

*Desde mi corazón mis más sinceros agradecimientos a cada uno que con un mensaje llamada u oración estuvieron pendiente de mí, mil bendiciones y gracias.*

**Wendy**

## **DEDICATORIA**

*Infinitamente este logro va dedicado a mi mamá Blanca Méndez y a mi tía Cristina Alvarado grandes mujeres que desde el día uno me enseñaron a valorar me enseñaron hacer fuerte y a luchar por todo lo que uno se propone en la vida, día a día con su amor, con su paciencia, con su apoyo incondicional, hoy en día me han permitido cumplir mi sueño tan anhelado a mis primas Erika y Wendy que me apoyaban en todo lo que ellas podían, todo por verme triunfar y todo fue posible y estoy agradecido porque dentro de toda mi carrera universitaria conocí a grandes personas, a grandes amigos que con una palabra de aliento yo me sentía contento, porque me daba cuenta que no estaba solo.*

*Llegue a entender que el camino fue largo, complicado, pero jamás fue imposible, gracias familia Méndez Alvarado por todo su apoyo y por toda esa confianza que derramaron en mí y aquí estoy agradecido con Dios y con ustedes por este logro.*

**Benjamín**

## **DEDICATORIA**

*A dios, a mis padres que son mi pilar fundamental para este gran logro, Madre gracias por guiarme por el camino del bien, tu presencia día a día es fundamental en mi vida y en mis logros todo esto es gracias a ti, mi preciosa, incomparable la mejor mama con tu amor todo se pudo, con enojos y habladas con tu gran ayuda lo logramos mamá, espero nunca me llegues a faltar mamá.*

*A alguien muy especial que desde el Cielo me está ahora cuidando Hermano de corazón Darwin Martínez, serás inolvidable donde seas que estés, tu presencia crece cada día en mi alma.*

*A mis amigos, familiares, a las personas más allegadas a mí y a mi persona especial, también a mi abuelita Laura, a mis tías que no están con nosotros, pero sé que se sienten orgullosa de mi arriba en el Cielo.*

**Wendy**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## EXTENSIÓN LA MANÁ

### TÍTULO: “EFICIENCIA AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao L.*) POR LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES”

**Autores:**

**Solano Méndez Benjamin Juveall**

**Vizueté Marcillo Wendy Marisol**

#### RESUMEN

La investigación fue desarrollada en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, se planteó el siguiente objetivo, Evaluar la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial 3 x 5, donde A son los clones de cacao (EET-103; EET-544 y EET-62) y B son las omisiones de macronutrientes, con un total de 15 tratamientos y cuatro repeticiones, conformando un total de 60 unidades experimentales. En el proyecto se evaluaron las siguientes variables; registro de mazorcas sanas y enfermas, incidencia de enfermedades, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso seco de 100 semillas, peso de grano fresco/árbol (kg), rendimiento (kg/ha) y eficiencia agronómica. Los resultados obtenidos demostraron que, sin la presencia de la omisión de macronutrientes, el cultivo de cacao puede verse afectado considerablemente, reduciendo su rendimiento, independientemente de los clones utilizados, demostrando que son indispensables para obtener efectos positivos en el cultivo de cacao.

**Palabras claves:** Clones, macronutrientes, variables, eficiencia,

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**LA MANÁ EXTENSION**

**TITLE: "AGRONOMIC EFFICIENCY AND YIELD OF NATIONAL CACAO  
(*Theobroma cacao L.*) DUE TO THE OMISSION OF MACRONUTRIENTS"**

**Autores:**  
**Solano Méndez Benjamin Juveall**  
**Vizquete Marcillo Wendy Marisol**

**ABSTRACT**

The research was developed at the “Sacha Wiwa” Experimental Center, Guasaganda parish, La Maná canton, Cotopaxi province. The following objective was set: To evaluate the agronomic efficiency and yield of national cacao (*Theobroma cacao L.*) due to the omission of macronutrients. A completely randomized block design was used with a 3 x 5 factorial arrangement, where A are the cocoa clones (EET-103; EET-544 and EET-62) and B are the omissions of macronutrients with a total of 15 treatments and four repetitions, so conforming a total of 60 experimental units. The following variables were evaluated in the project: record of healthy and diseased ears, disease incidence, ear length, ear diameter, dry weight of 100 seeds, weight of fresh grain/tree (kg), yield (kg/ha), and agronomic efficiency. The obtained results demonstrated that without the presence of macronutrient omission, the cocoa crop can be considerably affected. Consequently, its yield is reduced regardless of the clones used, so demonstrating that they are essential to obtain positive effects in the cocoa crop.

**Keywords:** Clones, macronutrients, variables, efficiency.

## ÍNDICE

DECLARACION DE AUTORIA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION.....	iii
APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION .....	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	v
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	vi
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 .....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo general .....	5
6.2. Objetivos específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
8.1. En que consiste la omisión .....	7
8.2. Origen del cacao .....	7
8.3. Importancia del cacao en Ecuador.....	7
8.4. Principales países productores de cacao.....	9
8.5. Clasificación taxonómica del cacao .....	9

8.6. Descripción botánica del cacao .....	10
8.7. Grupos genéticos de cacao .....	11
8.7.1. Cacao criollo.....	11
8.7.2. Cacao forastero .....	12
8.7.3. Cacao trinitario .....	12
8.7.4. Clon EET-103 .....	13
8.7.5. Clon EET-544 .....	13
8.7.6. Clon EET-62 .....	13
8.8. Requerimientos ambientales del cultivo de cacao .....	14
8.9. Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao .....	15
8.10. Macronutrientes .....	16
8.10.1. Nitrógeno .....	17
8.10.2. Fósforo.....	17
8.10.3. Potasio .....	18
8.11. Enfermedades en cacao.....	19
8.11.1. Monilla ( <i>Moniliophthera roleri</i> ).....	19
8.11.2. Mazorca negra ( <i>Phytophthora sp.</i> ) .....	20
8.11.3. Escoba de bruja ( <i>Moniliophthera perniciosa</i> ) .....	20
8.12. Podas.....	21
8.13. Antecedentes investigativos.....	21
9. HIPÓTESIS .....	22
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
10.1. Ubicación y duración del proyecto .....	23
10.2. Condiciones agrometeorológicas.....	23
10.3. Tipos de investigación .....	23
10.3.1. Cuantitativa.....	23
10.3.2. Experimental.....	23

10.3.3. Documental.....	24
10.4. Técnicas .....	24
10.5. Materiales y equipos .....	24
10.5.1. Características del material vegetal utilizado en la investigación .....	24
10.5.2. Otros materiales y equipos .....	24
10.6. Factores de estudio .....	25
10.7. Tratamientos en estudio .....	25
10.8. Diseño experimental .....	26
10.9. Esquema de análisis de varianza .....	26
10.10. Manejo del experimento .....	27
10.10.1. Poda en el cacao y eliminación de musgos.....	27
10.10.2. Fertilización .....	27
10.10.3. Registro de variables .....	28
10.10.4. Registro de mazorcas sanas y enfermas .....	28
10.10.5. Incidencia de enfermedades.....	28
10.10.6. Longitud de mazorca .....	28
10.10.7. Diámetro de mazorca.....	29
10.10.8. Peso seco de 100 semillas.....	29
10.10.9. Peso de grano fresco/árbol (kg).....	29
10.10.10. Rendimiento (kg/ha).....	29
10.10.11. Eficiencia agronómica .....	29
10.10.12. Análisis económico.....	30
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas.....	31
11.2. Incidencia de enfermedades.....	33
11.3. Longitud de mazorcas.....	35
11.4. Diámetro de la mazorca .....	36

11.5. Peso seco de 100 semillas.....	38
11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg) .....	40
11.7. Rendimiento (kg/ha) .....	42
11.8. Eficiencia agronómica .....	44
11.9. Análisis económico .....	45
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS) .....	47
13. PRESUPUESTO.....	48
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
15. BIBLIOGRAFÍA .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades y sistemas de tareas entorno a los objetivos planteados.....	6
<b>Tabla 2.</b> Principales países productores de cacao. ....	9
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía del cultivo de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ). ....	9
<b>Tabla 4.</b> Exigencias nutricionales del cacao en sus diferentes etapas.....	16
<b>Tabla 5.</b> Condiciones agrometeorológicas del Centro Experimental "Sacha Wiwa" .....	23
<b>Tabla 6.</b> Características del material vegetal utilizado en la investigación .....	24
<b>Tabla 7.</b> Insumos y equipos.....	25
<b>Tabla 8.</b> Descripción de los tratamientos en estudio.....	26
<b>Tabla 9.</b> Esquema de análisis de varianza.....	27
<b>Tabla 10.</b> Fertilización realizada en la investigación.....	28
<b>Tabla 11.</b> Registro de mazorcas sanas y enfermas en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes .....	31
<b>Tabla 12.</b> Incidencia de enfermedad en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes .....	33
<b>Tabla 13.</b> Longitud de mazorca (cm) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes .....	35
<b>Tabla 14.</b> Diámetro de la mazorca (cm) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes .....	37
<b>Tabla 15.</b> Peso seco de 100 semillas en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes .....	39
<b>Tabla 16.</b> Peso de grano fresco/árbol (kg) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes. ....	41
<b>Tabla 17.</b> Rendimiento (kg/ha) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes.....	43
<b>Tabla 18.</b> Análisis económico en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) por la omisión de macronutrientes.....	46
<b>Tabla 19.</b> Presupuesto utilizado en la investigación .....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Promedio de mazorcas sanas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional .....	32
<b>Gráfico 2.</b> Promedio de mazorcas enfermas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional.....	32
<b>Gráfico 3.</b> Promedio del total de mazorcas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional .....	33
<b>Gráfico 4.</b> Promedio de incidencia de enfermedades por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional .....	34
<b>Gráfico 5.</b> Promedio en la longitud de mazorca por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional.....	36
<b>Gráfico 6.</b> Promedio en el diámetro de mazorca por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional .....	38
<b>Gráfico 7.</b> Promedio del peso seco de 100 semillas por la omisión de macronutrientes en tres tipos de clones de cacao nacional .....	40
<b>Gráfico 8.</b> Promedio del peso de grano fresco/árbol (kg) por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional.....	42
<b>Gráfico 9.</b> Promedio en el rendimiento (kg/ha) por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional.....	44
<b>Gráfico 10.</b> Eficiencia Agronómica .....	45

**1. INFORMACIÓN GENERAL****Título del proyecto:**Eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes**Fecha de inicio:**

Octubre 2023

**Fecha de finalización:**

Febrero 2024

**Lugar de ejecución:**Centro Experimental "Sacha Wiwa"  
Guasaganda, La Maná**Facultad que auspicia:**Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Recursos Naturales**Carrera que auspicia:**

Agronomía

**Proyecto de investigación:**

Sector agrícola

**Equipo de trabajo:**Solano Méndez Benjamin Juveall  
Vizuite Marcillo Wendy Marisol  
Ing. Jonathan López Bósquez, Mgs.**Área de conocimiento:**

Agricultura, silvicultura y pesca

**Línea de investigación:**

Producción agrícola sostenible

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene una gran importancia socioeconómica tanto en América Latina y el Caribe, el continente africano el principal productor de cacao a nivel mundial, siendo sus principales países productores, Camerún con una producción de 290.000 toneladas en los años 2020 y 2021, Costa de Marfil con 2,25 millones de toneladas y Ghana una producción de más de un millón de toneladas (Orús, 2022),

Los macronutrientes primarios son de suma importancia para la producción de los cultivos, por lo que el NPK, brinda una respuesta positiva para el desarrollo de los cultivos, por lo que al omitir alguno de los elementos, limitará el crecimiento adecuado de las plantas, por lo que se debe realizar un adecuado plan de fertilización, por lo que se debe conocer la relación suelo - planta, con la finalidad de realizar una fertilización adecuada, evitando desórdenes nutricionales (López *et al.* 2015).

En Ecuador la industria cacaotera genera grandes riquezas a nivel nacional, ubicándolo en una buena posición dentro del mercado internacional, ya que el país presenta factores favorables como lo son las unidades de producción individuales y las asociativas, un mejor desarrollo de la industria casera y de los elaborados, lo que ha permitido el incremento del consumo local e internacional, siendo el cacao ecuatoriano, una materia prima indispensable para la elaboración de los derivados, convirtiéndola en una materia reconocida a nivel mundial (Zambrano & Chávez , 2018).

A nivel Nacional se siembra el cacao en 21 de las 24 provincias, esto es debido la ubicación geográfica que se encuentra el país y las condiciones edafoclimáticas favorables que se presentan durante todo el año, esto hace que el cultivo tenga un buen desarrollo, en el año 2019, se estimó una producción de 313.000 toneladas con un rendimiento de 0,63 toneladas por hectárea (Silva *et al.* 2022).

El cultivo de cacao, como otros cultivos, dependen de diversos factores para su rentabilidad, entre ellos un buen plan de fertilización permitirá aumentar los nutrientes, con ello se aumenta la fertilidad de los suelos, aportando los nutrientes esenciales para que el cultivo alcance su pleno desarrollo, aumentado así los rendimientos de los agricultores (Figueroa, 2012).

Sobre la base de estos antecedentes, la presente investigación, tiene un enfoque, en conocer la variación agronómica y el rendimiento de los clones de cacao tipo nacional, mismos que serán

omitidos a la fertilización de macronutrientes primarios, por lo que, se busca determinar la diferencia entre los resultados obtenidos y la aplicación de los macronutrientes.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El cacao es uno de los principales productos de exportación de Ecuador, este sector emplea alrededor del 5% de la población rural, que se encuentra económicamente activa, siendo una de las bases fundamentales en la economía familiar, teniendo un impacto significativo dentro de la economía del país, al ser un cultivo que tiene un gran impacto a nivel nacional, debe contar con un buen plan de fertilización con macronutrientes, siendo estos elementos indispensables para el desarrollo de la planta, con la finalidad de obtener rendimientos óptimos (Garzón, 2023).

Los productores de cacao en su mayoría son pequeños, mismos que cuentan con una superficie menor a 10 hectáreas, mismas plantaciones conforman sistemas asociados con plátano y frutales, por otro lado, los considerados grandes productores son los que tienen un sistema de monocultivo, mismos que son un grupo minoritario de productores el país tiene un total de 590,579 ha plantadas de las cuales 527,327 ha son cosechadas mismas que están destinadas a las exportaciones (García *et al.* 2021).

Una de las ventajas que posee el cacao, en su mayoría se utiliza como materia prima o a su vez como semielaborados de alta calidad, como licor, manteca, polvo, por lo que todo cacao ecuatoriano está destinado a la elaboración de los derivados ya mencionados y a la exportación, por lo que la fertilización con macronutrientes es una alternativa fiable para la producción del cacao, ya que brinda los nutrientes necesarios para un óptimo rendimiento, por lo que al prescindir de algún elemento, la planta presentara efectos negativos en su producción, siendo el cacao ecuatoriano significativo dentro de la participación en el comercio internacional, figurando como uno de los mejores cacaos producidos (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao [ANECACAO], 2020).

Por lo ya mencionado, el proyecto denominado eficiencia agronómica del cultivo de cacao nacional (*Theobroma cacao L*) por la omisión de macronutrientes, busca brindar nuevos métodos para mejorar los rendimientos y calidad de sus cultivos de cacao, por lo que una fertilización adecuada es muy importante para poder obtener buenas producciones, además, un buen uso de los macronutrientes ayudará a acelerar la producción, lo que mejorará la rentabilidad para los diferentes productores cacaoteros.

## **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

### **4.1. Beneficiarios directos**

Una vez culminada la investigación, los beneficiarios directos son los miembros del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” y los agricultores que se encuentran en la zona de Guasaganda, por lo que tendrán nuevas alternativas para mejorar la producción del cultivo de cacao, además, esta investigación ayudara para que adquieran más conocimientos sobre la utilización de los macronutrientes.

