



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**RESPUESTA DE LA OMISION DE MACRONUTRIENTES
PRIMARIOS SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

AUTORAS:

Ayala Páez Erika Tatiana
Hernandez Llomitoa Alexandra Salome

TUTOR:

Jonathan López Bósquez

**LA MANÁ-ECUADOR
FEBRERO-2024**

DECLARACION DE AUTORIA

Ayala Páez Erika Tatiana, con cédula de ciudadanía No. 0503718025, Hernandez Llomitoa Alexandra Salome con cédula de ciudadanía No. 1755447743, declaramos ser las autoras del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “RESPUESTA DE LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)”**, siendo el Ing. Jonathan Bismar López Bósquez, Mgs., Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, febrero 21 del 2024



Erika Tatiana Ayala Páez
C.C: 0503718025



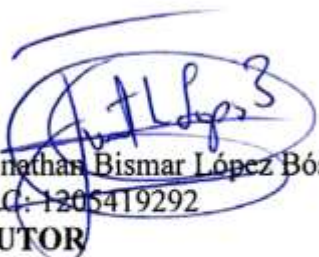
Alexandra Salome Hernandez Llomitoa
C.C: 1755447743

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“RESPUESTA DE LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”, de Ayala Páez Erika Tatiana; Hernandez Llomitoa Alexandra Salome, 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 a incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 21 de febrero 2024



Jonathan Bismar López Bósquez
C.C: 1205419292
TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las especificaciones reglamentaria emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná; por cuanto, las postulantes: Ayala Páez Erika Tatiana; Hernandez Llomitoa Alexandra Salome, con el título de Proyecto de Investigación **“RESPUESTA DE LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)”**, ha 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:


Wellington Jean Pincay Ronquillo
C.C: 120638458
LECTOR (PRESIDENTE)


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


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

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos salud y vida, para poder cumplir todos nuestros sueños propuestos a lo largo de nuestra vida. A la Universidad, por permitirnos ser parte de esta noble institución la cual nos brindó sus conocimientos.

De tal manera agradecemos a todos los docentes que impartieron sus conocimientos y saberes en el transcurso de nuestra carrera universitaria.

Un agradecimiento eterno a nuestro tutor Ing. Jonathan López por su inquebrantable apoyo y dedicación a nuestro proyecto.

Erika

Alexandra

DEDICATORIA

Nunca dejes de creer en ti dedico este proyecto: A mis padres George y Gladys quienes me impulsan a ser mejor cada día y me ayudan a levantarme en cada caída.

A mis hijas Victoria y Zoe porque son el pilar fundamental en mi vida.

A mí esposo por ser parte de este sueño y logro que quedará guardado en mi corazón por siempre.

A mis hermanos Mariela, Jorge y Danny por siempre estar conmigo durante este proceso.

Erika

DEDICATORIA

Este logro alcanzado se lo dedico principalmente a DIOS y a mis padres por haberme apoyado siempre en las buenas y en las malas todos los logros de mi vida se los dedico a ellos, con sus consejos y su apoyo incondicional que me permitieron poder lograr todos mis objetivos.

También a mi familia que con sus palabras me dieron aliento a seguir este camino y poder culminar mi carrera universitaria y así poder lograr cumplir el sueño de mis padres.

Alexandra

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TITULO: “RESPUESTA DE LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)”

Autores:
Ayala Páez Erika Tatiana
Hernandez Llomitoa Alexandra Salome

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el centro Experimental “Sacha Wiwa”, de la parroquia Guasaganda perteneciente al cantón La Maná, con una duración de seis meses, con el objetivo de “Evaluar el efecto de la respuesta ante la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)”, para ello se estableció un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial A x B (3 x 5), en donde el factor A corresponde los clones de cacao (CCN-51, EET-48 y EET-96) y el factor B a las omisiones de macronutrientes (-N), (-P), (-K), (-N, P, K) y (N,P,K), en cuanto a los resultados obtenidos, en el factor A obtuvo los promedios más altos con el clon CCN-51 con un mayor número de mazorca sana con 5.60, un menor número de mazorcas enfermas con 4.35, un menor índice de enfermedades con una media de 44.55, una mayor longitud de mazorcas de 23.7, con un mayor diámetro de mazorca de 10.37, peso de 100 semillas con 2.32, mejor peso de granos secos con 1.18 g, un mayor rendimiento con 378.59 kilogramos por hectáreas. En cuanto al factor B se obtuvieron una mayor cantidad de mazorcas sanas con la omisión de NPK con 4 mazorcas sanas, menores número de mazorcas enfermas con 2.67, mejor diámetro de mazorca con 10.59, mejor peso de grano fresco con 0.70 g; por otro lado, la omisión de P obtuvo mejores resultados en cuanto al menor índice de enfermedad con 33.38, mejor rendimiento con 183.08 kg/ha. Mientras que la omisión de K obtuvo los menores resultados en la investigación. Por consiguiente, en el análisis económico se obtuvo un mejor resultado con el clon CCN51 con la omisión de NPK obteniendo una rentabilidad de 102.63%

Palabras claves: cacao, clones, macronutrientes, mazorcas, omisión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

**TITULO: “RESPUESTA DE LA OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS
SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO
(*Theobroma cacao L.*)”**

**Autores:
Ayala Páez Erika Tatiana
Hernandez Llomitoa Alexandra Salome**

ABSTRACT

ABSTRACT

This research was carried out at the "Sacha Wiwa" Experimental Center, in the Guasaganda parish of the La Maná canton with a duration of six months, with the objective of Evaluating the effect of the response to the omission of primary macronutrients on the development and yield of the cocoa crop (*Theobroma cacao L.*)", for which a completely randomized block design was established, with a factorial arrangement A x B (3 x 5), where factor A corresponds to the cocoa clones (CCN-51, EET-48 and EET-96) and factor B to the omissions of macronutrients (-N), (-P), (-K),(-N, P, K) y (N,P,K), as for the results obtained, factor A obtained the highest averages with clone CCN-51 with a higher number of healthy cob with 5.60, a lower number of diseased ears with 4.35, a lower disease index with an average of 44.55, a greater ear length of 23.7, with a greater ear diameter of 10.37, weight of 100 seeds with 2.32, a better weight of dry grains with 1.18 g, a greater yield with 378.59 kilograms per hectare. As for factor B, a greater number of healthy cobs with the omission of NPK with four healthy cobs, lower number of diseased cobs with 2.67, better cob diameter with 10.59, better fresh grain weight with 0.70 g; on the other hand, the omission of P obtained better results in terms of lower disease index with 33.38, better yield with 183.08 kg/ha. The omission of K obtained lower results in the research. Consequently, in the economic analysis obtained a better result with clone CCN51 and with the omission of NPK profitability of 102.63%.

Keywords: cocoa, clones, macronutrients, cobs, and omission.

ÍNDICE

DECLARACION DE AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>DEDICATORIA</i>	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
3.1. Beneficiarios directos	4
3.2. Beneficiarios indirectos	4
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo General	5
5.2. Objetivo Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.1. Crecimiento y desarrollo de la agricultura	7
7.2. Importancia del cacao a nivel mundial	7
7.3. Origen del cultivo de cacao	8
7.4. Principales países productores de cacao	8
7.5. Cultivares de cacao	9
7.5.1. Cacao criollo	9

7.5.2.	Cacao forastero.....	10
7.5.3.	Cacao trinitario	10
7.5.4.	Clon EET-48.....	10
7.5.5.	Clon EET-96.....	10
7.5.6.	CCN-51	11
7.6.	Requerimientos nutricionales	11
7.7.	Fertilidad de los suelos	12
7.8.	Fertilización.....	12
7.8.1.	Fertilización en las plantaciones cacaoteras	13
7.9.	Macronutrientes.....	14
7.9.1.	Nitrógeno.....	14
7.9.2.	Fósforo.....	15
7.9.3.	Potasio	16
7.9.4.	Magnesio	17
7.9.5.	Azufre.....	18
7.9.6.	Calcio.....	18
7.10.	Enfermedades del cacao	18
7.10.1.	Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>):	19
7.10.2.	Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>):	19
7.10.3.	Mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>):.....	20
7.11.	Labores culturales.....	20
7.11.1.	Poda en el cacao	20
7.12.	Antecedentes investigativos	21
8.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	22
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
9.1.	Ubicación y duración del ensayo.....	23
9.2.	Condiciones agrometeorológicas.....	23

9.3. Tipos de investigación.....	23
9.3.1. Cuantitativa	23
9.3.2. Experimental	24
9.3.3. Documental	24
9.3.4. Analítica y descriptiva.....	24
9.3.5. Técnicas.....	24
9.3.6. De campo.....	24
9.4. Materiales y equipos.....	25
9.4.1. Características del material vegetativo empleado en la investigación	25
9.4.2. Otros materiales y equipos	25
9.5. Factores en estudio	26
9.6. Tratamientos en estudio.....	26
9.7. Esquema de análisis de varianza	27
9.8. Análisis estadístico	27
9.9. Diseño experimental.....	27
9.10. Manejo del experimento.....	28
9.10.1. Control de maleza.....	28
9.10.2. Poda y eliminación de musgos en las plantas de cacao.....	28
9.10.3. Fertilización.....	28
9.10.4. Registro de variables	29
9.11. Variables evaluadas.....	29
9.11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas	29
9.11.2. Incidencia de enfermedades	29
9.11.3. Longitud de la mazorca	29
9.11.4. Diámetro de la mazorca.....	30
9.11.5. Peso seco de 100 semillas	30
9.11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg).....	30

9.11.7. Rendimiento (kg/ha).....	30
10.11.9. Análisis económico	30
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas	33
11.2. Incidencia de enfermedades.....	36
11.3. Longitud de mazorca	38
11.4. Diámetro de la mazorca.....	40
11.5. Peso de 100 semillas.....	42
11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg)	44
11.7. Rendimiento (kg/ha).....	46
11.9. Análisis económico	48
12. IMPACTOS.....	50
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas entorno a los objetivos planteados.	6
Tabla 2. Condiciones agrometeorológicas.....	23
Tabla 3. Características del material vegetativo empleado en la investigación.	25
Tabla 4. Insumos y equipos	25
Tabla 5. Materiales empleados	26
Tabla 6. Tratamientos en estudio.....	27
Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.	27
Tabla 8. Fertilización realizada en el cultivo de cacao.....	28
Tabla 9. Registro de mazorcas sanas y enfermas en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	33
Tabla 10. Incidencia de enfermedades en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	37
Tabla 11. Longitud de mazorca en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	39
Tabla 12. Diámetro de la mazorca en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	41
Tabla 13. Peso de 100 semillas en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	43
Tabla 14. Peso grano fresco/árbol (kg) en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	45
Tabla 15. Rendimiento (kg/ha) en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	47
Tabla 16. Análisis económico en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	49
Tabla 17. Presupuesto utilizado en la investigación.....	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedio de mazorcas sanas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.	34
Gráfico 2. Promedio de mazorcas enfermas, por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.	35
Gráfico 3. Promedio del total de mazorcas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.	35
Gráfico 4. Promedios de incidencia de enfermedades por efecto de la omisión de macronutrientes	38
Gráfico 5. Promedios de la longitud de mazorca por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao	40
Gráfico 6. Promedios del diámetro de la mazorca por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.....	42
Gráfico 7. Promedio de peso de 100 semillas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao	44
Gráfico 8. Promedio de peso grano fresco/árbol (kg) por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.....	46
Gráfico 9. Promedios del rendimiento (kg/ha) por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao	48

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:	Respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)
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:	Al Sector agrícola
Equipo de trabajo:	Ayala Páez Erika Tatiana Hernandez Llomitoa Alexandra Salome
Tutor:	Ing. Jonathan Bismar López Bósquez, Mgs.
Área de conocimiento:	Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria
Línea de investigación:	Producción Agrícola Sostenible
Sub línea de investigación:	Tecnología para la agricultura

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cacao es considerado uno de los cultivos perennes más importantes a nivel mundial, presentando una producción a nivel global de 331.028,57 toneladas, el cacao es una planta leñosa que pertenece a la familia Malvaceae (Alcívar & Loor , 2016).

Ecuador es líder en la producción de cacao, con una participación en el mercado mundial del 62%, se encuentran sembradas en las provincias del litoral ecuatoriano, entre las que se destacan tenemos a Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2015). En este mismo contexto la provincia de Cotopaxi, específicamente el subtropico del cantón La Maná se encuentra el 12% de la superficie total sembrada del cultivo de cacao, ya que las condiciones edafoclimaticas de la zona permite que este cultivo se desarrolle muy bien, de manera que es parte de los sistemas agrícolas del cantón, además, visto desde un punto socioeconómico la producción y la comercialización de cacao tiene un impacto positivo en los productores y consumidores, siendo el cultivo de cacao muy importante para la economía del país (Escobar, 2018; INEC, 2021).

La fertilización es un aspecto fundamental en la producción de cacao y la relación que tiene con el rendimiento y la calidad del grano de cacao, por lo que una fertilización adecuada proporcionara los nutrientes necesarios para un óptimo desarrollo, en su floración y fructificación, además, para aumentar la producción en un 30%, mejorando la calidad del grano, controlando su tamaño y forma se necesita la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, calcio, magnesio y azufre (Del Monte, 2023). En este contexto la técnica de las parcelas de omisión de nutrientes permite determinar el efecto del suplemento de los nutrientes nativos del suelo, sin fertilizar con nutrientes de interés (Espinoza & Mite, 2002). En este mismo contexto la omisión de nutrientes, ayuda a determinar las dosis específicas de nutrientes calculando la diferencia entre el rendimiento con el programa de fertilización completo y la parcela con omisión del mineral de interés, considerando su eficiencia agronómica (Parra, Valverde, & Alvarado, 2010)

Con lo antes ya mencionado el presente proyecto denominado respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), tiene como finalidad de llegar a entender la variación en el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao por la omisión de macronutrientes primarios, esto por la escala de información local sobre la necesidad de los nutrientes en este tipo de cultivos, por lo que la omisión de macronutrientes, permitirá determinar la dosis específica de elementos, calculando

la diferencia entre el rendimiento con un programa de fertilización completo y la parcela con la ausencia de nutrientes de nuestro interés.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cacao presenta una alta demanda internacional debido a su agradable sabor y aroma, siendo apetecido por varios países, para este cultivo se recomienda una zona tropical seca-húmeda por lo que algunos productores lo tienen como cultivo único y en otros casos lo tienen como cultivo asociado, la alta calidad nutricional del cacao lo ha convertido en uno de los productos agrícolas con mayor demanda en los mercados, siendo el chocolate el más apetecido por los consumidores, con esto se ha incrementado las plantaciones de cacao en los trópicos y subtropicos del país (Pincay , 2022).

Latinoamérica representa una superficie significativa de aproximadamente del 80%, siendo Brasil el país que más hectáreas sembradas presentan con el 40% del total de la región, seguido por Ecuador con el 24%, Colombia 9%, República Dominicana 9%, Perú 6% y Venezuela 4%, sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el área cultivada aproximadamente de 377 mil hectáreas, dando una mayor concentración de Ecuador, Colombia, Brasil, con incremento de alrededor de 354 mil hectáreas (Durango *et al.* 2020).

García (2021), menciona que el cacao en Ecuador ocupa el tercer puesto dentro de las exportaciones agrícolas, lo que ha generado varias fuentes de ingresos para los agricultores de las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Guayas y Manabí, siendo un cultivo de gran importancia dentro de la cadena productiva que va enfocada en el mercado, la almendra del cacao constituye la principal base para la industria del chocolate, coméstica, farmacéutica y otros derivados, los productos principales de la cadena productiva de cacao son comercializados en el mercado interno y externo, los cuales son, la semilla de cacao, cacao en grano, pasta de cacao y cacao en polvo y finalmente el chocolate como un producto terminado (Cedeño & Vera , 2017).

En el cantón La Maná la agricultura es una de las principales fuentes de ingresos economicos, siendo el cacao un rubro muy importante para la mayoría de los pequeños agricultores, la presente investigacion plantea el estudio de la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) con la finalidad de establecer el efecto que genera la omisión de un macronutriente en el cultivo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Al final de la investigación los beneficiarios directos son los integrantes del Colegio Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” y los productores de la parroquia Guasaganda, por lo que tendrán una alternativa para optimizar el uso de fertilizantes comerciales, generando ganancias para los agricultores.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que mediante esta investigación les permitirá obtener conocimiento y experiencia sobre el efecto que presenta la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo de cacao, fomentando alternativas en la aplicación de fertilizantes adecuados para un buen desarrollo.

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El problema de la omisión de macronutrientes en el cacao se refiere a la falta de atención o reconocimiento de la importancia de los macronutrientes en la producción de cacao y sus productos derivados, como el chocolate. En el caso del cacao, tradicionalmente se ha prestado más atención a otros aspectos de su producción, como la calidad del grano, el proceso de fermentación y secado, y las condiciones climáticas ideales para su cultivo. Sin embargo, los macronutrientes también juegan un papel crucial en la calidad y el valor nutricional del cacao y sus productos derivados (Arciniegas, 2023).

