



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
SISTEMA DE POSTGRADO
ING. JACOBO BUCARAM ORTIZ, Ph.D.

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y
DESARROLLO SOSTENIBLE
COHORTE 2023
MODALIDAD EN LÍNEA**

PROYECTO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN AGROECOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**EFFECTO DE ABONOS EDÁFICOS Y QUELATADOS EN LA
PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN NARANJAL,
ECUADOR**

ING. COLCHA CRESPO EVELYN DAYANA

GUAYAQUIL, ECUADOR

2025

ESCUELA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominado: **EFFECTO DE ABONOS EDÁFICOS Y QUELATADOS EN LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN NARANJAL, ECUADOR**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el/la estudiante, **Ing. Evelyn Dayana Colcha Crespo**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Ing. Navarrete Cornejo Alexandra, MSc.

Guayaquil, 26 de Noviembre del 2025

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ESCUELA DE POSGRADO

TEMA

**EFFECTO DE ABONOS EDÁFICOS Y QUELATADOS EN LA
PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN NARANJAL,
ECUADOR**

AUTOR

ING. EVELYN DAYANA COLCHA CRESPO

TRABAJO DE TITULACIÓN

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

MAGÍSTER EN AGROECOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY CARLOS
GAVILANEZ LUNA**
Validar únicamente con FirmaEC

**Ing. Gavilanez Luna Freddy. PhD.
PRESIDENTE**

**Ing. Garcia Ortega Yoansy, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Cartagena Faytong Maria, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Navarrete Cornejo Alexandra, MSc.
EXAMINADOR SUPLENTE**

AGRADECIMIENTO

A mis padres,

No existen palabras suficientes para expresar mi gratitud hacia ustedes. Gracias por ser el pilar fundamental de mi vida y por acompañarme en cada etapa de este camino académico y personal. Su amor incondicional, su apoyo constante y su infinita paciencia han sido mi mayor fortaleza, incluso en los momentos de cansancio, duda o dificultad. Gracias por cada sacrificio realizado, por cada consejo brindado, por cada palabra de aliento cuando sentía que no podía continuar, y por creer en mí aun cuando yo misma dudaba. Todo lo que soy y todo lo que he logrado es reflejo de los valores, la disciplina y el esfuerzo que me inculcaron desde siempre. Esta tesis no es solo el resultado de mi trabajo, sino también del amor, la dedicación y el compromiso que ustedes han puesto en mi formación. Cada página escrita lleva implícito su apoyo y su confianza. Este logro también les pertenece. Gracias por enseñarme a no rendirme, a luchar por mis sueños y a avanzar con humildad y perseverancia. Llevaré siempre conmigo su ejemplo y su amor como guía en cada paso que dé.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y el motor que me ha impulsado a seguir adelante en cada etapa de este camino académico y personal. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo constante, por los sacrificios silenciosos y por la paciencia infinita que me brindaron durante todo este proceso. Cada enseñanza, cada consejo y cada esfuerzo suyo se ven reflejados en este logro, que no solo es mío, sino también de ustedes. A mi abuelo, que hoy me acompaña desde el cielo, pero cuya presencia sigue viva en mi corazón y en mis recuerdos. Gracias por tu ejemplo de vida, por tus palabras sabias, por tu cariño y por la fortaleza que siempre me transmitiste. Aunque no estés físicamente a mi lado, tu recuerdo ha sido una fuente de inspiración constante para no rendirme y seguir luchando por mis sueños. Este logro también te pertenece. Dedico este trabajo a quienes han sido mi mayor apoyo, mi inspiración diaria y la razón por la cual he aprendido a perseverar con esfuerzo, humildad y amor. Esta tesis representa el fruto de todo lo que me han enseñado y el agradecimiento eterno que siempre llevaré conmigo.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.



**Ing. Evelyn
Dayana Colcha
Crespo
C. I. 0952640266**

RESUMEN

El presente documento se realizó para evaluar la aplicación adecuada y balanceada de abonos edáficos, combinada con la presencia controlada de quelatos, contribuyó de manera significativa al incremento del rendimiento y la calidad de la producción de cacao. El análisis de varianza evidencia que tanto los abonos edáficos como los quelatados influyeron significativamente en el rendimiento y en las características morfológicas de la mazorca. La significancia en los factores principales (A y B) indica que ambos tipos de fertilización inciden directamente en la productividad del cultivo. La interacción A×B en el rendimiento sugiere, al ser no significativa, que los efectos de ambos factores son aditivos, mientras que las interacciones significativas en longitud y diámetro de mazorca muestran que la respuesta estructural del fruto depende de combinaciones específicas de abonos. En las variables el número de granos por mazorca fue el que mejor respondió a los tratamientos, con alta significancia en ambos factores y en su interacción. Esto indica que la mejora del rendimiento puede atribuirse principalmente a un mayor número de granos formados, más que a un incremento en el peso individual del grano. Los valores medios presentados en la Tabla 8 confirman que las combinaciones de abonos edáficos a1 y a3, y de quelatados b1 y b2, proporcionaron los mayores rendimientos.

Palabras clave: *Nutrición, cacao, edáfico, producción, aplicación*

SUMMARY

This document was prepared to evaluate whether the proper and balanced application of soil fertilizers, combined with the controlled presence of chelates, contributed significantly to the increase in yield and quality of cocoa production. The analysis of variance shows that both soil fertilizers and chelated fertilizers significantly influenced yield and the morphological characteristics of the cob. The significance in the main factors (A and B) indicates that both types of fertilization directly affect crop productivity. The A×B interaction in yield, being non-significant, suggests that the effects of both factors are additive, while the significant interactions in cob length and diameter show that the structural response of the fruit depends on specific combinations of fertilizers. Among the variables, the number of beans per cob was the one that responded best to the treatments. The improvement in performance can be mainly attributed to a higher number of grains formed, rather than an increase in the individual grain weight. The average values presented in Table 8 confirm that the combinations of soil fertilizers a1 and a3, and chelates b1 and b2, provided the highest yields.

Keywords: *Nutrition, cocoa, soil-related, production, application*

Índice general

INTRODUCCIÓN	6
CARACTERIZACIÓN DEL TEMA.....	7
PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA	8
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	8
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	10
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
HIPÓTESIS.....	11
APORTE CONCEPTUAL Y TEÓRICO	11
APLICACIÓN PRÁCTICA.....	11
CAPÍTULO 1.....	12
MARCO TEÓRICO	12
1.1 Estado del arte.....	12
1.2 Bases teóricas	16
1.2.1 Cultivo de cacao en Ecuador	16
1.2.2 Nutrición vegetal y fertilización del cacao	18
1.2.3 Abonos edáficos.....	20
1.2.4 Quelatos y su función en la agricultura	22
1.2.5 Interacción suelo-planta	23
1.3 Marco legal	24
CAPÍTULO 2.....	31
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	31
2.1 Métodos	31

	10
2.1.1 Modalidad y tipo de investigación.....	31
2.2 Variables	32
2.2.1 Variables independientes.....	32
2.2.2 Variables dependientes.....	32
2.3 Población y muestra	36
2.3.1 Población	36
2.3.2 Muestra	36
2.4 Técnica de Recolección De Datos.....	36
2.5 Estadística Descriptiva e Inferencial	36
2.6 Diseño experimental.....	36
2.7 Manejo del experimento.....	38
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Escala arbitraria de Severidad de enfermedades foliares mediante una escala a partir de Stover (1963).....	32
Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables	34
Tabla 3. Abonos edáficos y quelatados con sus respectivas dosis experimentales	37
Tabla 4. Distribución de los tratamientos del ensayo experimental	38
Tabla 5. Distribución de los tratamientos con los productos correspondientes.....	38
Tabla 6. ANOVA del experimento de campo	39
Tabla 7. Escala hedónica de valoración sensorial de los tratamientos del ensayo	40
Tabla 8. ANOVA de la prueba sensorial de los granos de cacao.....	40
Tabla 9. Cuadro de ANOVAS (<i>p-valor</i>) de las variables rendimiento de grano, longitud de mazorca y diámetro de mazorca	41
Tabla 10. Cuadro de ANOVAS (<i>p-valor</i>) de las variables peso fresco de 100 granos , peso seco de 100 granos y número de granos por mazorca.....	42
Tabla 11. Rendimiento del grano bajo la influencia de los abonos edáficos y quelatados.....	42
Tabla 12. Resultados de la longitud de las mazorcas (cm)	42
Tabla 13. Resultados del peso fresco de 100 granos	43
Tabla 14. Resultados del peso seco de 100 granos	44
Tabla 15. Resultados del número de granos por mazorca.....	44
Tabla 16. Resultados de la calidad organoléptica de los granos de cacao	45
Tabla 17. Resultados de severidad e incidencia de la presencia de <i>M. royeri</i> en el ensayo	45

Índice de figuras

Figura 1. Realizando la evaluación sensorial de los granos de las parcelas experimentales	77
Figura 2. Realizando la evaluación sensorial de los granos de las parcelas experimentales	78
Figura 3. Identificación de los tratamientos en el área experimental	79
Figura 4. Registrando los datos en las parcelas experimentales.....	80
Figura 5. Fertilizando con los abonos bajo ensayo en las parcelas experimentales	81
Figura 6. En el lugar del ensayo experimental	82
Figura 7. La cosecha de las parcelas experimental para su beneficiado.....	84

Introducción

La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una actividad agrícola de gran relevancia económica en diversas regiones tropicales del mundo y principalmente en Ecuador siendo el segundo rubro de exportación después del banano.

Se considera que la producción mundial de cacao incluye a más de 6 millones de agricultores entre productores y trabajadores de campo. Entre el 2019 y 2020, la producción global de cacao se acercó a casi 5 millones de toneladas. Siendo América Latina la que contribuyó con más del 18%, alrededor de 1 millón de toneladas. Los principales productores fueron desde el continente africano los países de Costa de Marfil y Ghana, con 2.1 y 0.8 millones de toneladas respectivamente, seguidos por Ecuador con 0.32 millones de toneladas. A inicios del 2020, el precio por tonelada de cacao se situaba en 2603 dólares americano. Los precios más bajos se registraron en julio del mismo año, alcanzando los 2100 dólares por tonelada, para luego aumentar gradualmente hasta llegar a los 2407 dólares por tonelada a finales de diciembre del mismo año, (García et al., 2021).

Según algunos datos provenientes de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao del Ecuador ANECACAO y citada por (Caicedo, 2023), los principales destinos para el cacao ecuatoriano son América, que representa el 54%, seguido por Europa con el 29%, y Asia con el 17%. Asimismo, se informa que el país ocupa el primer lugar en la producción de cacao con "Denominación de Origen Arriba", abarcando el 61% del mercado mundial sobre este producto.

Una nota reciente publicada por el portal Primicias informaba que "La tonelada de cacao se acerca a los USD 12.000 y sus exportaciones ya superan a las del atún" (González y Castillo, 2024).

Diversos estudios han señalado que la productividad del cacao puede estar influenciada por factores edáficos y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La calidad del suelo y su capacidad para proporcionar los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas de cacao son cruciales en el rendimiento y calidad del cultivo (Mero y Rodríguez, 2023).

En investigaciones previas realizadas por Parada, (2021) señala que se ha estudiado la influencia de diferentes tipos de abonos edáficos en la producción agrícola, pero la mayoría de estos estudios se han centrado en cultivos específicos distintos al cacao. Además, la interacción específica de los quelatos con el cacao y

su efecto en la absorción de nutrientes no ha sido exhaustivamente explorada en la literatura científica.

El conocimiento actual sobre la combinación de abonos edáficos y quelatos en la producción de cacao es limitado, y se carece de estudios que aborden esta temática de manera integral. Por lo tanto, la investigación propuesta busca reducir este vacío científico y proporcionar información valiosa para mejorar las prácticas agronómicas en el cultivo.

Caracterización del tema

El cacao es uno de los cultivos más importantes y emblemáticos de Ecuador, con una larga tradición que data de siglos. Ecuador es conocido mundialmente por producir cacao de alta calidad, particularmente las variedades de cacao fino y de aroma. La región de Naranjal, ubicada en la provincia de Guayas, es una zona clave para la producción de cacao debido a sus condiciones climáticas favorables y suelos fértiles.

Los abonos edáficos y quelatos son fertilizantes aplicados directamente al suelo para mejorar su fertilidad y proporcionar nutrientes esenciales a las plantas. Los abonos edáficos pueden ser orgánicos (como compost y estiércol) o inorgánicos (como fertilizantes minerales). Su uso adecuado puede mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua y nutrientes, y fomentar un crecimiento saludable de las plantas de cacao.

La producción intensiva de cacao puede llevar a la degradación del suelo, agotando su contenido de nutrientes y afectando negativamente la productividad. Además, los suelos en algunas áreas pueden tener deficiencias de ciertos nutrientes esenciales, como hierro, zinc y manganeso, que son cruciales para el crecimiento saludable del cacao. Por otro lado, existe la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles que no solo aumenten el rendimiento del cacao sino que también mejoren la salud del suelo y protejan el medio ambiente.

Planteamiento de la situación problemática

En la zona de Naranjal, en Ecuador, la producción de cacao enfrenta desafíos significativos en términos de rendimiento y calidad debido a diversas condiciones edáficas y limitaciones en la disponibilidad de nutrientes. La eficacia de los abonos edáficos y quelatos en la promoción del crecimiento y desarrollo del cacao es una preocupación clave para los productores locales. La limitada disponibilidad de información específica sobre la aplicación y eficacia de estos productos en las

plantaciones de cacao de la zona de estudio genera una incertidumbre considerable respecto a las prácticas agrícolas óptimas necesarias para incrementar la producción y mejorar la calidad del cacao.

Justificación e importancia del estudio

La producción sostenible de cacao enfrenta desafíos considerables en un contexto global de cambio climático y demanda creciente. En este sentido, la comprensión de la influencia de los abonos edáficos y quelatos en la producción de cacao es fundamental para desarrollar prácticas agronómicas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

En consecuencia la investigación se realiza con el propósito de plantear mejoras a la producción y calidad del cacao en una de las regiones más importantes para este cultivo en Ecuador. La aplicación de abonos edáficos y quelatos es una práctica agrícola que puede potencialmente incrementar la productividad y mejorar la salud del suelo, lo que a su vez puede aumentar el rendimiento y calidad del cacao.

De ahí que el estudio se centra en evaluar cómo diferentes tipos de abonos y quelatos influyen en el crecimiento de las plantas de cacao, la calidad del suelo, y el rendimiento del cultivo. Al identificar las mejores prácticas de fertilización y manejo del suelo, los agricultores pueden adoptar técnicas que optimicen la producción, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad de la agricultura en la región.

Donde los resultados de esta investigación son de gran utilidad para los agricultores y productores, investigadores, técnicos de campo y a todo el sector cacaotero en Naranjal y otras regiones de Ecuador. Con información precisa sobre los efectos de los abonos edáficos y quelatos, los productores pueden tomar decisiones informadas sobre qué insumos utilizar para maximizar la producción y calidad de sus cultivos. Esto puede traducirse en mayores ingresos y una mejor sostenibilidad económica para los agricultores.