### **4.2. Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos son los estudiantes de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que la presente investigación brindara los conocimientos y experiencias sobre los usos y beneficios de la omisión de macronutrientes en el cultivo de cacao, dando alternativas para mejorar la rentabilidad de los cultivos.

## **5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

El uso de fertilizantes es una práctica necesaria para la agricultura, pero el uso excesivo de fuentes nitrogenadas y fosfatadas al rededor del mundo ha ocasionado una serie de problemas, como la erosión del suelo, la salinización del suelo, la reducción de los nutrientes, la contaminación del agua y del aire, y el deterioro de la salud de las personas que los aplican. Además, ha provocado impactos negativos en el ambiente, lo que ha llevado a pérdidas económicas para los agricultores (Hidalgo , 2017). La serie de cambios climáticos que se está presentado a nivel mundial, afecta a la agricultura, causando impactos negativos en la agricultura, como son los cambios hidrológicos y sequías, como consecuencia de esto los rendimientos de los cultivos se ve afectado (Reddy, 2015). Además, la calidad de los suelos se está degradando debido al exceso de carga química, mismo que son aplicados sin control, por lo que el suelo va perdiendo su fertilidad, lo que ha generado diversos problemas en los ecosistemas en todo el mundo, ocasionando grandes pérdidas económicas (Hernández & Hansen, 2011).

El cultivo de cacao es uno de los más importantes en todo el mundo, siendo el cultivo que presenta condiciones ideales poder fortalecer el sector agrícola, sin embargo, la poca información de las prácticas agrícolas ha producido bajos rendimientos, además, para la mayoría de productores no conocen el uso adecuado de los nutrientes, otro factor que se presenta es que el cultivo no cuenta la suficiente inversión por parte de los productores, por eso es necesario presentar un buen manejo en los macronutrientes, con la finalidad de obtener resultados gradualmente con las omisiones de algunos de los elementos (Carmona *et al.* 2022).

La parroquia Guasaganda del cantón La Maná, zona dedicada a la agricultura, donde podemos encontrar el cultivo de cacao que es de gran importancia económica para los productores de la parroquia, el problema que se ve reflejado en las distintas plantaciones de cacao es que en su manejo no presentan un buen plan de fertilización, por lo que desconocen de los nutrientes que están presentes en el suelo y por ende la aplicación de los químicos muchas veces son aplicados en exceso, afectando el suelo y muchas veces afectando a la planta debido a las elevadas aplicaciones de los nutrientes.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes.

### **6.2. Objetivos específicos**

- Determinar los cambios agronómicos de la mazorca de cacao nacional mediante la omisión de macronutrientes.
- Evaluar la influencia de los macronutrientes en la incidencia y severidad de las enfermedades de cacao nacional.
- Establecer las diferencias en la eficiencia agronómica por efecto de la omisión con macronutrientes en cacao nacional.
- Conocer los efectos de la omisión de macronutrientes en la producción de cacao nacional.
- Realizar un análisis costo/beneficio de la fertilización de macronutrientes en cacao nacional.

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

**Tabla 1.** Actividades y sistemas de tareas entorno a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Determinar los cambios agronómicos de la mazorca de cacao nacional mediante la omisión de macronutrientes	*Establecimiento de las parcelas *Aplicación de macronutrientes	*Registro de variables: diámetro de la mazorca (cm), longitud de la mazorca (cm), peso de 100 semillas, peso de grano fresco.	Fotos, libro de campo, Excel
Evaluar la influencia de los macronutrientes en la incidencia y severidad de las enfermedades de cacao nacional	*Registro de variables fitosanitarias para determinar la incidencia y severidad	*Datos de la incidencia de las enfermedades en el cultivo de cacao	Fotos, libro de campo, Excel
Establecer las diferencias en la eficiencia agronómica por efecto de la omisión de macronutrientes en cacao nacional.	*Aplicación de ecuación con variable, peso de almendra y la cantidad de macronutrientes aplicados.	*Análisis de peso de almendras y la cantidad de macronutrientes aplicados.	Fotos, libro de campo, Excel
Conocer los efectos de la omisión de macronutrientes en la producción de cacao nacional	*Registro de variables de producción	*Datos obtenidos de la producción	Fotos, libro de campo, Excel
Realizar un análisis de costo/beneficio de la fertilización de macronutrientes en cacao nacional	*Registro de gastos y venta de cacao	*Análisis de los costos/benéficos, gastos realizados por tratamientos	Fotos, libro de campo, Excel

Elaborado por: Solano & Vizueté (2024)

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. En que consiste la omisión**

La omisión de nutrientes es utilizada para determinar el impacto que tiene no aplicar un elemento sobre el rendimiento de los cultivos, por lo que las omisiones de nutrientes disminuyen la absorción de otros elementos presentes en el suelo, logrando que la planta tenga un menor desarrollo y rendimiento (Valarezo *et al.* 2022).

### **8.2. Origen del cacao**

El cacao tuvo origen en las cuencas del río Amazonas, conformando un triángulo con Brasil, Colombia y Ecuador, siendo una especie que se desarrolló de manera espontánea, su distribución se dio mediante aves, animales y las comunidades indígenas nómadas, quienes fueron los que ayudaron a transportar las semillas a otras regiones de América, sitio donde el cacao se fue desarrollando de manera silvestre, así llegó a Centroamérica, donde las poblaciones ancestrales utilizaban el cacao en sus rituales, tiempo después el grano fue utilizado como moneda, siendo utilizados para tributos e impuestos, en las expediciones realizadas en el Amazonas se han encontrado una gran diversidad de especies de *Theobroma*, confirmando el origen del cacao en dicha región geográfica (Jaraba *et al.* 2021).

El cacao etimológicamente proviene de las palabras mayas “Kaj” que significa amargo y “Kab” que significa jugo, con la unión de las palabras surgió “Kajbab” donde se derivó el término “cacaualt” para posterior transformarse en la palabra cacao, desde entonces el cacao fue consumido como una bebida la cual era llamada xocoatl, lo cual originó una alta demanda del grano (Coronel & Landetta, 2009)

El cacao fue designado como *Theobroma cacao* en el siglo XVIII por el botánico Carlos Linneo, al ser un cultivo neotropical de hojas perennes, los olmecas, fueron los primeros en domesticar al cultivo de cacao, seguidos por los mayas, en las culturas precolombinas los granos de cacao eran utilizados como una moneda (Hernández, 2018).

### **8.3. Importancia del cacao en Ecuador**

Ecuador figura como el primer productor de cacao de América Latina y en el puesto cinco a nivel mundial, informes que ha realizado la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la producción de cacao ecuatoriano es de alta demanda en la

actualidad, la producción nacional varía de 180 y 260 kilogramos por hectárea al año, también, su madurez es más lenta en comparación con otros tipos de cacao, lo que representa el 4% del consumo mundial, con una tasa de crecimiento del 5 y 10%, siendo reconocido por la industria de la confitería en países como Suiza y Bélgica, en los sitios que mayormente se cultiva el cacao es en el Oriente y en la Costa Ecuatoriana, zonas que presentan una baja altitud y un clima húmedo, siendo alta la producción en el país (Gómez, 2016).

Según Carrera (2014), el banco de desarrollo de América Latina, Ecuador es el que lidera mundialmente en cuanto a las exportaciones y producción del cacao fino de aroma, con más del 60% de la oferta mundial, siendo uno de los rubros más importantes de la economía ecuatoriana, de acuerdo a los datos presentados por el Banco Central del Ecuador, menciona que el cacao es el sexto producto agrícola exportado, por lo tanto, es uno de los principales productores de cacao en el mundo.

La comercialización de los granos de cacao se puede dirigir tanto como al mercado interno como externo, ya sea crudo, en residuos, tostado o industrializado, cacao en polvo, tortas o licor, el cacao que es comercializado es catalogado según los parámetros de calidad: arriba superior summer selecto (ASSS), arriba superior summer plantation selecta (ASSPS), arriba superior navidad (ASN), arriba superior selecto (ASS), arriba superior época (ASE) siendo este último de menor calidad, en Ecuador la mayoría del cacao exportado corresponde al cacao arriba, las tendencias del mercado han progresado con el tiempo, con respecto al consumo del cacao de alta calidad, por lo que se han incrementado debido a la pandemia que se presentó en todo el mundo, sin embargo, la oferta del cacao fino de aroma es mínima en comparación con la oferta mundial del cacao, representando el 5%, dichas variedades son producidas por Indonesia, Ecuador, Colombia, Papúa, Nueva Guinea, Venezuela, los cuales Ecuador es el que ocupa el primer puesto como exportador (Espinosa, 2018).

El cacao fino de aroma es un producto que es muy cotizado a un precio superior al cacao tradicional, aproximadamente en un 7 y 28% adicional, el precio el cual se lo puede adquirir, se da porque es un cacao premium, además, fluctúa también por el cambio climático, por las plagas y enfermedades que lo pueden afectar, dichos factores influyen considerablemente en la producción de este cultivo, causando pérdidas en un 30% de la producción mundial, sumando también la disponibilidad de las reservas del producto (Mendoza *et al.* 2021).

#### 8.4. Principales países productores de cacao

Los principales productores son además los mayores exportadores, la producción de cacao de Costa de Marfil tuvo una valoración de aproximadamente 2.960 millones de dólares para el año 2021, posicionándose como el principal productor de cacao a nivel mundial, el segundo y tercer lugar lo ocupan Indonesia y Ecuador respectivamente (Orús , 2023).

**Tabla 2.** Principales países productores de cacao.

<b>Países</b>	<b>Valor de la producción (\$)</b>
Costa de Marfil	2.959.066
Indonesia	1.353.281
Ecuador	714.281
Ghana	704.221
Camerún	625.458
Brasil	469.555
Perú	369.853
Venezuela	340.819
República Dominicana	186.159
Colombia	167.321
Nigeria	86.699
México	66.512

Fuente: (Orús , 2023)

#### 8.5. Clasificación taxonómica del cacao

La taxonomía del cultivo de cacao es la siguiente:

**Tabla 3.** Taxonomía del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Tracheobionta
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Familia:</b>	Malvaceae
<b>Género:</b>	<i>Theobroma</i>
<b>Especie:</b>	<i>Cacao</i>
<b>Nombre científico:</b>	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (Paredes *et al.* 2022)

## 8.6. Descripción botánica del cacao

El árbol de cacao en estado silvestre puede llegar a tener una altura de hasta 20 metros, mientras que las plantas que ya hayan sido injertadas alcanzan una altura de unos 4 a 7 metros, por otro lado, las plantas que fueron obtenidas mediante la reproducción vegetativa como son los injertos presentan varias raíces secundarias con lo que se forma una aglomeración compacta cerca de la base del tallo, en el caso de las plantas que hayan sido sembradas mediante semillas presentan una raíz pivotante (Enríquez, 2010).

La raíz principal de la planta de cacao es pivotante, puede llegar a medir hasta 2 metros, en el caso de las raíces laterales o secundarias se las puede encontrar en los primeros 30 centímetros del suelo alrededor del tronco de la planta, su forma y longitud varía de acuerdo a las características que el suelo presente, como su textura, estructura y su porosidad (Chávez, 2020).

Las hojas de la planta de cacao son de tipo coriáceas, simples, enteras, con una forma ovadas, ligeramente asimétricas, tienen aproximadamente de 17 a 48 cm de largo y de 7 a 10 cm de ancho, en ocasiones están alternas o ligeramente pubescentes en las dos caras, su base es redonda, el ápice es largo, el peciolo es de aproximadamente 14 a 27 mm de largo y sus estípulas son rectas y caducas (Zhang *et al.* 2009).

En el caso de las flores se distribuyen sobre el tronco y las ramas principales, la flor es pentámera y está sostenida por un pedicelo que es largo y fino, posee cinco sépalos de un color blanco o de un tono rosado que tienen una forma de estrella, el tubo estaminal está formado por cinco estambres los cuales son fértiles, están doblados hacia la parte exterior donde son ubicados los sacos polínicos, en el caso del ovario es un ovoide que cuenta con cinco celdas, las cuales están compuestas por 30 y 50 óvulos, el estilo es de forma cilíndrica de un color blanco, la cantidad de flores que se pueden presentar dependerá del genotipo utilizado, además, pueden influir los factores ambientales, no todas las flores presentes son fecundadas, solo el 5% producen frutos (Bartley, 2005).

Los frutos del cacao o más conocidos como mazorcas, son una drupa grande, son sostenidas por un pedúnculo que no es muy largo, el cual es originario del pedicelo de la flor, los frutos pueden variar su tamaño, forma, color, esto dependerá de la variedad genética que se utilizara, cuando los frutos están en estado verde pueden tener una coloración verde, rojizos y cafés, en cambio, cuando están en estado de madurez son de un color amarillo, café amarillento y un

rojizo anaranjado, algunos tienen surcos marcados y otros son lisos, esto varía de acuerdo de la variedad por lo que se pueden presentar de 5 a 10 surcos (Batista, 2009).

Las semillas del cacao son de forma oblonga, ligeramente comprimidas, con un tamaño de 20 a 30 mm de largo y de 12 a 16 mm de ancho con un grosor de 7 a 12 mm, también pueden ser aplanadas, esto dependerá del tipo de material genético que se está utilizando, el número de semillas en cada mazorca va a depender del número de óvulo de cada ovario, poseen un recubrimiento que ayuda a proteger los cotiledones, además, el color de las semillas varía según el genotipo a utilizar, ya que pueden ser de color blanca, moradas o presentar ambas coloraciones (Enríquez, 2010).

## **8.7. Grupos genéticos de cacao**

Se conoce tres tipos de cacao; Criollos, Forasteros y Trinitarios, sin embargo, investigaciones realizadas por Motamayor *et al.* (2008), lograron identificar alrededor de 10 grupos genéticos de cacao, logrando así una clasificación más precisa, por otra parte, investigaciones realizadas por Lanaud *et al.* (2019), menciona otros dos cultivares tradicionales, Nacional, Amelonado, la variedad Nacional es la que mayor interés presenta debido por su calidad y antigüedad, en el caso de Ecuador está presente al sur de la Amazonía, se estima que estuvo hace más de 5.000 años.

### **8.7.1. Cacao criollo**

El cacao criollo es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela, es conocido por sus granos dulces y de un aroma intenso, por lo que de cada 100 granos producidos a nivel mundial 5 granos son de cacao criollo, siendo este una materia prima ideal para la elaboración de chocolates fino, el término criollos fue atribuido por los conquistadores españoles, este tipo de cacao tiene flores con estaminodios de un color rosado pálido, sus mazorcas son de un color rojo o amarillo cuando están en estado de madurez, cuentan con diez surcos profundos, rugosos y punteados, sus cotiledones presentan un color blanco o un violeta pálido, este tipo de cacao requiere de 2 a 3 días para poder fermentar, presenta un olor aromático, por lo que se lo designa dentro de las comercializaciones como un cacao fino, actualmente no existen muchos árboles criollos puros, este tipo de cacao se lo puede encontrar en el norte de Ecuador, Venezuela, Colombia y Centroamérica, sus almendras son de un color blanco (Suárez *et al.* 2015).

### **8.7.2. Cacao forastero**

Este tipo de cacao es originario de la cuenca amazónica y son producidos en los cuatro continentes, África, Asia, América y Oceanía, este tipo de cacao se caracteriza por presentar frutos ovalados y un poco cortos, su color varía de verde a amarillo al madurar, sus granos son pequeños y aplanados, con un color púrpura, sobre este tipo de cacao existen una diversidad de variedades genéticas (Arevalo *et al.* 2017)

El cacao forastero tiene su origen en África, debido a esto se le dio el nombre de forastero, porque “viene de afuera”, siendo este cacao el más cultivado del mundo, se caracteriza por presentar un aroma ácido y un sabor fuerte, su producción es mayor en comparación a otros tipos de cacao, sin embargo, este cacao no es considerado como fino de aroma, por lo que se debe mezclar con otros cacaos para mejorar su sabor (Sánchez, 2010).