Los nutrientes son una parte fundamental en la producción, por lo que la demanda de estos elementos, es de gran importancia, para que el cultivo logre completar su crecimiento, por lo que ayudan al llenado de frutos y también, ayuda a evitar que el cultivo se vuelva más propenso a las plagas y enfermedades, sin embargo, estudios han demostrado que la interacción entre nutrientes tiene una mayor influencia en el aumento del rendimiento, si se omite los nutrientes puede causar efectos negativos en la disminución del rendimiento en el cultivo Eguez *et al.* (2022). En este sentido alrededor del mundo varios son los estudios realizados sobre la importancia del uso de macronutrientes en cacao, para aumentar el rendimiento. Morais (1998), determinó que el fósforo es el nutriente que más limita la producción en Brasil (Patiño, Puentes, & Menjivar, 2019).

Los fertilizantes químicos contribuyen en el rendimiento de los cultivos, ayudando a aumentar la producción de los alimentos en todo el mundo, se estima que el uso de fertilizantes en todo el mundo es de aproximadamente 181,9 millones de toneladas, correspondiente 102,5 millones de toneladas de nitrógeno, 45,9 millones de toneladas de fósforo y 33,5 millones de toneladas de potasio, por lo que la agricultura convencional depende mucho de la aplicación de minerales solubles, esto con el fin de lograr mayores rendimientos, el exceso de aplicaciones ha provocado toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo, desequilibrios biológicos y la reducción de la biodiversidad, en el caso del suelo los impactos negativos se ven en la variación del pH, deterioro en la estructura del suelo, microfauna y por último, afectación a la salud de las personas, todo lo mencionado se da por las aplicaciones inadecuadas de los productos químicos (González, 2019).

El Cantón La Maná es una zona donde se producen una gran diversidad de cultivos, donde podemos encontrar cacao, banano entre otros, su clima y la calidad del suelo que presentan es ideal para la producción de diversos cultivos, sin embargo, los productores del cantón no escapan de la realidad, de cómo llevar un plan de fertilización, ya que no realizan un análisis de suelo, por lo que no tienen conocimientos de los beneficios de los nutrientes primarios disponibles en el suelo, además, no aprovechan dichos recursos para obtener una producción más eficiente, por lo que se plantea el estudio de la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*)

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- ❖ Evaluar la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

5.2. Objetivo Específicos

- ❖ Establecer la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios en la mazorca de cacao.
- ❖ Evaluar la influencia de omisión de macronutrientes primarios en la incidencia de enfermedades del cultivo de cacao.
- ❖ Realizar un análisis económico sobre la omisión de macronutrientes primarios en el cultivo de cacao.

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

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

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
Establecer la respuesta de omisión de macronutrientes primarios en la mazorca de cacao.	la Aplicación de la tratamientos conformados por omisión de nutrientes y registro de variables relacionadas con la mazorca de cacao	de * Datos de variables; diámetro de la mazorca (cm), longitud de la mazorca (cm), peso de 100 semillas, peso de grado fresco y rendimiento (kg)	Fotos, Excel, libro de campo
Evaluar la influencia de omisión de macronutrientes primarios en la incidencia de enfermedades del cultivo de cacao	*Registro de variables relacionadas con la parte fitosanitaria.	Datos de la incidencia de las enfermedades en los clones de cacao. * Registro de mazorcas sanas y enfermas, incidencia de enfermedades.	Fotos, Excel, Libro de campo
Realizar un análisis económico sobre la emisión de macronutrientes primarios en el cultivo de cacao.	*Toma de datos de costos y gastos. *Recopilación de datos de beneficios económicos del cultivo a obtener	Análisis de costo beneficio (Datos de gastos por tratamiento y beneficios económicos obtenidos)	*Información de los costos de producción. *Calculadora *Excel, facturas

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Crecimiento y desarrollo de la agricultura

En gran parte de los países en vía de desarrollo la agricultura juega un papel importante, dentro de la economía de un país ya que es fundamental para abastecer de alimentos a toda la población, además, abastecen de materia prima a las industrias, donde son de gran importancia para brindar a los consumidores los diferentes productos que se pueden encontrar en el mercado, sin embargo, con el paso del tiempo la agricultura ha perdido su importancia económica, esto se debe a que el camino hacia del desarrollo involucra un crecimiento de la actividad económica no agrícola, en el caso del cultivo de cacao, es uno de los productos más apetecidos por el comercio mundial, en la antigüedad el cacao era utilizado para la elaboración de bebida energizante, también se lo utilizaba como moneda, ya que se utilizaba para hacer transacciones como la compra de alimentos o se utilizaba para comprar esclavos, con el pasar de los años, el cacao se lo utilizó principalmente para la elaboración de chocolate, producto que es de alta demanda a nivel mundial, por lo que los agricultores se han visto obligados a aumentar la siembra, siendo un cultivo que se centra principalmente en América Latina, África y Asia, en el caso de los productos derivados los Estados Unidos y Europa lo realizan, con la finalidad de brindar productos de buena calidad (Reinoso , 2013).

7.2. Importancia del cacao a nivel mundial

El cacao es un cultivo que presenta una gran importancia desde los tiempos ancestrales y en la actualidad es producido con fines de exportación, constituyendo como un dinamizador de la economía, a pesar de los beneficios económicos que presenta es considerado como uno de los cultivos que tiene gran incidencia de problemas fitosanitarios debido al cambio climático, por lo que a nivel mundial existen alrededor de 1,8 millones de hectáreas dedicadas al cultivo de cacao, con el paso del tiempo la superficie cultivada sigue creciendo anualmente, por lo que actualmente es notorio su aumento en la producción de cacao, esto se debe a los productos derivados del cacao en el caso del chocolate es altamente consumido a nivel global, formando gran parte de la cadena de valor de los agricultores, en el caso de América Latina Central deben afrontar diversos retos productivos, económicos, sociales y ambientales, ya que en esas zonas presentan bajos rendimientos, además, lo comercializan sin el valor agregado, por lo que los agricultores se ven afectados y el reflejo de ese daño se ve reflejado en los rendimientos tan bajos que presentan (Durango *et al.* 2020).

En Europa el cacao es procesado en un 40%, mientras que en Asia el 23%, seguido por Latinoamérica con un 22% y por último África con el 15%, por lo que a nivel mundial el cacao es uno de los productos de mayor consumo, siendo uno de los cultivos que ha sido primordial para las diferentes industrias, en el caso de América Latina por su ubicación geográfica y por los aspectos genéticos, se encuentra dentro de los principales productores de cacao fino de aroma del mundo (Ginatta, 2020).

En el caso de Ecuador es uno de los principales países exportadores de cacao fino de aroma, siendo considerado a nivel internacional por ser el primer país que ha logrado comercializar más del 60% de la elaboración de cacao fino, por lo cual es uno de los elementos primarios que más demanda la industria Europea (Vite *et al.* 2020).

7.3. Origen del cultivo de cacao

El origen del cacao se da en los trópicos húmedos de América, donde se han encontrado evidencias de su utilización desde hace unos 2000 años A.C aproximadamente, en las zonas húmedas de las Amazonas al Noreste de América del Sur, se ha encontrado una gran diversidad de especies de cacao, de ahí se expandió a América central y al resto de Sudamérica (Aguilar S. , 2021). Su dispersión se dio por medio de las aves, animales y las comunidades indígenas nómadas, mismos que ayudaron a transportar las semillas a otras regiones de América, lugar donde el cacao tuvo un desarrollo en forma silvestre, de esta manera llegó a Centroamérica, donde los toltecas en el siglo X a XII utilizaron el cacao en los rituales, tiempo después los mayas, donde le dieron un toque divino al fruto, aumentando sus siembras y utilizando los granos como monedas, con la llegada de los aztecas donde al cacao lo utilizaban para tributos e impuestos, las expediciones en el Amazonas se han encontrado una diversidad de especies del género *Theobroma*, es decir, que se confirma el origen de cacao en esa región, los indígenas le dieron a la planta de cacao propiedades divinas, el botánico Carl Von Linneo en el siglo XVIII clasificó a la familia de este cultivo como Sterculiaceae y su nombre científico *Theobroma cacao*, mismo que significa “bebida y alimento de los dioses” (Jaraba *et al.* 2021).

7.4. Principales países productores de cacao

La mayor producción de cacao a nivel mundial la tiene África con el 71%, seguido por América con 16%, Asia con 11% y como último tenemos a Oceanía con el 1%, en el caso de los países de gran importancia tenemos a Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil,

Ecuador, Perú, República Dominicana y Colombia, donde se concentra el 93% de la producción total (Noles, 2020).

7.5. Cultivares de cacao

En Ecuador se puede encontrar una diversidad de variedades de cacao, la cual tenemos al denominado Nacional, la cual se caracteriza por dar un chocolate de un sabor suave y una buena aroma, este cultivo tiene una fermentación más corta en comparación con otras variedades, que pueden tardar varios días, el genotipo Nacional con el paso de los años se ha ido perdiendo, esto se debe a la introducción de nuevos materiales resistentes a enfermedades las cuales son las que más afectan a la economía del productor (Montes, 2016).

En el año 1965 un científico ecuatoriano desarrollo un clon de cacao de doble hibridación del material genético Trinitario y Forastero de origen amazónico, este nuevo clon denominado CCN-51, presentan un mayor potencial de rendimiento, además, de ser más resistente a las enfermedades fungosas, por lo que esta característica hace que este clon sea una buena alternativa para una buena producción, por lo que con un buen proceso de fermentación de este tipo de cacao se puede lograr características de una alta calidad (Bustamante & Ramírez, 2010).

También, se obtuvieron seis clones identificados como EET-48, EET-96, los cuales fueron liberados en los años 70, con clones de origen Trinitario los cuáles fueron denominados EET-111 (ICS-95) y EET-275 (ICS-6), los que se recomienda sembrarlos en forma conjunta como un policlon, los clones EET-19, EET-95 y EET-103 se los recolecto de la hacienda Tenguel en la Provincia del Guayas, mientras que los clones EET-48, EET-62 y EET-96 se los obtuvo de la hacienda Porvenir en Los Ríos y por último los clones de serie 500 provienen de la Colección del Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT) (Quiroz *et al.* 2021).

7.5.1. Cacao criollo

Este cacao se lo puede encontrar en la zona norte del Ecuador, Colombia, Venezuela y Centroamérica, este cacao se caracteriza por presentar mazorcas rugosas, con surcos pronunciados, de una forma alargada y puntiaguda, son de color verde y rojo cuando están maduros, las almendras presentan una coloración blanca, el sabor de sus mucilagos es dulce y con una aroma muy penetrante una vez que se haya realizado el proceso de fermentación, el chocolate que se obtiene de este tipo de cacao es muy apetecido por los diferentes consumidores debido a su nuez y fruta (Durán & Dubón , 2016)

7.5.2. Cacao forastero

Este cacao es originario de las cuencas del río Amazonas, los cuales fueron clasificados como silvestres en la Amazonia del Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela y Brasil, es un fruto que tiene una cáscara muy dura y lisa, en cuanto a su color varía de entre verde a rosado pálido, sus almendras son aplanadas con un color morado, mismos que presentan un sabor amargo (Estrada *et al.* 2011).

7.5.3. Cacao trinitario

Este tipo de cacao es heterogéneo, sus frutos son de un color verde, sus semillas son de un color violeta oscuros y rasado pálido, tiene su origen en Trinidad y Tobago, por lo que se estima que la hibridación fue el resultado de un cruzamiento espontáneo y natural, es un cacao que presenta un sabor medio alto, por lo que la producción de este cacao es aproximadamente del 10 al 15% en todo el mundo (Phillips *et al.* 2013).

7.5.4. Clon EET-48

Es un clon originario de la hacienda Santa Rosa en la provincia de los Ríos, fue colectado en los años 1944 y 1948, su floración más intensa se presenta en las épocas lluviosas, los frutos cuando están en estado inmaduro son de color verde, cuando está maduro se torna de un color amarillo, sus semillas son grandes con una forma cilíndrica, un tanto achatadas, sus cotiledones presentan un color púrpura oscuro, es un clon que puede tener un índice de alrededor de 16 y 17 frutos con lo que se forma un kilogramo de cacao seco, presentando buenos niveles de producción, por lo que se obtiene cacao de buena calidad, sus rendimientos promedio es de 1089 y 1248 kilogramos de cacao seco por hectárea, en el caso de las enfermedades es tolerante a la escoba de bruja, por lo que aun con esa enfermedad presenta un buen rendimiento, en el caso de la enfermedad de mal de machete es susceptible, por lo que se debe mantener un buen manejo fitosanitario (Vera *et al.* 2015).

7.5.5. Clon EET-96

El nombre de este clon es Provenir, tiene una floración intensa en los meses de enero a marzo, el fruto es de forma angoleta con un color verde rojizo cuando está en estado inmaduro y cuando alcanza su estado de madurez es de color amarillo, presenta un índice de mazorcas es de 20 unidades por planta, las hojas tienen un color rojo intermedio y tiene una muestra de un 60%

de enraizamiento, presenta un buen rendimiento alcanzando 1146 kg/ha al año (Salinas & Tomalá, 2014).

7.5.6. CCN-51

El clon CCN-51 su nombre proviene de la Colección Castro Naranjo 51, este clon tiene su origen en Ecuador, este es un árbol de un tamaño pequeño, que puede alcanzar una altura de 2.5 metros, con índice de mazorcas de 6 / libra de cacao seco, la variedad clonal empieza su producción a los 18 meses de edad, el tamaño, así como el desarrollo del follaje dependerá mucho del medio ambiente que se pueda presentar, por lo que en las plantaciones se recomienda una buena separación para que el fruto pueda tener un mejor desarrollo, el CCN-51 es un cultivo que se caracteriza por ser de alta calidad y de gran productividad, además, es resistente a las distintas plagas y enfermedades que lo pueden afectar como la escoba de bruja, monilla y el mal de machete, este cultivo posee un rendimiento de 50 a 60 quintales, por hectárea (Guaman, 2007).

7.6. Requerimientos nutricionales

Según Leiva (2015), la tasa de incorporación de nutrientes va a depender de las concentraciones que se presenten en el medio y la demanda de la planta, está determinada por la tasa de crecimiento y por la concentración de los tejidos, los nutrientes como el nitrógeno se debe determinar la consideración de cada especie por la que presenta una demanda determinada en nutrientes, por lo tanto, también se considera la respuesta de la aplicación de los mismos, en el caso de las plantas más jóvenes se puede incrementar el peso de las hojas muy rápido, así como aumentar el área foliar, lo que aumentará el área de intercepción y, por lo tanto, obtendrá un aumento en la fotosíntesis para una buena producción del cultivo de cacao.

El cultivo de cacao como otros cultivos requiere de suelos fértiles para obtener un buen desarrollo, además, de ser un aspecto deseable para tener una buena constitución química, como son los macroelementos nutricionales primarios como es el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, macroelementos secundarios como el Calcio y Magnesio y los micronutrientes como lo es el Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc, los cuales intervienen en el metabolismo de las plantas, en el Ecuador se ha demostrado que mientras más tecnología se incorpore a los cultivos la productividad puede duplicarse, entre las estrategias de mejoramiento se tiene presente la

utilización de los clones de cacao mejorados, por lo que un buen manejo también beneficia a las demandas del cultivar que se está utilizando (Rodríguez, 2019).

El cultivo de cacao extrae del suelo alrededor de 30 kg de nitrógeno, 8 kg de fósforo y 13 kg de potasio, por cada 1000 kg de granos de cacao, es decir, que los nutrientes NPK, son los que más absorbe el cultivo, lo que establece la eliminación de los nutrientes por el cultivo, esto aumenta en los primeros 5 años de haber realizado la siembra, esto se nivela con el paso del tiempo, lo que le mantiene en una constante absorción nivelada durante su ciclo vegetativo, las aplicaciones de los fertilizantes se las realiza de acuerdo a las cantidades requeridas mediante un análisis de suelo, lo que se aplica la fórmula fertilizante 60-90-60 y su aplicación es de 180 a 200 gramos por planta cada año, hasta que el cultivo de cacao cumpla con su ciclo de producción constante, la forma en que le cultivo absorbe el nitrógeno en forma de nitrato y amonio en el caso del fósforo, en forma de fósforo monocalcico y fosfato dicálcico, en cambio, del potasio es incorporado en forma de feldespato, arcilla y potasio intercambiable (Yanasupo, 2021).

7.7. Fertilidad de los suelos

La fertilidad del suelo es la cualidad que resulta de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo, ya que consiste en la capacidad de suministrar los nutrientes necesarios para que las plantas tenga un buen crecimiento y desarrollo, además, la fertilidad de los suelos no es suficiente para que las plantas tengan un buen crecimiento, ya que el clima juega un papel importante dentro de los rendimientos de los cultivos (Sánchez J. , 2009).