Por ello la aplicación de abonos edáficos tienen impactos significativos en la estructura y composición química del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes esenciales para el cacao. Al estudiar los efectos de diferentes tipos de abonos edáficos, se pretende identificar aquellos que optimizan el rendimiento del cultivo sin comprometer la salud del suelo a largo plazo.

Por otro lado, la presencia de quelatos puede influir en la absorción y movilidad de nutrientes en el suelo, lo cual es crucial para el desarrollo adecuado de las plantas de cacao. La investigación de cómo los quelatos interactúan con los abonos edáficos y las condiciones específicas del suelo busca proporcionar alternativas sobre estrategias precisas para mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Delimitación del problema

El presente trabajo práctico se llevó a cabo en el cantón Naranjal, ubicado en la provincia del Guayas, Ecuador, específicamente en la finca cacaotera propiedad del señor Fernando Manuel Colcha Morán, situada en las coordenadas de latitud -2.67364 y longitud -79.6183. La investigación se desarrolló durante un periodo de tres meses, desde el 15 de marzo hasta julio de 2024. Los principales beneficiarios de este estudio fueron los productores de cacao del cantón Naranjal, quienes constituyen el público objetivo de la investigación.

Formulación del problema

¿Cómo afecta la aplicación de abonos edáficos y quelatos en el suelo al rendimiento y calidad de la producción de cacao?

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de abonos edáficos convencionales y quelatos en la producción de cacao en Naranjal, Ecuador con el fin de generar información técnica y científica que permita identificar las prácticas de fertilización más eficaces para optimizar la productividad del cultivo de cacao, promoviendo tanto la sostenibilidad del manejo del suelo como la calidad del mismo.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los abonos edáficos convencionales en la absorción de nutrientes por las plantas de cacao
- Evaluar la calidad del grano de cacao como respuesta a la aplicación de los tratamientos con abonos edáficos convencionales en comparación con quelatos, considerando factores como tamaño y peso.
- Analizar el impacto de los tratamientos en la salud de las plantas mediante la resistencia a enfermedades y vigor general en el área experimental.

Hipótesis

La aplicación adecuada y balanceada de abonos edáficos, combinada con la presencia controlada de quelatos, contribuyó de manera significativa al incremento del rendimiento y la calidad de la producción de cacao.

Aporte conceptual y teórico

Esta investigación aporta al conocimiento científico sobre la sostenibilidad del cultivo de cacao a largo plazo. Comprender los posibles efectos de la aplicación de abonos y quelatos no solo es esencial para la rentabilidad de los agricultores, sino también para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en las áreas de cultivo de cacao.

Aplicación práctica

Los resultados de este estudio podrían tener aplicaciones prácticas, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en la implementación de prácticas agrícolas más eficientes y respetuosas con el entorno, promoviendo así la sostenibilidad y la competitividad del sector cacaotero en el uso de los abonos edáficos y los quelatos en la nutrición de las plantas de cacao.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

Tuesta et al., (2017) investigadores de la Asociación de Productores Kallpa en San Martín, Perú, validaron el uso de *Trichoderma* endófito y micorrizas en la fertilización orgánica e inorgánica para mejorar tanto el rendimiento como la resistencia a enfermedades del cacao. La investigación se llevó a cabo en dos áreas productivas del Departamento de San Martín (Juanjui y Lamas), donde se inocularon cepas de *Trichoderma* (T) y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas de cacao de entre 6 y 12 años, en combinación con la aplicación de fertilizantes (F) y guano de isla (G), siguiendo un diseño experimental de bloques completos al azar con 10 tratamientos (Aplicación de T; HMA; T+HMA; T+F; T+G; HMA+F; HMA+G; T; G). Se evaluó la incidencia de las principales enfermedades del cacao (escoba de bruja, moniliasis y pudrición parda), así como el número de frutos cherelles, el número de mazorcas y el peso de grano seco. Los resultados indicaron que Juanjui y Lamas mostraron una mayor incidencia de moniliasis y pudrición parda, respectivamente, posiblemente debido a desequilibrios

nutricionales como el exceso y la deficiencia de calcio, respectivamente. En general, Juanjui presentó un rendimiento de grano de cacao superior a Lamas. Los tratamientos que combinaron la aplicación de HMA y fertilizante inorgánico registraron los mayores rendimientos, lo que sugiere una sinergia entre estos factores.

León et al., (2019) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y Agrosavia y el Centro de Investigación La Suiza, Rionegro, Santander en Colombia evaluaron las condiciones de fertilidad del suelo en 13 departamentos tomando 635 muestras durante 2011-2013, además se analizaron las condiciones químico-físicas del suelo (0-20 cm) en las principales zonas productoras, asignando el número de muestras según la producción regional. Se utilizó un modelo de regresión lineal, con el pH como variable dependiente y variables químicas y físicas del suelo como independientes. La textura del suelo varió entre 14% y 40% de arcilla, y 31% y 65% de arena. La densidad aparente osciló entre 1.07 y 1.28 Mg m⁻³, sin problemas de compactación. El pH nacional varió entre 3.9 y 7.9, correlacionándose negativamente con el contenido de Al +3 ($R^2 = 0.68$) y la saturación de Al ($R^2 = 0.80$). El P disponible no superó los 12 mg kg⁻¹ en el rango de pH sugerido para producciones sostenibles (>5.2-5.5). Con 4.0 cmolc kg⁻¹ de Ca y 60% de saturación de la CICE, se propone un mínimo de 6.0 cmolc kg⁻¹ para la CICE.

Huaraca et al., (2020) de la Universidad Peruana Unión realizaron una revisión bibliográfica sobre el uso de enmiendas orgánicas para inmovilizar cadmio (Cd) en suelos agrícolas contaminados. Señalan que el cadmio es una preocupación global debido a la industrialización y las prácticas agrícolas intensivas, siendo altamente tóxico y persistente en el suelo. La creciente conciencia pública ha impulsado el interés en técnicas ecológicas como la inmovilización in situ con enmiendas orgánicas. Concluyen que estas enmiendas pueden reducir la absorción de cadmio por las plantas y mejorar su inmovilización mediante adsorción, intercambio iónico, complejación y precipitación.

Puentes et al., (2014) de la Universidad Nacional de Colombia y Fedecacao evaluaron la eficiencia en el uso de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en cuatro variedades de cacao (TSH-565, ICS-39, ICS-95 y CCN-51) y su impacto en el rendimiento. Utilizaron un diseño experimental con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, incrementando los niveles de NPK en 25% (T1), 50% (T2), 75% (T3)

y 100% (T4) respecto al suelo natural (TR: control). Encontraron que la mayor eficiencia agronómica (EA) fue en el clon CCN-51 en T1 y en los otros clones en T2. La mayor eficiencia de recuperación (ER) de N y P fue en CCN-51 en T1, y de K en todos los clones en T2. Los rendimientos más altos se lograron con CCN-51 en T1 y los demás clones en T2. Los rendimientos más bajos fueron en TR y T4, sugiriendo que exceder los niveles óptimos de fertilización puede causar desequilibrios nutricionales.

Francisco-Santiago et al., (2023) del Colegio de Postgraduados y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, analizaron la fertilidad del suelo y el contenido de nutrientes en plantaciones de cacao en la Chontalpa, Tabasco. Utilizando imágenes satelitales, seleccionaron sitios de muestreo georreferenciados y tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades (0-10, 10-30 y 30-50 cm) para evaluar la fertilidad. También recolectaron muestras foliares para analizar macronutrientes. Los resultados mostraron que las plantaciones están en Vertisols, Cambisols y Fluvisols sin restricciones edáficas significativas. Sin embargo, se encontró una baja relación C/N (<12) y déficit de potasio, resultando en bajas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno y potasio en las hojas. Se concluye que la pérdida rápida de materia orgánica y el déficit de nitrógeno y potasio son las principales limitaciones para el cultivo de cacao en la Chontalpa.

Possú et al., (2022) de la Universidad de Nariño en Colombia estudió el impacto de la fertilización orgánica y mineral en el rendimiento de diferentes clones de cacao en un sistema agroforestal, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar. Los clones de cacao (CCL1, CCL2 y CCN51) se combinaron con diferentes regímenes de fertilización (química, orgánica, combinada y un grupo testigo sin fertilización). Evaluaron variables como el número y peso de mazorcas, número de granos, peso fresco y seco de los granos, y parámetros de calidad. El clon CCL2 con fertilización química mostró los rendimientos más altos, superando el promedio regional (1,5 vs. 0,3 toneladas). El análisis económico indicó que cada peso invertido en fertilizantes generaba un retorno de 4,7 pesos.

Carvajal et al., (2022) del Departamento de Agronomía de la Universidad Técnica de Manabí y la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí examinaron la eficacia de diferentes momentos y fuentes de aplicación foliar de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. Utilizaron tres fuentes foliares (sales, quelatos y aminoquelatos) y tres momentos

de aplicación (mañana, mediodía y tarde), además de un control con solo fertilización edáfica. El rendimiento de grano y los beneficios económicos netos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los aminoquelatos mostraron el mayor rendimiento de grano, con aumentos de 198, 289 y 440 kg respecto a quelatos, sales y control, respectivamente. Las aplicaciones por la mañana y tarde aumentaron el rendimiento un 20,46% y 20,06% en comparación con el control. El mayor beneficio económico neto se obtuvo con aminoquelatos aplicados por la mañana y tarde, con 442 y 418 USD ha⁻¹, respectivamente. En conclusión, la aplicación foliar de aminoquelatos de Ca, B y Zn es una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional.

Curo, (2023) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en Ayacucho Perú, reporta que, en Puerto Mayo, Pichari, a 556 msnm, se evaluó el rendimiento y la rentabilidad de clones de cacao CCN-51 y VRAE-99. El estudio utilizó cuatro abonos: FDA+KCl, FDA+KCl+GI, GI, y dolomita. Se aplicaron estos abonos en dos bloques por clon, con 3 repeticiones y un total de 24 unidades experimentales. Los resultados mostraron variaciones significativas en los rendimientos, número y peso de mazorcas por planta y hectárea, así como en los pesos de granos húmedo y seco. La rentabilidad económica, evaluada mediante VAN, TIR y B/C, destacó diferencias en los costos totales y el valor neto de producción entre los clones y tipos de abonos. Estos hallazgos ofrecen información valiosa sobre prácticas agronómicas eficientes para el cultivo de cacao.

Mero y Rodríguez, (2023) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí en Calceta, Ecuador., evaluaron algunos tratamientos fisionutricionales en el rendimiento del cacao fino de aroma. Realizado de febrero de 2022 a febrero de 2023 en La Vainilla, Canuto, Manabí, comparó cinco tratamientos: enmiendas orgánico-minerales (T1), enmiendas orgánico-minerales + bioestimulante edáfico (T2), enmiendas orgánico-minerales + bioestimulante edáfico y foliar (T3), fertilización química (T4) y control (T5). Con un diseño de bloques al azar, T3 y T4 mostraron los mayores rendimientos (1,792 y 1,935 kg/ha, respectivamente) y beneficios netos (2,570 y 2,270 USD/ha, respectivamente). Aunque la fertilización orgánica no igualó la química, el precio del cacao orgánico compensó económicamente el menor rendimiento, sugiriendo viabilidad para la producción de cacao certificado.

Alvarado, (2022) evaluó en la zona agrícola de Milagro, Guayas, entre enero y mayo de 2022, el impacto del estiércol vacuno como fuente nutricional en el cultivo de cacao. Se aplicaron diferentes dosis de estiércol vacuno (20 kg, 30 kg, 40 kg) y se incluyó un grupo de control sin tratamiento. Se utilizó un diseño experimental duplicado en cuadro latino con 32 unidades experimentales. Se evaluaron variables como número de mazorcas, longitud, peso de 100 semillas, rendimiento y análisis beneficio-coste. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos, destacando el tratamiento con 40 kg de estiércol vacuno como el más favorable en todas las variables estudiadas. Se concluyó que el uso de estiércol vacuno es una alternativa orgánica rentable para el cultivo de cacao.

León et al., (2019) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y el Centro de Investigación La Suiza, Rionegro, Santander en Colombia, informan que la mayoría de las plantaciones de cacao enfrentan limitaciones edafoclimáticas por lo que evaluaron las condiciones del suelo en 13 departamentos, tomando 635 muestras entre 2011 y 2013. Se analizaron las propiedades químicas y físicas del suelo (0-20 cm) en las principales zonas productoras, utilizando un modelo de regresión lineal con el pH como variable dependiente y otras variables como independientes. La textura varió entre 14% y 40% de arcilla y 31% y 65% de arena. La densidad aparente fluctuó entre 1.07 y 1.28 Mg m⁻³, sin problemas de compactación. A nivel nacional, el pH osciló entre 3.9 y 7.9, correlacionándose negativamente con el contenido de Al +3 ($R^2 = 0.68$) y la saturación de Al ($R^2 = 0.80$). Se propone una CICE mínima de 6.0 cmolc kg⁻¹, basada en 4.0 cmolc kg⁻¹ de Ca y un 60% de saturación de la CICE.

Mendez, (2020) de la Universidad Agraria del Ecuador, atribuye ineficiente gestión nutricional y de fertilización a los bajos rendimientos en la producción cacaotera por lo que evaluó el impacto de tres dosis de un fertilizante foliar, llamado Complefol, en la productividad del cacao, utilizando una plantación de CCN-51 de ocho años. Se seleccionaron 32 plantas bajo un diseño de cuadro latino con dos repeticiones, definiendo tres dosis (1.5 L/ha - T1, 2.0 L/ha - T2 y 2.5 L/ha - T3) y un testigo sin aplicación (T4). Se evaluaron parámetros como fecundación, número de frutos, longitud y diámetro de la mazorca, peso de 100 granos y rendimiento (kg/ha). Los resultados, analizados estadísticamente, mostraron mejoras significativas en todas las variables, destacando un rendimiento medio de 3332 kg/ha/año en el tratamiento 3, en comparación con 3227 kg/ha/año en las plantas de control.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Cultivo de cacao en Ecuador

El cacao tiene un origen milenario en Ecuador, donde ha sido cultivado y apreciado por las culturas precolombinas desde tiempos ancestrales. Se cree que el cacao tuvo su domesticación en la región amazónica ecuatoriana, particularmente en la cuenca del río Napo y en la zona conocida como la región de la costa ecuatoriana (Abad A., Acuña C., 2020).

Los pueblos indígenas como los Tsáchilas, los Huancavilcas, los Chachis, los Shuaras, los Cofanes y los Huamboyas, entre otros, tenían un profundo conocimiento sobre el cultivo y el uso del cacao en sus rituales religiosos, festividades y como moneda de intercambio (Andrade et al., (2019).

Los antiguos habitantes de las zonas rurales cosechaban y consumían el cacao en diversas formas, desde la preparación de bebidas ceremoniales hasta la producción de alimentos a base de cacao. Además, el cacao era valorado por sus propiedades medicinales y como símbolo de estatus social (Vargas y Vite, 2020).