Este tipo de cacao es conocido como amazónicos y amargos, son originarios de América del Sur, su centro de origen es de la cuenca del Amazonas, entre el río Napo, Putumayo y Caquetá, este tipo de cacao es cultivado en África y Brasil, proporcionando alrededor del 80% de la producción en todo el mundo, este cacao se lo puede encontrar de forma silvestre en Perú, Ecuador y Colombia, sus mazorcas cuentan con más de 30 semillas, mismas que son de color púrpura con una alta astringencia y un bajo contenido de grasa (Montes, 2016).

### **8.7.3. Cacao trinitario**

Este tipo de cacao es originado del cruce de las variedades Criollo y Forastero, se caracteriza por su heterogeneidad ya que es una planta que puede resistir a los fuertes vientos, sus frutos presentan características de sus variedades progenitoras, siendo uno de los cacaos más deseados para la elaboración de los chocolates finos de aroma (Hernández, 2012).

Los frutos de este tipo de cacao son alargados y de color verde, esta variedad es originaria de un cruce de un genotipo criollo con un forastero, por lo que esta variedad presenta características morfológicas y genéticas de ambas variedades, esta variedad surge en Trinidad y Tobago, este tipo de cacao presenta un grano de un tamaño mediano a grande y sus cotiledones son de un color castaño, además, es resistente a las diferentes enfermedades, presentando ser más productivo que la variedad criolla, este tipo de cacao ocupa alrededor del 10 al 15% de la producción a nivel global, siendo producido en Granada, Colombia, Venezuela y América Central (Rodríguez *et al.* 2022).

#### **8.7.4. Clon EET-103**

Este clon se destaca porque presenta un alto grado de adaptabilidad, su denominación original es Tenguel 25, este clon es una planta vigorosa y muy resistente a la escoba de bruja y a la monilla, sus flores son de color blanco, la época de floración va de enero a marzo, los frutos de este clon de cacao es rugoso, su cáscara es gruesa, cuando el fruto está inmaduro es de color verde y cuando ya está en estado maduro es de color amarillo, presenta un índice de semillas de 1.5 granos, el índice de mazorca es de 20 para la obtención de un kilogramo de cacao seco (Espinal, 2015).

#### **8.7.5. Clon EET-544**

Este clon tiene una producción de alrededor de 50 kilogramos de cacao seco por hectárea, su hábito de crecimiento es semi - erecto, los picos florales inician en el primer y tercer trimestre del año, sus flores poseen la capacidad de auto fecundarse con su mismo polen, sus mazorcas son de un tamaño mediano a grande, cuando están en estado de maduración son de color amarillo, su morfología es muy similar a la mazorca del cacao nacional, el presente clon tiene un promedio de 45 semillas por frutos, sus semillas presentan 2.21, 1.16 y 0.70 cm, en su largo, ancho y espesor, para este clon la cascarilla tiene 12.4%, en cuanto a las almendras de este clon de cacao tienen un valor alto para la industria, por lo que tiene un mayor peso y tamaño en sus almendras, conteniendo un 94% de las almendras, por lo que ubican a este clon dentro de los grupos de cacaos finos de aroma (Amores *et al.* 2009).

#### **8.7.6. Clon EET-62**

Este clon tiene unas ramas laterales que tienen tendencia de crecer de manera erecta o semi - erecta, las hojas son elípticas, sus brotes tienen una pigmentación de color rojo oscuro, se lo puede propagar por medio de ramillas por lo que alcanza valores de 51% de enraizamiento, sus flores tienen un péndulo floral de 15.50 mm de longitud, este clon presentan una mayor floración en los meses de diciembre, enero y junio, los frutos de este cultivo cuando están en estado inmaduro son de un color verde rojizo, en el caso que alcanzan su estado de madurez se tornan a un color amarillo rojizo, sus semillas son grandes, redondas y achatadas, sus cotiledones son de un color púrpura oscuro, presenta un índice de mazorcas de 20 frutos, al momento de realizar la siembra se la debe realizar en hileras alternas, este clon tiene rendimientos de 1150 kilogramos por hectárea, para que dichos rendimientos sean altos, se debe tener buenas condiciones de manejo en lo que respecta a la poda, un buen riego en la época

seca, una buena fertilización y en el caso de las enfermedades este clon tolera a la escoba de bruja por lo que el rendimiento no se ve afectado si existe la presencia de la enfermedad en el cultivo, se recomienda realizar una buena práctica sanitaria para evitar que sea afectado por otras enfermedades que puede ocasionar pérdidas económicas (Mera & Ruíz, 2014).

### **8.8. Requerimientos ambientales del cultivo de cacao**

En las cacaoteras ocurren una serie de interacciones entre los factores bióticos y abióticos, por lo que la toma de decisiones es fundamental para asegurar el crecimiento sano y vigoroso de las diferentes plantas que han sido cultivadas, por lo que es necesario obtener y conocer información del clima y el suelo para dar un buen manejo al cultivo de cacao (Almeida & Valle, 2008).

El de cacao en Ecuador se lo puede cultivar hasta los 1.400 m.s.n.m, siendo óptimo de 400 y 800 m.s.n.m, en el caso de las lluvias se necesita que sean uniformes a lo largo del año, de 1.250 a 3.000 mm, con una temperatura mínima de 18 a 21 °C y una máxima de 30 a 32 °C, siendo las óptimas las de 25 a 26 °C, el cacao necesita una humedad relativa de 70 a 90% (Almeida & Valle, 2008).

En el caso de la Amazonia ecuatoriana, presenta condiciones extremas en el clima, la cual afecta a la producción de cacao, en especial cuando existen variaciones de más de 9°C de temperatura entre el día y la noche, estos cambios tan repentinos afectan a los procesos fisiológicos como lo es en la formación de flores y frutos, en el mismo caso el exceso de lluvias ayuda a que las enfermedades tengan ventajas sobre el cultivo, respecto a la sombra que necesita el cultivo de cacao, en los primeros años de vida de las plantas necesitan alrededor de un 30% de luz y un 70% de sombra, después del tercer año requiere un 70% de luz y 30% de sombra, por lo que plantaciones que tengan más de cuatro años de edad requieren 850 a 1000 h/luz/año, por lo que se ha determinado que la intensidad lumínica menor al 50% provoca reducción en los rendimientos, en el caso de que se exceda la intensidad lumínica ayuda aumentar la productividad, pero la vida de la planta reduce considerablemente (Carrión , 2012).

El cacao es un cultivo que se adapta a diferentes tipos de suelo, sin embargo, es recomendables suelos profundos, livianos y ricos en diferentes nutrientes, el suelo debe tener una profundidad de 1 a 1,5 metros, esto porque la raíz de este cultivo es pivotante y con ese espacio todo el sistema radicular puede desarrollarse de la mejor manera, el cacao es un cultivo que no puede

soportar encharcamiento por lo que se sugiere suelos arcillo-arenosos con un 50% de arena, 30 a 40 % de arcilla y un 10 a 20% de limo, además, el suelo deben tener una porción de materia orgánica >3.5%, en el caso de pH este cultivo se adapta muy bien en 6.5 a 7.5, aunque también puede tolerar suelos ligeramente ácidos a alcalinos (Hall *et al.* 2010).

Un sistema de riego en zonas con presencia de periodos secos es una gran alternativa para la producción de cacao, el sistema más recomendado es por goteo, ya que con este se podrá controlar la cantidad de agua y así evitar que la planta sufra estrés, la cantidad de agua dependerá del tipo de árbol, el grado de desarrollo que tenga, el tipo de suelo, saber cuál es la duración de la estación seca, la humedad del ambiente y por último saber cuál es la cantidad de lluvia que se haya presentado en la zona (Arevalo *et al.* 2017).

### **8.9. Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao**

El cacao como todo cultivo requiere para poder desarrollarse y producir suelos ricos en materia orgánica, un suelo fértil es un aspecto importante para la obtención de una buena construcción química, en el caso de los elementos nutricionales primarios tenemos; Nitrógeno, Fósforo, Potasio, macroelementos secundarios como el Calcio y Magnesio y por último los micronutrientes como el Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc, todos estos elementos intervienen en el metabolismo de la planta, la necesidad de mantener un balance entre los nutrientes por lo que obliga hacer aplicaciones de P y K a medida que las aplicaciones de N aumentan (Paspuel, 2018).

Para Leiva (2015), la nutrición de la planta tiene una relación con la cantidad de luz y sombra que recibe, esto se debe, ya que el nivel de luz que llega a las distintas hojas del cacao tiene un alto efecto en su producción y en la demanda de los fertilizantes, cuando se presenta un bajo nivel de luz o el cultivo se encuentra debajo de una gran sombra el rendimiento se ve afectado, por lo que con una buena iluminación y con una baja sombra los rendimientos son más altos, por otro parte, cuando hay altos niveles de luz y existe poca disponibilidad de nitrógeno, se produce de manera inmediata los síntomas de deficiencia los cuales son los más típicos, estudios realizados han demostrado que 2222 plantas/ha de cacao extraen 101;27;204; 69;42 y 12 kg/ha de nitrógeno, el fósforo 11kg/ha y el potasio 35kg/ha, la absorción de los nutrientes se ve incrementada en los primeros cinco años después de la siembra del cacao, para luego establecer una tasa de absorción por el resto de su vida.

**Tabla 4.** Exigencias nutricionales del cacao en sus diferentes etapas.

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

Fuente: (Paspuel, 2018)

### 8.10. Macronutrientes

Rodríguez (2019), menciona que los macronutrientes son elementos que se necesita en grandes cantidades, mismos que deben ser aplicados si el suelo presenta un déficit de uno de esos elementos, por lo general los suelos son naturalmente pobres en nutrientes, esto se debe a la extracción de los mismos por los cultivos a lo largo de los años, esto también se da cuando el agricultor utiliza variedades con altos rendimientos, este tipo de cultivos son los que requieren una mayor demanda de los nutrientes, por lo tanto, los macronutrientes son muy requeridos para que la planta tenga un mejor crecimiento y un buen desarrollo.

Según Rizo (2016), los macronutrientes son; nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo, en el caso de los micronutrientes son los que las plantas necesita en pequeñas cantidades, en lo que se puede mencionar el hierro, boro, manganeso, zinc, entre otro, por lo tanto, los macro y micronutrientes pueden ser obtenidos de una manera natural del suelo, para que las plantas puedan absorber dichos elementos requieren ciertas condiciones, por lo que el suelo debe completamente húmedo para que sea más fácil la absorción y transporte por las raíces.

Beard *et al.* (2015), puntualiza que los elementos esenciales que son absorbidos primero por las plantas son nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio, dichos elementos se los puede encontrar en los tejidos de las plantas, en cantidades mucho mayores que los micronutrientes, estos elementos son necesarios en concentraciones menores a 2 ppm, aunque son pequeñas cantidades son las suficientes para que la planta tenga un buen desarrollo y crecimiento.

### **8.10.1. Nitrógeno**

Es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, es absorbido del suelo en forma de nitrato o amoníaco, una vez absorbido en la planta se combina con componentes que son producidos por el metabolismo de los carbohidratos para la formación de aminoácidos y las proteínas, siendo los principales contribuyentes para el desarrollo de las plantas y sus rendimientos, una buena aplicación del nitrógeno para la planta es importante para que la absorción de los demás elementos sea mucho mejor (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Para Salgado *et al.* (2006), el nitrógeno es uno de los elementos básicos de todos los aminoácidos, por lo que favorece al desarrollo de los órganos vegetativos de las plantas, además, actúa como un regulador ante los elementos fósforo y potasio, también ayuda a la reducción del marchitamiento de los frutos más jóvenes.

La deficiencia del nitrógeno en las plantas de cacao se manifiesta en la reducción de crecimiento de las mismas, cuando la planta presenta una deficiencia detiene su crecimiento y posterior a eso presenta un enanismo, la deficiencia de este elemento está relacionado con la intensidad de luz y cuando la misma aumenta los síntomas también aumenta, cuando los síntomas se presentan en las hojas inicia con parches de un color verde amarillento, luego de un tiempo los parches se necrosan (Guerreo, 2012).

Cuando se existe la deficiencia se puede observar que la planta está pálida, que se acentúa de abajo hacia arriba, y posterior a eso se puede apreciar una pudrición en las puntas de las hojas, misma que se conoce como clorosis nítrica, se caracteriza por su color verde pálido que afecta hasta las nervaduras de las hojas (García, 2020).

Otros síntomas de deficiencia de nitrógeno es la presencia de hojas pequeñas y delgadas, tallos delgados, caída prematura de las hojas y floración prematura, ocasionando que las plantas de cacao no puedan alcanzar su óptimo desarrollo (Alarcón *et al.* 2012).

### **8.10.2. Fósforo**

El fósforo es un elemento que juega un papel muy importante en los procesos que requieren de energía en la planta, el fósforo da alta energía, por lo que son parte de la estructura química de la adenosina difosfato y la ATF, son los que se encargan de empujar la multitud de reacciones

químicas en las plantas, este elemento se mueve en la planta en forma de iones ortofosfato y como P cuando es incorporado en los compuestos orgánicos que se formaron, además, el Fósforo es muy importante para que las raíces puedan desarrollarse, también equilibra la absorción del Nitrógeno que realiza la planta, ayuda también a la floración y a la fructificación (Rodríguez, 2019).

En el caso de que exista deficiencia de Fósforo, el crecimiento de la planta es lenta por la falta de raíces absorbentes, en el caso de las hojas maduras se tornan de un color pálido en los bordes y en las puntas, en el caso de las hojas jóvenes se tornan de un color pálido en las venas (Guerreo, 2012).

Otro síntoma de deficiencia son que las hojas no se desarrollan, tornándose de un color pálido en los filos y en las puntas, después de un tiempo los filos se queman, el nuevo crecimiento tiene internados cortos y sus hojas tienen una posición en ángulo con relación a las ramas (Zavala, 2014).

### **8.10.3. Potasio**

El potasio es un elemento que activa más de 60 enzimas, las cuales son las sustancias que regulan la vida, por lo que juega un papel muy importante en la síntesis de carbohidratos y las proteínas, el potasio ayuda a que la planta pueda tolerar las sequías, heladas y la salinidad, por lo que plantas que no presentes un déficit de este elemento pueden sufrir menos ataque de enfermedades, además, el potasio ayuda a que la planta sea más vigorosa, fortaleciendo su sistema radicular y a la formación de las almendras (FAO, 2018).

El potasio es conocido como un elemento de alta calidad en las producciones agrícolas, una buena nutrición a base de potasio mejora considerablemente la calidad de los distintos cultivos, aumentando el rendimiento total, mayor proteína en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejorando el color y el sabor de las diferentes frutas, además, ayuda al aumento de los frutos, reduce considerablemente las pérdidas en el almacenamiento y transporte, logrando así una vida más larga de las frutas y hortalizas (Imas, 2018).

Los síntomas de deficiencia del potasio se ve reflejado en las hojas más viejas, también tienen consecuencias en la translocación de nutrientes viejos a los tejidos más jóvenes, provocando que las hojas jóvenes se expandan y las más viejas se caigan, a media que la deficiencia avance las hojas de los brotes y los chupones con el paso del tiempo son más pequeños (Paspuel, 2018).

Las plantas que presentan deficiencia de potasio muestran síntomas de clorosis, seguida de una necrosis en las puntas de sus hojas y sus bordes, al ser el potasio un nutriente móvil en la planta, los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas viejas, por lo que lo más probable que estas deficiencias aparezcan cuando la fertilización es insuficiente (Rodríguez, 2019).

Además, la deficiencia de este nutriente se manifiesta por un retraso del crecimiento de las plantas y la reducción considerable de sus cosechas, este elemento se acumula con mayor facilidad en las zonas que presentan una mayor actividad vegetativa (Arias, 2021).

### **8.11. Enfermedades en cacao**

Existen diferentes factores que pueden afectar la producción de cacao, dentro de los factores bióticos podemos encontrar las enfermedades causadas por hongos, constituyendo las enfermedades más importantes dentro del cultivo, dentro de estas podemos encontrar escoba de bruja, moniliasis, pudrición negra de la mazorca (Martínez & Pérez, 2015).