7.8. Fertilización

Esta fertilización es un método que consiste en la alimentación de las plantas directamente, esto se da mediante sustancias nutritivas las cuales son químicas-sintéticas solubles en agua (Alcívar & Loor, 2016).

Este tipo de fertilización aporta los elementos necesarios para que el suelo sea capaz por medio de los fenómenos físicos-químicos, lo que proporciona a las plantas una alimentación suficiente y equilibrada, para lograr con éxito estos objetivos son indispensables los aportes orgánicos las cuales constituyen a la base de la fertilización, para que las plantas tengan un buen desarrollo necesita un suelo muy fértil y a su vez este necesita de las plantas para mantener su fertilidad natural, lo que constituye una interrelación constante suelo-planta (Aguado *et al.* 2012).

7.8.1. Fertilización en las plantaciones cacaoteras

Antes de realizar cualquier tipo de fertilización es necesario conocer el nivel de fertilidad que presenta el suelo, para esto se debe realizar un análisis de suelo, una cosecha de cacao extrae aproximadamente 44 kg de nitrógeno, 10 kg de fósforo y 77 kg de potasio, si las mazorcas se las dejan en la cacaotera se recicla aproximadamente 2 kg de nitrógeno, 5 kg de fósforo y 24 kg de potasio, por lo tanto, cuando se explota el suelo tiende a empobrecerse lo que reduce la capacidad de alimentación de las plantas, como consecuencia a lo ya mencionado la producción de los frutos disminuye, por lo que es necesario adicionar nutrientes al suelo para mejorarlos para obtener buenos resultados (Gómez, 2017).

La fertilización en el cultivo es justificada cuando los factores ambientales y los tecnológicos satisfacen la demanda de las plantas, la recomendación de fertilizantes químicos va junto con los resultados de los análisis de suelos, además, estas fertilizaciones no resuelven problemas que van derivados del manejo de plagas y enfermedades, por lo tanto, se debe tener en cuenta la época y la forma de aplicar los fertilizantes en los cultivos (Jaimes *et al.* 2022).

El éxito de una fertilización también dependerá de la época en la que se aplique, del tipo de fertilizante, algunas propiedades físicas del suelo como la textura, porosidad, grado de compactación limitan la disponibilidad de los nutrientes que requieren las plantas, otro aspecto importante en la fertilización es el tipo de suelo, cuando este presente macroporos hace que el suelo sea permeable, más cuando las condiciones presentan una alta precipitación, por lo que esto provoca la pérdida del fertilizante ya sea por lavado o lixiviado, otro aspecto que se debe tener presente es la edad del cultivo.

Por lo que se recomienda la aplicación de productos según los requerimientos nutricionales de las distintas fases del cultivo, por lo tanto, la época de poda también se toma en cuenta al momento de aplicar los fertilizantes, ya que con esto se busca que la fertilización encuentre una buena condición de humedad del suelo, lo que beneficia la asimilación de los nutrientes, finalmente, para los cacaotales que se están en producción se debe realizar una dosificación en dos o tres aplicaciones anuales que se ajusten a las épocas lluviosas, esto va de la mano con las recomendaciones técnicas del análisis de suelo (Jaimes *et al.* 2022).

7.9. Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellos que se necesitan en grandes cantidades y si el suelo es deficiente se debe aplicar una gran cantidad de macronutrientes, los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes o llegan a ser deficientes debido a que a lo largo de los años los nutrientes han sido extraídos por las plantas, también se disminuye los nutrientes cuando se utilizan variedades de altos rendimientos, la cual presenta una demanda más alta en comparación con las variedades locales (Rizo, 2016).

En ese contexto, los macronutrientes o macroelementos son requeridos en cantidades ínfimas para que las plantas tengan un crecimiento adecuado, cuando se agrega en cantidades pequeñas es cuando no pueden ser provistos por el suelo, los seis nutrientes esenciales que son absorbidos en primera instancia del suelo son los que se conocen como macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio, estos nutrientes se encuentran en los tejidos de las plantas pero están presentes en menores cantidades que el carbono, hidrógeno y oxígeno, y en cantidades mayores a los denominados micronutrientes, en este grupo tenemos el hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno y boro, estos elementos son usados en concentraciones menores a 2 ppm, dichas cantidades son requeridas para el crecimiento y desarrollo (Rodríguez, 2019).

7.9.1. Nitrógeno

Un buen suministro de nitrógeno está asociado a vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde, cuando este elemento está presente en cantidades adecuadas y las condiciones son favorables para un buen crecimiento, se deposita menos hidratos de carbono en la parte vegetativa, lo que aumenta la formación de protoplasma, y estén bien hidratadas las plantas son más suculentas, en algunos cultivos puede provocar que la planta sea susceptible al ataque de las diferentes plagas y enfermedades, en el caso de que la presencia del nitrógeno sea baja, esto provoca que la planta reduzca su crecimiento, lo que con el paso de los días provoca enanismo, esto está relacionado con la intensidad de la luz lo que ayuda a que las plantas crezca, en el caso de que haya un exceso de luz provoca que en la planta aparezcan partes amarillentas, pálidas en las nervaduras de las diferentes hojas, la mayor parte de los compuestos vegetales contienen nitrógeno, entre ellos tenemos los aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas y los materiales transportadores de energía como es la clorofila, además, favorece a la multiplicación celular y además estimula el crecimiento, también forman parte de los compuestos que permiten

que las plantas realicen sus funciones biológicas, siendo esto esencial para la formación de la clorofila de las enzimas y otros componentes que se encuentran en la membrana celular, finalmente, ayuda a que las fases del cultivo sean mayores (Pari, 2011).

La deficiencia de nitrógeno provoca que la planta detenga su crecimiento en pocas semanas y posterior a eso se presenta el enanismo, en el caso de la planta se puede observar una palidez que se presenta en las puntas de las hojas causando una pudrición, la clorosis nítrica cuando esté avanzado se caracteriza por presentar un color verde pálido que afecta a las nervaduras de las hojas, en el caso de que exista mucha sombra la extracción del nitrógeno de las hojas más viejas por los brotes causa una descomposición de la clorofila en las hojas más verdes, cuando las hojas jóvenes no pueden extraer el nitrógeno toman una coloración de verde pálido o un amarillamiento (García, 2020).

La precipitación es muy importante para determinar la época de aplicación de los fertilizantes, a través del año, aunque no existen estudios que determinen este parámetro, cabe indicar que las aplicaciones de las dosis en época de lluvia contribuyen en el efecto de las aplicaciones de los nutrientes en los rendimientos (Uribe *et al.* 2001).

7.9.2. Fósforo

Este juega un papel muy importante en los procesos que requieren transferencia de energía en la planta, los fosfatos de alta energía, los cuales son parte de la estructura química de la adenosina difosfato (ADF) y del ATF, las cuales son fuentes de energía que empuja una multitud de reacciones químicas en las plantas, las transferencias de los fosfatos que tienen alta energía del ADF y ATF a otras moléculas, desencadena una gran cantidad de procesos que son esenciales para que las plantas tengan un buen desarrollo, el fósforo es un elemento que se mueve en la planta en forma de iones ortofosfato y como fósforo incorporado en los compuestos orgánicos que están formados, de esta forma este elemento se mueve a otras partes de la planta donde puede obtener más reacciones, cuando existe ausencia o exceso de fósforo provoca que las plantas presenten un crecimiento más lento, con sus hojas maduras, con sus puntas pálidas y al final los márgenes de las hojas se queman, sus brotes son más cortos de lo normal y el color de sus hojas cambia a un verde más oscuro (Yanasupo, 2021).

Cuando existe deficiencia de fósforo las plantas crecen lentamente y sus hojas no pueden desarrollarse y presenta un color pálido en el contorno y en las puntas, las hojas que son más

jóvenes se tornan pálidas en las venas y posterior a eso se queman las orillas de las hojas, en el caso de las hojas maduras presentan un color verde oscuro (Cacaomovil, 2023).

La fertilización es muy importante en cacao, por lo que es muy relevante la relación entre los efectos de luz y el grado de nutrición del cacao, los fertilizantes deben ser aplicados 6 meses antes de los picos de la cosecha, por lo que la aplicación de fertilizantes coincide con la temporada lluviosa (TecnoAgro, 2022).

7.9.3. Potasio

Este elemento aumenta el peso de los granos y de los frutos, esto también ayuda que los frutos sean más azucarados y que su conservación sea mucho mejor, además, estimula la formación de flores y frutos, regulando las funciones en las plantas, también ayuda al aumento de la eficiencia del nitrógeno, aumentando la resistencia a las heladas, esto se da porque aumenta la concentración salina de las células, el potasio interviene en la absorción de otros nutrientes y también los ayuda que se desplacen de la mejor manera dentro de la planta, la presencia del potasio y otros iones ayudan a que la planta tenga la turgencia celular, dicho elemento también es importante en los procesos metabólicos, los cuales conducen a la formación de hidratos de carbono y proteínas (Azcón & Talón, 2015).

El potasio es un catión monovalente el cual interactúa con las enzimas, además, ayuda a su activación induciendo cambios en la formación de proteínas enzimáticas, en general, el potasio favorece la velocidad de las reacciones catalíticas, también se ha de mostrar que la presencia de este elemento en la célula ayuda a la determinación de las reacciones impulsadas por las enzimas, las cuales pueden ser activadas en cualquier momento, jugando un papel importante en la síntesis y activación de la enzima nitrato reductasa (NR) (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [Intagri], 2017).

Los síntomas aparecen en las hojas viejas y tienden a desplazarse hacia los nuevos brotes, causando que las hojas más viejas se caen, los chupones y brotes son cada vez más pequeños a medida que se ven afectados por la deficiencia, los síntomas más comunes inician como parches de un color verde amarillo, llegando a pudrir las hojas en el centro, esto corresponde cuando la deficiencia está en su punto final, iniciando de una forma descolorada y se dan en casos de deficiencias severas (García, 2020).

La época de aplicación de los fertilizantes potásicos, por lo que se recomienda la aplicación a mediados de febrero a abril y entre agosto a septiembre, cabe mencionar que los fertilizantes potásicos deben ser aplicados cuando exista condiciones climáticas favorables (Vistoso & Martínez, 2020).

7.9.4. Magnesio

El rol más conocido del magnesio es la presencia que tiene en el centro de las moléculas de la clorofila, representando el 2.7% de la misma, siendo siempre el cofactor de las enzimas del proceso de la activación de la fosforilación, cuando existe deficiencia de este elemento se presenta una nervadura en el área central de las hojas más viejas, con el paso del tiempo se va extendiendo hasta los bordes de las hojas, a medida que va avanzando la nervadura los márgenes de las hojas se vuelven de un color blanco, ahí es cuando comienza la necrosis, esto se debe a la fusión de la área que fue afectada, en el caso que sea más severo aparecen áreas necróticas aisladas, en el cual se observa una área amarilla definida, siendo un elemento móvil dentro de las plantas, esta deficiencia de magnesio ocurre cuando hay suelos ácidos permeables; este elemento es tomado por las plantas en menor cantidad que el calcio y potasio, el contenido de este elemento en los tejidos es aproximadamente de 0.5% de la materia seca (Zavala, 2008).

El cultivo de cacao tiene un gran potencial en cuanto al rendimiento y en la resistencia, las diferentes enfermedades comunes, con una buena fertilización, el cultivo tiene una buena adaptabilidad y mitiga los efectos que producen generalmente por los cambios climáticos, por lo que de tal manera se trabaja para evitar pérdidas a largo plazo, lo que representan un aspecto muy importante (Macías *et al.* 2023).

Los síntomas inician en las áreas más cercanas de las nervaduras de las hojas más viejas, después se expande entre las nervaduras hacia los bordes de las hojas, los bordes intervenales se tornan de un color pálido y posterior a eso inicia la pudrición, en los casos más severos las zonas afectadas se ven de un color amarillo que avanza a las zonas podridas (García, 2020).

La época de aplicación de los fertilizantes magnésicos se da a mediados de febrero a abril y entre los mediados de agosto a septiembre, por lo que las condiciones climáticas son importantes ya que pueden influir en los efectos que pueden tener en el cultivo (Vistoso & Martínez, 2020).

7.9.5. Azufre

El azufre es un elemento que está presente en los suelos en forma orgánica como inorgánica, en suelos que tienen una alta humedad el contenido de azufre es de 0,42%, en el caso del azufre orgánico representa entre el 90 a 95% del azufre total, por lo que es considerado un elemento esencial para la nutrición de las plantas, favoreciendo a la resistencia del frío y al ataque de plagas y enfermedades (Herrera F. , 2022).

Las plantas que presentan deficiencia de este elemento son difíciles de identificar ya que en su mayoría se la confunde con las deficiencias de nitrógeno, las hojas que son nuevas aparecen un color amarillo brillante, posterior a eso van perdiendo su coloración hasta llegar a un color más pálido, en el caso de las hojas viejas aparecen parches de un color amarillo pálido, de forma general cuando existe deficiencia las hojas se enrolla y caen (Cacaomovil, 2023).

Las aplicaciones son recomendables cada 4 meses, ya que el cultivo de cacao necesita mucho azufre más cuando inicia la etapa de producción (López A. , 2012).

7.9.6. Calcio

El calcio es un nutriente de gran importancia para el desarrollo de las raíces, además, juega un papel importante para garantizar que los frutos sean más firmes, también, ayuda al fortalecimiento estructural de las paredes y el tejido vegetal, por lo que es un elemento indispensable para la obtención de plantas resistentes y sanas, el calcio ayuda a la trasportación en el interior por el xilema, por lo que los factores climáticos influyen en la asimilación de dicho nutriente (Seipasa, 2017).

Los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas más jóvenes, mismas que presentan parches necróticos que pueden iniciar como pequeñas manchas blancas en la región de los márgenes de las hojas, cuando la deficiencia es severa se presenta la caída prematura de las hojas y la muerte de los brotes y las yemas, también causa una disminución del crecimiento de la raíz (López A. , 2012).

7.10. Enfermedades del cacao

La mayoría de las enfermedades que afectan al cultivo de cacao tienen una distribución geográfica limitada, por lo que el manejo de las enfermedades es el mejor método para evitar

que haya pérdidas, en las zonas productoras donde las enfermedades están presentes, las medidas culturales que se realizan en especial el saneamiento son efectivas para el control, aunque los tratamientos biológicos y químicos están siendo utilizados eventualmente para el control de las enfermedades, además, se están utilizando clones resistentes a las enfermedades, también sol altamente productivo lo que puede llegar a ser la herramienta más efectiva para manejar dichas enfermedades (Sánchez *et al.* 2015).

7.10.1. Moniliasis (*Moniliophthora roreri*):

Esta enfermedad es provocada por el hongo *Moniliophthora roreri*, la cual provoca pudrición acuosa del fruto, esta enfermedad puede atacar al cultivo de cacao en diferentes estados del fruto, sin embargo, las mazorcas más pequeñas son las que más susceptibilidad presenta, los síntomas aparecen sobre las mazorcas enfermas estas se presentan en forma de manchas de tonalidad oscura, las cuales son cubiertas por una masa algodonosa de color blanco, con el paso de los días se convierte en grisácea de acuerdo con el ciclo del hongo, sus esporas se desprenden con el viento, lo que va contagiando las mazorcas a su alrededor (Suaterna , 2021).

Esta enfermedad ocasiona pérdidas en el rendimiento y calidad de la materia prima, por lo que las pérdidas están sujetas a las condiciones climáticas, entre las más importantes está la temperatura y lluvia, en el caso de climas cálidos y húmedos la enfermedad es mayor, afectando los frutos rápidamente (Cubillos *et al.* 2020). Demostrando que los planes de fertilización son indispensables para evitar que las enfermedades proliferen en el cultivo de cacao.

7.10.2. Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*):

Esta enfermedad es conocida por la malformación que llega a provocar en las yemas apicales y axilares de sus ramas, además, puede llegar afectar diferentes órganos de las plantas como son las yemas florales, los brotes tiernos y los frutos jóvenes, provocando hipertrofia y anomalías en las mazorcas, esta enfermedad prospera de manera positiva cuando existe una alta humedad relativa, cuando existe una abundante sobra, exceso de precipitaciones, cuando los suelos son pesados y cuando se da un mal manejo de drenajes en el cultivo de cacao, sin embargo, para evitar que esta enfermedad afecte de manera considerable al cacao, se debe realizar prácticas culturales, con la finalidad de evitar el desarrollo del hongo, se puede realizar una poda, raleo, el mantenimiento de las zanjias para el desagüe y se debe eliminar los chupones (Espinoza , 2019).