Con la llegada de los españoles en el siglo XVI, el cacao ecuatoriano comenzó a ser reconocido y apreciado en Europa, donde rápidamente adquirió fama por su calidad y sabor. Ecuador se convirtió en uno de los principales productores de cacao a nivel mundial, especialmente conocido por su variedad de cacao fino de aroma, que es altamente valorado en el mercado internacional (Ibarra Alex, 2019).

El cacao es uno de los productos agrícolas más importantes de Ecuador, con regiones como la provincia de Manabí, la provincia de Los Ríos y la provincia de Guayas destacándose como principales zonas productoras. El cacao ecuatoriano es reconocido por su calidad premium y su contribución al mercado global de chocolates de alta calidad (Parada Oscar., 2021).

El cacao es una planta de larga vida, que tiene un conjunto de 20 cromosomas y su proceso de polinización es cruzado, es decir, necesita de la intervención de agentes externos (alogama). Su reproducción puede llevarse a cabo de dos formas: sexual, a través de la producción de semillas, o asexual, mediante la propagación de ramas. El crecimiento y rendimiento del cacao están estrechamente ligados a las condiciones ambientales del lugar donde se cultiva. Por lo tanto, los factores climáticos ejercen una influencia significativa en la producción de la plantación, siendo esenciales para el cultivo las condiciones térmicas, de humedad y luminosidad óptimas. La época de floración, brotación y cosecha del cacao se

encuentra regulada por el clima predominante en la región. Dada la importancia de estos factores, resulta crucial implementar calendarios agroclimáticos que permitan un desarrollo óptimo del cultivo (El Salous, A., Martillo García, J., Gómez Vargas & Martínez Alcivar, 2020).

Se menciona que los Estados Unidos representan más del 35% del consumo de cacao de Ecuador, siendo el principal comprador de este producto. Por otro lado, Holanda es conocida por su industrialización del cacao y consume aproximadamente el 14% del cacao ecuatoriano. Italia, otro país europeo importante, también comercializa una amplia variedad de chocolate negro elaborado con cacao ecuatoriano, lo que añade valor a los productos debido al prestigio internacional del sector cacaotero del país (Ureta Zambrano Maritza, Mera Macías Rosario, Franco Faría de Sousa Susana, 2023).

En Ecuador, la superficie cultivada con cacao se distribuye en 18 provincias, con mayor concentración en provincias como Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro. En los últimos años, ha habido un aumento significativo en la superficie sembrada en provincias como Orellana y Sucumbíos, alcanzando al menos 14.000 hectáreas de cacao, siendo el 75% de tipo Nacional. Se prevé que esta zona se convierta en uno de los principales proveedores de cacao para la exportación en dos o tres años. El mercado internacional es el principal destino de aproximadamente el 88% de la producción total de cacao ecuatoriano, ya sea en forma de cacao en grano o en productos elaborados y semielaborados (García et al., 2019).

En Ecuador, junto con otros países como Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria y Camerún, se destaca como uno de los principales productores de cacao fino de aroma a nivel mundial. Sin embargo, lo que diferencia a Ecuador de otros países es la variedad de cacao que cultiva, incluyendo el Cacao CCN-51 (un cacao clonado de origen ecuatoriano) y el Cacao Nacional Arriba, también conocido como "Cacao Arriba". En cuanto al Cacao (*Theobroma cacao* L.) Arriba, es nativo de las regiones selváticas de América tropical, desde Perú hasta México, creciendo en áreas cercanas a Sudamérica y la cuenca amazónica, a altitudes de hasta 1200 metros sobre el nivel del mar. Este tipo de cacao, también considerado como un Cacao Fino de Aroma, posee cualidades físicas y organolépticas que lo hacen apto para la exportación a nivel mundial (Espinoza D., 2021).

1.2.2 Nutrición vegetal y fertilización del cacao

Herrera et al., (2022) manifiestan que en el análisis de la interacción de N, P y K sobre características del suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la Amazonía ecuatoriana la aplicación parcelada de fertilizantes primarios tuvo como consecuencia la acidificación del suelo. Las interacciones entre los elementos aplicados afectaron el contenido de nutrientes en el suelo, resultando en aumentos de fósforo y potasio, y disminuciones de calcio y magnesio. La aplicación de nitrógeno no tuvo impacto en la tasa de crecimiento ni en el área foliar de los brotes. La fertilización no influyó en el crecimiento de los frutos. Las interacciones entre los nutrientes aplicados aumentaron significativamente la materia seca y la fibra de los brotes, pero no tuvieron efectos sobre el contenido de proteína, grasa y ceniza de las almendras de cacao.

Palma et al., (2022) explica que la aplicación de fertilizantes foliares complementa la fertilización aplicada al suelo (edáfica) para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos en condiciones específicas, cuando la planta requiere nutrientes adicionales y el suministro del suelo no es suficiente.

En efecto en un estudio de fertilización foliar complementaria para mejorar el rendimiento, sanidad y rentabilidad del cacao en agroecosistemas de secano encontraron que los tratamientos foliares con macro y micronutrientes, así como bioestimulantes derivados de fitorreguladores y aminoácidos, junto con tierra de diatomeas, demostraron ser efectivos para mejorar el rendimiento del cacao nacional cultivado en condiciones de secano. Especialmente, aquellos tratamientos que incluyen tierra de diatomeas han mostrado beneficios en cuanto al estado sanitario del cacao y una alternativa tecnológica fácilmente adoptable, y con una rentabilidad económica que supera el 70% en comparación con la fertilización tradicional en sistemas de secano ((Palma, Bravo H., Cedeño García G., Castro Olaya J., 2022).

De acuerdo con Vera et al., (2023) la producción eficiente de cacao está estrechamente relacionada con el equilibrio de macro y micronutrientes en el suelo, lo que influye en la respuesta fisiológica y el rendimiento de la planta. Ajustar y evaluar los niveles de nutrientes de acuerdo con las características específicas de cada región resulta fundamental para mejorar el cultivo y su productividad.

Los mismos autores Vera et al, (2023) señalan que, en diferentes países, se emplean fertilizantes que contienen silicio con el fin de mejorar la sostenibilidad y la producción agrícola. El ácido monosilícico, una forma asimilable de silicio, se

traslada hacia las partes jóvenes de la planta debido a la transpiración, donde se forma sílice coloidal y, posteriormente, sílice gel con mayor concentración. A diferencia de otros elementos, el exceso de silicio no suele generar problemas significativos. Por otro lado, el calcio (Ca), uno de los tres nutrientes secundarios junto con el magnesio (Mg) y el azufre (S), es esencial para el crecimiento vigoroso de las plantas. El calcio desempeña un papel crucial en la cohesión de las paredes celulares, y su deficiencia puede ocasionar el desarrollo anormal de tejidos nuevos, como las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y los brotes, debido a la formación inadecuada de las paredes celulares. Además, el calcio actúa como activador de enzimas específicas y como mensajero en la coordinación de diversas funciones celulares.

A pesar de lo dicho, otros autores como Calle y Miranda, (2021) resaltan que la presencia de nitrógeno no es crucial para la calidad del suelo destinado al cultivo de cacao, pero este nutriente está estrechamente vinculado a la materia orgánica, la cual se encuentra principalmente en los primeros 10 centímetros de profundidad del suelo. Cuando se prepara el suelo para la agricultura, se pueden acelerar los procesos de descomposición de los residuos orgánicos o de la cobertura vegetal, lo que podría provocar una rápida disminución de este nutriente.

Los autores Caro y Cerón, (2022) explican que el Nitrógeno (N) es esencial para el crecimiento vegetativo y la formación de nuevas hojas y brotes. El Fósforo (P) es importante para el desarrollo de raíces fuertes, la floración y la formación de frutos. El Potasio (K) es necesario para regular la apertura y cierre de estomas, así como para mejorar la resistencia a enfermedades y la calidad de los frutos. Por su parte el Calcio (Ca) es crucial para la formación de paredes celulares y la estructura de los tejidos vegetales. El Magnesio (Mg) es importante para la síntesis de clorofila y la fotosíntesis, así como para el metabolismo de carbohidratos. Azufre (S): Esencial para la formación de proteínas y la síntesis de aminoácidos. Además de estos macronutrientes, el cacao también requiere de micronutrientes como hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B), en cantidades menores, pero igualmente importantes para funciones específicas en la planta.

Hu et al., (2023), analiza los principales elementos que determinan la eficiencia de los fertilizantes foliares y de los agentes quelatados en la nutrición vegetal. Destaca que, aunque las plantas absorben la mayoría de los nutrientes por las raíces, la aplicación foliar y el uso de abonos quelatados son estrategias eficaces

para corregir deficiencias nutricionales, especialmente de micronutrientes como Zn, Fe, B y Ca. Los agentes quelantes (como los basados en sorbitol o aminoácidos) mejoran la absorción y translocación de nutrientes a través de la hoja, aumentando la eficiencia de uso y el rendimiento. La información resalta que las propiedades fisicoquímicas del quelato, la estructura de la superficie foliar (cutícula, estomas, tricomas) y las condiciones ambientales influyen directamente en la eficacia del fertilizante. Para cultivos como el cacao, este enfoque es relevante porque la combinación de fertilización edáfica y aplicación de abonos quelatados puede optimizar la disponibilidad de micronutrientes en suelos tropicales frecuentemente ácidos o lixiviados, mejorando el crecimiento, la fotosíntesis y la calidad del grano. El trabajo concluye que comprender los mecanismos de absorción y movilidad de los nutrientes foliares es clave para formular programas de fertilización más sostenibles y eficientes en sistemas agrícolas como el del cacao.

1.2.3 Abonos edáficos

Según Rojas et al., (2021) tradicionalmente, la evaluación de diferentes esquemas de fertilización en el cacao ha estado enfocada principalmente en la producción y calidad de los frutos, dado su valor económico para el cultivo. Sin embargo, en el contexto de la sostenibilidad ambiental, resulta relevante investigar el impacto de la fertilización no solo en la producción de frutos, sino también en la cantidad y calidad de la biomasa que el cultivo aporta a través de la hojarasca. La caída y descomposición de la hojarasca son procesos importantes para la transferencia de nutrientes de las plantas al suelo, mediante el reciclaje de nutrientes.

La deficiencia de zinc en los suelos agrícolas constituye un problema global que limita la productividad de los agroecosistemas. El maíz (*Zea mays* L.), por su alta susceptibilidad a esta carencia, presenta una respuesta variable y en ocasiones limitada a la fertilización con zinc, lo que ha generado resultados contradictorios en la literatura científica. Un metaanálisis reciente realizado por Mutambu et al., (2023) investigadores del Departamento de Ciencias y Educación Ambiental de la Universidad Kenyatta, el grupo Alianza Internacional de la Biodiversidad y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) junto al Centro Internacional de Fisiología y Ecología de Insectos (ICIPE) de Kenia, integró la evidencia disponible sobre la respuesta del maíz a la aplicación de zinc, considerando estudios revisados por pares obtenidos en Web of Science y Google Scholar. El análisis,

realizado con el paquete Metafor en R, evidenció alta heterogeneidad entre estudios y presencia de sesgo de publicación. En promedio, la fertilización con zinc incrementó el rendimiento del grano en un 17 % y la concentración de zinc en un 25 %, equivalentes a 1 t ha^{-1} y $7,19 \text{ mg kg}^{-1}$ adicionales, respectivamente. No obstante, las concentraciones medias de zinc en el grano permanecen por debajo del nivel recomendado de 38 mg kg^{-1} , insuficiente para contribuir significativamente a la reducción de la deficiencia de zinc en la dieta humana. En este sentido, se proponen innovaciones como el uso de óxido de zinc nanoparticulado, aplicaciones foliares, fertilización de precisión y microdosificación, estrategias que requieren mayor investigación para su validación en la biofortificación agronómica del maíz con zinc.

Vera, et al., (2023) señalan que la eficiencia en la producción de cacao está estrechamente relacionada con el equilibrio de macro y micronutrientes presentes en el suelo, los cuales influyen en la respuesta fisiológica y el rendimiento de las plantas. Es fundamental evaluar y ajustar los niveles de nutrientes de acuerdo a las características específicas de cada región para optimizar el cultivo y su producción. En diferentes países, se emplean fertilizantes a base de silicio como una estrategia para mejorar la sostenibilidad y productividad agrícola.

El ácido monosilícico, una forma asimilable de silicio se moviliza hacia las partes jóvenes de la planta, contribuyendo a la formación de sílice coloidal y silicagel con mayor concentración ((Vera Ch. F. et al., 2023).

Jadhav et al., (2024) informaron que la integración de fertilización edáfica con aplicaciones foliares de micronutrientes optimiza el crecimiento y la productividad del maíz dependiendo de las condiciones del entorno donde se desarrolla el cultivo.

González et al., (2020) manifiestan que, a diferencia de otros elementos, el exceso de silicio no suele causar problemas significativos. El calcio (Ca), junto con el magnesio (Mg) y el azufre (S), es uno de los tres nutrientes secundarios necesarios para el vigoroso crecimiento de las plantas. El calcio desempeña un papel crucial en la cohesión de las paredes celulares, y su deficiencia puede ocasionar deformidades en el desarrollo de tejidos nuevos, como puntas de raíces, hojas jóvenes y brotes, debido a la formación inadecuada de las paredes celulares. Además, el calcio actúa como activador de enzimas específicas y como mensajero en la coordinación de diversas funciones celulares.

1.2.4 Quelatos y su función en la agricultura

Quelato: Es un compuesto químico en el que una molécula de naturaleza inorgánica (ligando) rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico (nutriente), de manera que lo protege de cualquier acción exterior, evitando la hidrólisis y precipitación. Los fertilizantes elaborados a base de este tipo de tecnología se conocen como fertilizantes quelados y se utilizan principalmente para aplicaciones foliares, aunque también se pueden aplicar al suelo (AGROCALIDAD, 2020).

(Bazán, Rodríguez y Bazán W., 2022) indican que los quelatos son moléculas orgánicas que se unen a los micronutrientes en el suelo, como el hierro, zinc o manganeso, formando complejos quelato-metal que son fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas. Esta capacidad de quelación aumenta la eficiencia de la absorción de nutrientes y mejora el rendimiento de los cultivos.

Para el caso de los quelatos sintéticos, como lo señalan (Peñate et al., 2019) la importancia de que posean una alta estabilidad para ser eficientes al ser aplicados al suelo, ya que de lo contrario podrían ser fácilmente lixiviados. Se ha observado que la baja eficacia de los quelatos a veces requiere dosis elevadas para obtener resultados aceptables. Por ejemplo, en el cultivo de olivo, se han observado mejoras sustanciales en la nutrición con dosis altas aplicadas durante un período prolongado. Otros estudios también han mostrado que dosis altas de quelatos aplicadas al suelo pueden aumentar las concentraciones de elementos como el hierro en las hojas de durazno. La frecuencia de aplicación también puede influir en la eficacia de los quelatos, ya que se han encontrado diferencias significativas en el crecimiento de ciertos cultivos al aplicar quelatos de manera frecuente. Es importante considerar la sincronización entre las necesidades del cultivo y la aplicación de quelatos para minimizar la baja eficacia. A pesar de que algunos estudios han demostrado la efectividad de los quelatos en condiciones controladas, su eficiencia en el campo no siempre muestra consistencia sólida para su uso. Por ejemplo, aplicaciones foliares de quelatos de zinc no han mostrado diferencias en variables vegetativas y productivas de nogal pecanero, y no han corregido la clorosis de hierro en naranjo Valencia.