Por lo tanto, las enfermedades del cacao causan grandes pérdidas al agricultor, llegando alrededor del 80% de producción de cacao se ve afectada, por lo que es muy importante realizar un buen manejo de las enfermedades, con la finalidad de disminuir las pérdidas económicas, por la disminución de los rendimientos, por otro lado, la humedad, sombra excesiva y la mala nutrición favorece al ataque de enfermedades (Varela, 2022).

#### **8.11.1. Monilla (*Moniliophthera roreri*)**

La moniliasis es una enfermedad que se produce en el fruto, provocando una pudrición total o parcial del fruto, esto dependerá de la edad a la que es infectado el cultivo, las pérdidas que causa esta enfermedad son variables por lo que están sujetas a los cambios climáticos, especialmente a la temperatura y la lluvia, por lo que en climas cálidos y húmedos la enfermedad presenta con mayor agresividad, además, los frutos que han sido infectados antes de los tres meses de edad pueden perder el 100% de sus granos, mientras que en los frutos infectos durante los cuatro meses solo llegan a perder el 10% de sus granos, la Moniliasis no solo afecta al rendimiento de los cultivos, sino también, la calidad de los frutos, puesto que el productor en su afán de aprovechar parte de los frutos enfermos los extraen los granos sanos de la mazorca (Cubillos *et al.* 2019).

### **8.11.2. Mazorca negra (*Phytophthora sp.*)**

Según Infocacao (2017), esta es una enfermedad que es causada por los microorganismos *Phytophthora palmivora* la más común en Centro América, esta enfermedad ataca a los tejidos de las plantas como en este caso los cojinetes florales, los chupones y las plántulas en vivero, la cual causa una mancha de color café a nivel de las hojas nuevas, esta enfermedad también es causante del cáncer del tronco y de las raíces, pero el daño más importante lo ocasiona en el fruto, investigaciones realizadas mencionan que las pérdidas a nivel mundial son de aproximadamente de unas 450,000 Tm de cacao a causa de la enfermedad, este patógeno puede atacar cualquier parte de la planta, pero el daño más grave es causado en los frutos, actualmente el 22% de las mazorcas que son producidas en la actualidad son infectadas por esta enfermedad, en algunas ocasiones diferentes cultivares presentan infecciones en las mazorcas que llegan en un 80%, en el fruto aparece la infección en forma de manchas pardas y oscuras, que con el paso del tiempo se extiende en toda la mazorca, con ello también las almendras son infectadas y con ello se perdería completamente todos los granos de la mazorca.

Salinas (2014), menciona que el ciclo de vida de esta enfermedad en estado asexual como sexual, predomina el estado asexual, el mismo que inicia cuando la estructura vegetativa y las condiciones óptimas de la humedad y temperatura son idóneas para liberar las zoosporas, dichas estructuras son móviles, su vida es corta y poseen flagelos uno anterior y otro posterior, el anterior es el que se encarga de la movilización de las zoosporas mediante al agua, mientras que el flagelo posterior actúa como una hélice la cual le da dirección hacia la célula.

### **8.11.3. Escoba de bruja (*Moniliophthera perniciososa*)**

Esta infección ocurre en tejidos vivos que se encuentren en crecimiento, en la primera fase el patógeno infecta al tejido joven introduciendo hipertrofia, en la segunda fase el tejido que fue afectado muere, lo que hace que el hongo cambie sus hábitos volviéndose saprófito, cuando las condiciones que se presentan son favorables produce basidiocarpos, esta infección inicia cuando los tubos germinativos penetran a través de los estomas o directo a la epidermis, el tiempo de incubación puede variar, pero se puede presentar de 3 a 14 semanas, pero por lo regular se presenta de 5 a 6 semanas, este hongo produce un desequilibrio hormonal ocasionando que las células de los hospedantes sean más grandes, este es un hongo que se caracteriza por inducir proliferación de las yemas apicales y axilares en las ramas de cacao,

afectando los brotes tiernos, yemas florales y los frutos más jóvenes, (Servicio Nacional, Inocuidad y Calidad Agroalimengtaria [SENASICA], 2022).

### **8.12. Podas**

La poda tiene como objetivo eliminar las partes improproductivas de los árboles, con ello se busca estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos, equilibrando los puntos productivos, la poda también ayuda a la eliminación de chupones y las ramas mal dirigidas, por lo que se puede controlar la altura del árbol, regulando la entrada de luz, con estas podas se facilita la visibilidad para la recolección de las mazorcas (Paspuel, 2018).

La poda tiene el propósito de estimular el desarrollo de las nuevas yemas, lo que ayuda al incremento de la floración y la producción de frutos, por lo que va de la mano con un buen plan de fertilización, con la finalidad que el cultivo balancear el crecimiento vegetativo, procurando incrementar la productividad y la calidad del grano (Gutiérrez *et al.* 2019).

### **8.13. Antecedentes investigativos**

La fertilización es muy importante para un buen desarrollo de los cultivos, por lo tanto, esta investigación busca determinar la eficiencia en el uso de nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio en cuatro clones de cacao (TSH-565; ICS-39; ICS-95), los tratamientos utilizados fueron NPK en 25%, 50%, 75%, 100% y un testigo, demostrando que los clones de cacao presentan buenos rendimientos, en el caso de bajos rendimientos lo obtuvo el testigo y al aplicar N,P,K al 100%, es decir, cuando se realiza una fertilización alta provoca un desbalance, provocando efectos negativos en el desarrollo y producción del cultivo, por lo que el cultivo de cacao tiene un alto potencial de extracción de los nutrientes, cuando se sobrepasa el límite de fertilidad provoca un desbalance nutricional, demostrando así que la aplicación de NPK brinda al cultivo los nutrientes necesarios para obtener buenos rendimientos (Puentes *et al.* 2014).

El cultivo de cacao es de gran importancia en Ecuador y su productividad depende en su mayoría al manejo de nutrición que se realiza al cultivo, por lo que la investigación busca evaluar el efecto de dosis de fertilizantes con nitrógeno y silicio sobre el rendimiento de cacao, en la investigación se evaluaron variables de gran importancia para la producción del cultivo, concluyendo que la aplicación de silicio favorece a la productividad de cacao, rendimientos comparables al aplicar nitrógeno, los resultados fueron positivos, ya que el silicio ayuda a mejorar la productividad agrícola, ayudando en la reducción de los daños que puede provocar

el medio ambiente, puesto que se acumula en hojas y corteza formando una barrera mecánica (Arias, 2020).

La investigación tuvo lugar en la Granja Experimental de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo, los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, en el caso del manejo fitosanitario la variedad nacional presento mayor incidencia con 1,18%, por lo que a la aplicación del fertilizante completo + micronutrientes + gallinaza en la variedad nacional (EET), tuvo mayor relación entre mazorca – almendra, obteniendo buenos rendimientos con la misma variedad, los valores obtenidos son 127,25 kg ha<sup>-1</sup> y 163,13 kg ha<sup>-1</sup>, por lo ya mencionado, la fertilización juega un rol importante en las plantas, mejorando la salud, incrementando la productividad de los cultivos, (Zambrano, 2013).

Siendo así como la eficiencia agronómica en el rendimiento de cacao juega un rol importante en cuanto al crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo, implementando el uso de fertilizantes de manera apropiada.

La investigación realizada en Colombia presento un bajo rendimiento debido a la acidez del suelo, limitando el uso de los nutrientes, por lo tanto, la investigación busca evaluar el efecto de encalado en el uso eficiente de macronutrientes, donde se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial, donde el factor A clones de cacao (ICS-1, ICS-39, TSH-565) el factor B (Niveles de fertilidad), los resultados obtenidos demuestran que una buena fertilidad aumenta los rendimientos, con la aplicación NPK, demostrando un mayor uso de los nutrientes, demostrando que si existe una omisión de los macronutrientes, los rendimientos se ven afectados, por lo tanto, el omitir algún elemento la planta no presentará un óptimo desarrollo (Rosas *et al.* 2019).

## 9. HIPÓTESIS

**Ha:** La omisión de macronutrientes en los clones de cacao nacional, afecta significativamente al desarrollo y rendimiento agronómico del cultivo.

**Ho:** Ninguna de las omisiones de macronutrientes en clones de cacao nacional afecta significativamente el desarrollo y rendimiento agronómico del cultivo.

## 10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 10.1. Ubicación y duración del proyecto

El presente proyecto fue realizado en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” propiedad de la Unidad Educativa Bilingüe “Jatari Unancha”, ubicado en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, el proyecto tuvo una duración de seis meses, su ubicación geográfica es: WGS 84 Latitud 0°48′00.0″ y Longitud 79°10′01.2″.

### 10.2. Condiciones agrometeorológicas

**Tabla 5.** Condiciones agrometeorológicas del Centro Experimental "Sacha Wiwa"

Parámetros	Promedios
Altitud m.s.n.m	503.00
Temperatura media anual °C	22.00
Humedad relativa %	88.00
Heliofanía, horas/luz/año	570.30
Precipitación mm/año	2761.00
Topografía	Regular
Textura	Franco – arenosa

**Fuente:** Hacienda San Juan (2017).

**Elaborado por:** Solano & Vizueté (2024)

### 10.3. Tipos de investigación

#### 10.3.1. Cuantitativa

Esta investigación es de tipo cuantitativa, ya que la información será obtenida mediante fuentes primarias mediante la observación y el registro de datos, mismos datos que serán provenientes de las diferentes variables estudiadas.

#### 10.3.2. Experimental

Esta investigación busca estudiar una relación causa-efecto, de la omisión de macronutrientes bajo las condiciones controladas del cultivo de cacao Nacional, se basará en el manejo de variables en la aplicación de fertilizantes inorgánicos, valorando el efecto en el desarrollo fenológico y productivo del cultivo en las diferentes unidades experimentales estudiadas.

### 10.3.3. Documental

Esta investigación es de tipo documental, ya que la base científica teórica y las comparaciones con los resultados de diferentes autores, tales como, tesis de pregrado y posgrado, artículos científicos, entre otros, que mencionan la relación con el cultivo y sus clones.

### 10.4. Técnicas

**Observación de campo:** Esta técnica permite obtener un mejor control del desarrollo del proyecto, con la finalidad de controlar diferentes factores que pueden perjudicar la investigación y sus resultados.

### 10.5. Materiales y equipos

#### 10.5.1. Características del material vegetal utilizado en la investigación

**Tabla 6.** Características del material vegetal utilizado en la investigación

<b>Clones de cacao</b>			
<b>Características</b>	<b>EET-103</b>	<b>EET-544</b>	<b>EET-62</b>
<b>Índice de mazorcas</b>	20 mazorcas	16 mazorcas	20 mazorcas
<b>Nro. de semillas/mazorca</b>	43 semillas por fruto	45 semillas por fruto	40 semillas por fruto
<b>Rendimiento promedio</b>	3 qq/ha/ciclo	3 qq/ha/ciclo	2 qq/ha/ciclo
<b>Época de floración</b>	Enero a marzo	Primer trimestre del año	Diciembre, enero y junio
<b>Enfermedades</b>	Escoba de bruja y monilla	Escoba de bruja	Escoba de bruja

**Fuente:** (Amores *et al.* 2020).

#### 10.5.2. Otros materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para esta investigación se detallaran a continuación en la tabla siete, con las cantidades utilizadas.

**Tabla 7.** Insumos y equipos.

<b>Insumos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Muriato de potasio	41,02 kg
Urea granulada	34,29 kg
Sulfato de magnesio	14,47 kg
Superfosfato de magnesio	7,62 kg
<b>Materiales</b>	
Calibrador	1
Balanza	1
Angulo de madera	1
Sacos	1
Podadora	2
Machetes	2

**Elaborado por:** Solano & Vizúete (2024)

### 10.6. Factores de estudio

La investigación estuvo conformada por dos factores en estudio A x B

#### **Factor A:** Clones de cacao tipo nacional

- Clon EET-103
- Clon EET-544
- Clon EET-62

#### **Factor B:** Omisión de macronutrientes

- NPK
- (-N)
- (-P)
- (-K)
- (-N, P, K)

### 10.7. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio empleados en la investigación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 8.** Descripción de los tratamientos en estudio

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Plantas U/ E</b>	<b>Total</b>
EET- 103 + NPK	4	4	16
ETT-103 + (-N) PK	4	4	16
ETT-103 + (-P) NK	4	4	16
EET-103 + (-K) NP	4	4	16
(-NPK)	4	4	16
EET-544 + NPK	4	4	16
EET-544 + (-N) PK	4	4	16
EET-544 + (-P) PK	4	4	16
EET-544 + (-K) NP	4	4	16
(-NPK)	4	4	16
EET-62 + NPK	4	4	16
EET-62 + (-N) PK	4	4	16
EET-62 + (-P) PK	4	4	16
EET-62 + (-K) NP	4	4	16
(-NPK)	4	4	16
<b>Total</b>			<b>240</b>

Elaborado por: Solano & Vizueté (2024)

### 10.8. Diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial de 3 x 5, donde el factor A son los clones de cacao y el factor B son las cinco omisiones de los macronutrientes, conformando 15 tratamientos con 4 repeticiones, dando un total de 60 unidades experimentales.

### 10.9. Esquema de análisis de varianza

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, la comparación de medias entre grupos se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0,05, el programa estadístico utilizado fue Infostat. A continuación, en la tabla 9 se muestra el esquema del análisis de varianza.

**Tabla 9.** Esquema de análisis de varianza

<b>Fuente de variación</b>		<b>Grados de libertad</b>
<b>Bloques</b>	(r-1)	3
<b>Factor A= Clones de cacao tipo nacional</b>	(a-1)	2
<b>Factor B= omisiones de macronutrientes</b>	(b-1)	4
<b>Interacción A x B</b>	(a-1) (b-1)	8
<b>Error experimental</b>	(t-1) (r-1)	42
<b>Total</b>	<b>(t.r-1)</b>	<b>59</b>

Elaborado por: Solano & Vizquete (2024)

### 10.10. Manejo del experimento

La presente investigación fue realizada en una plantación de clones de cacao tipo nacional de 20 años de edad.

#### 10.10.1. Poda en el cacao y eliminación de musgos

Se inició con una poda principal, la cual tuvo la finalidad de eliminar ramas cruzadas y enfermas, posterior se realizó podas fitosanitarias con el fin de prevenir las afectaciones de las plagas y enfermedades, para esta actividad se utilizó una tijera de podar grande y pequeña, también se procedió a retirar el musgo de cada una de las plantas de cacao, dejando libre de musgos, para así pueda darse la floración de la mejor manera.

#### 10.10.2. Fertilización

La fertilización fue realizada según los tratamientos de omisión, como fuente nitrogenada se aplicó un total de 218 gramos por árbol entre urea y sulfato de amonio, para ello se fracciono en tres aplicaciones, como fuente fosfatada se aplicó 60 gramos de superfosfato triple, fraccionado en dos aplicaciones, como fuente nitrogenada se aplicó 180 gramos de urea en dos aplicaciones, como fuente sulfato de amonio se aplicó 36 gramos en dos aplicaciones, muriato de potasio se aplicó 323 gramos en tres aplicaciones y como fuente de sulfato de potasio 18 gramos en una sola aplicación.

**Tabla 10.** Fertilización realizada en la investigación

Fertilizantes	Fertilización gramo/árbol		
	1ra aplicación	2da aplicación	3ra aplicación
Superfosfato triple	36	0	24
Urea	90	90	90
Sulfato de amonio	0	0	18
Muriato de potasio	101	102	120
Sulfato de potasio	0	0	18

Elaborado por: Solano & Vizúete (2024)

### 10.10.3. Registro de variables

Para la toma de datos se utilizó, machetes, tijeras de podar, fundas, pesa, recipientes, calibrador, cinta métrica, cuaderno de campo, posterior a eso se procedió a la toma de datos.

### 10.10.4. Registro de mazorcas sanas y enfermas

Con la ayuda de una tijera de podar se procedió a cosechar las mazorcas sanas y maduras de cada una de las plantas experimentales.