Esta enfermedad reduce el rendimiento de cacao en un 50 al 90%, por lo que es una amenaza potencial para el cacao, los síntomas son de color verde durante un periodo corto, cuando el tejido muere el micelio se fragmenta lo que genera clamidosporas, formando basidiósporas, afectando los órganos de crecimiento, entre ellos los brotes tiernos, yemas florales y en los frutos más jóvenes, lo que causa un desbalance hormonal (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, [SENASICA], 2022).

7.10.3. Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*):

Es un hongo que afecta directamente a los órganos de las plantas como son la raíz, el tallo, las hojas, flores y los frutos, pero tiene mayor índices de ataque a los frutos, se presentan como manchas pardas que si no se detecta a tiempo la enfermedad puede cubrir al fruto, lo que puede llegar a dejar un fruto no apto para producir, es considerada una de las enfermedades más importantes en el cultivo de cacao, sin embargo, en América no es tan agresivo, afectando especialmente a las mazorcas de la parte inferior de la planta, esto se ve favorecido por diferentes factores como la lluvia, mediante el riego, que es como se traslada la espora hacia el suelo, lo que afecta al fruto, además, en nuestro país no tiene un gran impacto en el ámbito económico, debido a que los productores tienen medidas de seguridad para evitar que esta enfermedad se propague (Tenorio , 2017).

7.11. Labores culturales

7.11.1. Poda en el cacao

La poda es una práctica que consiste en la eliminación de chupones, ramas entrecruzadas y mal dirigidas, así también como las partes enfermas y muertas del árbol de cacao, por lo que la poda se la realiza para mantener una forma adecuada del árbol de cacao, lo cual permitirá una mejor entrada de luz y aire, también, se controla el crecimiento y desarrollo de las ramas productivas, lo que ayudará a disminuir la presencia de plagas y enfermedades, la poda se la puede realizar a partir del primer año de crecimiento, esto cuando la planta tenga de 3 a 6 ramas las cuales forman un molinillo, con las podas se dejan de 3 a 4 ramas vigorosas, las que deben estar bien ubicadas, esto se debe ya que será la estructura principal de la planta, las podas son necesarias realizarlas cuando las plantas están en viveros y en el campo a partir de seis a ocho meses después del trasplante, por lo que se debe evitar que la copa crezca ya que las hojas que se encuentran en el interior reducen su fotosíntesis y con ello la producción (López, 2012).

Por lo que, después de la poda, la fertilización es un recurso valioso en la producción agrícola, por lo que presenta beneficios si se cuenta con un regulador de sombra, un buen drenaje, en el caso de las plantaciones de cacao, una buena aplicación de nutrientes tiende a aumentar la producción y rendimiento, mejorando la calidad de la mazorca (Cordero, 2022).

7.12. Antecedentes investigativos

Un estudio realizado en la finca “Gloria Haymee” en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos, Ecuador, se realizó una investigación donde evaluaron la respuesta de cacao CCN-51 en la aplicación de azufre y magnesio para determinar el efecto en las características agronómicas y rendimiento, mismas que no presentaron diferencias entre ninguna de las variables estudiadas, a la aplicación de S y Mg, en el caso del B/C presentó altos niveles de rentabilidad (Vélez, 2018).

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Politécnica de Calceta, cuyo objetivo fue estudiar la respuesta del cultivo de cacao tipo nacional a la aplicación de niveles de poda y fertilización química y orgánica, como resultado los niveles de poda y los tipos de fertilización no influyen en el número de brotes sanos e infectados por escoba de bruja, en el caso del rendimiento no hubo resultados significativos, dando la fertilización convencional un rendimiento de 20 qq/ha, de cacao seco, seguido por la fertilización orgánica con 16 qq/ha y la fertilización formulada con 10 qq/ha, por lo tanto, se recomienda realizar un plan de fertilización de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de suelo y la demanda que presenta el cultivo (Alcívar & Looor, 2016)

La investigación fue realizada en el cantón Alfredo Baquerizo Moreno en la Provincia del Guayas, se utilizó una plantación ya establecida de cacao de una edad de cinco años, el objetivo de la investigación fue evaluar agronómicamente los efectos por la aplicación edáfica de fertilizantes con N y K₂O, empleando un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y un testigo, dando como resultado que no existió gran diferencia entre los tratamientos, en el caso del testigo presentó valores superiores en el peso fresco y seco de las almendras en comparación con los demás tratamientos, en el caso del análisis foliar presentó valores inferiores a la aplicación de N en todos los tratamientos estudiados, en el caso del potasio presentó valores positivos en los tratamientos fertilizados (Segura, 2022).

La investigación realizada por Puentes *et al.* (2016), tuvo como objetivo evaluar la eficiencia fisiológica de NPK en clones de cacao de sabor y aroma, CCN-51, ICS-95, TSH-565, ICS-39, cuya finalidad fue conocer la capacidad de producción del grano seco, se empleó un diseño de bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, dando como resultado que entre los clones evaluados existen mayor absorción de nitrógeno, seguido de potasio y fósforo, siendo el clon CCN-51 quien mostró mayor destreza de absorción de los nutrientes, en el caso de la eficiencia fisiológica si se aplica mayor cantidad de nutrientes la eficiencia disminuye del uso de nitrógeno, fósforo y potasio.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la fertilización con macronutrientes sobre la absorción de cadmio en dos materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao L.*), la investigación fue realizada en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, con un diseño de bloques completos aleatorizados con un arreglo de parcelas divididas, los genotipos utilizados fueron CCN-51 y EET-103, donde se evaluaron índice de vigor e índice de clorofila, longitud de raíz, peso seco aéreo, peso seco de raíz, dando como resultado que el clon CCN-51 presentó mayor índice de clorofila, mayor longitud de raíz, mientras que el clon EET-103 presentó una mayor concentración de cadmio en su raíz, en lo que respecta a la fertilización con macronutrientes se evidenció que la aplicación de NPK aumenta la concentración de cadmio en la parte aérea del clon CCN-51, además, incrementa la acidez y la salinidad en los suelos, ocasionando el incremento de la biodisponibilidad y absorción de Cd en las plantas (Pincay , 2022).

8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Ha: Al menos uno de los tratamientos afecta la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao.

Ho: Ninguno de los tratamientos afecta la eficiencia agronómica y rendimiento de cacao.

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

9.1. Ubicación y duración del ensayo

El proyecto se lo realizó en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” ubicado en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, dicho proyecto tuvo una duración de seis meses, la zona donde estaba ubicado el proyecto de investigación cuenta con una temperatura media anual en Guasaganda es de 16 °C, una precipitación media anual de 1626 mm, por lo que los días en su mayoría son nublados y lluviosos, por lo que presentan una humedad relativa del 86%.

9.2. Condiciones agrometeorológicas

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las condiciones agrometeorológicas del Centro Experimental “Sacha Wiwa”

Tabla 2. Condiciones agrometeorológicas.

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: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) Hacienda San Juan (2017).

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

9.3. Tipos de investigación

9.3.1. Cuantitativa

Es cuantitativa puesto que consiste en la recolección y análisis de datos numéricos. Lo cual permite identificar tendencias, promedios y así mismo permite realizar predicciones sobre los posibles resultados en cuanto a las variables propuestas. Obteniendo de esta manera resultados generales de dichas variables.

9.3.2. Experimental

El presente proyecto es de tipo experimental debido a la naturaleza del estudio, donde se implementaron diferentes tratamientos de omisión de macronutrientes en parcelas del cultivo, donde se evaluó variables claves, mismas que están relacionadas con la mazorca de cacao y finalmente se evaluó el rendimiento en términos de calidad.

9.3.3. Documental

Este proyecto es tipo documental ya que se indagó de manera teórica e investigativa, por ello, se ha tomado fundamentos de diferentes autores citados, en la presente investigación, con el fin de comparar trabajos basados en revisiones bibliográficas relacionadas con la problemática plantada en estudio.

9.3.4. Analítica y descriptiva

El presente proyecto está enfocado en los análisis que se han tomado de acuerdo al avance de la investigación, observación y la toma de datos de todas las variables, con el fin de evaluar la producción del cultivo de cacao a la omisión de los macronutrientes primarios.

9.3.5. Técnicas

Es técnica puesto que en esta investigación se utilizaron herramientas e instrumentos que acompañan al proceso de investigación en su aproximación al fenómeno de estudio, debido a que esto permite la obtención de los datos requeridos para la obtención de los resultados.

9.3.6. De campo

Es una investigación de campo debido a que es la recolección de datos nuevos de fuentes primarias para un propósito en específico. Teniendo en cuenta que estos datos no pueden ser manipulados, ni tampoco pueden ser controladas las variables.

Observación de campo: Permite tener un mejor control del desarrollo del proyecto con la finalidad de controlar los factores que puedan afectar de alguna u otra manera los resultados del proyecto.

9.4. Materiales y equipos

9.4.1. Características del material vegetativo empleado en la investigación

Tabla 3. Características del material vegetativo empleado en la investigación.

Clones de cacao					
Características		CCN – 51	EET - 48	EET – 96	
Índice	de	15 mazorcas promedio	17 mazorcas promedio	20	mazorcas promedio
Tamaño	de		Largo y ancho 27 x 14 mm	188 mm de largo y	100 mm de ancho
Producción		45 quintales/ha	20 quintales/ha	23 quintales/ha	
Enfermedades		Susceptible a escoba de bruja, monilla	Es susceptible a monilla y mal de machete	Es susceptible a la escoba de bruja	
Forma de hojas		Alternas, elípticas, miden de 20 a 35 cm de largo y 4 a 15 cm de ancho.	Largo/ancho 2.99 cm	Largo/ancho 2.75 cm	

Fuente: Solis *et. al* (2021)

9.4.2. Otros materiales y equipos

A continuación, se detallan los materiales y equipos utilizados en la investigación

Tabla 4. Insumos y equipos

Insumos	
Descripción	Cantidad
Muriato de potasio	41,02 kg
Urea granulada	34,29 kg
Sulfato de amonio	2.28 kg
Superfosfato triple	7,62 kg
Sulfato de potasio	2.28 kg

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

Tabla 5. Materiales empleados

Materiales	
Calibrador	1
Balanza	1
Ángulo de madera	1
Sacos	1
Podadora	1
Machetes	2

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

9.5. Factores en estudio

La investigación estuvo conformada por factor A clones de cacao y factor B omisión de macronutrientes.

Factor A: Tres clones de cacao

- A1: Clon CCN – 51
- A2 Clon EET – 48
- A3: Clon EET – 96

Factor B: Omisión de macronutrientes

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

9.6. Tratamientos en estudio

A continuación, se muestran la tabla de los tratamientos empleados en la investigación:

Tabla 6. Tratamientos en estudio.

CLONES	OMISIÓN DE MACRONUTRIENTES				
	(-N, P, K)	NPK	(-N)	(-P)	(-K)
CCN-51	T1	T2	T3	T4	T5
EET-48	T6	T7	T8	T9	T10
EET-96	T11	T12	T13	T14	T15

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

9.7. Esquema de análisis de varianza

Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Repeticiones	(r-1)	3
Factor A= Clones de cacao	(a-1)	2
Factor B= omisión de nutrientes	(b-1)	4
Interacción A x B	(a-1) (b-1)	8
Error experimental	(t-1) (r-1)	42
Total	(t.r-1)	59

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

9.8. Análisis estadístico

Los datos serán sometidos a un análisis de varianza, la comparación de medias entre grupos se aplicará con la prueba Tukey a un nivel de significancia de 0,05. El programa estadístico que se empleó fue Infostat. A continuación, en la tabla 7 se presenta el esquema del análisis de varianza.

9.9. Diseño experimental

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

9.10. Manejo del experimento

La investigación fue realizada en lotes con clones de cacao tipo nacional de 20 años de edad, para alcanzar los objetivos del proyecto se realizó labores que fueron necesarias, de manera que fue realizado en todo el ensayo de forma general.

9.10.1. Control de maleza

Para evitar la competencia de la maleza con el cultivo se realizó un control cada a 20 días, se utilizó con la utilización de machetes y moto guadaña, esta actividad fue realizada de forma rotativa.

9.10.2. Poda y eliminación de musgos en las plantas de cacao

Se realizó una poda principal, con la finalidad de eliminar ramas que impiden el ingreso de luz y las que están cruzadas de forma horizontal, posterior a eso se realizó podas fitosanitarias la cual es fundamental para mantener la salud del cultivo, previniendo la presencia de plagas y enfermedades, esta actividad consistió en la eliminación de partes enfermas, dañadas o muertas, una vez realizada la poda fitosanitaria se procedió a retirar el musgo el cual puede afectar de manera negativa en el desarrollo del cultivo, puesto que compiten por los nutrientes de las plantas, por lo que esta actividad fue realizada con la ayuda de guantes, en cada una de las plantas de la investigación.

9.10.3. Fertilización

Tabla 8. Fertilización realizada en el cultivo de cacao

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: Ayala & Hernandez (2024)

La fertilización fue realizada según los tratamientos de omisión, lo que respecta a nitrógeno se aplicó un total de 288 gramos por árbol entre urea y sulfato de amonio, como fuente fosfatada se aplicó 60 gramos de superfosfato triple, fraccionado en dos aplicaciones, como fuente de potasio se aplicó 341 gramos de muriato de potasio y sulfato de potasio en tres aplicaciones.

9.10.4. Registro de variables

Para esta actividad se tomó en cuenta si existía la producción, para poder emplear la toma de datos de cada una de las variables evaluadas.

9.11. Variables evaluadas

9.11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas

Para la toma de esta variable se utilizó una tijera de podar, con la cual se cosechó las mazorcas sanas y maduras de cada una de las unidades experimentales, este dato fue contabilizado y registrado en el libro de campo.

9.11.2. Incidencia de enfermedades

Por cada tratamiento se contabilizó el número de mazorcas con signos y síntomas y estas se relacionó con el número total de mazorcas/árbol, el valor fue expresado en porcentaje de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

I % = Incidencia de enfermedades (%)

m: Número de mazorcas con síntomas y signos

N: Número total de mazorcas colectadas por árbol

9.11.3. Longitud de la mazorca

Para la toma de esta variable se utilizó un ángulo de madera de 90° cuyos datos fueron expresados en cm, se procedió a registrar las respectivas longitudes de cada una de las mazorcas maduras cosechadas, se cosechó al azar un total de 10 mazorcas maduras de cada tratamiento.

9.11.4. Diámetro de la mazorca

Para el registro de la presente variable se utilizó un calibrador, por lo que se midió la parte central de cada mazorca madura cosechada al azar, dando un total de 10 mazorcas evaluadas, de cada unidad experimental.

9.11.5. Peso seco de 100 semillas

Se contaron 100 semillas al azar de un total de 10 mazorcas por cada tratamiento, luego se procedió a registrar su peso en una balanza portátil, datos que fueron expresados en gramos (g).

9.11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg)

En cada evento de cosecha, se registra el peso total de cacao fresco por árbol, sin maguey

9.11.7. Rendimiento (kg/ha)

Para esta variable se determinó el área útil de cada tratamiento y repetición, los datos fueron expresados en kg/ha-1 año-1, las almendras fueron colectadas desde la primera cosecha hasta el final, al final se obtuvo un porcentaje de humedad de 6.5 a 7.5%, para encontrar el peso seco kg/ha-1 año-1 se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{PFt}{N^{\circ} Pu} \times 888 \times 0.4\%$$

Donde:

R: Peso seco en kg

PFt: Peso fresco total

N°Pu: Número de plantas útiles productivas

888: Densidad de siembra

0.4%: Es el factor de conversión

10.11.9. Análisis económico

El análisis económico se lo realizo en función al rendimiento obtenido en kg, estableciendo los ingresos que se obtendrían por la venta en función del precio de venta y el costo de cada de los tratamientos en estudio, para lo cual se desarrolló el proceso descrito a continuación.

Ingresos brutos por tratamientos

Se realizó un análisis económico con los datos de los gastos y los datos de los ingresos económicos que se generó de cada uno de los tratamientos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IB= Y * PY}$$

Donde:

IB: Ingreso bruto

Y: Producto

PY: Precio del producto

Costos totales por tratamiento

Los costos totales se consideraron cada uno de los valores invertidos para desarrollar las diferentes actividades e insumos empleados en la investigación, mismos que fueron identificados y sumados por cada uno de los tratamientos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CT= X + PX}$$

Donde:

CT: Costos totales

X: Costos fijos

PX: Costos variables

Beneficio neto

Se estableció mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos de cada tratamiento, con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{BN= IB - CT}$$

Donde:

BN: Beneficio neto

IB: Ingreso bruto

CT: Costos totales

Relación beneficio costo

Se estableció la rentabilidad de los tratamientos mediante la división de los beneficios netos para el costo de la producción de cada tratamiento, empleando la siguiente formula:

$$C/B= BN/CT$$

Donde:

BN: Beneficio neto

CT: Costos totales

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Registro de mazorcas sanas y enfermas

Una vez evaluados los efectos individuales del clon y las omisiones sobre la producción de mazorcas sanas y enfermas, cuyos resultados se puede observar en la tabla 9, donde se observa que, la mayor cantidad de mazorcas sanas y enfermas lo obtuvo el clon CCN-51, siendo la más baja presentada por el clon EET-48, mismo que alcanzó una media de 1,70 y 1,95 en mazorcas sanas y enfermas.