1.2.5 Interacción suelo-planta

Herrera et al., (2022) revelan que en el análisis del contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el suelo en el cultivo de cacao no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al nitrógeno, posiblemente debido al contenido inicial significativo de este elemento en el suelo antes de la aplicación de los tratamientos bajo estudio.

De acuerdo con Herrera, et al., (2022), esto puede atribuirse a la alta movilidad del nitrógeno en el suelo, como lo han indicado estudios anteriores donde las concentraciones de nitrógeno en el suelo han variado notablemente en períodos cortos de tiempo. Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en el contenido de fósforo, destacando que el aumento solo se observó en los tratamientos donde se agregó este elemento al suelo. Este hallazgo sugiere la presencia de un contenido considerable de fósforo en el suelo, a pesar de que una parte del fósforo aplicado posiblemente se haya fijado en fracciones que podrían estar menos disponibles para las plantas.

Prieto, (2024) informa que la interacción suelo-planta en la agricultura es la relación dinámica entre los componentes del suelo y las plantas cultivadas. Este proceso implica la absorción de nutrientes y agua por parte de las raíces de las plantas, así como la influencia del suelo en el crecimiento, desarrollo y salud de los cultivos. El suelo proporciona soporte físico para las raíces, así como nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. A su vez, las plantas pueden modificar las propiedades del suelo a través de la liberación de exudados radiculares y la actividad microbiológica, creando un ambiente propicio para su propio desarrollo. Con este enfoque, el autor relata que los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) ofrecen un servicio ecosistémico crucial en el suelo al mantener la productividad sin comprometer sus propiedades físicas y al reducir la presencia de contaminantes y patógenos.

Esto es fundamental para que el suelo pueda cumplir su función de sustentar la producción biológica y preservar la calidad ambiental. Las condiciones edáficas del lugar, como el pH, la humedad y la distribución de la flora y fauna, pueden ser extremas, lo que resalta la importancia de los HMA. Su uso en la agricultura es ampliamente aceptado debido al papel significativo que desempeñan en la mejora de la calidad del suelo. Por ejemplo, la secreción de glomalina por parte de las hifas fúngicas micorrízicas incrementa la estabilidad del suelo y mejora su capacidad de retención de agua, reduciendo así el riesgo de erosión (Prieto, 2024).

1.3 Marco legal

SECCIÓN V. REGISTRO DE FERTILIZANTES, ENMIENDAS DE SUELO Y PRODUCTOS AFINES DE USO AGRÍCOLA

5.1. ASPECTOS GENERALES PARA EL REGISTRO DE PRODUCTOS

a. Para comercializar F.ES.PAUA y materias primas, las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, deben cumplir con el proceso de registro. Se exceptúa del registro a las materias primas que se utilizan de forma directa en el proceso de elaboración de un producto fabricado y/o formulado de un F.ES.PAUA. b. No se registrarán productos con similares nombres comerciales, a excepción de aquellos productos que por tradición se los comercializa con el nombre del compuesto químico, nombre genérico, formulación tradicional o sus sinónimos. c. Se prohíbe el uso de los siguientes términos en los nombres comerciales y contenido en la etiqueta: “sumamente eficaz”, “tratamiento excelente”, “excelente”, “superior”, “súper”, “incomparable”, “híper”, “mega” y “eco”; así como aquellos términos que insinúen propiedades ecológicas, no tóxicas y/o de inocuidad. d. No se registrarán nombres comerciales que puedan causar confusión gramatical y/o fonética con otros productos alimenticios a excepción de los nombres que hagan mención al cultivo al cual se va a aplicar el producto. e. No se registrarán nombres comerciales que puedan causar confusión gramatical y/o fonética con otros productos previamente registrados como plaguicidas, fertilizantes, enmiendas de suelo o afines de uso agrícola. f. El cambio de nombre comercial del producto que esté en proceso de registro se podrá realizar antes de emitir el certificado de registro y por una sola vez, previo al análisis y en cumplimiento de la Normativa vigente. Para ello, el titular del registro debe ingresar una solicitud con la debida sustentación. g. El cambio de nombre comercial de un producto registrado se realizará inmediatamente cuando la Agencia encuentre inconsistencias entre dos registros vigentes, siempre y cuando las partes implicadas estén de acuerdo con dicho cambio. En caso de que existiera conflicto entre las partes implicadas, será necesaria la emisión de un mandato judicial para proceder con el cambio. h. No se registrarán productos cuyo nombre haga alusión a componentes o funciones que el producto no posea, independientemente de que dicho nombre cuente con el registro de marca otorgado por la autoridad en materia de propiedad intelectual. i. Se tomará en cuenta las consideraciones de cálculo de tolerancias establecida en la Norma NTE INEN 211 vigente, únicamente para los parámetros contemplados en la misma. j. Para parámetros no contemplados en la NTE INEN 211 Fertilizantes y abonos: Tolerancias vigente se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo de su tolerancia: 1. La diferencia entre el valor mínimo y máximo del rango de la tolerancia no debe ser mayor al 20% del promedio de ese rango. Por ejemplo, si el promedio es 25%, el rango que se puede utilizar es 22.5 – 27.5%. 2. Se deberá declarar en la etiqueta el valor fijo promedio del rango de la tolerancia establecida. k. La composición de un producto deberá ser expresada únicamente en valores fijos, es decir, no se aceptarán rangos. l. Pueden presentar los documentos habilitantes emitidos por el intermediario (trader o trading, haciendo las veces de fabricante) y país de origen con el que el titular del registro mantiene una relación comercial directa para el registro de las materias primas o fertilizantes genéricos mencionados en el literal anterior. Esta excepción se realiza por la dinámica

comercial global de fertilizantes. m. Los productos que cuenten con código de la Agencia emitido bajo normativas anteriores (000-F-AGR) y cuyo certificado continúe vigente y previo a culminar su tiempo de vigencia, tienen hasta la caducidad de su certificado para obtener su registro de producto. En este caso, el producto puede conservar el número de registro anterior siempre y cuando no se haya alterado la composición y función con la que fue registrado. n. Los productos que cuenten con código de la Agencia emitido bajo normativas anteriores (000-F-AGR) y cuyo certificado haya caducado, deberán iniciar inmediatamente el trámite correspondiente para la obtención de registro de su producto. El producto no podrá conservar su número de registro anterior, debiendo adaptarse al nuevo número de registro determinado por normativa vigente. o. No se permitirá declarar dentro del expediente de registro de un producto fertilizante, enmienda de suelo o producto afín de uso agrícola, propiedades o características de tipo plaguicida, en caso de ser un plaguicida debe sujetarse a la normativa aplicable para ese tipo de productos. p. El registro de un producto matriz debe mantener un solo nombre comercial a través del cual se podrá registrar el mismo producto con diferente nombre comercial (CLON), para lo cual debe cumplir con los requisitos de la Sección XV, del presente manual. q. Las mezclas especiales o formulaciones específicas no pasarán por un proceso de registro. En ningún caso estas mezclas se comercializarán en almacenes de expendio, sino de forma directa por el fabricante o formulador al cliente. Las etiquetas deben incluir las leyendas “MEZCLA ESPECIAL” y “PROHIBIDA SU VENTA EN ALMACENES DE EXPENDIO”. El operador que realice la actividad de mezclas especiales debe estar registrado ante la Agencia como fabricante y/o formulador. r. No se registrarán F.ES.PAUA cuya finalidad sea la de consumo propio dentro de su lugar de fabricación. s. El cambio en la composición de un producto se considerará como un registro nuevo. t. Los productos que aporten nutrientes deben declararse de acuerdo con las especificaciones de la Tabla 1 de la Sección IV, numeral 4.2; establecidos en el presente manual, los demás productos deberán declarar el nombre del compuesto químico del parámetro funcional del producto. u. Se podrá expresar el pH de un producto en rangos, siempre y cuando este no fluctúe de ácido a básico. v. Para el registro de un producto bajo dos categorías (ejemplo: fertilizante inorgánico + bioestimulante), se deberá cumplir con los requisitos específicos establecidos en las tablas respectivas para cada tipo de producto. w. Todos los F-ES-PAUA, que se comercialicen en el país y que requieran colocar en la etiqueta la frase: “Permitido para la Producción Orgánica”; o hacer referencia a que pueden ser usados en la producción orgánica, ecológica, biológica, deberán cumplir con el procedimiento vigente para la evaluación de insumos permitidos para la producción orgánica, posterior al registro del producto. x. No se permitirá el registro de productos que presenten características o propiedades carcinogénicas, teratogénicas y/o mutagénicas debidamente comprobadas. y. Se deberá declarar en el certificado de composición, en el dossier, en la hoja de seguridad y en la etiqueta, los aditivos de importancia toxicológica y ecotoxicológica que formen parte de la composición del producto, colocando los pictogramas y advertencias correspondientes (AGROCALIDAD, 2020).

CAPÍTULO I: ÁMBITO DE OPERACIÓN

Art. 1 Las disposiciones contenidas en la presente Resolución son aplicables a los procesos relacionados en la producción en grano donde se cultiva el cacao, la infraestructura, las instalaciones, los equipos, los insumos agrícolas, el agua, y el personal sometido a las regulaciones de esta Resolución. También aplica a los comercializadores, bodegas y centros de acopio, viveros y transportistas.

CAPÍTULO II: DEFINICIONES

Art. 2 Para efectos de la presente Resolución se entenderá por:

Abono orgánico: sustancias derivadas de residuos animales o vegetales que, después de un proceso de descomposición, aportan elementos y nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas y contribuyen al mejoramiento del suelo.

Agua corriente: agua sin ningún tratamiento previo, como la proveniente de vertientes, ríos o pozos profundos.

Agua para riego: agua libre de metales e impurezas contaminantes, utilizada mediante métodos artificiales para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Análisis del riesgo de plagas: proceso de evaluación de evidencias biológicas u otras evidencias científicas y económicas para determinar si un organismo es considerado una plaga, incluyendo el análisis de riesgos ambientales y organismos modificados genéticamente, necesario para la aplicación de medidas fitosanitarias.

Aguas residuales: aguas provenientes de desagües domésticos e industriales.

BPA (Buenas Prácticas Agrícolas): conjunto de acciones dirigidas a garantizar la seguridad del producto, la protección del medio ambiente y del personal que labora en la explotación agrícola, durante la producción, procesamiento y transporte de productos agrícolas.

Brote: retoño de la yema que origina una nueva planta, hoja o flor.

Brotes Ortotrópicos: brotes que crecen verticalmente e incluyen el tallo principal y los chupones.

Brotes Plageotrópicos: brotes que crecen horizontalmente e incluyen las ramas primarias, secundarias y terciarias.

Cacao fresco: semilla del fruto del árbol de cacao (*Theobroma cacao*) recién cosechado.

Cacao en grano: grano entero, fermentado, seco y limpio.

Cambium: capa de células meristemáticas ubicada entre la corteza y la parte interna de las plantas, responsable de la formación de nuevas células.

Calidad del material vegetativo: término que abarca aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios de las plantas, relacionados con su apariencia, vigor, germinación y ausencia de enfermedades transmitidas por semillas o yemas.

Calidad fitosanitaria: condición sanitaria de un material vegetal en relación con los niveles de tolerancia establecidos.

Certificación: procedimiento mediante el cual un organismo garantiza por escrito que un producto, proceso o servicio cumple con los requisitos especificados.

Chupón: brote ortotrópico de la planta de cacao.

Clones de cacao: grupos de plantas reproducidas vegetativamente, originadas de un solo árbol con rendimiento destacado, que comparten características físicas y productivas similares.

Comisión del *Codex Alimentarius*: organismo intergubernamental encargado de proponer normas, códigos de práctica, directrices y recomendaciones alimentarias para proteger la salud de los consumidores y facilitar el comercio internacional de alimentos.

Contaminante: elemento o sustancia no añadida intencionalmente al alimento, presente como resultado de la producción, fabricación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento, o como resultado de la contaminación ambiental.

Contaminación: presencia de un contaminante en los alimentos o en el medio ambiente alimentario, ya sea físico, químico o biológico.

Contaminación cruzada: introducción no intencionada de agentes biológicos, químicos o físicos, u otras sustancias, en los alimentos, a través de corrientes de aire, traslados de materiales o circulación de personal, que puedan comprometer su inocuidad.

Control de plagas: regulación de la presencia de una población de plagas mediante procesos técnicos, culturales y biológicos para mantenerla por debajo del umbral económico.

Cuarentena: acción de aislar vegetales, personas o animales durante un período para prevenir la introducción, establecimiento y diseminación de plagas.

Cultivos de secano: cultivos desarrollados en regiones con precipitación anual inferior a 500 mm, que requieren técnicas específicas para el uso eficiente del agua.

Desinfección: reducción del número de microorganismos presentes en el ambiente mediante agentes químicos o métodos físicos, sin comprometer la inocuidad de los alimentos.

Descope: reducción de la altura de un árbol para promover la renovación de su copa.

Despunte: corte del extremo de las ramas para controlar el crecimiento excesivo de un árbol.

Desyerbar: eliminación manual o con herbicidas de las malas hierbas en los cultivos.

Embalaje: material utilizado para proteger los envases o productos durante su almacenamiento y transporte.

Esterilización del suelo: eliminación completa de toda forma de vida microbiana de objetos inanimados mediante métodos físicos, químicos o gaseosos.

Estiaje: nivel más bajo del caudal de un río en ciertas épocas del año debido a la sequía.

Estiba: disposición de productos en un contenedor o medio de transporte de acuerdo con su naturaleza y embalaje.

Fermentación: proceso bioquímico que ocurre en el grano de cacao para desarrollar sabores y aromas característicos, controlado para evitar la muerte de levaduras y enzimas.

Fertilizante: sustancia natural o sintética que aporta nutrientes al suelo para enriquecerlo y mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Higiene de los alimentos: conjunto de condiciones y medidas para garantizar la inocuidad y aptitud de los alimentos en todas las etapas de la cadena

Inspección: Es el acto de examinar visualmente plantas, productos vegetales, artículos regulados y sus productos de forma oficial para determinar la presencia de plagas o verificar el cumplimiento de las regulaciones fitosanitarias.

Inocuidad: Se refiere a la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso al que están destinados.

Injertar: Consiste en poner en contacto el cambium de un patrón y una yema o vareta deseable cuyas características queremos reproducir.

Instalación: Se refiere a cualquier edificio o área donde se manipulan alimentos, y sus alrededores, que están bajo el control de una misma dirección.