### 10.10.5. Incidencia de enfermedades

Por cada tratamiento, se contó el número de mazorcas afectadas por la monilla, relacionándolas con el número total de mazorcas de la planta, la siguiente fórmula fue obtenida del INIAP.

$$Incidencia \% = \frac{\text{Número de mazorcas con síntomas y signo}}{\text{Número total de mazorcas colectadas}} \times 100$$

### 10.10.6. Longitud de mazorca

Para el efecto de esta variable, se utilizó un ángulo de madera de 90° en cuya base se registran las medidas de longitud en cm y se procedió al registro de las longitudes de cada mazorca madura cosechada en los meses de septiembre, octubre y noviembre, se considera por cosecha y al azar de un total de 10 mazorcas maduras cosechadas de cada tratamiento.

#### **10.10.7. Diámetro de mazorca**

Para la toma de esta variable se utilizó el calibrador, se procedió a tomar el diámetro en la parte central de cada una de las mazorcas cosechadas, mismas que fueron tomadas al azar, en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

#### **10.10.8. Peso seco de 100 semillas**

Se contó 100 semillas al azar de un total de 10 mazorcas por tratamiento, y se procederá a registrar su peso en una balanza portátil, expresando este valor en gramos (g).

#### **10.10.9. Peso de grano fresco/árbol (kg)**

El peso de grano fresco fue realizado en cada cosecha, registrando el peso total de cada cacao fresco por árbol, datos que fueron expresados en gramos., siempre y cuando el cacao no cuente con maguey.

#### **10.10.10. Rendimiento (kg/ha)**

Esta variable se determinará en el área útil de cada tratamiento y repetición, se expresará en kg ha-1 año-1, las almendras serán colectadas y registradas desde la primera cosecha hasta el final, al final se obtendrá un porcentaje de humedad, valores determinados por equipos medidores de humedad y para encontrar el peso seco kg ha-1 año-1, la siguiente formula fue obtenida del INIAP.

$$\text{Peso seco en Kg} = \frac{\text{Peso fresco total}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas útiles productivas}} \times \text{densidad de seimbra} \times 0.4\%$$

#### **10.10.11. Eficiencia agronómica**

La siguiente f

Fórmula fue obtenida del INIAP (2016).

$$\text{Eficiencia agronomica} = \frac{(\text{Rendimiento de grano de tratamiento} - \text{Rendimiento de control})}{\text{Cantidad de fertilizante}}$$

### 10.10.12. Análisis económico

Para establecer los ingresos y los beneficios obtenidos de cada tratamiento en estudio, se consideró el precio actual que presenta el producto en el mercado, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$IB= Y* PY$$

**Donde:**

IB: Ingreso bruto

Y: Producto

PY: Precio del producto

### Costos totales por tratamiento

Para los costos totales se considera cada uno de los valores que fueron invertidos para desarrollar las diferentes actividades e insumos que fueron empleados en la investigación, mismos que fueron identificados y sumados por cada uno de los tratamientos estudiados.

### Beneficio neto

Se estableció mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales de cada uno de los tratamientos, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$BN= IB - CT$$

**Donde:**

BN: Beneficio neto

IB: Ingreso bruto

CT: Costos totales

### Relación costo beneficio (C/B)

Se estableció la rentabilidad de los tratamientos mediante la división de los beneficios netos para el costo de producción de cada tratamiento, por lo que se empleó la siguiente fórmula:

$$C/B = BN/CT$$

**Donde:**

BN: Beneficio neto

CT: Costos totales por tratamiento

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas

En la tabla 11, se puede observar que existen diferencias estadísticas en el factor A (clones de cacao) y factor B (omisión de macronutrientes), demostrando que los las omisiones presentaron una tendencia, independiente de los clones tipo nacional utilizados. En el factor A (clones de cacao) se puede observar que, en las mazorcas sanas, enfermas y el total de mazorcas, el clon que mayor media obtuvo fue el clon EET-103, resultados diferentes en comparación a los demás clones utilizados, en el caso del factor B (omisión de macronutrientes) las omisiones que menor media obtuvieron fueron el testigo y (-K).

**Tabla 11.** Registro de mazorcas sanas y enfermas en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

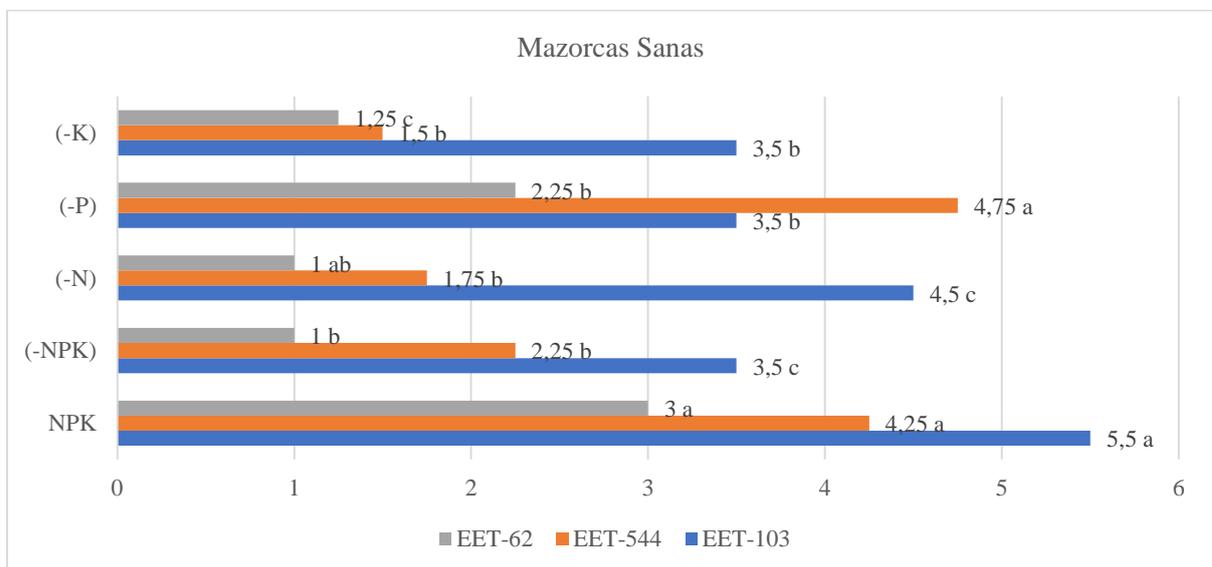
	<b>Mazorcas sanas</b>	<b>Mazorcas enfermas</b>	<b>Total mazorcas</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>			
EET-103	4,10 a	4,04 a	8,15 a
EET-544	2,90 b	4,00 a	6,95 b
EET-62	1,70 c	2,80 b	4,50 c
p-valor	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>			
(-NPK)	2,25 b	3,75 a b	6,00 b
(-N)	2,42 b	4,67 a	7,08 a b
(-P)	3,50 a	2,17 c	5,67 b
(-K)	2,08 b	3,50 b	5,67 b
NPK	4,25 a	4,00 a b	8,25 a
p-valor	0,0001	0,0001	0,0001

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

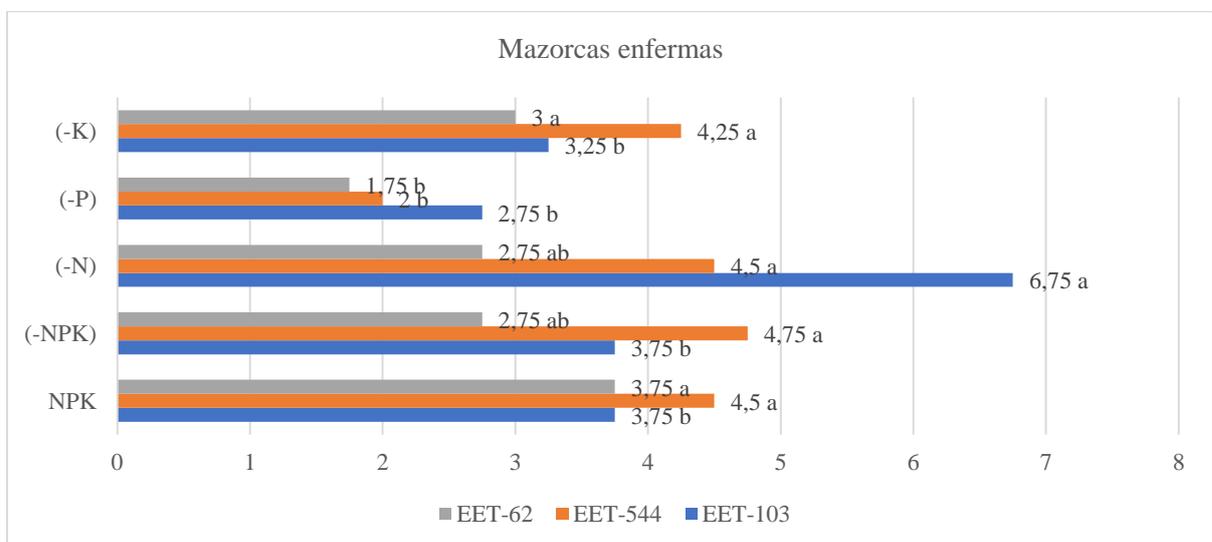
Elaborado por: Solano & Vizueté (2024)

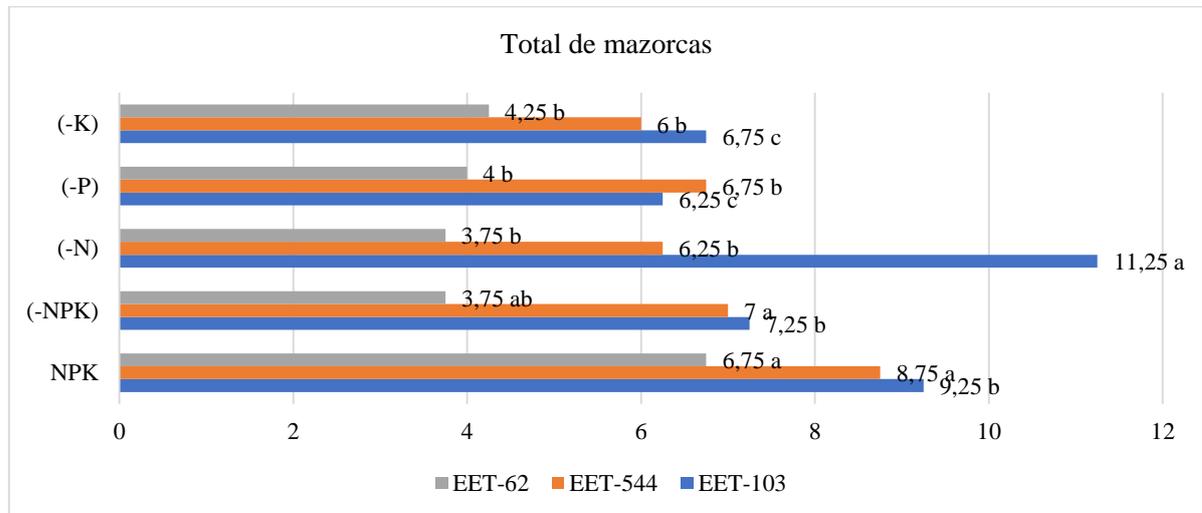
En un trabajo realizado por Velez (2018), en cacao CCN-51, en la que aplicaron distintos niveles nitrógeno y potasio, en estos tratamientos sustancialmente fueron superiores en comparación al tratamiento que no adicionaron nitrógeno y potasio, lo que está demostrando lo elemental de estos nutrientes para este tipo de cultivos. Arias (2021), nos muestra que los resultados obtenidos en comparación a este estudio obtuvo valores estadísticamente similares, obteniendo 3,63 frutos dañados, con la aplicación de enmiendas edáficas de nitrato de potasio, principalmente se da por qué los productos utilizados mejoran la salud y fertilidad del suelo, mejorando el crecimiento vegetativo, logrando así que la planta presente un índice bajo de enfermedades.

**Gráfico 1.** Promedio de mazorcas sanas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



**Gráfico 2.** Promedio de mazorcas enfermas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



**Gráfico 3.** Promedio del total de mazorcas por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional

En las gráficas 1, 2 y 3, se muestra las mazorcas sanas, enfermas y el total de mazorcas, además, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones, donde el clon que mayores mazorcas sanas presentó fue el EET-103 con 5,50 mazorcas, en el caso de las mazorcas enfermas el EET-103 presentó mayor índice, con la aplicación de (-N), En cuanto al mayor número de mazorca se lo obtuvo con el clon EET-103 con la omisión de nitrógeno (-N) total de 11.25.

## 11.2. Incidencia de enfermedades

Al evaluar el efecto de los macronutrientes en las plantas de cacao nacional, donde el factor A (clones de cacao) mostró diferencias significativas, al igual que el factor B (omisión de macronutrientes), demostrando que las omisiones presentaron un efecto en los clones de cacao (tabla 12).

**Tabla 12.** Incidencia de enfermedad en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

Incidencia de enfermedad	
% Incidencia Enfermedad	Medias
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	48,87 b
EET-544	59,07 a
EET-62	62,33 a

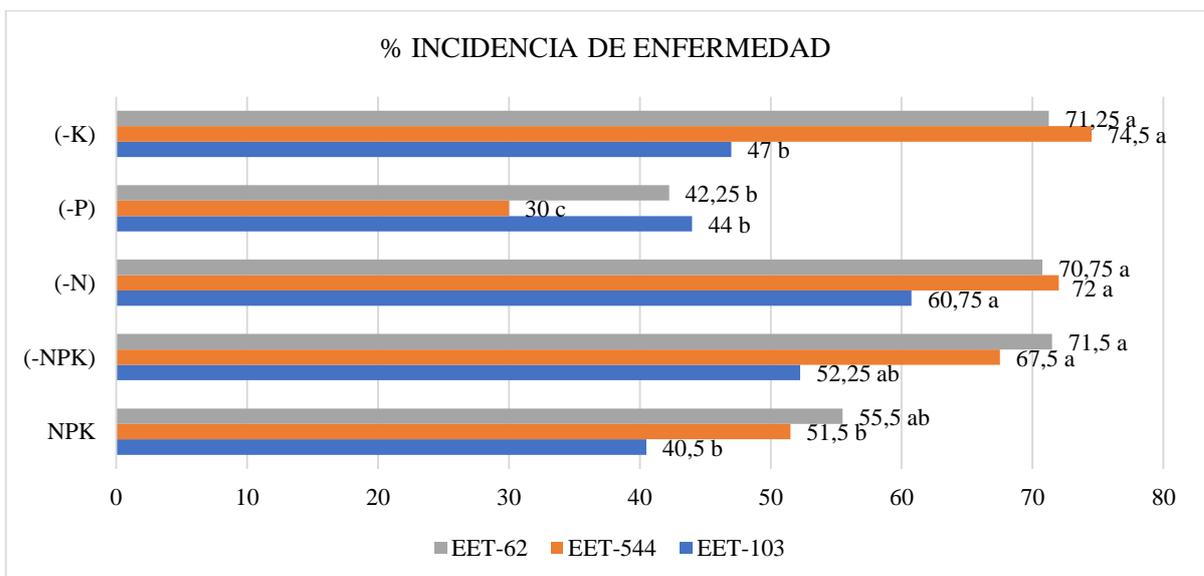
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	63,78 a
(-N)	67,79 a
(-P)	38,69 c
(-K)	64,48 a
NPK	49,24 b
p-valor:	0,0001

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Solano & Vizueté (2024)

Resultados inferiores reporto Solís *et al.* (2015), al evaluar informó una media de 35,01 % en la incidencia de enfermedades, estos autores evaluaron la incidencia de enfermedades en cacao nacional, ratificando la importancia de un cruzamiento, lo que reducirá considerablemente la incidencia de la enfermedad. Según Bastidas (2017), reporto una incidencia de 40,76 % en la presencia de enfermedades, con la utilización de macronutrientes, brindando una mejor producción más eficiente en lo que respecta a la cantidad y calidad del cultivo.