Tabla 9. Registro de mazorcas sanas y enfermas en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

	Mazorcas sanas	Mazorcas enfermas	Total de mazorcas
Factor A: Clones de cacao			
CCN-51	5,60 a	4,35 a	10,00 a
EET-96	1,75 b	2,20 b	3,90 b
EET-48	1,70 b	1,95 b	3,70 b
p-valor	0,0001	0,0001	0,0001
Factor B: Omisión de nutrientes			
(-N, P, K)	2,50 b	3,33 a	5,75 a b
(-N)	2,58 b	3,08 a	5,67 a b
(-P)	3,58 a	2,00 b	5,67 a b
(-K)	2,42 b	3,08 a	5,50 b
NPK	4,00 a	2,67 a b	6,75 a
p-valor	0,0001	0,0001	0,0233

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

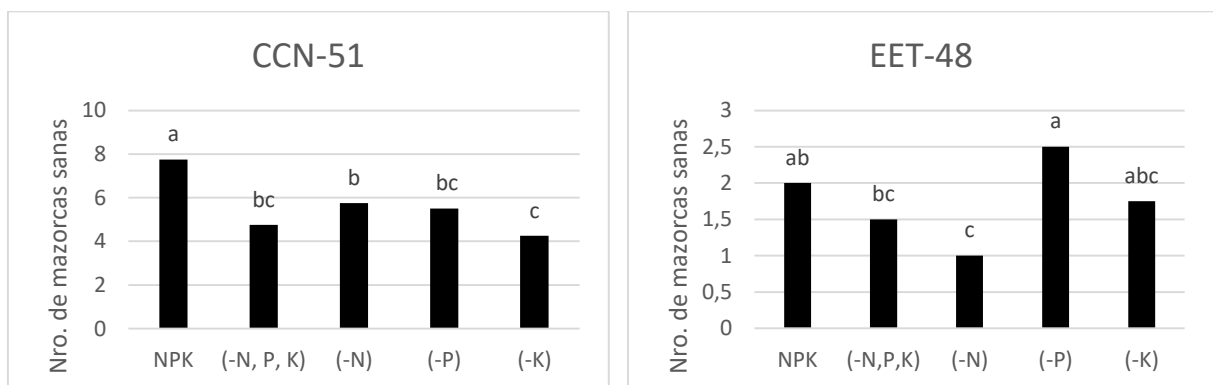
Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

Los tratamientos de omisión presentaron diferencias estadísticas en las medias de mazorcas sanas y enfermas, la más baja fue mostrada por (-K) y (-P) quienes mostraron una media de 2,42 y 2, 00 existiendo una reducción considerable en comparación con el resto de omisiones.

Se aprecia que con la omisión de (-K) y (-P) se reduce considerablemente la cantidad de mazorcas en el cultivo de cacao, basado en la prueba de Tukey, 0,05, el fósforo y el potasio son elementos indispensables en la formación de flores y frutos, además, ayudan a regular la apertura de los estomas, lo que significa que al omitir estos elementos la absorción de los nutrientes se ve reducida, por lo que el cultivo de cacao produciría menor cantidad de mazorcas, con un índice alto en la aparición de mazorcas enfermas (Alcívar & Loor, 2016). De acuerdo con lo expresado por Ramos *et al.* (2023), el P y K, ayudan a corregir el balance de los nutrientes, por lo que al omitirlos la asimilación de los nutrientes se ve afectado considerablemente, aumentando la tendencia al cultivo a presentar una mayor cantidad de mazorcas enfermas, reduciendo el rendimiento de sus cosechas.

En el gráfico 1, 2 y 3, se muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los valores obtenidos en el registro de las mazorcas sanas y enfermas, siendo en clon que mayores mazorcas sanas presento el CCN-51, en el caso de las mazorcas enfermas en clon que presento menor número fue el EET-96 y EET-48 con la aplicación (-P), por su parte, Ortega (2006) al evaluar diferentes prácticas de manejo, en su investigación reporto que el 71% fueron mazorcas enfermas, los mismos que fueron afectados por las enfermedades, demostrando así que los macronutrientes reflejan una incidencia para evitar que los frutos sean atacados por enfermedades, por otro lado, Alvarado (2016), al probar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en cacao, obtuvo un mayor número de mazorcas con la aplicación de N y K, esto se debe a que el nitrógeno aumenta la floración, lo que contribuye a una buena formación y fructificación del cultivo.

Gráfico 1. Promedio de mazorcas sanas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.



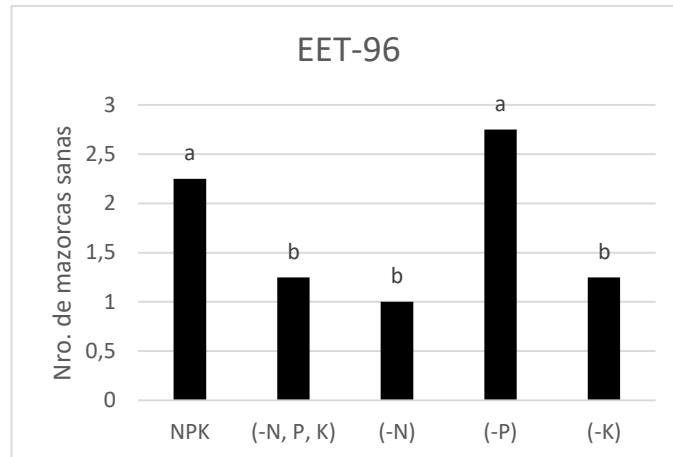


Gráfico 2. Promedio de mazorcas enfermas, por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.

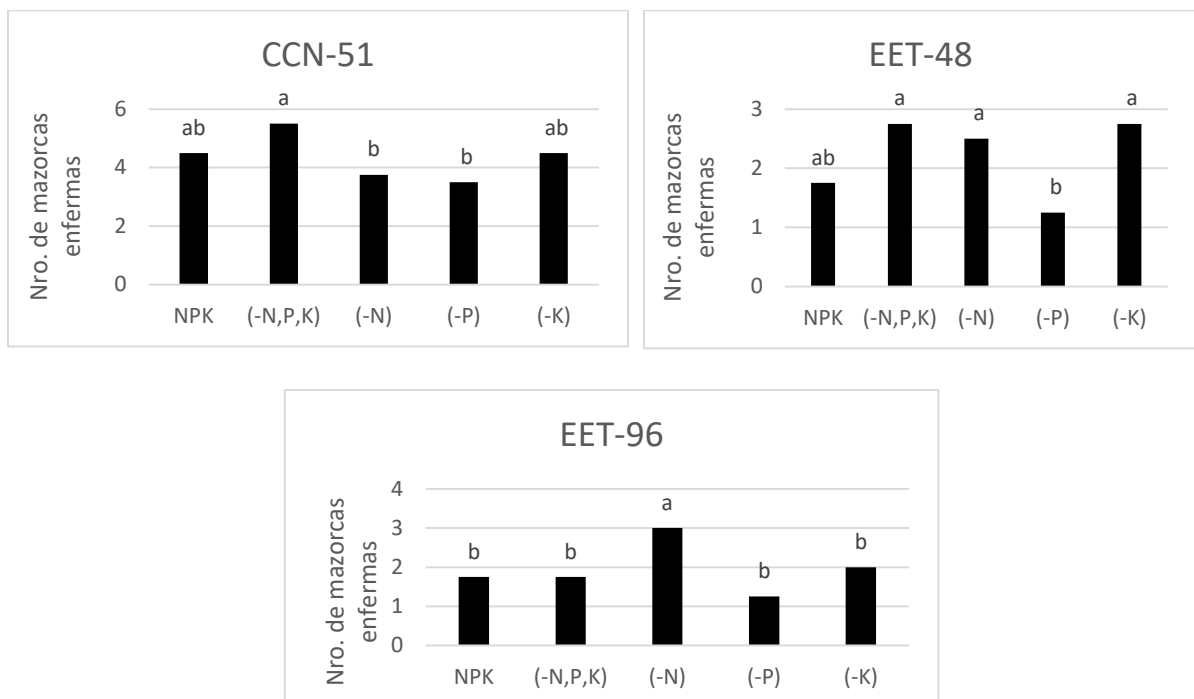
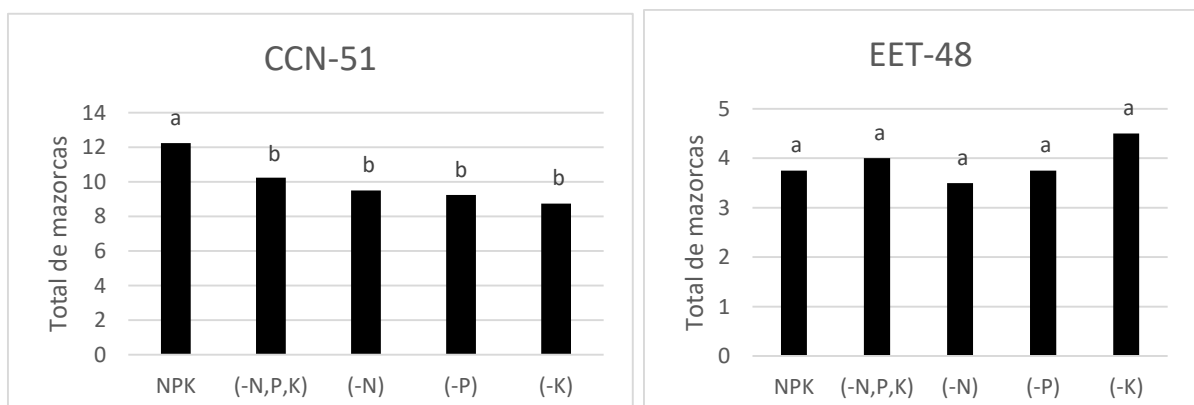
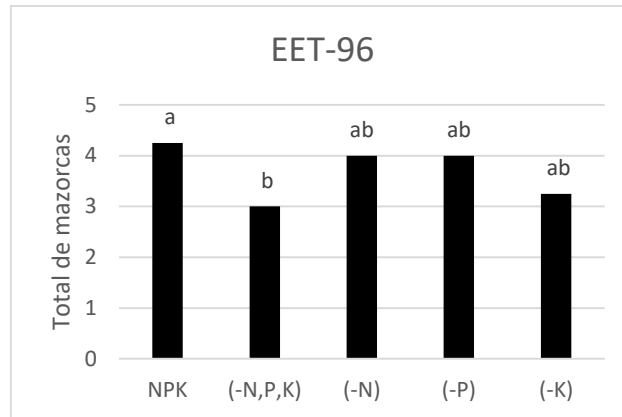


Gráfico 3. Promedio del total de mazorcas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao.





11.2. Incidencia de enfermedades

Al evaluar los efectos de los clones y las omisiones sobre la incidencia de enfermedades, cuyos resultados se pueden observar en la tabla 10, donde se muestra que, la mayor incidencia lo obtuvo el clon EET-48 con una media de 55,19%, siendo la media más baja con el clon CCN-51.

Los tratamientos de omisión presentaron diferencias estadísticas significativas en las medias de incidencia de enfermedades, siendo la más baja la omisión (-P), quien presentó una media de 33,38%, por lo tanto, la omisión ejerció una tendencia, independientemente de los clones utilizados.

Se aprecia que con la omisión de (-N), aumenta considerablemente la incidencia de enfermedades en el cultivo de cacao, siendo este elemento quien presentó un índice mayor en comparación a las demás omisiones, según Vélez (2018), el nitrógeno es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas por lo que al ser omitido o a su vez aplicado en gran cantidad las plantas de cacao son más propensas a las enfermedades, siendo un elemento que influye de manera positiva en el desarrollo vegetativo y por ende en lo productivo, además, garantiza un mejor balance de los nutrientes, brindando un mejor balance en los requerimientos de las plantas, obteniendo un menor índice de enfermedades en cacao. Por otra parte, Sela (2022), obtuvo valores similares, por lo que menciona que el omitir nitrógeno puede causar que la planta presente una susceptibilidad mayor a las enfermedades, siendo este elemento indispensable en la floración y fructificación, logrando así la formación de buenas mazorcas, por lo que una buena aplicación de este elemento ayuda al incremento de resistencias a las distintas enfermedades que pueden causar grandes pérdidas en el cultivo de cacao.

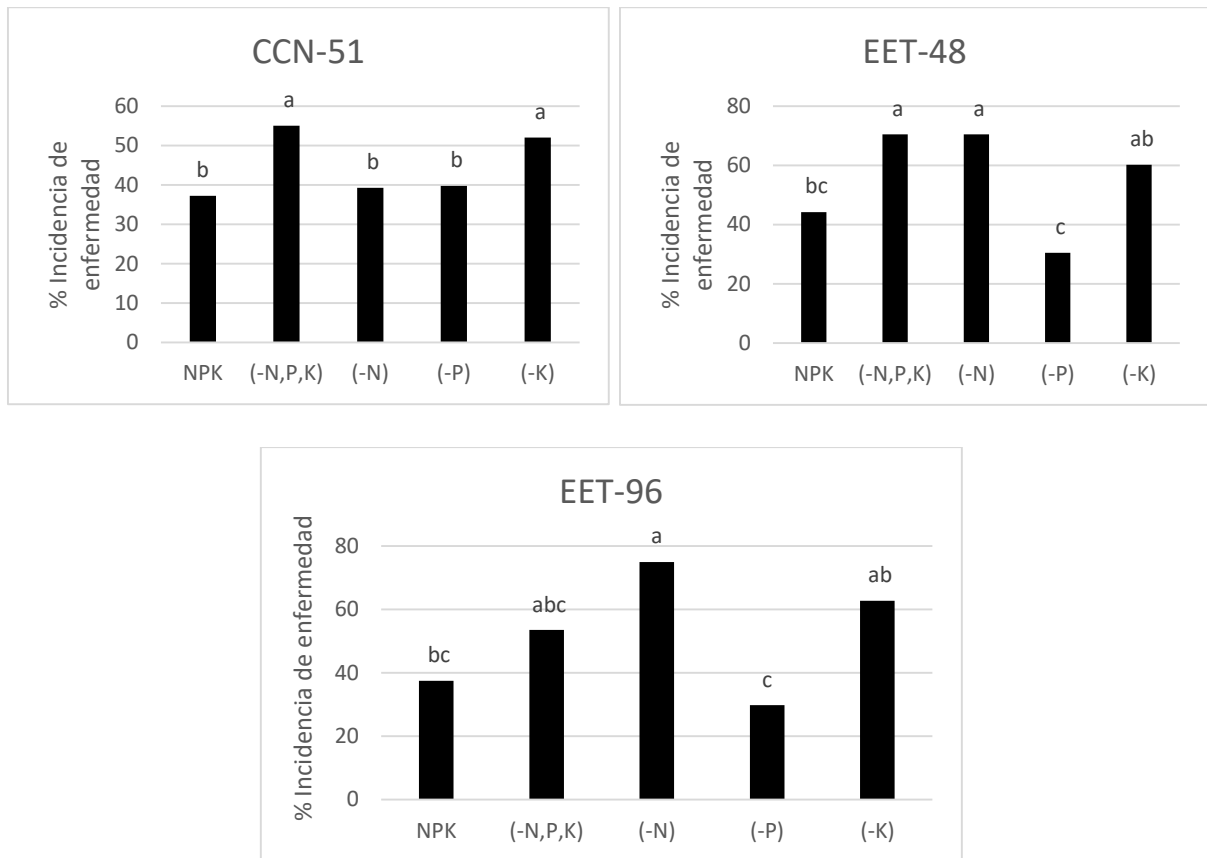
Tabla 10. Incidencia de enfermedades en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Incidencia de enfermedad	
% Incidencia Enfermedad	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	44,55 b
EET-96	51,63 a b
EET-48	55,19 a
p-valor: 0,0327	
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	59,52 a
(-N)	61,58 a
(-P)	33,38 b
(-K)	58,17 a
NPK	39,64 b
p-valor: 0,0001	

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

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 4, al comparar el efecto de la omisión de nutrientes entre los clones de cacao, el comportamiento es semejante entre los clones de tipo nacional con los promedios más altos en la incidencia de enfermedades, a pesar de los resultados no son suficientes para lograr determinar que afecta al cultivo por la ausencia de un determinado elemento esencial, por su parte, Aguilar & Farfán (2022), mencionan que al aplicar agroquímicos obtuvieron un 53% de incidencia de enfermedades (monilla), en comparación a nuestra investigación obtuvieron índices inferiores, debido a que utilizaron clones híbridos, mismos que presentan mayor resistencia a enfermedades, por otra parte, Paredes (2016), quien probó un manejo fitosanitario obtuvo una incidencia del 15%, lo que indica que un buen manejo, de la mano con una fertilización se puede reducir la incidencia de enfermedades, logrando evitar que se vea afectada la producción.