Intercambio Catiónico: Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, debido a su contenido de arcillas y materia orgánica. Las arcillas tienen carga negativa, por lo que los suelos con mayor concentración de arcillas exhiben una mayor capacidad de intercambio catiónico.

Jardín clonal: Es un área donde se cultivan clones seleccionados y plenamente identificados para obtener material de propagación vegetativa. Este material debe estar registrado y certificado por el organismo competente.

Limpieza: Consiste en la eliminación de tierra, residuos, suciedad, grasa u otras materias no deseadas.

LMR: Son los Límites Máximos de Residuos, que representan la concentración máxima permitida de residuos de plaguicidas (expresados en $\mu\text{g/Kg}$) en la superficie o parte interna de los productos alimenticios para consumo humano, de acuerdo con la legislación.

Malezas: Son plantas no deseadas que crecen junto con las plantas cultivadas, interfiriendo en su desarrollo normal y siendo una de las principales causas de la disminución de rendimientos de los cultivos.

Marquesinas: Son estructuras de cubierta o tejado que se utilizan para el secado y protección del grano de las condiciones climáticas adversas.

Material de propagación: Se refiere a cualquier órgano vegetal y sus partes (semillas, yemas, etc.) que se destinan a la multiplicación de vegetales.

Medidas fitosanitarias: Son todas las legislaciones, regulaciones o procedimientos oficiales que tienen el propósito de prevenir la introducción o dispersión de plagas o enfermedades, o que puedan facilitar su erradicación o control.

Metales pesados: Grupo de elementos químicos con una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano, como el cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc, entre otros.

Microorganismo: Se refiere a un protozoo, hongo, bacteria, virus u otra entidad biótica microscópica.

MIP: Manejo Integrado de Plagas, que consiste en todas las decisiones tomadas para controlar las plagas que afectan un cultivo, respetando el medio ambiente e integrando prácticas culturales, biológicas y químicas.

Molinillo: Es el primer piso de ramas plageotrópicas que se originan en un tallo proveniente de semillas.

Pallet: Es una plataforma que facilita la movilización de la carga.

Patrones: Parte de la planta que soporta el injerto y otorga a la nueva planta la raíz y un corto tronco. Los patrones deben provenir de semillas sexuales de árboles con buen vigor, precocidad y tolerancia a enfermedades radiculares.

Peligro: Se refiere a un agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o la condición en que este se encuentra, que puede causar efectos adversos para la salud.

Plaga: Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal, o agente patógeno, que sea dañino para las plantas o productos vegetales.

Plaguicida: Cualquier sustancia o mezcla destinada a matar, repeler, atraer, regular, interrumpir o controlar plagas, plantas no deseadas o animales que causen perjuicio o interfieran en la producción, almacenamiento o comercialización de alimentos, productos agrícolas y madera.

Poda: Consiste en la supresión de cualquier parte de la planta (área foliar) con el fin de obtener un resultado determinado relacionado con la fitosanidad, estética o productividad de la planta.

Propagación clonal: Es la fijación de las características de un árbol superior mediante diferentes métodos de propagación vegetativa para la reproducción masiva de plantas.

Rastreabilidad/Trazabilidad: Es la capacidad de rastrear o identificar el origen de un producto desde el final hasta el inicio de la cadena de producción.

Sistema de Rastreabilidad: Es el conjunto de datos y operaciones que permite mantener información acerca de un producto y sus componentes a lo largo de toda la cadena de producción y uso.

Rozas: Consiste en la eliminación manual o con machete de malezas desde la parte baja de la planta.

Registro: Proceso mediante el cual la autoridad competente aprueba la fabricación, formulación, experimentación, fraccionamiento, comercialización y utilización de un producto. También se refiere a cualquier documento en el que se apunten notas o datos para dejar constancia de lo realizado.

Residuos: Cualquier sustancia presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como resultado del uso de plaguicidas.

Retoño: Se refiere a un vástago o tallo que echa de nuevo la planta.

Riesgo: Es la probabilidad de que ocurra un evento nocivo para la salud.

Semillas: Cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto y contienen el embrión de una nueva planta.

Tasa Fotosintética: Se expresa como la cantidad de CO₂ por unidad de área foliar y de tiempo; es la cantidad neta de carbono que se incorpora al vegetal en un momento dado, y explica la última instancia del crecimiento de una planta.

Tendales: Son estructuras horizontales construidas con diversos materiales donde se extienden las semillas de cacao fermentado para su secado utilizando la energía solar.

Vivero: Es el área delimitada de terreno, debidamente adecuada, cuyo propósito fundamental es la multiplicación y producción de plantas vigorosas, así como el control de plagas que las atacan en su etapa de mayor vulnerabilidad.

Varetas: Son las ramas terminales del cacao que contienen las yemas a propagar, las cuales se producen en las axilas de las hojas y en la punta, y están formadas por tejidos de crecimiento.

Yema: Es un órgano complejo de las plantas que se forma en la axila de las hojas y dará lugar a hojas o flores (AGROCALIDAD, 2012).

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Métodos

2.1.1 Modalidad y tipo de investigación

La modalidad de investigación planteada fue experimental, ya que manipuló y controló variables para evaluar el efecto de los tratamientos de abonos edáficos en la producción de cacao.

En cuanto al tipo de investigación, se trata de una investigación aplicada, ya que generó conocimiento para resolver un problema específico y práctico en el ámbito agrícola, que es mejorar la producción de cacao mediante el uso de diferentes tipos de abonos edáficos

El nivel de conocimiento de la investigación fue exploratorio porque busca indagar sobre un área insuficientemente estudiada en el contexto específico de Naranjal, Ecuador, particularmente en la interacción de abonos edáficos convencionales y quelatos con las características edafoclimáticas locales; el estudio tiene un componente descriptivo, ya que se caracterizó el impacto de los abonos en términos de la productividad del cultivo de cacao, lo que permitió detallar cómo las prácticas de fertilización influyen en el desarrollo del cultivo, generando datos útiles para su interpretación y comparación con otros contextos y también es explicativa, porque determinó las relaciones causales entre los tratamientos aplicados y los cambios observados en la producción de cacao lo cual identificará cómo y por qué los diferentes tipos de abonos afectan variables como la eficiencia en la absorción de nutrientes, la sostenibilidad del suelo y la calidad del producto.

2.2 Variables

2.2.1 Variables independientes

Abonos edáficos y quelatos

2.2.2 Variables dependientes

Variables de Respuesta (Objetivo 1):

- Concentración de macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes (Ca, Mg, Fe, Zn, B) en las hojas.

Variables de Respuesta (Objetivo 2):

- Rendimiento de grano (kg/ha^{-1}).
- Tamaño de las mazorcas (longitud y diámetro).
- Peso fresco y seco de 100 granos.
- Número de granos por mazorca.
- Calidad del grano (mediante análisis organoléptico).

Variables de Respuesta (Objetivo 3):

- Incidencia y severidad de enfermedades foliares mediante el empleo de la escala arbitraria modificada y adaptada a partir de la escala de Stover (1963)

Tabla 1. Escala arbitraria de Severidad de enfermedades foliares mediante una escala a partir de Stover (1963)

Grado	Porcentaje de Incidencia	Severidad Visual	Descripción del Daño
Muy baja	0% – 10%	Muy leve	Pocas mazorcas con signos tempranos, sin afectación interna visible.
Baja	11% – 25%	Leve	Mayor número de mazorcas afectadas superficialmente.
Moderada	26% – 50%	Moderada	Mazorcas con síntomas evidentes, pero aún utilizables parcialmente.
Alta	51% – 75%	Alta	Alta proporción de mazorcas dañadas; pérdida significativa de fruto.
Muy alta	76% – 100%	Severa	Mazorcas totalmente inservibles; daño <u>generalizado en la plantación.</u>

Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables

TIPO DE VARIABLE		DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Abonos edáficos y quelatos.	Tratamientos. La aplicación de los abonos edáficos y quelatados	Tipo y dosis de los abonos utilizados	Tipo y dosis de los abonos	Nominal	Registro de datos
	Producción de cacao	La cantidad total de cacao seco producido por hectárea en un período determinado, evaluada mediante el peso (kg) fresco de los granos y su rendimiento en grano seco	Rendimiento por unidad de área	Peso de las muestras por tratamiento	Cualitativa Cuantitativa	Balanza digital
	Tamaño de la mazorca	Longitud y diámetro promedio de las mazorcas de cacao, medidos en centímetros con calibrador	Tamaño promedio de la mazorca	Medición de la longitud y del diámetro de 10 mazorcas	Cuantitativa	Calibrador
	Peso de 100 granos	Peso promedio de 100 granos secos de cacao, determinado en gramos utilizando una balanza analítica. Este indicador refleja el desarrollo y calidad física de los granos.	Peso promedio del grano	Peso (Kg) de 100 granos/tratamiento	Cuantitativa	Balanza digital
	Calidad organoléptica del grano	Percepción sensorial de atributos como sabor, aroma y textura según una escala hedónica	Atributos sensoriales del grano	Evaluación sensorial del color, aroma y sabor	Cualitativa	Evaluadores no entrenados

	Análisis de hojas de cacao para determinar nitrógeno, fósforo y potasio.	Concentración de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) en las hojas del cacao, determinada mediante análisis de laboratorio expresada en porcentaje o miligramos por kilogramo de materia seca.	Concentración de nutrientes en hojas	Determinaciones de N, P y K	Cuantitativo	Análisis químico
	Severidad y resistencia a <i>Monillioophthora roreri</i> .	Grado de afectación del cultivo por la enfermedad (<i>Monillioophthora roreri</i>), evaluado mediante el porcentaje de incidencia (número de mazorcas infectadas respecto al total) y la escala de severidad visual, clasificada en rangos (leve, moderada, severa). Así como identificación del número de plantas resistentes al patógeno	Resistencia a enfermedades (escala de 1 a 5); Vigor general de la planta (escala de 1 a 10)	Escala de severidad e incidencia	Cuali-cuantitativo	Registro visual

Colcha, 2024

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población constó de 40 plantas de cacao de la variedad CCN 51, considerando como unidad experimental del ensayo una planta con nueve tratamientos y cuatro repeticiones alcanzando una superficie de 108 m², está ubicada en la parroquia San Carlos, sector "Cien Familias", del cantón Naranjal. De acuerdo con el planteamiento experimental se mantuvo un distanciamiento de siembra de 3 x 3 m, ocupando un área total de 324 m². La plantación de cacao tiene una antigüedad aproximada de 20 años y se encuentra en una finca con una superficie de 7 hectáreas.

2.3.2 Muestra

Según el planteamiento de la investigación está delimitando a un total de 36 plantas sujetas a evaluación dentro del ensayo.

2.4 Técnica de Recolección De Datos

Los datos se recolectaron a partir de los 15 días después de las aplicaciones con una frecuencia quincenal durante 10 semanas. Los datos fueron registrados en la libreta de campo.

2.5 Estadística Descriptiva e Inferencial

Se aplicó la estadística inferencial para el análisis de datos y fueron presentados en tablas.

2.6 Diseño experimental

Los abonos edáficos y quelatados utilizados en el ensayo se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 3. Abonos edáficos y quelatados con sus respectivas dosis experimentales

Productos		Dosis (kg/planta)
Edáficos	Bonanza nitro N-32 Active	1
	Bonanza Inicio Radical PAC	1.5
	Sicale	2
Quelatados	Metalosato de calcio	0.5
	Cosmo Quel Balance Menores	0.75
	Kelkat Fe 6%	1

Colcha, 2024

Los tratamientos planteados para el experimento se presentan la siguiente tabla:

Tabla 4. Distribución de los tratamientos del ensayo experimental

Tratamientos	Factor A	Factor B	Combinación	Dosis
	EDAFÍCOS	QUELATADOS		
T1	A1	B1	A1B1	1kg + 0.5kg
T2	A1	B2	A1B2	1kg+ 0.75kg
T3	A1	B3	A1B3	1kg+1kg
T4	A2	B1	A2B1	1.5kg+ 0.5kg
T5	A2	B2	A2B2	1.5kg+0.75kg
T6	A2	B3	A2B3	1.5kg+1kg
T7	A3	B1	A3B1	2kg+0.5kg
T8	A3	B2	A3B2	2kg+0.75kg
T9	A3	B3	A3B3	2kg+1kg

Colcha, 2024

En la Tabla 5 se expone la distribución de los tratamientos con los productos bajo estudio correspondientes.

Tabla 5. Distribución de los tratamientos con los productos correspondientes

Tratamientos	Combinación	Productos
T1	A1B1	Bonanza nitro N-32 Active+ Metalosato de calcio
T2	A1B2	Bonanza nitro N-32 Active+Cosmo Quel Balance Menores
T3	A1B3	Bonanza nitro N-32 Active+ Kelkat Fe 6%
T4	A2B1	Bonanza Inicio Radical PAC + Metalosato de calcio
T5	A2B2	Bonanza Inicio Radical PAC + Cosmo Quel Balance
T6	A2B3	Bonanza Inicio Radical PAC + Kelkat Fe 6%
T7	A3B1	Sicale+ Metalosato de calcio
T8	A3B2	Sicale+ Cosmo Quel Balance Menores
T9	A3B3	Sicale+ Kelkat Fe 6%

Colcha, 2024

Para el presente estudio se planteó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial versus testigo, donde el factor A fueron los abonos edáficos y sus dosis y el factor B los quelatos con sus dosis. El ANOVA se presenta en la siguiente tabla

Tabla 6. ANOVA del experimento de campo para las variables agronómicas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad (GL)
---------------------	-------------------------

Bloques (r-1)	3
Factor A (a-1)	2
Factor B (b-1)	2
Interacción A x B (a-1) (b-1)	4
Testigo versus factorial (AB+t)-AB (9-8)	1
Error (AB+t-1)(r-1)	27
Total N-1	39

Colcha, 2024

El nivel de confianza estimado fue del 95% ($p < 0.05$). Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba *post-hoc* de Tukey considerando un error de tipo I para el análisis de los datos obtenidos.

2.7 Manejo del experimento

Se identificaron los árboles que no hayan recibido tratamientos recientes con productos fertilizantes para evitar sesgos en los resultados. Se realizó una poda moderada para optimizar la entrada de luz y la eficiencia de los abonos aplicados. Se siguieron las recomendaciones técnicas para la aplicación de los abonos edáficos convencionales y quelatados de acuerdo con las dosis experimentales y se los aplicó en el área circundante de cada árbol. Los datos fueron registrados en la libreta de campo.

Las parcelas con los árboles bajo observación fueron identificadas con su respectivo letrero informativo.

En cuanto a la parte sensorial, se procedió a analizar sensorialmente los granos por lo que se prepararon muestras de 10 granos de cada tratamiento (10 con el testigo) se trasladaron en una funda de papel y se llevaron para que sean evaluados por personas que trabajan en los centros de acopio y comercialización de cacao. Ellos realizaron la valoración típica donde observan el grano, perciben el aroma y lo muerden o cortan con navaja donde observan la coloración y al final emiten su veredicto para que se le cancele al productor por el producto entregado. Es valoración fue llenada en una boleta sensorial y en ella se analizó y calificó los atributos: Color, olor, sabor y dureza por parte de 30 jueces entrenados. Dadas las características de los catadores no fue posible agruparlos para el proceso por lo que se los visitó en sus sitios de trabajo para que realicen el análisis sensorial y cada uno fue registrado en su respectiva boleta, incluso algunos hicieron el trabajo en la misma finca.