**Gráfico 4.** Promedio de incidencia de enfermedades por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



Elaborado por: Solano & Vizueté (2024)

En la gráfica 4, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones, siendo el clon con mayor índice de enfermedad es el EET-544 con 74,50, con la aplicación de (-K), debido a que este clon es susceptible a la presencia de enfermedades.

### 11.3. Longitud de mazorcas

Al analizar los resultados de longitud de mazorcas mostraron que el factor A (clones de cacao) y factor B (omisión de macronutrientes) obtuvieron valores estadísticamente diferentes, independientemente de los clones y las omisiones utilizadas (tabla 13). En el factor A (clones de cacao) en lo que respecta a la longitud de mazorcas, el clon EET-103 obtuvo las medias más altas, en comparación al resto de clones, por otra parte, el factor B (omisión de macronutrientes) la omisión (-P) presento medias inferiores con respecto a las demás omisiones.

**Tabla 13.** Longitud de mazorca (cm) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

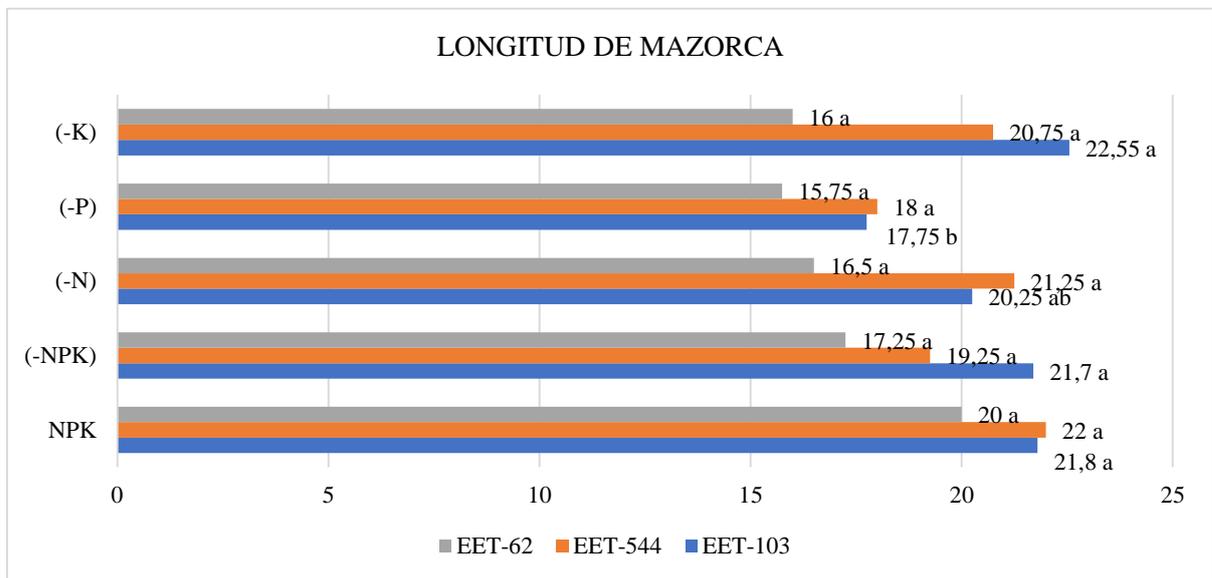
<b>Longitud de mazorca (cm)</b>	
	<b>Medias</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	20,81 a
EET-544	20,25 a
EET-62	17,10 b
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	19,40 a
(-N)	19,33 a
(-P)	17,17 b
(-K)	19,17 a
NPK	21,27 a
p-valor:	0,0001

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Elaborado por:** Solano & Vizúete (2024)

Según Escobar (2023), reporto valores superiores a los reportados en la presente investigación, obteniendo una longitud de 25 cm, con la aplicación de fertilizante edáfica de micronutrientes, estos elementos ayudan a la absorción de diferentes nutrientes y en la formación de yemas. Así, estudios realizados por Alava & Farinango (2023), encontraron los resultados en la longitud de la mazorca fueron estadísticamente superiores a los de nuestra investigación, con una media de 29,74 cm, estos autores emplearon aplicaciones de fertilizantes química NPK, lo que mejora significativamente la productividad y sanidad de los cultivos de cacao.

**Gráfico 5.** Promedio en la longitud de mazorca por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



**Elaborado por:** Solano & Vizúete (2024)

En la gráfica 5, se puede observar que existen diferencias estadísticas entre el clon EE-103 y EET-62, en cambio, el clon EET-544 no presenta diferencias estadísticas en sus aplicaciones, en este sentido la mayor longitud en la mazorca lo obtuvo el clon EET-103 con 22,55 cm, con la aplicación de (-K).

#### 11.4. Diámetro de la mazorca

En la tabla 14, se muestra que el factor A (clones de cacao) existen diferencias estadísticas significativas, al igual que el factor B (omisión de macronutrientes), demostrando que las omisiones tuvieron un efecto, independiente de los clones utilizados. Basado en las medias obtenidas, el factor A (clones de cacao) el clon EET-103 obtuvo las medias más altas, en comparación al resto de clones, en lo que respecta al factor B (omisión de macronutrientes) las

omisiones (-K) y (-P), presentaron las medias más bajas, en lo que respecta a la presente variable.

**Tabla 14.** Diámetro de la mazorca (cm) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

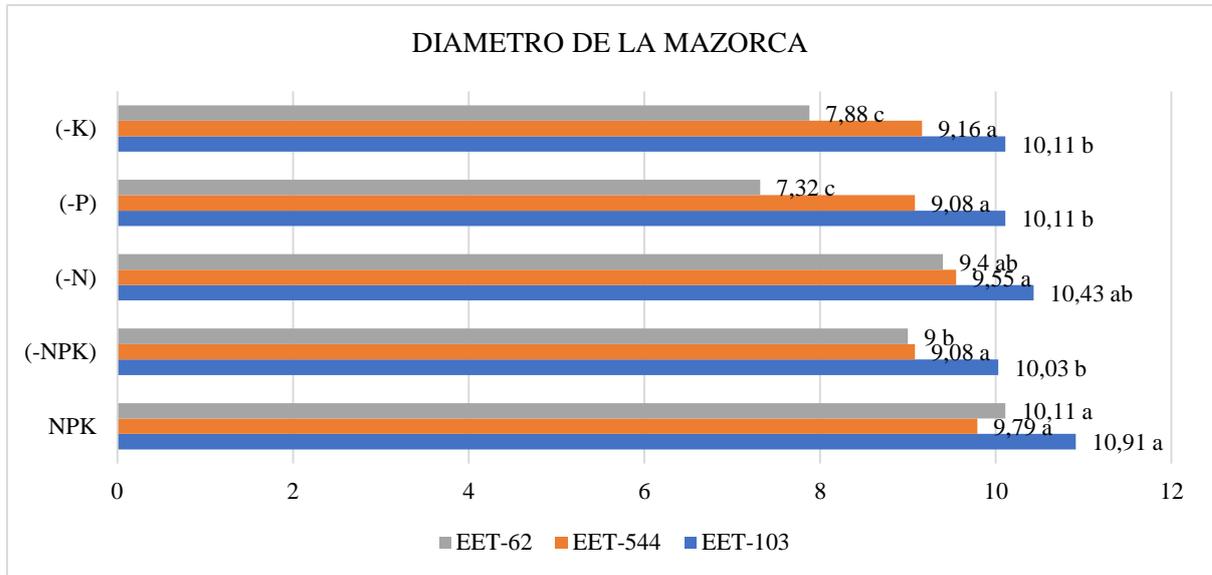
<b>Diámetro de mazorca (cm)</b>	
<b>% Incidencia Enfermedad</b>	<b>Medias</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	10,32 a
EET-544	9,33 b
EET-62	8,74 c
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	9,37 bc
(-N)	9,79 ab
(-P)	8,84 c
(-K)	9,05 c
NPK	10,27 a
p-valor:	0,0001

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Elaborado por:** Solano & Vizueté (2024)

En la investigación realizada por, Oroche (2021), menciona que al evaluar diferentes dosis de NPK, presentan valores positivos en el diámetro de mazorca, demostrando que la fertilización es ideal para la producción de cacao, logrando obtener buenos rendimientos en sus cosechas. Por otro lado, en la investigación reportada por Garzón (2021), en la cual menciona que aplico calcio + potasio en genotipos de EET-103, obteniendo valores similares a la presente investigación, ya que dichos elementos cumplen una principal función, la cual es mejorar la absorción de nutrientes y en la formación de energía y en el llenado de los frutos.

**Gráfico 6.** Promedio en el diámetro de mazorca por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



**Elaborado por:** Solano & Vizúete (2024)

En la gráfica 6, se muestra que existe diferencia estadística significativa entre los clones en sus aplicaciones, en cambio, el clon EET-544 no presentó diferencias estadísticas en sus omisiones, por lo que el clon que mayor diámetro en su mazorca presentó fue el EET-103 en comparación al resto de clones evaluados, con un valor de 10,91 cm, con la omisión NPK

### 11.5. Peso seco de 100 semillas

En la tabla 15, referente al peso de 100 semillas, el factor A (clon de cacao), entre el clon EET-103 y EET-544, no existen diferencias estadísticas significativas, en comparación al clon EET-62, en el caso del factor B (omisión de macronutrientes) si existen grandes diferencias estadísticas entre las distintas omisiones, demostrando la eficacia muy independiente del clon evaluado. El factor A (clones de cacao) se aprecia que el clon EET-103 obtuvo las medias más altas, por otra parte, el factor B (omisión de macronutrientes) el testigo presentó las medias más bajas en la presente variable.

**Tabla 15.** Peso seco de 100 semillas en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

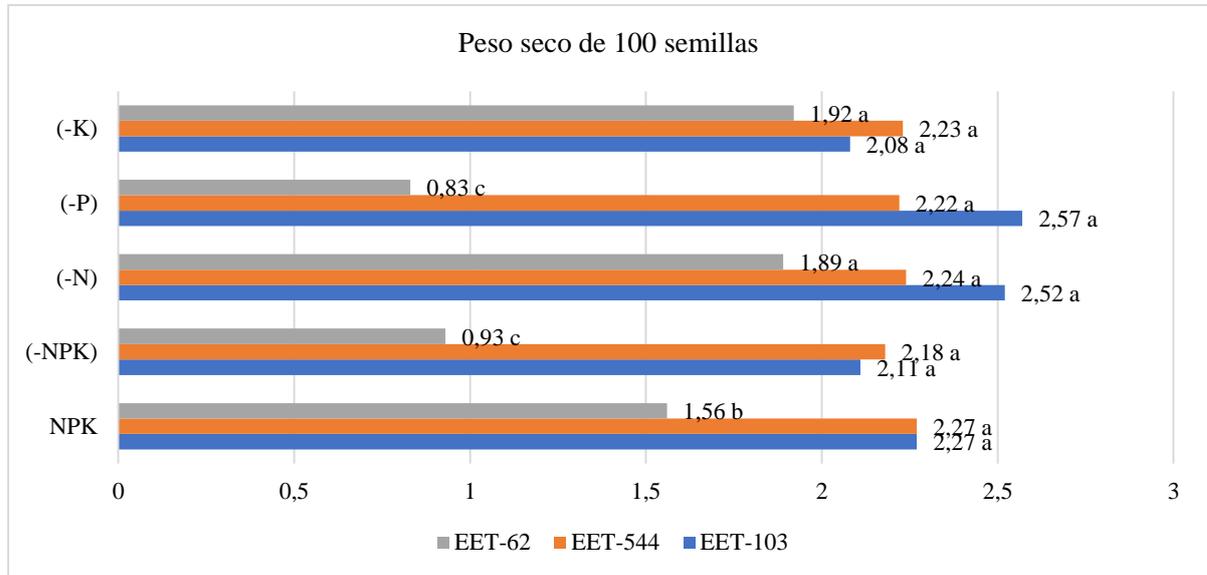
<b>Peso seco de 100 semillas</b>	
	<b>Medias</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	2,31 a
EET-544	2,23 a
EET-62	1,42 b
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	1,74 b
(-N)	2,21 a
(-P)	1,87 a b
(-K)	2,08 a b
NPK	2,03 a b
p-valor:	0,0001

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Elaborado por:** Solano & Vizúete (2024)

El estudio realizado por Gil (2018), informó que obtuvo valores superiores en el peso seco de 100 semillas, con la aplicación edáfica de potasio, por lo que el potasio en cacao incide en el incremento de las características agronómicas, mismas que están relacionadas con el fruto, esto se da porque el potasio en la planta es muy móvil, mejorando la actividad fotosintética. Por otro lado, Huachos (2015), menciona que el peso de las semillas es influenciado por los factores genéticos, ambientales y la edad de la planta, por lo que el peso del grano es importante, puesto que obtendrán mayores rendimientos.

**Gráfico 7.** Promedio del peso seco de 100 semillas por la omisión de macronutrientes en tres tipos de clones de cacao nacional



Elaborado por: Solano & Vizúete (2024)

En la gráfica 7, se muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los clones EET-103 y EET-544, en el caso del EET-62 si existe diferencias entre sus omisiones, en este sentido el peso de 100 semillas en los diferentes clones evaluados, donde el mejor clon fue EET-103 con un valor de 2,57 g con la omisión (-P), valor superior en comparación al resto de los clones.

### 11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg)

Al evaluar el efecto de los macronutrientes en el peso de grano fresco/árbol, en la (tabla 16) se puede observar que en el factor A (clones de cacao) existen diferencias estadísticas significativas, al igual que el factor B (omisión de macronutrientes), por lo que se puede decir que las omisiones ejercieron una tendencia, independiente del clon utilizado. El factor A (clones de cacao) respecto al peso de grano fresco, el clon EET-544 obtuvo las medias más altas, en comparación al resto de clones, por otra parte, el factor B (omisión de macronutrientes) la omisión NPK fue quien obtuvo las medias más altas para la presente variable.

**Tabla 16.** Peso de grano fresco/árbol (kg) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes.

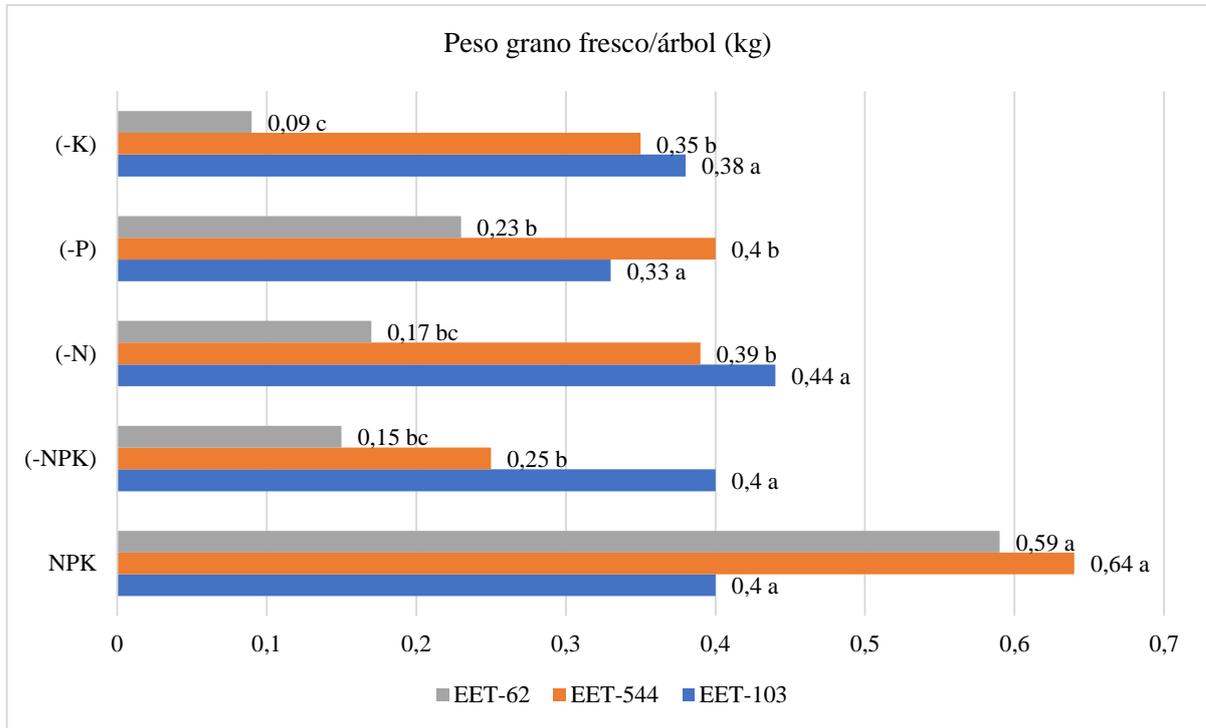
<b>Peso grano fresco/ árbol (kg)</b>	
	<b>Medias</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	0,39 a
EET-544	0,41 a
EET-62	0,25 b
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	0,27 b
(-N)	0,33 b
(-P)	0,32 b
(-K)	0,27 b
NPK	0,54 a
p-valor:	0,0001

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Elaborado por:** Solano & Vizueté (2024)

El estudio realizado por Chamba (2022), reportó valores estadísticamente inferiores a nuestra investigación, con la aplicación de de macronutrientes, dichos productos ayudan a estimular el crecimiento radical, lo cual aumenta el rendimiento y calidad de las cosechas. Asimismo, Vera *et al.* (2019), el cual evaluó la calidad física de los granos, obteniendo valores inferiores a los presentados en la presente investigación, siendo el grano de gran importancia dentro del rendimiento del cultivo de cacao.