Gráfico 4. Promedios de incidencia de enfermedades por efecto de la omisión de macro nutrientes

11.3. Longitud de mazorca

Una vez evaluados los efectos individuales entre los clones de cacao y los tratamientos de omisión de nutrientes en la longitud de mazorca, se puede observar en la tabla 11, que el clon que mayor longitud obtuvo fue el CCN-51, presentando diferencias estadísticas significativas.

Los tratamientos de omisión presentaron diferencias estadísticas significativas entre las distintas omisiones, en la mayoría de omisiones se presentó un incremento en la longitud de la mazorca, donde se aprecia que con la omisión de (-K) se reduce considerablemente la longitud de mazorca.

Efectos similares se presentó en la investigación de Romero (2020), donde menciona que la nutrición es un factor muy importante en el desarrollo del cultivo de cacao, por lo que al omitir (-K) en la fase productiva el desarrollo de las mazorcas disminuye, por ende, la productividad se ve afectada, dando a entender este elemento es crucial en la producción de cacao. De acuerdo a Herrera (2019), el K es un elemento que genera un mejor rendimiento total, por lo que juega un papel importante en el vigor de la planta, ayudando al sistema radicular y al contenido de las

mazorcas, además, ayuda a regular los estomas, lo que ayuda a mejorar la absorción de los nutrientes, por ende, se ven reflejados los bajos resultados en la longitud de mazorca.

Tabla 11. Longitud de mazorca en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Longitud de mazorca	
	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	23,70 a
EET-96	18,30 c
EET-48	19,45 b
p-valor: 0,0001	
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	20,50 b
(-N)	20,25 b
(-P)	19,58 b c
(-K)	18,42 c
NPK	23,67 a
p-valor: 0,0001	

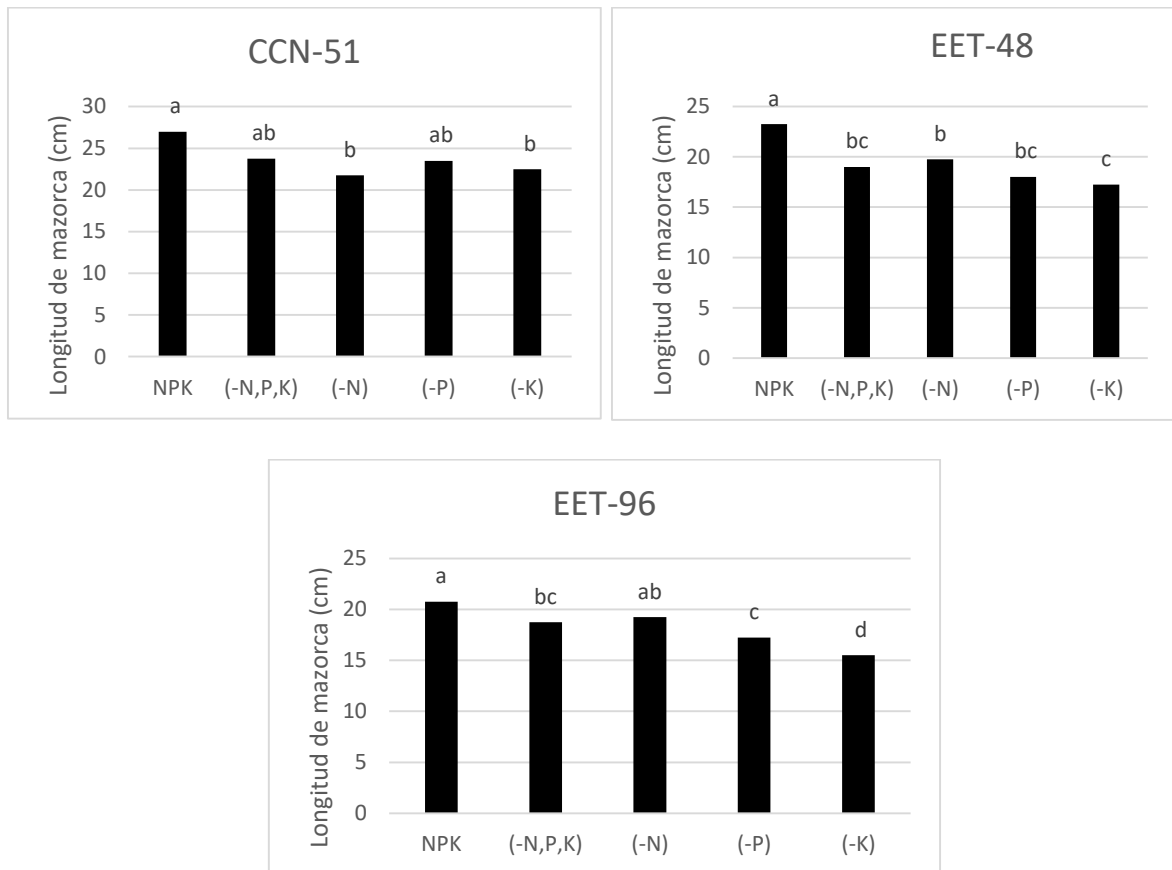
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 5, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones, siendo el clon que mayor longitud en sus mazorcas obtuvo, el CCN-51, debido a que es un clon que supera las características de las variedades clásicas, siendo uno de los clones que presenta grandes rendimientos. Al comparar los resultados obtenidos, se menciona que los reportados por Rengifo (2019) fueron menores, ya que obtuvo promedios de 17 a 19 cm, al aplicar abonos orgánicos + roca fosfórica, por lo tanto, se demuestra que la omisión de macronutrientes son efectivas en la producción de cacao, lo ya mencionado no coincide con Isuiza (2023), quien obtuvo un promedio de 15 a 16,30 cm, con la aplicación de una fertilización

química, dichos resultados pueden atribuirse por el clon utilizado y al efecto ambiental y las diferentes dosis de NPK aplicadas.

Gráfico 5. Promedios de la longitud de mazorca por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao



11.4. Diámetro de la mazorca

En el diámetro de la mazorca en los clones de cacao, se encontraron diferencias estadísticas significativas, entre los distintos clones, obteniendo una mejor media el clon CCN-51, en lo que corresponde a los tratamientos de omisión se observa que, si presentaron diferencias estadísticas, donde la menor corresponde a la omisión de (-K) (Tabla 12).

La omisión de (-K) causa efectos negativos en el diámetro de la mazorca, lo que coincide con lo encontrado por Gil (2018), quien obtuvo efectos similares, donde mencionan que el K juega un papel múltiple, donde ayuda a la rigidez y la estructura de la planta, además, ayudan a aumentar el tamaño y el peso de los frutos, por lo que al omitirlo evita el incremento en el diámetro y el peso de la mazorca. Por otro lado, Pari (2011), concuerda con nuestra investigación, en el cual menciona que K es un elemento que ayuda a los frutos, estimulando su floración y regulando las funciones de las plantas, además, el potasio es un elemento que

ayuda a la absorción de otros nutrientes que están disponibles en el suelo, por ende, no recibe los nutrientes necesarios para que pueda desarrollarse de una mejor manera.

Tabla 12. Diámetro de la mazorca en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

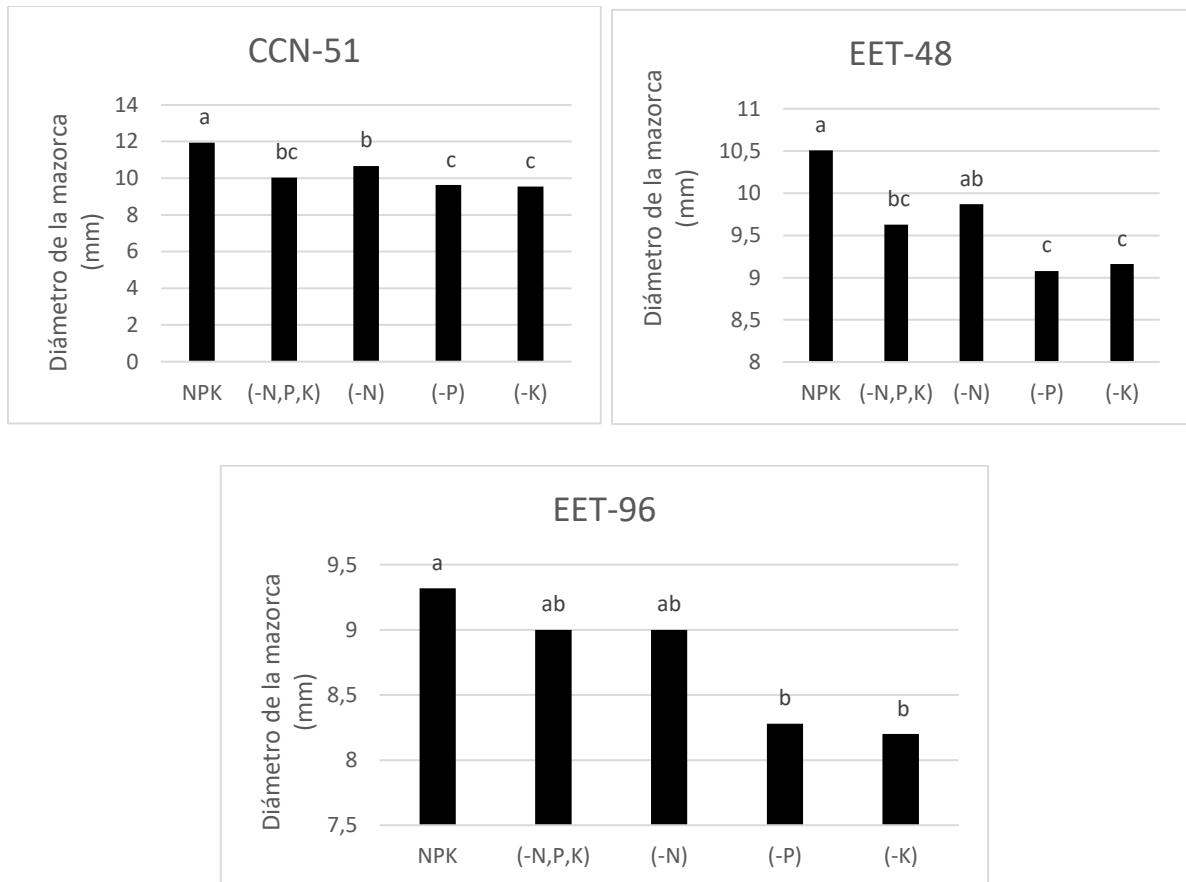
Diámetro de mazorcas	
	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	10,37 a
EET-96	8,76 c
EET-48	9,65 b
p-valor: 0,0001	
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	9,55 b
(-N)	9,85 b
(-P)	9,00 c
(-K)	8,97 c
NPK	10,59 a
p-valor: 0,0001	

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

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 6, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones, donde el mayor diámetro lo obtuvo el clon CCN-51 en comparación a los demás clones, con un valor de 11,94 cm, con la omisión de NPK, debido a sus características lo hacen un cultivo ideal para obtener buenos rendimientos. Según Pinargote (2015), en su investigación obtuvo valores inferiores a nuestros resultados, con un promedio de 8,64 cm, estos datos fueron obtenidos durante 6 meses de evaluación, con la aplicación de fertilizantes completos, por otra parte, Graziani *et al.* (2002), estos autores mencionan que el diámetro del cacao forastero es de 8,25 cm, valor estadísticamente inferior en comparación a los clones evaluados en la presente investigación.

Gráfico 6. Promedios del diámetro de la mazorca por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao



11.5. Peso de 100 semillas

Una vez evaluados los efectos individuales de los clones de cacao y las omisiones de macronutrientes, sobre la producción de peso seco de 100 semillas, cuyos resultados se observan en la tabla 13, donde se puede observar que existen diferencias estadísticas entre los clones, obteniendo la mayor media con el clon CCN-51, se valoró el efecto de la interacción entre la omisión de nutrientes, sobre el peso seco de 100 semillas, cuyos resultados se observan que no existen diferencias estadísticas significativas entre las omisiones, siendo la más baja (-P) con una media de 1,98 peso seco.

Los resultados concuerdan con lo establecido por Arango (2022), quien obtuvo un menor peso seco, ya que en su investigación el fósforo fue un elemento que se presentó en menor cantidad, siendo este elemento importante en la formación de flores, frutos y semillas, además, el fósforo es indispensable para el desarrollo de los tejidos y en la absorción de los distintos nutrientes que se encuentran presentes en el suelo. Por su parte, Noles (2020), obtuvo efectos similares al evaluar al clon CCN-51, en su investigación, presentando P en menor cantidad, siendo un

elemento importante en la formación de raíces y en la producción del fruto, por lo que es indispensable para poder obtener un mejor índice de semillas.

Tabla 13. Peso de 100 semillas en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Peso de 100 semillas	
	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	2,32 a
EET-96	1,96 b
EET-48	1,99 b
p-valor:	0,0001
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	2,01 a
(-N)	2,23 a
(-P)	1,98 a
(-K)	2,11 a
NPK	2,11 a
p-valor:	0,0001

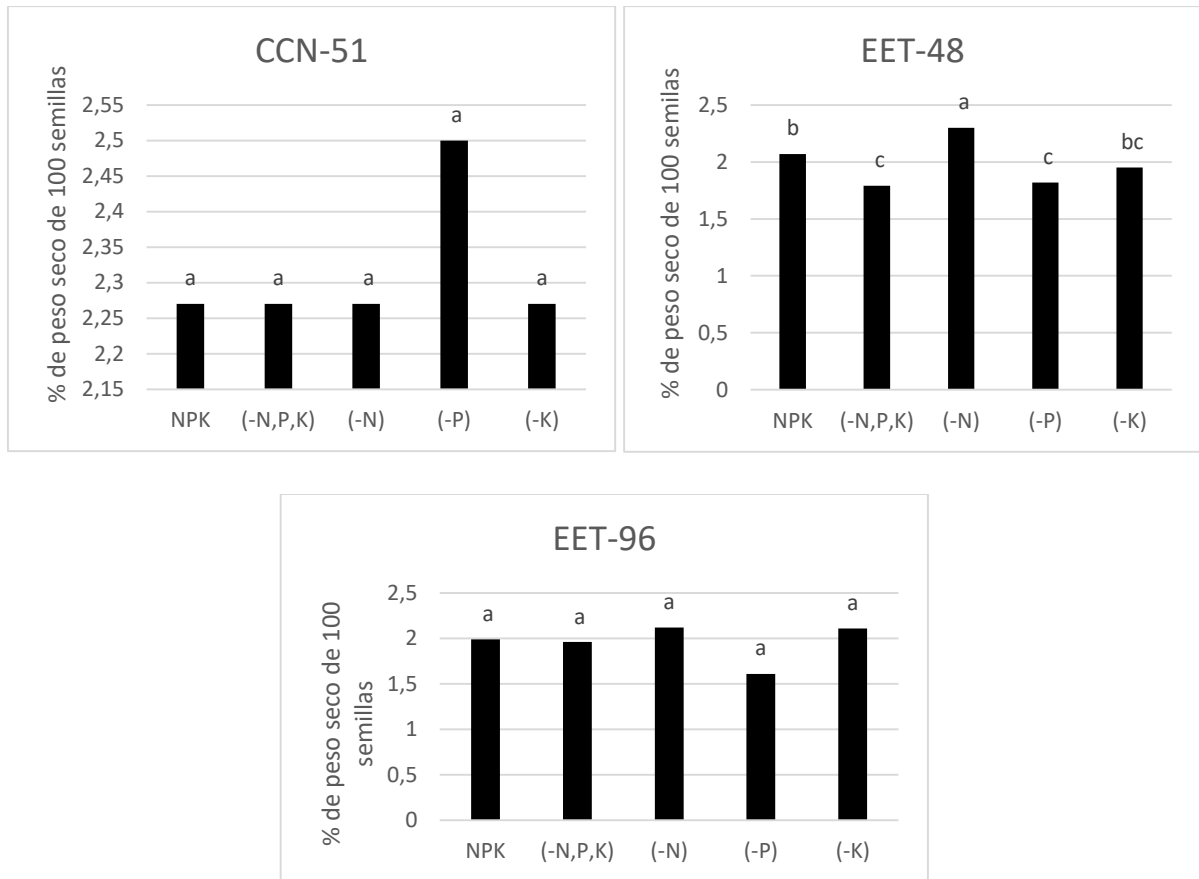
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 7, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones utilizados, donde el clon CCN-51 obtuvo valores ligeramente superiores en comparación al resto de los clones, demostrando así que las variedades de cacao son ideales para obtener buenas producciones. Según, Estivarez (2020), al evaluar distintos tipos de cacao nacional, menciona en su investigación que el cacao nacional presenta un índice de semilla de 1,1 g, valores estadísticamente diferentes a los presentados en nuestra investigación. Por otro lado, Suaste (2022), en su investigación, obtuvo valores estadísticamente altos, con un promedio de 61,65 g, al aplicar zinc al 10% en el clon CCN-51, esto se debe a que el elemento zinc mejora

la productividad de cacao, además, interviene como método de defensa para evitar daños en las plantas.