La valoración dio en base a la siguiente escala hedónica:

Tabla 7. Escala hedónica de valoración sensorial de los tratamientos del ensayo

ATRIBUTO	TRATAMIENTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Color										
Olor										
Sabor										
Dureza										

Nota: VALORACIÓN (1 peor-10 mejor)
Colcha, 2024

El ANOVA de la evaluación sensorial se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. ANOVA de la prueba sensorial de los granos de cacao

Fuente de Variación	Grados de Libertad (GL)
Tratamientos (t-1)	9
Bloques (b-1)	29
Error (a-1) (b-1)	261
Total ab-1	299

Colcha, 2024

IV. RESULTADOS

La Tabla 6 presenta los valores de probabilidad (*p*-valor) obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) para las variables rendimiento de grano (kg/ha^{-1}), longitud de mazorca (cm) y diámetro de mazorca (cm). En ella se consideran las fuentes de variación: bloques, factor A (abonos edáficos), factor B (abonos quelatados), la interacción A×B y la comparación entre testigo y tratamientos factoriales. Los resultados muestran que los bloques no presentan efecto significativo en ninguna de las variables, mientras que los factores A y B resultan altamente significativos ($p = 0.00$) para las tres variables evaluadas. La interacción A×B es no significativa para el rendimiento ($p = 0.55$), pero significativa para la longitud y el diámetro de la mazorca ($p = 0.00$). Asimismo, la comparación testigo vs factorial muestra diferencias altamente significativas ($p = 0.00$) en las tres variables.

Tabla 9. Cuadro de ANOVAS (*p*-valor) de las variables rendimiento de grano, longitud de mazorca y diámetro de mazorca

Fuentes de variación	Rendimiento de grano kg/ha	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)
Bloques (r-1)	0,91NS	0,56NS	0,07NS
Factor A (a-1)	0,00**	0,00**	0,00**
Factor B (b-1)	0,00**	0,00**	0,00**
Interacción A x B (a-1) (b-1)	0,55NS	0,00**	0,00**
Testigo vs factorial (2-1)	0,00**	0,00**	0,00**

Colcha, 2024

La Tabla 7 presenta los valores de *p* del ANOVA correspondientes a las variables peso fresco de 100 granos, peso seco de 100 granos y número de granos por mazorca. Se observa que los bloques no tienen efecto significativo ($p > 0.05$) en las tres variables. El factor edáfico (A) presenta significancia para el peso fresco ($p = 0.01$) y el número de granos por mazorca ($p = 0.00$), mientras que para el peso seco se reporta $p = 0.03$. El factor quelatados (B) no muestra efecto significativo en los pesos ($p = 0.15$ y 0.28), pero sí en el número de granos por mazorca ($p = 0.00$). La interacción A×B es altamente significativa ($p = 0.00$) para todas las variables. La comparación testigo vs factorial es no significativa para el peso fresco ($p = 0.08$) y altamente significativa para el peso seco y el número de granos ($p = 0.00$).

Tabla 10. Cuadro de ANOVAS (*p*-valor) de las variables peso fresco de 100 granos , peso seco de 100 granos y número de granos por mazorca

Fuentes de variación	Peso fresco de 100 granos (g)	Peso seco de 100 granos (g)	Número de granos por mazorca (u)
Bloques (r-1)	0,72NS	0,10NS	0,98NS
Factor A (a-1)	0,01**	0,03NS	0,00**
Factor B (b-1)	0,15NS	0,28NS	0,00**
Interacción A x B (a-1) (b-1)	0,00**	0,00**	0,00**
Testigo vs factorial (2-1)	0,08NS	0,00**	0,00**

Colcha, 2024

La Tabla 8 muestra los valores medios de rendimiento de grano (kg/ha^{-1}) obtenidos para los distintos niveles de los factores. Para el factor A (abonos edáficos) los valores fueron: $a_1 = 2736.29^a$, $a_2 = 2374.44^b$, y $a_3 = 2684.64^a$. Para el factor B (abonos quelatados): $b_1 = 2640.48^a$, $b_2 = 2648.25^a$ y $b_3 = 2506.63^b$. Las letras superíndices indican la agrupación estadística, donde medias con la misma letra no difieren significativamente entre sí. El coeficiente de variación (CV) fue de 3.72 %, lo que evidencia baja dispersión de los datos y alta precisión experimental

Tabla 11. Rendimiento del grano bajo la influencia de los abonos edáficos y quelatados

Rendimiento kg/ha	
Factor A (EDÁFICOS)	Medias
a1	2736.29a
a2	2374.44b
a3	2684.64a
Factor B (QUELATADOS)	
b1	2640.48a
b2	2648.25a
b3	2506.63b
CV(%)	3.72

Colcha, 2024

En la Tabla 9 se exhibe la longitud de las mazorcas donde el tratamiento T1 logró el mayor tamaño de mazorcas (25,43 cm), seguido de T2 (24,57 cm), mientras que el testigo (T0) y T4 presentaron los tamaños más pequeños (18,67 y 19,11 cm respectivamente). El coeficiente de variación fue de 2.64%.

Tabla 12. Resultados de la longitud de las mazorcas (cm)

No.	TRATAMIENTO	LONGITUD DE LAS MAZORCAS
-----	-------------	--------------------------

T0	TESTIGO	18,67d
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	25,43a
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	24,57a
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	19,53cd
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	19,11d
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	19,41cd
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	19,87cd
T7	Sicale y Metalosato de calcio	21,80b
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	21,36b
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	20,66bc
CV (%)		2,64

Colcha, 2024

La variable peso fresco de 100 granos se exponen en la Tabla 10 el mayor resultado fue en T3 (163,92 g) y T4 (162,77 g), mientras que los pesos más bajos fueron para T7 (141,99 g) y T1 (143,59 g). El testigo se ubicó en la media con 155,12 g.

Tabla 13. Resultados del peso fresco de 100 granos

No.	TRATAMIENTO	PESO FRESCO 100 GRANOS (g)
T0	TESTIGO	155,12ab
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	143,59de
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance	144,82cde
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	163,92a
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	162,77a
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance	154,31abc
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	144,93bcde
T7	Sicale y Metalosato de calcio	141,99e
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	153,67abcd
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	149,94bcde
CV (%)		2,79

Colcha, 2024

En la Tabla 11. Se presentan los resultados sobre el peso seco de 100 granos y se puede apreciar que el tratamiento T3 mostró el mayor peso seco (153,27 g), seguido por T5 (141,59 g). Los menores valores se observaron en T2 (122,35 g) y T0 (125,31 g).

Tabla 14. Resultados del peso seco de 100 granos

No.	TRATAMIENTO	PESO SECO 100 GRANOS (g)
T0	TESTIGO	125,31d
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	138,23bc
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	122,35d
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	153,27a
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	130,38cd
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	141,59b
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	129,34cd
T7	Sicale y Metalosato de calcio	138,39bc
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	137,67bc
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	126,52d
CV (%)		2,90

Colcha, 2024

En la Tabla 12 se registra el número de granos por mazorca y el tratamiento T8 presentó el mayor número de granos (38,46), seguido por T2 (37,75) y T4 (37,13). El testigo (T0) y T3 registraron los menores valores con menos de 29 granos por mazorca. El coeficiente de variación calculado fue de 3.38%.

Tabla 15. Resultados del número de granos por mazorca

NO.	TRATAMIENTO	NÚMERO DE GRANOS/MAZORCA
T0	TESTIGO	28,66d
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	36,38abc
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance	37,75ab
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	28,95d
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	37,13abc
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance	30,99d
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	35,00bc
T7	Sicale y Metalosato de calcio	34,45c
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	38,46a
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	35,87abc
CV (%)		3,38

Colcha, 2024

La calidad organoléptica de los granos de cacao se muestra en la Tabla 13 y se observa que los tratamientos T1, T2, T7 y T9 obtuvieron los mejores puntajes en color, olor, sabor y textura. El testigo (T0) y tratamientos T4–T6 presentaron los

puntajes más bajos, especialmente en dureza. Los CV obtenidos fueron: 10.9, 11.03, 14.75 y 18.92% para el color, olor, sabor y dureza respectivamente.

Tabla 16. Resultados de la calidad organoléptica de los granos de cacao

TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	SABOR	DUREZA
T0	6,77bc	6,90bc	6,50bcd	5,80bc
T1	7,87a	7,87a	7,53a	6,80a
T2	7,90a	7,40ab	7,03abc	6,30ab
T3	7,33ab	7,33ab	6,90abcd	6,37ab
T4	6,87bc	6,90bc	6,30cd	4,87d
T5	6,60c	6,47c	6,20d	5,37cd
T6	6,50c	6,47c	6,23cd	5,20cd
T7	7,70a	7,63a	7,47a	6,37ab
T8	7,30ab	7,63a	6,87abcd	6,10abc
T9	7,67a	7,83a	7,27ab	6,40ab
CV(%)	10,91	11,03	14,75	18,92

Colcha, 2024

- Incidencia y severidad de enfermedades foliares.

En la Tabla 14 se destacan los resultados de severidad e incidencia de la presencia de moniliasis en el ensayo, en el análisis estadístico no se observa significancia entre las medias de los tratamientos, presentando todos los tratamientos en ambas variables similar comportamiento. Los coeficientes de variación calculados fueron ed 26.7 y 25.1% para la severidad e incidencia respectivamente.

Tabla 17. Resultados de severidad e incidencia de la presencia de *M. rozeri* en el ensayo

No.	TRATAMIENTO	SEVERIDAD	INCIDENCIA
T0	TESTIGO	11,58a	15,43a
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	12,17a	14,93a
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	11,15a	16,36a
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	9,53a	21,44a
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	11,0a	20,97a
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	14,34a	18,43a
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	14,18a	27,89a
T7	Sicale y Metalosato de calcio	16,59a	27,45a
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	15,54a	26,15a
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	14,76a	24,61a
CV(%)		26,7	25,1

Colcha, 2024

DISCUSIÓN

La aplicación adecuada y balanceada de abonos edáficos, combinada con la presencia controlada de quelatos, contribuyó de manera significativa al incremento del rendimiento y la calidad de la producción de cacao.

El análisis de varianza evidencia que tanto los abonos edáficos como los quelatados influyeron significativamente en el rendimiento y en las características morfológicas de la mazorca. La significancia en los factores principales (A y B) indica que ambos tipos de fertilización inciden directamente en la productividad del cultivo. La interacción A×B en el rendimiento sugiere, al ser no significativa, que los efectos de ambos factores son aditivos, mientras que las interacciones significativas en longitud y diámetro de mazorca muestran que la respuesta estructural del fruto depende de combinaciones específicas de abonos.

En las variables el número de granos por mazorca fue el que mejor respondió a los tratamientos, con alta significancia en ambos factores y en su interacción. Esto indica que la mejora del rendimiento puede atribuirse principalmente a un mayor número de granos formados, más que a un incremento en el peso individual del grano. Los valores medios presentados en la Tabla 8 confirman que las combinaciones de abonos edáficos a1 y a3, y de quelatados b1 y b2, proporcionaron los mayores rendimientos.

Estos resultados coinciden con los reportes de Mutambu et al. (2023), quienes demostraron en maíz que la aplicación de zinc quelatado incrementó el rendimiento de grano y la concentración de micronutrientes en el mismo. De manera similar, Hu et al. (2023) señalaron que la eficacia de los fertilizantes foliares y quelatados depende del tipo de suelo, pH y forma de aplicación, lo cual explica las interacciones significativas encontradas entre los abonos edáficos y quelatados en este estudio. Por otro lado, el estudio de Jadhav et al, (2024) reportó que el manejo combinado de micronutrientes mediante aplicaciones edáficas y foliares aumentó significativamente el número de granos por mazorca y el rendimiento total, hallazgos coherentes con los resultados obtenidos en este experimento.

Las evidencias respaldan la importancia del manejo integrado de fertilización edáfica y quelatada. El uso combinado de ambos tipos de abonos mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales, promueve una mayor eficiencia fisiológica de la planta y contribuye al incremento del rendimiento del cultivo. Además, la baja

variabilidad experimental registrada en este estudio (5% de coeficiente de variación) refuerza la confiabilidad de los resultados, destacando la relevancia agronómica del tratamiento factorial frente al testigo.

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar el efecto positivo de algunos tratamientos con abonos edáficos convencionales y quelatos en la absorción de nutrientes, reflejados principalmente en el rendimiento de grano y número de granos por mazorca. En especial, los tratamientos T1 (Bonanza N-32 + Metalosato) y T2 (Bonanza N-32 + Cosmo Quel) mostraron los rendimientos más altos (2794,68 y 2806,49 kg/ha respectivamente), superando significativamente al testigo (T0: 2429,47 kg/ha).

El uso de fertilizantes nitrogenados como el Bonanza N-32 puede aumentar la absorción de nitrógeno, esencial para el crecimiento y el metabolismo vegetal, mientras que los quelatos metálicos como Cosmo Quel Balance Menores y Metalosato de calcio mejoran la disponibilidad de micronutrientes en suelos con pH alto o bajo contenido de materia orgánica (Vera et al., 2023). Esto refuerza lo reportado por (Palma et al., 2022), quienes destacan que la combinación adecuada de fertilización nitrogenada y micronutrientes puede mejorar el rendimiento de cultivos perennes como el cacao.

Además, los resultados de número de granos por mazorca mostraron valores superiores a 35 en T2, T4 y T8, lo que sugiere que ciertos tratamientos mejoran el cuajado y llenado de mazorcas, posiblemente debido a una mayor eficiencia en la nutrición mineral.

En cuanto a calidad física del grano, el peso fresco y seco de 100 granos fue más alto en T3 y T4, superando los 160 g en peso fresco y 150 g en peso seco. Esto sugiere una buena acumulación de reservas y desarrollo estructural del grano, resultado de un adecuado balance nutricional en fases críticas del llenado (Zhang et al., 2024).

Por otra parte, en términos de tamaño de mazorcas, el tratamiento T1 mostró un crecimiento superior (25,43 cm), lo cual evidencia una mejor respuesta morfoestructural. Esta variable es fundamental, ya que está relacionada con el potencial de carga de granos por mazorca y, por tanto, con el rendimiento final.

Los parámetros de calidad organoléptica también reflejaron un mejor comportamiento en tratamientos T1, T2, T7 y T9, con calificaciones superiores a 7 en color, olor y sabor. Esto podría estar asociado con una mejor disponibilidad de

micronutrientes como Fe y Zn, que participan en rutas metabólicas del sabor y maduración del grano (Acquaah, 2020).