**Gráfico 8.** Promedio del peso de grano fresco/árbol (kg) por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



Elaborado por: Solano & Vizuite (2024)

En la gráfica 8, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones, siendo el clon que mayor peso de grano fresco obtuvo fue el EET-544 con un valor de 0,64 kg con la omisión NPK, valor superior al resto de clones.

### 11.7. Rendimiento (kg/ha)

En la tabla 17, se observa que el factor A (clon de cacao) muestra que existen diferencias estadísticas significativas, al igual que el factor B (omisión de macronutrientes), por lo que las omisiones ejercieron un efecto, independiente al clon utilizado. El factor A (clones de cacao) se puede observar en el rendimiento el clon EET-544 obtuvo las medias más altas, en el caso del factor B (omisión de macronutrientes) la omisión NPK fue quien obtuvo las medias más altas en comparación al resto de omisiones.

**Tabla 17.** Rendimiento (kg/ha) en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

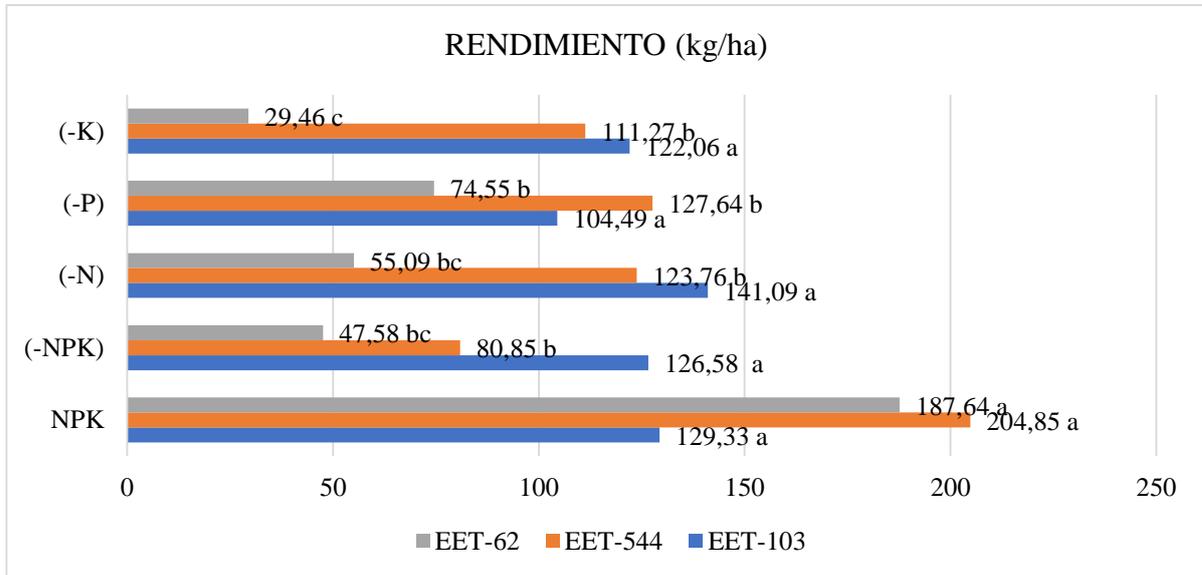
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	
	<b>Medias</b>
<b>Factor A: Clones de cacao</b>	
EET-103	124,71 a
EET-544	129,67 a
EET-62	78,86 b
p-valor:	0,0001
<b>Factor B: Omisión de nutrientes</b>	
(-NPK)	85,00 b
(-N)	106,65 b
(-P)	102,22 b
(-K)	87,60 b
NPK	173,94 a
p-valor:	0,0001

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Elaborado por:** Solano & Vizueté (2024)

Por su parte, Ludeña (2013), reportó valores superiores al aplicar 120 N, 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 160 K<sub>2</sub>O, 25 MgO y 150 S, los cuales brindan los nutrientes necesarios para la obtención de altos rendimientos, los resultados obtenidos por Isuiza (2023), reportó valores superiores en el rendimiento de cacao, con la aplicación de NPK, demostrando el efecto positivo de la fertilización, obteniendo resultados crecientes en la presente variable.

**Gráfico 9.** Promedio en el rendimiento (kg/ha) por la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao tipo nacional



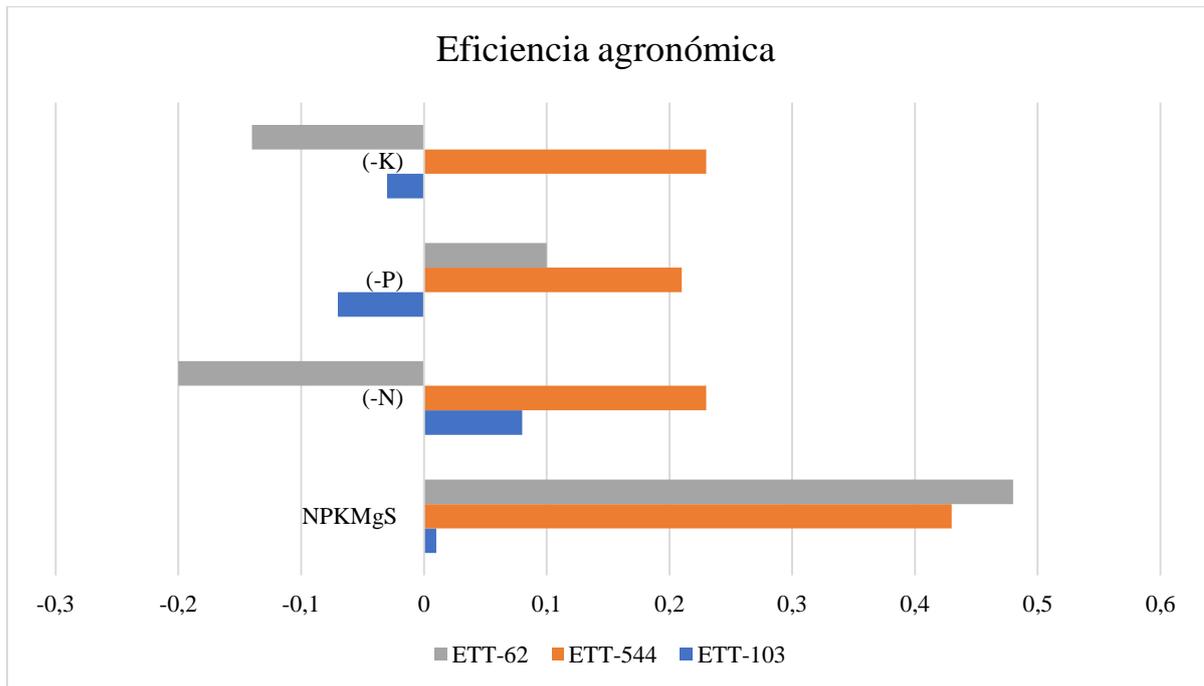
Elaborado por: Solano & Vizuite (2024)

En lo que respecta al rendimiento en la gráfica 9, se puede observar que existen diferencias estadísticas entre los clones, siendo el clon que mayor rendimiento obtuvo fue el EET-544 con un rendimiento de 204,85 kg/ha.

### 11.8. Eficiencia agronómica

Como se puede evidenciar en las gráficas, en la mayoría de las emisiones sufrieron una deficiencia, lo que ocasiono que se presenten valores negativos, por lo que al aplicar NPK la eficiencia agronómica aumenta, ya que el cultivo aprovecha todos los nutrientes a disposición, siendo la aplicación de macronutrientes que mayor eficiencia agronómica obtuvo, en la mayoría de los clones evaluados, mediante el cual se puede conocer los valores de los nutrientes que presentan una omisión negativa. Por lo tanto, Puentes *et al.* (2014), en su investigación, obtuvo una eficiencia agronómica positiva con la aplicación de NPK, lo cual significa que incrementa el rendimiento por cada kilogramo de NPK aplicado, resultado similar a la presente investigación, donde el NPK presento una eficiencia positiva en el clon EET-62. Por otro lado, la eficiencia agronómica reportada por Marquinez (2021), concuerda con nuestros resultados, donde obtuvo resultados positivos en su eficiencia al aplicar nitrógeno amoniacal, potasio y fósforo, demostrando así, que al aplicar macronutrientes tiene un gran impacto en el rendimiento del cultivo de cacao.

Gráfico 10. Eficiencia Agronómica



Elaborado por: Solano & Vizúete (2024)

### 11.9. Análisis económico

En la tabla 18 se detalla el análisis de los costos de producción de cada uno de los tratamientos evaluados.

Tomando en cuenta el precio por kg de \$4,93, con un ingreso bruto en el clon EET-103 (NPK) \$636,0, en el clon EET-544 (NPK) \$1010,7 y en el EET-62 (NPK) \$433,8, con un ingreso bruto de \$1399,04 para los tres clones, presentando un beneficio neto y una rentabilidad negativa para cada uno de los tratamientos evaluados.

**Tabla 18.** Análisis económico en la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) por la omisión de macronutrientes

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento (Kg)</b>	<b>Precio por Kg</b>	<b>IB (USD)</b>	<b>CT (USD)</b>	<b>BN (USD)</b>	<b>B/C</b>	<b>Rentabilidad (%)</b>
<b>EET-103</b>							
(-NPK)	127,00	4,93	626,1	795,6	-169,49	-0,21	-21,30
(NPK)	129,00	4,93	636,0	1399,04	-763,07	-0,55	-54,54
(-N)	141,00	4,93	695,1	1273,09	-577,96	-0,45	-45,40
(-P)	104,00	4,93	512,7	1342,04	-829,32	-0,62	-61,80
(-K)	122,00	4,93	601,5	1103,34	-501,88	-0,45	-45,49
<b>EET-544</b>							
(-NPK)	81,00	4,93	399,3	795,6	-396,27	-0,50	-49,81
(NPK)	205,00	4,93	1010,7	1399,04	-388,39	-0,28	-27,76
(-N)	124,00	4,93	611,3	1273,09	-661,77	-0,52	-51,98
(-P)	128,00	4,93	631,0	1342,04	-711	-0,53	-52,98
(-K)	111,00	4,93	547,2	1103,34	-556,11	-0,50	-50,40
<b>EET-62</b>							
(-NPK)	48,00	4,93	236,6	795,6	-558,96	-0,70	-70,26
(NPK)	88,00	4,93	433,8	1399,04	-965,2	-0,69	-68,99
(-N)	55,00	4,93	271,2	1273,09	- 1001,94	-0,79	-78,70
(-P)	75,00	4,93	369,8	1342,04	-972,29	-0,72	-72,45
(-K)	29,00	4,93	143,0	1103,34	-960,37	-0,87	-87,04

**Elaborado por:** Solano & Vizuetete (2024)

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

**Impactos técnicos:** La presente investigación brindará nuevas alternativas, permitiendo obtener mejores resultados en la producción del cultivo de cacao, el objetivo del proyecto es dar a conocer la efectividad de los macronutrientes en cacao, mismo que beneficiara a los agricultores.

**Impactos sociales:** La investigación busca dar los conocimientos necesarios a los productores y agricultores sobre el uso de los macronutrientes en la producción del cultivo de cacao, buscando siempre dar a conocer mejoras para que puedan obtener mejores rendimientos.

**Impactos ambientales:** La investigación no causa impactos negativos en el medio ambiente, ya que los productos utilizados fueron de una manera moderada, de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo de cacao, por lo que se busca dar a conocer sobre el uso correcto de las dosis de los productos utilizados, evitando repercusiones en el medio ambiente.

**Impactos económicos:** El presente proyecto busca dar nuevos métodos para que los agricultores puedan reducir los costos de producción, beneficiando así a los agricultores, lo que les ayudará en su economía progresivamente.

### 13. PRESUPUESTO

En la tabla 19, se muestra el presupuesto que fue utilizado en la investigación, detallando los recursos utilizados en la misma.

**Tabla 19.** Presupuesto utilizado en la investigación

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad aplicada(kg)/planta</b>	<b>Valor por kg/unitario</b>	<b>Valor total</b>
Muriato de potasio	1	41.02 kg	\$0,76	\$31,17
Urea (N)	1	34,29 kg	\$0,56	19,20
Sulfato de magnesio	1	14.47 kg	\$0,56	\$8,10
Superfosfato triple	2	7,62 kg	\$1,18	\$8,99
Gramera	1	1	\$11,75	\$11,75
Pilas para la Gramera	4	4	\$1,00	\$4,00
Fundas pequeñas	21	21	\$0,30	\$6,30
Sulfato de amonio (urea)	1	2,28 kg	\$0,46	\$1,04
Sulfato de potasio	1	2,28 kg	\$1,21	\$2,75
Pie de rey	1	1	\$27,00	\$27,00
<b>Total</b>			<b>\$44,78</b>	<b>\$120,30</b>

Elaborado por: Solano & Vizuite (2024)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se determinó que la omisión de macronutrientes en los cambios agronómicos de la mazorca presento un efecto negativo, por lo que a las omisiones causan una menor longitud y diámetro en la mazorca, por otro lado, con la aplicación NPK, se obtuvo valores positivos en las variables evaluados.
- En lo que respecta a la incidencia de enfermedad se puede comprobar que la omisión de nutrientes llega a causar efectos negativos, siendo las plantas de cacao más propensas al ataque de enfermedades.
- Una vez evaluada la eficiencia agronómica, se determinó que a la omisión de -N, -P, -K el clon EET-544 obtuvo los promedios más altos, por lo que, al aplicar una fertilización completa, la eficiencia agronómica aumenta, debido a que el cultivo aprovecha los nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo, siendo los macronutrientes los que presentan mayor eficiencia agronómica.
- Se determinó que los efectos de la omisión de macronutrientes en el cultivo de cacao, el rendimiento se ve afectado, por lo que la producción de cacao es mayor con la aplicación de una fertilización completa.
- El análisis económico mostró que el clon que mayor ingreso bruto lo obtuvo el clon EET-544 con un valor de \$1010,7, mismo que presento un costo total de \$1399,04, un beneficio neto negativo \$ -388,39 y una rentabilidad de -27,76%.