Gráfico 7. Promedio de peso de 100 semillas por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao



11.6. Peso de grano fresco/árbol (kg)

El análisis de varianza de los clones de cacao en el peso de grano fresco, mostraron diferencias estadísticas significativas, obteniendo el mejor resultado con el clon CCN-51, en comparación a los demás clones evaluados, cuyos resultados se los puede evidenciar en la tabla 14, el efecto de la interacción entre las omisiones de nutrientes, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas, siendo la omisión más baja (-K) con una media de 0,30 de peso fresco.

La omisión de (-K) causa efectos negativos en el cultivo de cacao, lo que coincide con Huachos (2015), quien menciona que el potasio está asociado a las reducciones del rendimiento, siendo la función principal de este elemento el aumento del peso de los granos y los frutos, por lo que al ser omitido la planta no presentará óptimos resultados, también, interviene en la absorción de los distintos nutrientes que se encuentran en el suelo. De acuerdo con lo que expreso Herrera

et al. (2022), el K incrementa la absorción en las plantas adultas de cacao, siendo esto relevante en lo que se refiere al rendimiento del cultivo, por lo que al excluir al K podría ser crítica durante la etapa reproductiva y en el crecimiento del fruto.

Tabla 14. Peso grano fresco/árbol (kg) en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Peso grano fresco/ árbol (kg)	
	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	1,18 a
EET-96	0,10 b
EET-48	0,13 b
p-valor:	0,0001
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	0,40 b c
(-N)	0,38 b c
(-P)	0,57 a b
(-K)	0,30 c
NPK	0,70 a
p-valor:	0,0001

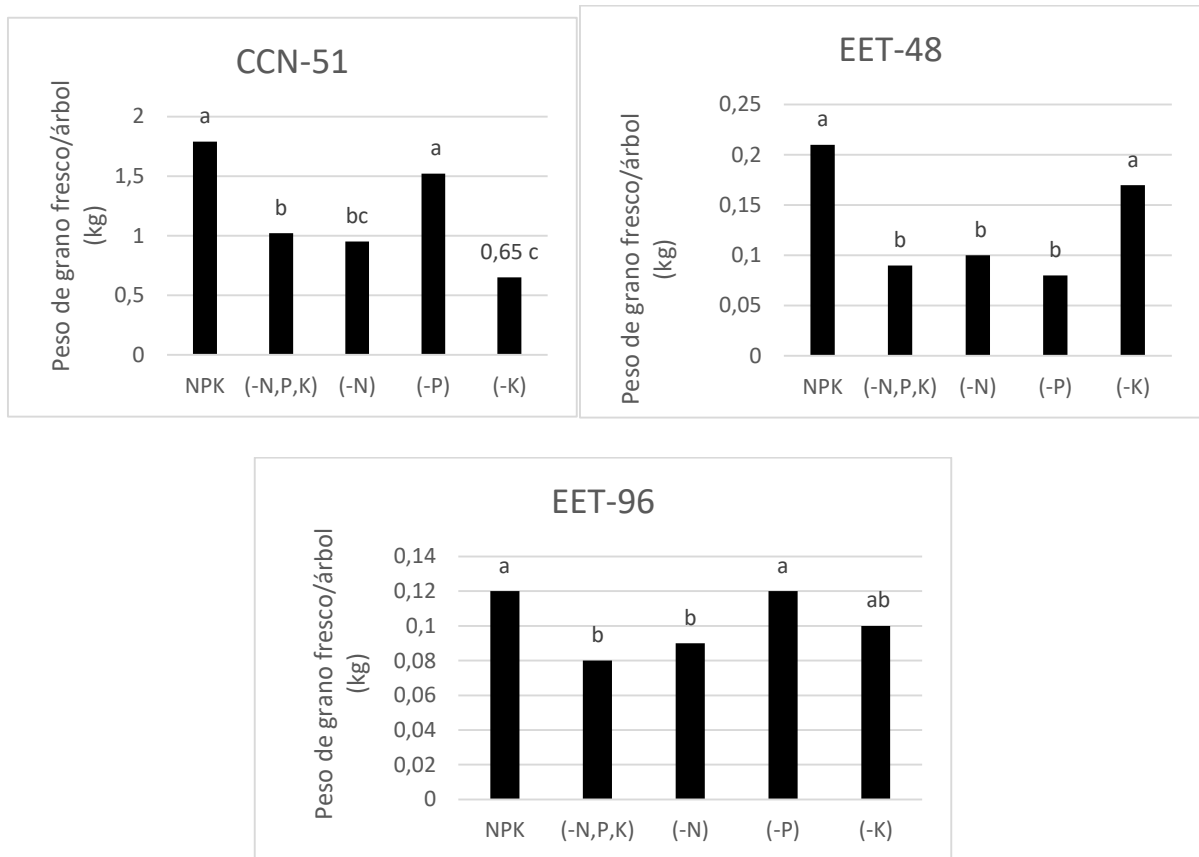
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 8, como se puede observar existen diferencias estadísticas significativas entre las omisiones y entre los clones de cacao, donde el clon que mayor peso de grano fresco obtuvo fue el CCN-51 con un valor de 1,79 kg, con la omisión NPK, esto se debe a que es un clon que presenta una alta productividad, lo que lo hace ideal para obtener altos rendimientos. Según López (2012), al evaluar el efecto de los activadores fisiológicos orgánicos, obtuvo valores estadísticamente superiores a los presentados en nuestra investigación, debido a que los activadores ayudan a obtener un desarrollo más vigoroso, mejorando el sistema radicular, obteniendo una mejor absorción de los nutrientes, por parte de Cuenca (2023), evaluó diferentes intensidades de luminosidad, donde obtuvo valores estadísticamente altos con un promedio de 72 g con el 0% de sombra en plantaciones de 2 años y medio, esto se da porque el cacao es un

cultivo que puede manifestarse en diferentes formas, donde la diversidad de cultivares y las condiciones fluctúan en los rendimientos de los cultivos.

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



11.7. Rendimiento (kg/ha)

En el rendimiento del cultivo de cacao, se muestran diferencias estadísticas significativas entre los clones evaluados, siendo el mejor resultado con el clon CCN-51, con una media de 378,59 kg/ha, en lo que respecta a las omisiones presentaron diferencias significativas entre las distintas omisiones, siendo la omisión (-K) la que presento una menor media, en sus resultados, como se observa en la (tabla 15).

La omisión de (-K) causo efectos negativos en el cultivo de cacao, resultados similares presento Ruiz (2021), donde menciona que el K es un nutriente que tiene la capacidad de activar encimas, además, el potasio brinda un mejor vigor y mayor fuerza a la planta, ayudando a su sistema radicular y en la formación de las almendras, lo que mejora la calidad en la producción agrícola, por lo que al no aplicar este producto el cacao presentara deficiencias en su producción.

La omisión de los nutrientes en el cultivo de cacao causa efectos negativos en el rendimiento, lo que concuerda con Pinargote (2015), quien menciona que el K es un elemento indispensable en la mejora de la calidad de los cultivos, aumentando la proteína de los granos, aumentando el tamaño de frutos y almendras, también, ayuda a mejorar la absorción de los nutrientes, por lo que no aplicar un elemento provocará graves daños en la productividad del árbol de cacao.

Tabla 15. Rendimiento (kg/ha) en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

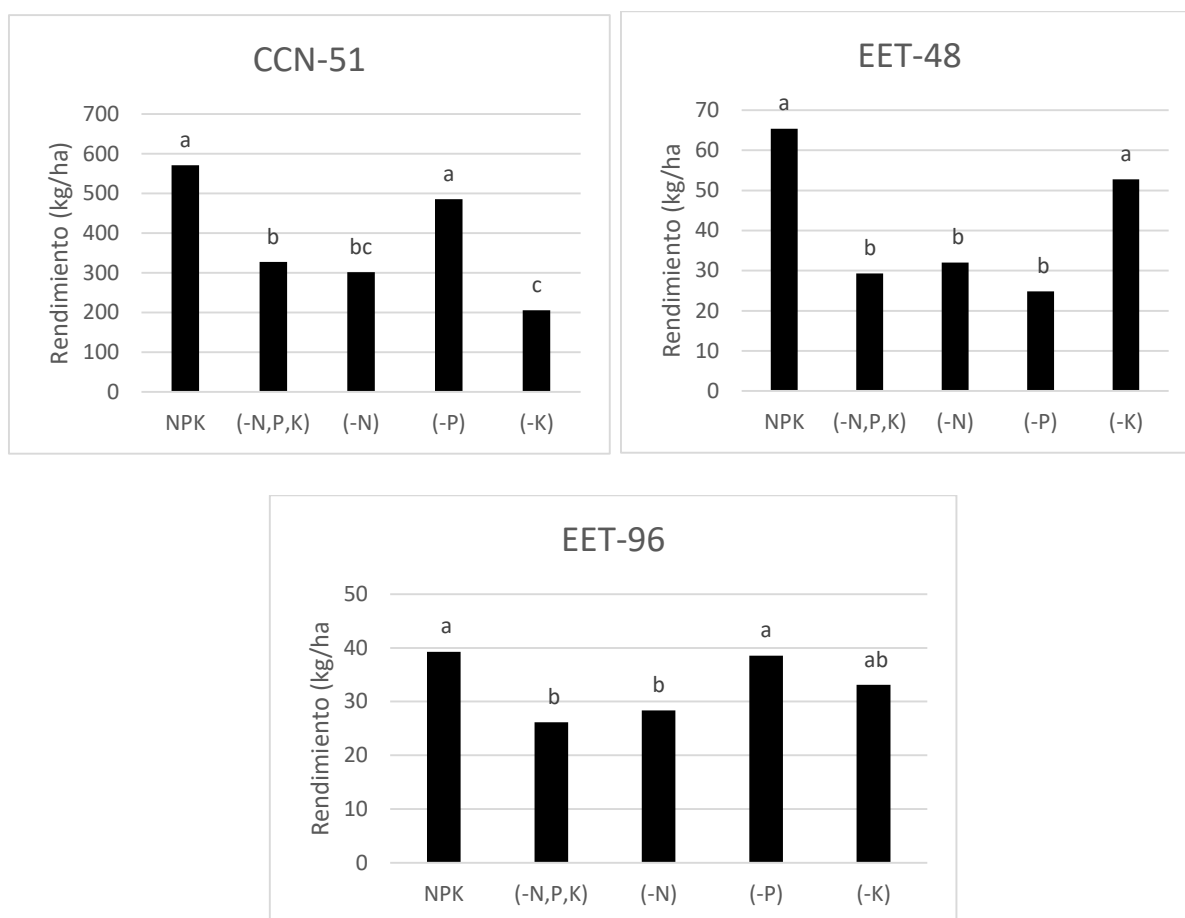
Rendimiento (kg/ha)	
	Medias
Factor A: Clones de cacao	
CCN-51	378,59 a
EET-96	33,08 b
EET-48	40,85 b
p-valor:	0,0001
Factor B: Omisión de nutrientes	
(-N, P, K)	127,56 b c
(-N)	120,81 b c
(-P)	183,07 ab
(-K)	97,33 c
NPK	225,43 a
p-valor:	0,0002

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

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

En la gráfica 9, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los clones y las omisiones utilizadas, donde el clon que mayor rendimiento obtuvo fue el CCN-51 con un rendimiento de 571,64 kg/ha, valores superiores a los otros clones, esto se debe principalmente a las características del clon, el cual es de un alto rendimiento. Para Dedier *et al.* (2016), los rendimientos dependerán de diferentes factores, en los cuales es importante el material de plantación que se va a utilizar, el clima, el manejo cultural que se le brinde y el tipo de suelo, por lo que degradación de los suelos y una baja fertilidad de los suelos provocan bajos rendimientos.

Gráfico 9. Promedios del rendimiento (kg/ha) por efecto de la omisión de macronutrientes en tres clones de cacao



11.9. Análisis económico

En la Tabla 16, se presenta el análisis económico del rendimiento de los clones de cacao estudiados con las omisiones de macronutrientes primarios. En el clon CCN51 el mayor rendimiento correspondió al tratamiento con NPK con 571,64 Kg/ha con un ingreso neto de USD 1419,14 y un beneficio económico de 1.01. Sin embargo, el mayor beneficio económico se obtuvo con el tratamiento de omisión completa, estos resultados favorables son observados debido a que en este tratamiento no hay costo de fertilizantes. En el clon EET-48 presentó de forma general rendimientos muy bajos en todos los tratamientos evaluados generando beneficios antieconómicos.

Para el clon EET-96 se registró una tendencia semejante en la mayoría de tratamientos se registra ingresos en contra a los invertidos, esto porque los rendimientos son muy bajos, considerando que este tipo de cacaos, su recuperación de la poda es más prolongada lo que ocasiona una caída en el retorno económico en sus resultados, a pesar de los precios favorables del cacao en los actuales momentos este clon hasta esta fase del estudio no genera rentabilidad,

por lo que no permite tener una clara diferencia entre los tratamientos de omisión aplicados (ver anexo 6 y 7).

Tabla 16. Análisis económico en la respuesta de la omisión de macronutrientes primarios sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Rendimiento (Kg)	Precio por Kg (USD)	Ingreso Bruto (USD)	Costos Totales (USD)	Beneficios Netos (USD)	Beneficio Costo	Rentabilidad (%)
CCN-51							
(-NPK)	327,00	4,93	1612,1	795,6	816,51	1,03	102,63
(NPK)	571,64	4,93	2818,2	1399,04	1419,1452	1,01	101,44
(-N)	302,00	4,93	1488,9	1273,09	215,77	0,17	16,95
(-P)	485,82	4,93	2395,1	1342,04	1053,0526	0,78	78,47
(-K)	206,18	4,93	1016,5	1103,34	-86,8726	-0,08	-7,87
EET-48							
(-NPK)	29,00	4,93	143,0	795,6	-652,63	-0,82	-82,03
(NPK)	65,00	4,93	320,5	1399,04	-1078,59	-0,77	-77,10
(-N)	32,00	4,93	157,8	1273,09	-1115,33	-0,88	-87,61
(-P)	24,85	4,93	122,5	1342,04	- 1219,5295	-0,91	-90,87
(-K)	53,00	4,93	261,3	1103,34	-842,05	-0,76	-76,32
EET-96							
(-NPK)	26,00	4,93	128,2	795,6	-667,42	-0,84	-83,89
(NPK)	39,00	4,93	192,3	1399,04	-1206,77	-0,86	-86,26
(-N)	28,00	4,93	138,0	1273,09	-1135,05	-0,89	-89,16
(-P)	38,00	4,93	187,3	1342,04	-1154,7	-0,86	-86,04
(-K)	33,00	4,93	162,7	1103,34	-940,65	-0,85	-85,25

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

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

12. IMPACTOS

Impacto técnico

La investigación realizada sobre la omisión de macronutrientes primarios puede tener impactos técnicos significativos en el desarrollo y rendimiento a largo plazo del cultivo de cacao, comprometiendo tanto la cantidad como la calidad de la producción. Es crucial para los agricultores mantener un equilibrio adecuado de nutrientes en el suelo y asegurarse de que las plantas de cacao reciban los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo y una cosecha exitosa.

Impacto social

La omisión de macronutrientes primarios en el cultivo de cacao puede tener impactos sociales significativos en los agricultores, las comunidades locales y la economía en general. Es crucial abordar estos desafíos mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, programas de apoyo a los agricultores y medidas para fortalecer la resiliencia de las comunidades agrícolas.

Impacto ambiental

Los impactos ambientales que pueden afectar la salud y la sostenibilidad del ecosistema local. Es fundamental implementar prácticas agrícolas sostenibles y estrategias de gestión ambiental para mitigar estos impactos y promover la conservación del medio ambiente en las regiones donde se cultiva el cacao.

Impacto económico

En el cultivo de cacao puede tener una variedad de impactos económicos que afectan a los agricultores, las comunidades agrícolas y la economía en general. Es fundamental abordar estas deficiencias de manera efectiva mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y estrategias de fertilización adecuadas para garantizar la viabilidad económica del cultivo de cacao a largo plazo.

13. PRESUPUESTO

La tabla 17, muestra el presupuesto planteado en la investigación, detallando los recursos utilizados, los productos aplicados y materiales necesarios para llevar a cabo el estudio de esta investigación.