Respecto a la presencia de *Moniliophthora roreri*, la severidad fue menor en T3 (9,53%) y T2 (11,15%), mientras que los tratamientos T6 a T9 presentaron valores más elevados, cercanos al 15%–16%. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, la tendencia sugiere que ciertos tratamientos pueden inducir mecanismos de resistencia o mejorar la integridad de tejidos vegetales.

La nutrición adecuada se ha relacionado con una mayor resistencia a enfermedades, al reforzar la síntesis de compuestos fenólicos y estructuras lignificadas (García, Quevedo y Socorro, 2019). Por tanto, el uso de Bonanza con Kelkat o Cosmo Quel genera una respuesta fisiológica más robusta en las plantas, reduciendo el daño de patógenos como *M. roreri*.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los abonos edáficos convencionales combinados con micronutrientes quelatados (especialmente Bonanza N-32 con Cosmo Quel o Metalosato) mejoraron significativamente el rendimiento del grano de cacao, reflejando una mejor absorción de nutrientes esenciales.
- La calidad del grano, medida por el tamaño de mazorcas, peso de granos y características organolépticas, fue superior en tratamientos con fertilización combinada, lo que sugiere una respuesta positiva en parámetros físicos y sensoriales.
- El uso de ciertos tratamientos (T2 Bonanza nitro N-32 Active+Cosmo Quel Balance Menores y T3 Bonanza nitro N-32 Active+ Kelkat Fe 6%) mostraron una tendencia a reducir la severidad de *Moniliophthora roreri*, lo que indica un posible efecto indirecto sobre la resistencia de las plantas mediante una mejor nutrición.

RECOMENDACIONES

- Promover el uso de fertilización sola o combinada (abono edáfico y/o quelatos) en plantaciones de cacao, especialmente Bonanza N-32 con Cosmo Quel o Metalosato, para optimizar el rendimiento sin comprometer la salud del cultivo.
- Implementar un monitoreo continuo de la calidad del grano y las variables organolépticas bajo distintos regímenes nutricionales, para mantener estándares industriales y mejorar la competitividad del producto final.
- Realizar estudios adicionales a nivel fisiológico y microbiológico para evaluar el efecto de la nutrición en la resistencia a enfermedades como la moniliasis, con el fin de integrar prácticas de manejo sostenible y resiliente en el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abad A., Acuña C., N. E. (2020). El cacao en la costa ecuatoriana: Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 7(7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Acquaah, G. (2020). Principles of Plant Genetics and Breeding integrates. In *Sustainability (Switzerland)* (Ed.3). Wiley Online Library.
- AGROCALIDAD. (2012). Buenas Prácticas Agrícolas para cacao. *Manual Técnico*, 68.
- AGROCALIDAD. (2020). Manual técnico para el registro y control de fertilizantes , enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. In *Registro De Insumos Agropecuarios* (REGISTRO DE INSUMOS AGROPECUARIOS, Issue 5).
- Alvarado Moncada, K. (2022). Efecto de estiércol vacuno en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) como aporte nutricional. In *Tesis de pregrado*.
- Andrade, Almeida, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G C., Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12.
- Bazán Ramire M., Rodríguez Delfín A., Bazán Ramírez W., C. C. N. (2022). Impacto del hierro , magnesio y manganeso en la clorosis de la arúgula en sistemas hidropónicos. *Revista Industrial Data*, 25(2), 7–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/idata.v25i2.23591>
- Caicedo, C. (2023). Los sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L .) como una estrategia de transición agroecológica para la agricultura familiar, en Ecuador. In *Tesis doctoral*.

- Calle P. J., M. A. M., & Miranda C. R. (2021). Aptitud de uso de suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la localidad de Tumupasa, municipio de San Buenaventura - La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3), 45–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.53287/burl9765fo12r>
- Caro-Tovar, S. Y. R.-R. E., & Cerón-Muñoz, C. M. G.-B. M. M.-S. M. F. (2022). Establecimiento y manejo del cultivo de cacao en economías familiares. In B. F. Editorial (Ed.), *Manual técnico*. Universidad de Antioquia.
- Carvajal, C. C., García, G. C., Alcívar, F. A., & Cedeño, S. V. (2022). Efectividad de momentos y fuentes de aplicaciones foliares de calcio, boro y zinc en el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 38(3), 304–317. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-29PVAR10029>
- Curo Fernández, Y. (2023). Abonos orgánico e inorgánico en el rendimiento y rentabilidad de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L .). In *Tesis de pregrado*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.
- El Salous, A., Martillo García, J., Gómez Vargas, J., & Martínez Alcivar, F. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(3), 368–380. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i3.33375>
- Espinoza D., D. D. (2021). Análisis netnográfico del Potencial turístico de las rutas del cacao fino de aroma con denominación de origen ecuatoriano. *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas*, 50–70.
- Francisco-Santiago, S. P., Palma-López, D. J., Sánchez-Hernández, R., Obrador-Olán, J. J., & García-Alamilla, P. (2023). Fertilidad edáfica y nutrición en el

- cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres suelos de Tabasco, México. *Terra Latinoamericana*, 41, 1–18. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1116>
- García Batista R.; Quevedo Guerrero J.; Socorro Castro A. (2019). Valoración del estado agronómico de las plantaciones de cacao Nacional en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(2), 109–119.
- García Briones A.; Pico Pico B.; Jaimez R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- González Marta., Ríos Darcy., Peña-Rojas Karen., G. E. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de *Aextoxicon punctatum* producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *Revista Bosque*, 41(2), 137–146. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200137>
- González P.; Castillo D.; (2024). *La tonelada de cacao se acerca a los USD 12.000 y sus exportaciones ya superan a las del atún*. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/precios-cacao-exportaciones-mercados/>
- Herrera, Rebeca, Vásquez Santiago., Granja Fernando., Molina-Müller M., Capa Morcho M., G. A. (2022). Interacción de N, P y K sobre características del suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Bioagro*, 34(3), 277–288.
- Hu, Y., Bellaloui, N., & Kuang, Y. (2023). Editorial: Factors affecting the efficacy of foliar fertilizers and the uptake of atmospheric aerosols, volume II. In *Frontiers*

- in Plant Science* (Vol. 14). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1146853>
- Huaraca-Fernandez, J. N., Pérez-Sosa, L., Bustinza-Cabala, L. S., & Pampa-Quispe, N. B. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Informacion Tecnologica*, 31(4), 139–152. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- Ibarra Alex. (2019). Cacao y su aporte al desarrollo ecuatoriano. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, On line.
- Jadhav, B., Danawale, N., Solanke, A., Durgude, A., Patil, M., Bodake, P., & Yankam, B. (2024). Effect of micronutrient management on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Research in Agronomy*, 7(12S), 424–428. <https://doi.org/10.33545/2618060x.2024.v7.i12sg.2217>
- León-Moreno, C., Rojas-Molina, J., & Castilla-Campos, C. (2019). Physicochemical characteristics of cacao (*Theobroma cacao* L.) soils in colombia: Are they adequate to improve productivity? *Agronomia Colombiana*, 37(1), 52–62. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n1.70545>
- Mendez, Ch. (2020). Valoración del efecto de una fórmula nutricional quelatada en la producción del cacao (*Theobroma cacao* L .). In *Tesis de pregrado*.
- Mero Saltos, J., Rodríguez Cobeña, M. (2023). Efectividad de tratamientos fisionutricionales orgánicos y ecológicos sobre el rendimiento del cacao nacional fino de aroma. In *Tesis de pregrado*.
- Mutambu, D., Kihara, J., Mucheru-Muna, M., Bolo, P., & Kinyua, M. (2023). Maize grain yield and grain zinc concentration response to zinc fertilization: A meta-analysis. In *Heliyon* (Vol. 9, Issue 5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16040>

- Palma, Bravo H., Cedeño García G., Castro Olaya J., C. G. G. (2022). Fertilización foliar complementaria mejora el rendimiento, sanidad y rentabilidad del cacao en agroecosistemas de secano. *Ciencia y Agricultura*, 19(3), 17–31.
- Parada Oscar., V. Raquel. (2021). Análisis socioeconómico de productores de cacao, localidad Guabito, provincia Los Ríos, Ecuador. *Ciencias Holguín*, 27(1), 1–17.
- Peñate Perez N., Castillo Perez T., Gómez Valenzuela V., Castillo Álvarez M., Ramón López V., G. G. R. (2019). Eficiencia productiva de quelatos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de temporal en Teapa, Tabasco. *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas Para La Seguridad Alimentaria*, 2, 42–49.
- Possú, W. B., Tenorio, E. E., & Estrada, J. F. N. (2022). Organic and Chemical Fertilization of Cacao (*Theobroma cacao* L.) Clones in an Agroforestry System. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 23(2).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2544
- Prieto Benavides, O. (2024). Beneficios de las micorrizas arbusculares en técnicas de fitorremediación para descontaminación de suelos en Ecuador. *Revista Pentaciencias*, 6(1), 187–202.
- Puentes Páramo, Y. J., Menjivar Flores, J. C., & Aranzazu Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao. *Bioagro*, 26(2), 99–106.
- Rojas Molina J., Ortiz Cabrales L., Escobar Pachajoa L., Rojas Buitrago M., J. S. Y. (2021). Producción de hojarasca y su aporte de nutrientes en cacao bajo diferentes esquemas de fertilización, Rionegro-Santander. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 193–206.

- Tuesta-Pinedo, Á. L., Trigozo-Bartra, E., Cayotopa-Torres, J. J., Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Zúñiga-Cernadez, L. B., & Leon-Ttacca, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y Micorrizas arbusculares. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(1), 67. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3086>
- Ureta Zambrano Maritza, Mera Macías Rosario, Franco Faría de Sousa Susana, V. D. J. (2023). Factores culturales en la producción de cacao en Manabí-Ecuador. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 8(2), 60–74. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v8i2.5744>
- Vargas Pérez. O., Vite Cevallos H., Q. C. J. (2020). Análisis comparativo del impacto económico del cultivo del cacao en Ecuador del primer semestre 2019 versus el primer semestre 2020. *REVISTA METROPOLITANA DE CIENCIAS APLICADAS | Revista Científica Multidisciplinaria de La Universidad Metropolitana de Ecuador*, 4(2), 170–181.
- Vera Ch. F., V. C. L., Alvarado V. K., E., P. W., J., Tejen, J., Intriago Flor F., G. M. L. V., & Montúfar G., R. R. R. (2023). Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L .) en la zona de Quinsaloma Edaphic fertilization with three levels of calcium silicate and three levels of nitrogen in cocoa (*Th*. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 1(2), 19–27.
- Zhang, Z., Liang, H., Chai, Z., & Wang, T. (2024). Preparation of β -Cyclodextrin(CD)/Flavour CD Powder and Its Application on Flavour Improvement of Regular Coffee. *Foods*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/foods13152359>

APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de datos de severidad e incidencia del lote experimental

Tratamiento	Bloque	Severidad	Incidencia	Nivel de Severidad	Severidad Visual
T0	B1	11,24	17,55	Baja	Leve
T0	B2	9,65	15,59	Muy baja	Muy leve
T0	B3	11,62	14,6	Baja	Leve
T0	B4	13,81	13,96	Baja	Leve
T1	B1	10,25	10,85	Baja	Leve
T1	B2	10,25	13,72	Baja	Leve
T1	B3	15,19	14,7	Baja	Leve
T1	B4	12,98	20,44	Baja	Leve
T2	B1	10,4	19,3	Baja	Leve
T2	B2	13,38	10,63	Baja	Leve
T2	B3	10,41	19,22	Baja	Leve
T2	B4	10,41	16,3	Baja	Leve
T3	B1	13,43	16,32	Baja	Leve
T3	B2	6,61	22,05	Muy baja	Muy leve
T3	B3	7,2	23,92	Muy baja	Muy leve
T3	B4	10,89	23,47	Baja	Leve
T4	B1	10,12	16,77	Baja	Leve
T4	B2	14,62	19,3	Baja	Leve
T4	B3	10,48	22,36	Baja	Leve
T4	B4	8,77	25,44	Muy baja	Muy leve
T5	B1	19,74	19,77	Baja	Leve
T5	B2	13,63	21,27	Baja	Leve
T5	B3	14,69	16,57	Baja	Leve
T5	B4	9,3	16,11	Muy baja	Muy leve
T6	B1	13,25	28,09	Baja	Leve
T6	B2	15,76	31,05	Baja	Leve
T6	B3	10,92	23,27	Baja	Leve
T6	B4	16,77	29,13	Baja	Leve
T7	B1	13,79	27,2	Baja	Leve
T7	B2	15,04	21,39	Baja	Leve
T7	B3	13,78	27,2	Baja	Leve
T7	B4	23,73	33,99	Baja	Leve
T8	B1	17,05	26,34	Baja	Leve
T8	B2	12,59	36,11	Baja	Leve
T8	B3	20,63	10,55	Baja	Leve
T8	B4	11,89	31,58	Baja	Leve
T9	B1	18,94	28,56	Baja	Leve
T9	B2	9,18	26,07	Muy baja	Muy leve
T9	B3	12,02	28,59	Baja	Leve

T9	B4	18,89	15,2	Baja	Leve
----	----	-------	------	------	------

Elaborado por: La Autora

Ecuación 2. Anava de la severidad e incidencia de la moniliasis en el lote experimental

Análisis de la varianza de la severidad e incidencia

Severidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad	40	0,39	0,12	26,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	212,24	12	17,69	1,45	0,2047
Tratamiento	190,67	9	21,19	1,74	0,1291
Bloque	21,57	3	7,19	0,59	0,6274
Error	329,55	27	12,21		
Total	541,79	39			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,49734

Error: 12,2056 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	9,53	4	1,75 A
T4	11,00	4	1,75 A
T2	11,15	4	1,75 A
T0	11,58	4	1,75 A
T1	12,17	4	1,75 A
T6	14,18	4	1,75 A
T5	14,34	4	1,75 A
T9	14,76	4	1,75 A
T8	15,54	4	1,75 A
T7	16,59	4	1,75 A

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

Incidencia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	40	0,54	0,34	25,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	925,87	12	77,16	2,68	0,0163
Tratamiento	893,40	9	99,27	3,45	0,0060
Bloque	32,47	3	10,82	0,38	0,7712
Error	777,72	27	28,80		
Total	1703,59	39			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,05370

Error: 28,8045 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	14,93	4	2,68 A
T0	15,43	4	2,68 A
T2	16,36	4	2,68 A
T5	18,43	4	2,68 A

T4	20,97	4	2,68	A
T3	21,44	4	2,68	A
T9	24,61	4	2,68	A
T8	26,15	4	2,68	A
T7	27,45	4	2,68	A
T6	27,89	4	2,68	A

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

Apéndice 3. Grados y porcentos de incidencia y nivel de severidad con los criterios respectivos

Grado	Porcentaje de Incidencia	Severidad Visual	Descripción del Daño
Muy baja	0% – 10%	Muy leve	Pocas mazorcas con signos tempranos, sin afectación interna visible.
Baja	11% – 25%	leve	Mayor número de mazorcas afectadas superficialmente.
Moderada	26% – 50%	Moderada	Mazorcas con síntomas evidentes, pero aún utilizables parcialmente.
Alta	51% – 75%	Alta	Alta proporción de mazorcas dañadas; pérdida significativa de fruto.
Muy alta	76% – 100%	Severa	Mazorcas totalmente inservibles; daño generalizado en la plantación.