### Recomendaciones

- ❖ Se recomienda realizar la investigación en un periodo más largo, con la finalidad de obtener resultados más reales, en cada una de las variables evaluadas.
- ❖ Se recomienda realizar omisiones de macronutrientes en diferentes clones de cacao, con la finalidad de conocer el efecto que pueden causar en las diferentes variables evaluadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón , J., Peñaranda, E., Díaz, A., Galindo , J., & Rosero, A. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de cacao, medidas para la temporada invernal. (ICA) Instituto Colombiano Agropecuario. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/->
- Alava, D., & Farinango, L. (2023). Respuesta agronómica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) a la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en el Sector Los Laureles Del Cantón La Maná. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10106/1/UTC-PIM-000628.pdf>
- Almeida , A., & Valle, R. (2008). Ecophysiology of the cacao tree. Brasil: Universidad Estadual de Santa Cruz. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/CH3fMFFp6wY4mfZYFPmS7cj/?format=pdf&lang=en>
- Amores, F., Agama, J., Mite, F., Jiménez, J., Loor, G., & Quiroz, J. (2009). EET 544 y EET 558 nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Santa Elena. Quevedo: Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1583/1/Bolet%c3%adn%20t%c3%a9c nico%20N%c2%ba%20134.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. Alternativas.
- ANECACAO. (2020). Exportaciones de cacao . Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>.
- Arevalo, M., González, D., Moroto, D., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Obtenido de [file:///C:/Users/Personal/Downloads/BVE17089191e%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/BVE17089191e%20(2).pdf)
- Arias, A. (2021). Manejo integrado cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): enmiendas edáficas, efecto en la floración y cuajado de fruto. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16538/1/TTUACA-2021-IA-DE00004.pdf>

- Arias, P. (2020). Evaluación de la fertilización nitrogenada y de silicio sobre el rendimiento en cacao CCN-51, en fase productiva. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21393/3/T-UCE-0004-CAG-236.pdf>
- Bartley , B. (2005). La Diversidad Genética del cacao y su utilización. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/370015420/B-G-D-Bartley-The-Genetic-Diversity-of-Cacao-and-Its-Utilization-2005-pdf>
- Bastidas, V. (2017). Estudio exploratorio del control biológico de la monilla (*Moniliophthora roreri*) en cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) con microorganismos nativos de la zona de Mocache. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/69d07f05-6b52-4d94-a8ac-6bcd6af6de32/content>
- Batista, L. (2009). Guía técnica el cultivo de cacao. Obtenido de <https://librerialatina.co/wp-content/uploads/2022/10/cacao.pdf>
- Beard , J., Di Bella, C., & Busso, G. (2015). Funciones de los Macro y Micronutrientes. Obtenido de <https://www.aag.org.ar/funciones-de-los-macro-y-micronutrientes/>
- Carmona , L., Gutiérrez , E., Henao , A., & Urrea , A. (2022). Nutrición en los cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.): ¿Qué factores que deben ser considerados? Biotecnologías aplicadas a cultivos de interes socioeconómico. Obtenido de <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/14145>
- Carrera, M. (2014). Análisis sobre el desarrollo de la comercialización internacional del cacao nacional fino de aroma del 2002 al 2012, producción e impacto político, económico y social. Quito: Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7490/10.26.000753.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Carrión , J. (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1451/1/104270.pdf>
- Chamba, A. (2022). Efecto de bioactivadores de la fertilización edáfica orgánica sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao*), en Yaguachi, Guayas. Milagro: Universidad

- Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CHAMBA%20CASADILLA%20ARIANA%20BRIGITTE.pdf>
- Chávez, J. (2020). Caracterización cultural, patogénica y sensibilidad in vitro de *Phytophthora* spp. asociado a enfermedades de mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.). Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1337/1/TTA10D.pdf>
- Coronel, J., & Landetta, A. (2009). Principales procesos tecnológicos, organizacionales y jurídicos para establecer la denominación de origen del cacao nacional fino de aroma. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6569/1/D-39115.pdf>
- Cubillos, G., Restrepo, T., & Hincapié, O. (2019). La moniliasis del cacao: Daños, síntomas, epidemiología y manejo. Grupo nutresa. Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/09/Cartilla-Monilia-CNCH-2019.pdf>
- Enríquez, G. (2010). Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Quito: Estación Experimental Tropical Pichilingue. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- Escobar, S. (2023). Efectos de la fertilización edáfica complementado con calcio y boro en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), El Deseo, Milagro. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ESCOBAR%20YAGUAL%20SANTIAGO%20EZEQUIEL.pdf>
- Espinal, J. (2015). Producción del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) EET-103 orgánico a tres distanciamientos de siembra en un sistema triangular de doble hilera. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fee7456d-3f67-42da-9b45-4343bcec1310/content>
- Espinosa, M. (6 de Febrero de 2018). La producción en Quevedo, Santo Domingo y La Concordia está en alza. El Comercio. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/produccion-quevedo-santodomingo-concordia-agricultura.html>

- FAO. (2018). Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Figuroa, O. (2012). Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao. Perú. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-b-cacao.pdf>
- García , A., Pico, B., & Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. Revista Digital Novasinerгия. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-26542021000200152#:~:text=El%20cacao%20en%20Ecuador%20se,diferentes%20provincias%20\(Tabla%201\)](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000200152#:~:text=El%20cacao%20en%20Ecuador%20se,diferentes%20provincias%20(Tabla%201)).
- García, A. (2020). Deficiencia de Nitrógeno (N) en Cacao. Obtenido de <https://plantwisepusknowledgebank.org/doi/10.1079/PWKB.20207800512>
- Garzón , S. (19 de Mayo de 2023). Producción de cacao en Ecuador y impacto económico. Obtenido de <https://delmonteag.com.ec/produccion-de-cacao-en-ecuador-y-su-impacto-economico/>
- Garzón, M. (2021). Estudio de dos genotipos de cacao CCN51 Y EET-103 mediante la aplicación de calcio más potasio en la zona del Guayas, Naranjal. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARZON%20SUNCION%20MICHAEL%20ANIBAL.pdf>
- Gil, N. (2018). Efectos de la aplicación edáfica de potasio y boro, en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), sobre el desarrollo y rendimiento de la mazorca en la zona de Pueblo Viejo. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5038/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000121.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, P. (2016). Iniciativa Latinoamericana del cacao. CAF. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/892>
- Guerreo, J. (2012). Análisis de suelos y fertilización de cacao. Juanjui - Perú: Agrobanco. Obtenido de [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-a-cacao\\_SUELOS\\_FERTILIZACION%3%93N\\_.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-a-cacao_SUELOS_FERTILIZACION%3%93N_.pdf)

- Gutiérrez, E., Leiva, E., & Ramirez, R. (2019). La poda y su efecto en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad de Costa Rica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/436/43662066011/html/>
- Hall, H., Li, Y., Comerford, N., Arévalo, E., Zuniga, L., Baligar, V., & Popenoe, H. (2010). Los cultivos de cobertura alteran las fracciones de fósforo del suelo y las sustancias orgánicas, acumulación de materia en una agroforestería de cacao. *Agroforest Syst.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Arevalo-2/publication/215476141\\_Cover\\_crops\\_alter\\_phosphorus\\_soil\\_fractions\\_and\\_organic\\_matter\\_accumulation\\_in\\_a\\_Peruvian\\_cacao\\_agroforestry\\_system/links/00b495189ba15a7fe0000000/Cover-crops-alter-phosphorus-so](https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Arevalo-2/publication/215476141_Cover_crops_alter_phosphorus_soil_fractions_and_organic_matter_accumulation_in_a_Peruvian_cacao_agroforestry_system/links/00b495189ba15a7fe0000000/Cover-crops-alter-phosphorus-so)
- Hernández, A., & Hansen, A. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental.* Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992011000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200003)
- Hernández, C. (2018). Análisis de la composición química del cacao, extracción y estudio de compuestos antioxidantes en genotipos del banco de germoplasma de México. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82298/TESIS%20CAP%201%20Y%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R. (2012). Propagación del cacao (*Theobroma cacao* L). misión de macronutrientes y biodisponibilidad de. Obtenido de [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/678/Hernandez\\_Alvarado\\_R\\_MT\\_Sistemas\\_Sustentables\\_Produccion\\_Tropico\\_2012.pdf;jsessionid=DBA15713A4924A42F88DABBAB3474FD2?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/678/Hernandez_Alvarado_R_MT_Sistemas_Sustentables_Produccion_Tropico_2012.pdf;jsessionid=DBA15713A4924A42F88DABBAB3474FD2?sequence=1)
- Hidalgo, J. (2017). La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La%20situacion.pdf>

- Huachos, H. (2015). Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon ICS 95 en Cubantia- Pangoa. El Mantaro, Juaja - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/553/THAH-877.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Imas, P. (2018). El potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y calidad de las cosechas.
- Infocacao. (2017). Reconociendo los síntomas y signos de la mazorca negra. Obtenido de [http://www.fhia.org.hn/descargas/proyecto\\_procacao/infocacao/InfoCacao\\_No13\\_Jul\\_2017.pdf](http://www.fhia.org.hn/descargas/proyecto_procacao/infocacao/InfoCacao_No13_Jul_2017.pdf)
- Isuiza, A. (2023). Comparativo de dosis de fertilización química sobre la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN 51 en la localidad La Unión CFB KM 75. Pucallpa - Perú: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6334/B5\\_2023\\_UNU\\_AGRONOMIA\\_2023\\_T\\_BARDALES-ALEGRIA\\_V1.pdf?sequence=4](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6334/B5_2023_UNU_AGRONOMIA_2023_T_BARDALES-ALEGRIA_V1.pdf?sequence=4)
- Jaraba, A., Buriticá, Á., Vega, F., Urrego, J., Bautista, J., Puerta, J., . . . Herrán, L. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) origen, botánica y generalidades. Compañía Nacional de Chocolate. Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/12/AF-FOLLETO-ORIGEN-BOTANICA-Y-GENERALIDADES-1.pdf>
- Lanaud, C., Solórzano, R., & Valdez, F. (2019). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador. Obtenido de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers19-08/010076407.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers19-08/010076407.pdf)
- Leiva, E. (2015). Aspectos para La Nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55148/ednaivonneleivarojas.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, R., Villavicencio, E., Ramírez, J., & Murillo, B. (2015). Mmacronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321304.pdf>

- Ludeña, V. (2013). Efecto de la fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao CCN51 (*Theobroma cacao* L.) en Jaen. Tingo, María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1061/TS\\_LDV\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1061/TS_LDV_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marquinez, A. (2021). Eficiencia agronómica y económica de fertilizantes compuestos en cacao CCN-51. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1433/TTA14D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, E., & Pérez, L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv02215.pdf>
- Mendoza , E., Boza, J., & Manjarrez, N. (2021). Impacto socioeconómico de la producción y comercialización del cacao de los pequeños productores del cantón Quevedo. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 1-18. Obtenido de file:///C:/Users/Personal/Downloads/603-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1701-1-10-20211227.pdf
- Mera, O., & Ruíz, M. (2014). Evaluación física, sensorial y bromatológica del licor de cacao en variedades clonales EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103 en la ESPAM. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/434/1/TESIS%20CLONES%20DE%20LICOR%20DE%20CACAO%20%20APROBADA%20FINAL.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: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Motamayor, J., Lachenaud, P., Da Silva, J., Loor, R., Kuhn, D., Brown, S., & Schnell, R. (2008). Diferenciación Geográfica y Genética Poblacional del Árbol de Chocolate Amazónico (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003311>

- Oroche, J. (2021). Efecto de dos sistemas de fertilización (por goteo y edáfica) sobre el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 en la localidad El Milagro, distrito de Irazola, Región Ucayali. Pucallpa - Perú: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4858/UNU\\_AGRONOMIA\\_2021\\_T\\_JUAN-OROCHE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4858/UNU_AGRONOMIA_2021_T_JUAN-OROCHE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Orús , A. (9 de Mayo de 2023). Principales productores de granos de cacao en 2021, por valor de la producción. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/636071/cacao-principales-productores-del-mundo-por-valor/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20cacao%20de,y%20el%20tercer%20lugar%2C%20respectivamente.>
- Orús, A. (2022). Producción anual de cacao de África por país 2017-2022. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1301220/produccion-anual-de-cacao-de-africa-por-pais/>
- Paredes , N., Monteros, Á., Lima, L., Caicedo , C., Bastidas , S., Tinoco, L., . . . Intriago , J. (2022). Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana.
- Paspuel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-A82-2018.pdf>
- Puentes, Y., Flores, J., & Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Bioagro. Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612014000200004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000200004)
- Reddy, P. (2015). Agricultura resiliente al clima para garantizar la seguridad alimentaria. Instituto Indio de Investigación Hortícola. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283428592\\_Climate\\_Resilient\\_Agriculture\\_for\\_Ensuring\\_Food\\_Security](https://www.researchgate.net/publication/283428592_Climate_Resilient_Agriculture_for_Ensuring_Food_Security)
- Rizo, E. (2016). Fertilización micro y macro en hortalizas. Obtenido de <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fertilizacion-micro-y-macro/>

- Rodríguez, N., Chávez, B., Gómez, I., Vásquez, M., & Estrada, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. Alianzas tendencias BUAP. Obtenido de <https://zenodo.org/records/6326782>
- Rodríguez, P. (2019). Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda San José, cantón Babahoyo. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6844/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000050.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosas, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia Colombiana. *Cienc Tecnol Agropecuaria*.
- Salgado, S., Palma, D., Núñez, R., Debernardi, H., & Mendoza, R. (2006). Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Villahermosa: Instituto para el desarrollo de sistemas de producción del tropico húmedo de Tabasco. Obtenido de <https://docplayer.es/27256223-Manejo-de-fertilizantes-y-abonos-organicos.html>
- Salinas, S. (2014). La Mazorca Negra (*Phytophthora* sp.). Obtenido de <https://datosagronicosssalinaas.blogspot.com/2014/07/normal-0-21-false-false-false-es-co-x.html>
- Sánchez, C. (2010). El chocolate amargo en la cocina cuencana actual, nuevas recetas. Universidad de Cuenca.
- SENASICA. (2022). Escoba de Bruja del Cacao (*Moniliophthora perniciosa*). Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Obtenido de <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao.pdf>
- Silva, E., González, L., & Morán, P. (2022). Exportaciones del cacao orgánico certificado de Ecuador: Análisis comparativo. FIPCAEC, 1-14. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/621-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1425-4-10-20230510.pdf>
- Solís, J., Zamarripa, A., Pecina, V., Garrido, E., & Hernández, E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista mexicana de ciencias*

- agrícolas. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000100007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100007)
- Suárez, C., Moreira, M., & Vera, J. (2015). Manual del cultivo de cacao 2da Edición. INIAP.
- Valarezo, J., Carillo, M., Rubio, G., Peña, K., & García, Y. (2022). Omisión de macronutrientes y biodisponibilidad de . *Acta Agronómica* , 71-3.
- Varela, L. (3 de Agosto de 2022). Enfermedades en el cultivo del cacao. Obtenido de <https://progresacaribe.info/enfermedades-en-el-cultivo-del-cacao/>
- Vélez, J. (2018). Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ddf1bcef-3199-4384-90bb-8aac18a8e304/content>
- Vera, J., Véliz, B., & Herrea , N. (2019). Calidad física de almendras en Veintiún cruces internacionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1210/1199>
- Zambrano, D. (2013). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) tipo nacional y CCN-51 en el tercer año de establecimiento. Santo Domingo: Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19930/1/6760\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19930/1/6760_1.pdf)
- Zambrano, J., & Chávez , E. (2018). Diagnóstico del Estado del arte de la cadena de valor del cacao en América Latina y El Caribe. Fontagro. Obtenido de <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2019/03/2018-CacaoDocFinal.pdf>
- Zavala, J. (2014). Nutrición mineral del cacao. UNAS. Obtenido de [https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/NUTRICION\\_MINERAL\\_DEL\\_CACAO.pdf](https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/NUTRICION_MINERAL_DEL_CACAO.pdf)
- Zhang, D., Boccara, M., Motilal , L., Mischke, S., Johnson, E., Butler, D., . . . Meinhardt, L. (2009). Molecular characterization of an earliest cacao (*Theobroma cacao* L.) collection from Upper Amazon using microsatellite DNA markers. *Tree Genetics & Genomes*, 1-

13. Obtenido de [https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/zhang200957.pdf](https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/zhang200957.pdf)