Tabla 17. Presupuesto utilizado en la investigación

Descripción	Unidad	Cantidad aplicada(kg)	Valor por kg/unitario	Valor total
Muriato de potasio	1	41.02 kg	\$0,76	\$31,17
Urea (N)	1	34,29 kg	\$0,56	\$19,20
Sulfato de potasio	1	2,28 kg	\$1,21	\$2,75
Sulfato de amonio (urea)	1	2,28 kg	\$0,46	\$1,04
Superfosfato triple	1	7,62kg	\$1,18	\$8,99
Gramera digital	1	1	\$11,75	\$11,75
Pilas AAA	4	4	\$1,00	\$4,00
Fundas pequeñas	21	21	\$0,30	\$6,30
Pie de rey	1	1	\$4,50	\$4,50
Angulo madera	1	1	\$3,50	\$3,50
Tijera de podar	2	2	\$5,00	\$10,00
Libreta de campo	1	1	\$0,80	\$0,80
Esfero	1	1	\$0,35	\$0,35
Análisis de suelo	1	1	\$35,00	\$35,00
Total			\$66,37	\$139,35

Elaborado por: Ayala & Hernandez (2024)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se concluye que al final de la investigación el clon que mayores medias obtuvo fue el clon CCN-51, obteniendo buenos resultados en cada una de las variables evaluadas, en el caso de las omisiones la mejor fue al aplicar NPK, presentando valores positivos en las variables en estudiadas, además, las omisiones que presentaron una menor media fueron (-K) y (-P), demostrando que al omitir un elemento los rendimientos del cultivo de cacao se ven afectados.
- La influencia de las enfermedades se presentó con mayor media en el clon EET-48, siendo este clon el más propenso al ataque de las enfermedades, en el caso de las omisiones el que obtuvo una media mayor media fue (-N), es decir, que al omitir este elemento la planta presenta una mayor incidencia de las enfermedades.
- En el caso del análisis económico de los tratamientos evaluados, demostraron que los mejores resultados se obtuvieron con el clon CCN-51 + NPK con un costo total de \$1399,04 y una rentabilidad del 101,04%, indicando que sin la presencia de los macronutrientes se obtendría un beneficio neto negativo, al igual que su rentabilidad, por lo tanto, para obtener buenos ingresos económicos, es indispensable la aplicación de los nutrientes primarios.

Recomendaciones

- Se recomienda replicar la investigación en tiempo más largo, con la finalidad de conocer si la fertilización presento mayores resultados en cada una de las variables evaluadas.
- Se recomienda realizar más investigaciones en diferentes clones de cacao y en diferentes épocas, para comprobar si la efectividad de los micronutrientes es positiva en diferentes condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguado , G., Moreno , B., Jiménez , B., García , E., & Preciado , R. (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosidéforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. Revista fitotecnia mexicana. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000100004
- Aguilar , S. (2021). Caracterización morfofísica de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) de los genotipos de la colección utmch. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17458/1/TTUACA-2021-IA-DE00040.pdf>
- Aguilar, D., & Farfán, Y. (2022). Evaluación de dosis y frecuencias de agroquímicos en cacao para mantener la sanidad de las mazorcas en la época seca. Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28992/1/T-ESPESD-003210.pdf>
- Alcívar , J., & Loo , M. (2016). Respuesta del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) a la poda y fertilización orgánica y química. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix Lopez. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/461/1/TA57.pdf>
- Alvarado, C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao, L.*) y en la fertilidad del suelo. San Carlos, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9843/efecto_fertilizaci%C3%B3n_org%C3%A1nica_inorg%C3%A1nica_rendimiento_clon_cacao_%28theobroma%20cacao%2C%201%29%20_en_la_fertilidad_del_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arango, K. (2022). Biochar y fertilización en la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Las Lomas, Piura. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5242/arango-ledesma-karina-liseth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Azcón , J., & Talón , M. (2015). Fundamentos de fisiología vegetal segunda edición. Universidad de Barcelona . Obtenido de

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

Bustamante , M., & Ramírez, A. (2010). Efecto de varios métodos de prefermentación y fermentación del cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) en las propiedades físicas y organolépticas de la almendra. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/977>

Cacaomovil. (2023). ¿Qué nutrientes necesita el árbol de cacao según su etapa de desarrollo? Obtenido de <https://cacaomovil.com/site/guide/manejo-de-fertilidad-de-suelos-cacaoteros/23/los-nutrientes-y-el-desarrollo-de-las-plantas-del-cacao#:~:text=Cuando%20hay%20deficiencia%20de%20f%C3%B3sforo,las%20orillas%20de%20las%20hojas.>

Cedeño, D., & Vera , D. (2017). Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/648/1/TA69.pdf>

Cepal. (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. Obtenido de <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Cacao-rev.pdf>

Cordero, M. (2022). Crecimiento vegetal y parámetros fisiológicos del cultivo de cacao clon EETP 800 en respuesta a la variación de la radiación solar y la fertilización en El Sector Del Padmi, Zamora Chinchipe. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25046/1/Manuel%20Anthony%20Cordero%20Rojas.pdf>

Cubillos, G., Restrepo, T., & Hincapié, O. (2020). La moniliasis del cacao: daños, síntomas, epidemiología y manejo. Obtenido de <https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf>

Cuenca, C. (2023). Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (*Theobroma cacao L.*) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27431/1/ChristianAndr%C3%A9s_CuencaPati%C3%B1o.pdf

- Dedier, S., Koko, L., Phillipe, B., & Jagore, P. (2016). Nutrición y Fertilización de Cacao. Revisiones de agricultura sostenible.
- Del Monte, Sandra;. (23 de Mayo de 2023). Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao en Ecuador. Obtenido de <https://delmonteag.com.ec/importancia-de-la-fertilizacion-en-el-cultivo-de-cacao-en-ecuador/>
- Durán , E., & Dubón , A. (2016). Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras. La Lima: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Obtenido de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/guia_tipos_geneticos_de_cacao_y_distribucion_geografica_en_honduras.pdf
- Durango, W., Caicedo, M., Vera, D., Sotomayor, I., Saini, E., & Chávez, E. (2020). La Cadena de valor del cacao en América Latina y El Caribe. iniap; fontagro; espol. Obtenido de https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_cacao_linea_base.pdf
- Eguez, E., León, L., Loor, J., & Pacheco, L. (2022). Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annum linneo*) cultivadas en solución nutritiva. Revista de Investigación Talentos.
- Escobar, J. (2018). Análisis de la cadena de suministros de cacao fino de aroma y derivados, en Ecuador: Desarrollo de un modelo de evaluación del desempeño agroeconómico en la provincia de Cotopaxi. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27565/1/AL%20670.pdf>
- Espinoza , D. (2019). Manejo de la escoba de bruja (*Moniliophthora Perniciosa*) en el Cultivo de Cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) en la Hacienda” San José zona de Babahoyo. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6760/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estivarez, M. (2020). criterios de selección para plantas elites de cacao nacional boliviano (*Theobroma cacao L.*), en la estación experimental de Sapecho, Alto Beni, Bolivia. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23807/T-2750.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estrada , W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejada con técnicas agroecológicas. El Salvador.

- García, K. (2021). Caracterización de fincas productoras de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en sistemas agroforestales renovadas, cantón Ventanas, provincia Los Ríos. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56319/1/Garc%c3%ada%20Vargas%20Kenfer%20Gilberto.pdf>
- García, A. (2020). Deficiencia de Nitrógeno (N) en Cacao. Costa Rica. Obtenido de <https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20207800512>
- 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;jsessionid=60C6355C1BF9CFF135092EEBE0555541?sequence=1>
- Ginatta, G. (2020). Iniciativa Latinoamericana del Cacao: Boletín No. 9.
- Gómez, P. (2017). Validación de dos opciones de fertilización en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L). Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21560/1/G%c3%b3mez%20Alvarado%20Pablo%20Iv%c3%a1n.pdf>
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Graziani, L., Ortiz, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006
- Guaman, C. (2007). Estudio de factibilidad para el cultivo de "Cacao 51" en la Parroquia Cristóbal Colón de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y su comercialización. Santo Domingo: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/731/1/CD-1118.pdf>

- Herrera, F. (2022). Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51. Mocache: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/034c3675-f864-4913-917a-fbbff008cf0c/content>
- Herrera, R. (2019). Dinámica nutricional en interacciones NPK relacionada a características morfológicas y fisiológicas en cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN 51. Loja: Universidad Nacional del Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22139/1/Rebeca%20Ximena%20Herrera%20Mancheno.pdf>
- Herrera, R., Vásquez, S., Granja, F., Molina, M., Capa, M., & Guamán, A. (2022). Interacción de N, P y K sobre características de suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la Amazonia Ecuatoriana. Bioagro. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/4124/2667>
- Huachos, H. (2015). Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de cacao (*Teobroma cacao L.*) clon ICS 95 en Cubanita - Pangoa. El Mantaro, Jauja - 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>
- Inamhi. (2017). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Inec. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- Intagri. (2015). El Rol de los Nutrientes en la Resistencia a Enfermedades de las Plantas. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/rol-de-los-nutrientes-en-la-resistencia-a-enfermedades>
- Intagri. (2017). Las funciones del Potasio en la nutrición vegetal . Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>

- Isuiza, A. (2023). Comportamiento de dosis de fertilización química sobre la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN-51 en la localidad de 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
- Jaimes, Y., Agudelo, G., Báez, E., Rengifo, G., & Rojas, J. (2022). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el departamento de Santander. Obtenido de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/276/258/1646-1?inline=1>
- Jaraba, A., Buriticá, Á., Vega, F., & Urrego, J. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) origen, botánica y generalidades. Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/12/AF-FOLLETO-ORIGEN-BOTANICA-Y-GENERALIDADES-1.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>
- López, A. (2012). Asistencia técnica dirigida en manejo de poda y fertilización en el cultivo de cacao. Huánuco - Perú: Agrobanco. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-c-cacao.pdf>
- López, H. (2012). Evaluación del efecto de aplicación del activador fisiológico orgánico florone en el cultivo de cacao. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/981/T-UTB-FACIAG-AGROP-000040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Macías, R., Cunuhay, J., Jiménez, W., Guerra, G., & Santana, J. (2023). 8112Comparación de producción de seis variedades de cacao (*Theobroma cacao*) en el centro experimental Sacha Wiwa. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6804/10343>
- Noles, M. (2020). Evaluación de enmiendas orgánicas: efectos en la producción y fitosanidad del cacao (*Theobroma cacao L.*) cultivar CCN-51. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/TTUACA-2020-IA-DE00025.pdf>

- Ortega, C. (2006). Nivel de incidencia de enfermedades en frutos de cacao en plantaciones con diferentes prácticas de manejo en Tingo María. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/79/AGR-523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes, M. (2016). El manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) y el rendimiento del mismo, en La Asociación Kallari. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/22069/1/tesis-051%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20375.pdf>
- Pari, C. (2011). Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) clon ICS 95 en Cubantia. Satipo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4014/Pari%20Pariona.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Phillips , W., Arciniegas , A., Mata , A., & Motamayor , J. (2013). Catálogo de clones de cacao seleccionados por el catie para siembras comerciales. San José. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7280>
- Pinargote, M. (2015). Comportamiento productivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://agrocencias.com.ec/wp-content/uploads/2023/05/Tesis-Universidad-Quevedo-Cacao.pdf>
- Pincay , R. (2022). Efectos de la fertilización con macronutrientes sobre la absorción de cadmio de dos materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao L.*) utilizados como patrones. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8593/1/UTC-PIM-%20000467.pdf>

- Puentes , Y., Menjivar, J., & Aranzazu, 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
- Puentes, Y., Menjivar, J., & Ortíz, A. (2016). Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Colombia. Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1536/1853>
- Quiroz, J., Mestanza, S., Parada, N., Morillo, E., Samaniego, I., & Garzón , I. (2021). Catálogo de cultivares de cacao en Ecuador. iniap. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/Iniapeelsbtp66.pdf.pdf>
- Ramos , R., Amores , F., Sotomayor , K., & Rhón , F. (2023). Adaptación de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tipo Nacional en el Piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7148/10807>
- Reinoso , L. (2013). Incidencia de la Agricultura en el crecimiento y desarrollo Económico del Ecuador del 2006 al 2012. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2076/1/106171.pdf>
- Rengifo, B. (2019). Niveles de abonamiento con gallinaza más dosis uniforme con roca fosfórica en el rendimiento de *Theobroma cacao L.* (cacao), en parcela demostrativa – Caballococha –Loreto. Iquitos, Perú: UNAP. Obtenido de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6277/Brayan_Tesis_T%c3%adtulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rizo, E. (2016). Fertilización micro y macro - Hortalizas. Obtenido de <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fertilizacion-micro-y-macro/>
- Rodríguez, P. (2019). Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacaoL.*) en la hacienda San José. 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#:~:text=En%20la%20etapa%20de%20desarrollo,y%20azufre\(Cacaomovil%20s.f.\)](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6844/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000050.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20la%20etapa%20de%20desarrollo,y%20azufre(Cacaomovil%20s.f.))
- Romero, A. (2020). Aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas y su influencia en la morfología fisiología y productividad de cacao *Theobroma cacao L.* CCN51. Loja:

- Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23594/1/Adriana%20%20Elizabeth%20Romero%20Maza.pdf>
- 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. Agrosava. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4499/449960534003/html/>
- Ruiz, A. (2021). Efecto de la fertilización edáfica complementada con aminoácidos, fitohormonas y micronutrientes sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*), Milagro Guayas. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ%20FLORES%20ANDRES%20EDUARDO.pdf>
- Salinas , F., & Tomalá, M. (2014). Comportamiento agronómico de clones de cacao (*Theobroma cacao*) tipo nacional en Manglaralto, Cantón Santa Elena. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2215/1/UPSE-TIA-2015-007.pdf>
- Sánchez , M., Jaramillo , E., & Ramírez , I. (2015). Enfermedades del cacao. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6921>
- Sánchez, E., Ruiz, J., Romero, L., Preciado, P., Flores, M., & Márquez, C. (2018). ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero? Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. Obtenido de <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1757>
- Sánchez, J. (2009). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Obtenido de <https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- Segura , D. (2022). Fortalecimiento de la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) con fertilización nitrogenada y potásica cantón Alfredo Baquerizo Moreno. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59558/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20C3%93N%20-%20Daniela%20Segura.pdf>

- Seipasa. (19 de Abril de 2017). El calcio en los cultivos: por qué es importante una correcta asimilación. Obtenido de <https://www.seipasa.com/es/blog/calcio-los-cultivos-importante-una-correcta-asimilacion/>
- Sela, Guy;. (02 de Octubre de 2022). La producción del cultivo de cacao. Obtenido de <https://croipaia.com/es/blog/el-cultivo-de-cacao/>
- Senasica. (2022). Moniliophthora perniciosa; Escoba de bruja del cacao. Obtenido de <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao.pdf>
- Solis , K., Peñaherrera, S., & Vera, D. (2021). Las enfermedades del cacao y buenas prácticas agronómicas para su manejo.
- Suaste, A. (2022). Efecto de la aplicación de zinc en la productividad de cacao CCN51 y nacional, Milagro-Guayas. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SUASTE%20LEON%20ASHLEY%20MARIEL ENA.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SUASTE%20LEON%20ASHLEY%20MARIEL%20ENA.pdf)
- Suaterna , L. (2021). Mejoramiento agronómico del cultivo de cacao *Theobroma cacao L* en la finca Cañaguante, vereda el Tesoro Municipio la Belleza Santander. Ciencia Unisalle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/226/
- TecnoAgro. (04 de Marzo de 2022). Fertilización de cacao. Obtenido de <https://tecnoagro.com.mx/no.-154/fertilizacion-de-cacao>
- Tenorio , R. (2017). Aislamiento, identificación y ensayos de control biológico in vitro de fitopatógenos de la mazorca de cacao (*Theobroma cacao*). La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17585/TM-1925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Uribe, A., Méndez, H., & Mantilla, J. (2001). Efecto de niveles de nitrógeno, fosforo y potasio en la producción de cacao en Colombia. Colombia. Obtenido de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fertilizacion_del_cacao.pdf
- Vélez, J. (2018). Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ddf1bcef-3199-4384-90bb-8aac18a8e304/content>

Vistoso, E., & Martínez, J. (2020). Potasio disponible y fertilización en suelos de la Región de Los Ríos. inia. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4037/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20254?sequence=1#:~:text=La%20%C3%A9poca%20de%20aplicaci%C3%B3n%20de,agosto%20a%20mediados%20de%20noviembre.>

Vite, H., Townsend, J., & Carvajal, H. (2020). Big Data e Internet de las Cosas en la producción de banano orgánico. Universidad Y Sociedad.

Yanasupo, C. (2021). Extracción de nutrientes e identificación de épocas críticas en cacao (*Theobroma cacao L*) en Kimbiri. Ayacucho - Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4930/1/TESIS%20AG1290_Yan.pdf

Zavala, J. (5 de Enero de 2008). Nutrición mineral del cacao. Recuperado el 3 de Octubre de 2023, de <http://diplomado2007unas.blogspot.com/2008/01/nutricion-mineral-del-cacao.html>