Anexo 4. Anava de los resultados experimentales

Análisis de la varianza de resultados de campo del lote experimental

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Rendimiento de grano (kg/h..	36	0,81	0,76	3,72	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1101208,29	8	137651,04	14,75	<0,0001
Factor A	919292,88	2	459646,44	49,25	<0,0001
Factor B	152123,11	2	76061,56	8,15	0,0017
Factor A*Factor B	29792,29	4	7448,07	0,80	0,5370
Error	251994,23	27	9333,12		
Total	1353202,51	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=97,78843

Error: 9333,1195 gl: 27

Factor A Medias n E.E.

a1	2736,29	12	27,89	A
a3	2684,64	12	27,89	A
a2	2374,44	12	27,89	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=97,78843

Error: 9333,1195 gl: 27

Factor B Medias n E.E.

b2	2648,25	12	27,89	A
b1	2640,48	12	27,89	A
b3	2506,63	12	27,89	B

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

Longitud de mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Longitud de mazorca (cm)	36	0,95	0,93	2,70	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	167,45	8	20,93	63,23	<0,0001
Factor A	82,60	2	41,30	124,77	<0,0001
Factor B	30,26	2	15,13	45,71	<0,0001
Factor A*Factor B	54,59	4	13,65	41,23	<0,0001
Error	8,94	27	0,33		
Total	176,38	35			

Diámetro de mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Diámetro de mazorca (cm)	36	0,94	0,92	2,83	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29,81	8	3,73	51,20	<0,0001
Factor A	4,54	2	2,27	31,22	<0,0001

Factor B	10,71	2	5,35	73,56	<0,0001
Factor A*Factor B	14,56	4	3,64	50,01	<0,0001
Error	1,97	27	0,07		
Total	31,77	35			

Peso fresco de 100 granos (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco de 100 granos ..	36	0,84	0,79	2,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2141,98	8	267,75	17,17	<0,0001
Factor A	181,52	2	90,76	5,82	0,0079
Factor B	73,20	2	36,60	2,35	0,1148
Factor A*Factor B	1887,27	4	471,82	30,26	<0,0001
Error	420,94	27	15,59		
Total	2562,93	35			

Peso seco de 100 granos (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco de 100 granos (g..	36	0,85	0,81	3,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2763,25	8	345,41	19,19	<0,0001
Factor A	127,07	2	63,54	3,53	0,0435
Factor B	40,26	2	20,13	1,12	0,3415
Factor A*Factor B	2595,93	4	648,98	36,06	<0,0001
Error	485,97	27	18,00		
Total	3249,23	35			

Número de granos por mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de granos por mazor..	36	0,90	0,87	3,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	318,53	8	39,82	29,74	<0,0001
Factor A	28,78	2	14,39	10,75	0,0004
Factor B	53,87	2	26,94	20,12	<0,0001
Factor A*Factor B	235,88	4	58,97	44,05	<0,0001
Error	36,14	27	1,34		
Total	354,67	35			

Comparación de las medias de los tratamientos

Rendimiento del grano

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=97,78843

Error: 9333,1195 gl: 27

Factor A Medias n E.E.

a1	2736,29	12	27,89	A
a3	2684,64	12	27,89	A
a2	2374,44	12	27,89	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=97,78843

Error: 9333,1195 gl: 27

Factor B Medias n E.E.

b2	2648,25	12	27,89	A
b1	2640,48	12	27,89	A
b3	2506,63	12	27,89	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Longitud de mazorca (cm)****Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,36715**

Error: 0,3160 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

T0	18,67	4	0,28	A
T4	19,11	4	0,28	A
T5	19,41	4	0,28	A B
T3	19,53	4	0,28	A B
T6	19,87	4	0,28	A B
T9	20,66	4	0,28	B C
T8	21,36	4	0,28	C
T7	21,80	4	0,28	C
T2	24,57	4	0,28	D
T1	25,43	4	0,28	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Diámetro de mazorca (cm)****Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61830**

Error: 0,0646 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

T9	8,17	4	0,13	A
T1	8,59	4	0,13	A B
T6	8,84	4	0,13	B
T2	9,06	4	0,13	B C
T3	9,63	4	0,13	C D
T4	9,86	4	0,13	D E
T7	10,17	4	0,13	D E
T0	10,37	4	0,13	E
T8	10,42	4	0,13	E
T5	11,18	4	0,13	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Peso fresco de 100 granos (g)****Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,28754**

Error: 17,8902 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

T7	141,99	4	2,11	A
T1	143,59	4	2,11	A B
T2	144,82	4	2,11	A B C
T6	144,93	4	2,11	A B C D
T9	149,94	4	2,11	A B C D
T8	153,67	4	2,11	B C D E
T5	154,31	4	2,11	C D E
T0	155,12	4	2,11	D E
T4	162,77	4	2,11	E
T3	163,92	4	2,11	E

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

Peso seco de 100 granos (g)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,47924**

Error: 15,1894 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T2	122,35	4	1,95	A	
T0	125,31	4	1,95	A	
T9	126,52	4	1,95	A	
T6	129,34	4	1,95	A	B
T4	130,38	4	1,95	A	B
T8	137,67	4	1,95		B C
T1	138,23	4	1,95		B C
T7	138,39	4	1,95		B C
T5	141,59	4	1,95		C
T3	153,27	4	1,95		D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Número de granos por mazorca****Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,82331**

Error: 1,3474 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T0	28,66	4	0,58	A	
T3	28,95	4	0,58	A	
T5	30,99	4	0,58	A	
T7	34,45	4	0,58		B
T6	35,00	4	0,58		B C
T9	35,87	4	0,58		B C D
T1	36,38	4	0,58		B C D
T4	37,13	4	0,58		B C D
T2	37,75	4	0,58		C D
T8	38,46	4	0,58		D

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

Apéndice 5. Matriz de resultados experimentales

Tratamiento	Tratamiento	Rendimiento de grano (kg/ha)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Peso fresco de 100 granos (g)	Peso seco de 100 granos (g)	Número de granos por mazorca
T0	TESTIGO	2336,07	18,96	9,96	148,51	129,32	29,15
T0	TESTIGO	2479,13	18,34	10,29	159,7	123,45	28,41
T0	TESTIGO	2469,12	18,51	10,59	159,23	122,41	28,77
T0	TESTIGO	2433,55	18,85	10,64	153,04	126,07	28,29
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	2630,85	26,08	8,59	148,9	139,65	37,41
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	2703,87	25,23	8,52	138,95	142,33	35,45
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	2906,41	24,74	8,61	140,24	133,62	35,17
T1	Bonanza nitro N-32 Active y Metalosato de calcio	2937,57	25,65	8,64	146,28	137,32	37,47
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	2742,69	23,97	8,79	146,2	122,07	37,81
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	2863,9	24,45	9,05	146,33	124,45	37,33
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	2759,76	25,61	8,93	139,95	115,67	38,6
T2	Bonanza nitro N-32 Active y Cosmo Quel Balance Menores	2859,61	24,23	9,45	146,78	127,19	37,25

T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	2758,11	18,96	9,44	164,56	151,37	30,12
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	2610,65	19,42	9,93	165,91	148,48	27,63
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	2480,33	20,5	9,37	163,52	157,65	29,23
T3	Bonanza nitro N-32 Active y Kelkat Fe 6%,	2581,71	19,25	9,77	161,67	155,59	28,82
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	2442,21	19,74	10,11	160,6	134,91	37,64
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	2441,23	18,48	9,48	157,28	126,88	36,36
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	2416,3	19,16	9,83	166,32	129,74	35,72
T4	Bonanza Inicio Radical PAC y Metalosato de calcio	2310,56	19,07	10,01	166,86	129,99	38,78
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	2406,26	18,82	11,54	152,8	150,07	32,05
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	2346,7	19,54	10,95	153,13	137,11	32,12
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	2543,36	19,44	10,83	155,95	140,41	30,23
T5	Bonanza Inicio Radical PAC y Cosmo Quel Balance Menores	2502,34	19,84	11,38	155,36	138,76	29,57
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	2404,34	19,96	9,07	153,31	127,88	34,31
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	2245,76	19,91	8,67	141,36	130,72	35,13

T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	2252,31	19,75	8,44	139,05	129,24	34,39
T6	Bonanza Inicio Radical PAC y Kelkat Fe 6%,	2181,91	19,86	9,19	146	129,53	36,15
T7	Sicale y Metalosato de calcio	2858,28	22,33	9,96	137,39	142,96	33,22
T7	Sicale y Metalosato de calcio	2625,15	21,99	10,08	140,05	144,14	35,58
T7	Sicale y Metalosato de calcio	2752,82	21,23	10,4	145,42	132,26	33,85
T7	Sicale y Metalosato de calcio	2660,46	21,65	10,24	145,09	134,18	35,16
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	2776,36	20,92	10,61	150,73	141,51	37,81
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	2621,54	21,88	10,07	154,33	137,16	38,65
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	2653,91	21,92	10,41	153,82	135,71	39,78
T8	Sicale y Cosmo Quel Balance Menores	2702,62	20,7	10,57	155,78	136,28	37,59
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	2553,64	21,34	7,97	145,09	124,23	34,68
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	2728,76	19,86	7,92	150,14	130,88	37,69
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	2704,44	21,3	8,58	155,93	121,87	36,77
T9	Sicale y Kelkat Fe 6%,	2577,64	20,15	8,2	148,6	129,11	34,35

Elaborado por: La Autora

Apéndice 6. Anava de los resultados sensoriales de los granos de cacao

Análisis de la varianza

Color

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Color	300	0,35	0,26	10,91	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	88,97	38	2,34	3,74	<0,0001
Tratamiento	76,62	9	8,51	13,61	<0,0001
Jueces	12,35	29	0,43	0,68	0,8930
Error	163,28	261	0,63		
Total	252,25	299			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,64757

Error: 0,6256 gl: 261

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T6	6,50	30	0,14	A
T5	6,60	30	0,14	A
T0	6,77	30	0,14	A B
T4	6,87	30	0,14	A B
T8	7,30	30	0,14	B C
T3	7,33	30	0,14	B C
T9	7,67	30	0,14	C
T7	7,70	30	0,14	C
T1	7,87	30	0,14	C
T2	7,90	30	0,14	C

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

Olor

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Olor	300	0,35	0,26	11,03	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90,61	38	2,38	3,73	<0,0001
Tratamiento	75,47	9	8,39	13,13	<0,0001
Jueces	15,14	29	0,52	0,82	0,7364
Error	166,63	261	0,64		
Total	257,24	299			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65417

Error: 0,6384 gl: 261

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T5	6,47	30	0,15	A
T6	6,47	30	0,15	A
T4	6,90	30	0,15	A B
T0	6,90	30	0,15	A B
T3	7,33	30	0,15	B C
T2	7,40	30	0,15	B C
T7	7,63	30	0,15	C
T8	7,63	30	0,15	C
T9	7,83	30	0,15	C

T1	7,87	30	0,15	C
----	------	----	------	---

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

Sabor

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Sabor	300	0,30	0,20	14,75	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	113,46	38	2,99	2,94	<0,0001
Tratamiento	68,43	9	7,60	7,49	<0,0001
Jueces	45,03	29	1,55	1,53	0,0450
Error	264,87	261	1,01		
Total	378,33	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82477

Error: 1,0148 gl: 261

Tratamiento	Medias	n	E.E.				
T5	6,20	30	0,18	A			
T6	6,23	30	0,18	A	B		
T4	6,30	30	0,18	A	B		
T0	6,50	30	0,18	A	B	C	
T8	6,87	30	0,18	A	B	C	D
T3	6,90	30	0,18	A	B	C	D
T2	7,03	30	0,18		B	C	D
T9	7,27	30	0,18			C	D
T7	7,47	30	0,18				D
T1	7,53	30	0,18				D

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

Humedad y dureza del grano

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Humedad	300	0,29	0,18	18,92	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	133,01	38	3,50	2,76	<0,0001
Tratamiento	105,47	9	11,72	9,23	<0,0001
Jueces	27,54	29	0,95	0,75	0,8247
Error	331,43	261	1,27		
Total	464,44	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,92259

Error: 1,2698 gl: 261

Tratamiento	Medias	n	E.E.				
T4	4,87	30	0,21	A			
T6	5,20	30	0,21	A	B		
T5	5,37	30	0,21	A	B		
T0	5,80	30	0,21		B	C	
T8	6,10	30	0,21		B	C	D
T2	6,30	30	0,21			C	D
T7	6,37	30	0,21			C	D
T3	6,37	30	0,21			C	D
T9	6,40	30	0,21			C	D
T1	6,80	30	0,21				D

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

Ecuación 7. Matriz de resultados sensoriales de los granos de cacao

Tratamiento	Jueces	Color	Olor	Sabor	Humedad
T0	1	6	6	8	4
T0	2	8	7	6	6
T0	3	8	6	5	5
T0	4	6	8	8	6
T0	5	6	6	7	7
T0	6	6	7	7	5
T0	7	6	6	8	5
T0	8	7	7	5	7
T0	9	7	7	6	5
T0	10	6	6	5	4
T0	11	7	8	8	5
T0	12	6	8	7	5
T0	13	6	8	6	7
T0	14	7	8	5	7
T0	15	7	7	6	6
T0	16	8	8	6	7
T0	17	6	6	7	7
T0	18	7	6	7	5
T0	19	7	6	8	7
T0	20	6	7	6	6
T0	21	7	7	5	7
T0	22	6	6	7	7
T0	23	6	8	7	5
T0	24	8	7	7	4
T0	25	8	6	8	5
T0	26	8	7	7	6
T0	27	6	6	7	7
T0	28	6	8	6	7
T0	29	8	6	5	4
T0	30	7	8	5	6
T1	1	8	8	6	7
T1	2	7	8	9	7
T1	3	7	8	9	5
T1	4	8	8	8	6
T1	5	9	7	7	6
T1	6	8	9	7	6
T1	7	8	8	8	8
T1	8	9	7	9	6
T1	9	8	7	9	8
T1	10	9	8	9	7
T1	11	9	8	8	8
T1	12	7	7	6	7
T1	13	8	8	6	7

T1	14	7	7	9	7
T1	15	7	8	8	6
T1	16	7	7	6	7
T1	17	8	9	6	6
T1	18	8	8	8	5
T1	19	7	9	6	7
T1	20	7	7	6	5
T1	21	9	8	8	8
T1	22	7	7	8	8
T1	23	7	9	8	8
T1	24	8	9	6	6
T1	25	9	7	8	5
T1	26	7	8	6	8
T1	27	8	9	7	6
T1	28	9	8	8	8
T1	29	7	8	8	8
T1	30	9	7	9	8
T2	1	7	9	7	6
T2	2	7	7	6	6
T2	3	9	7	6	5
T2	4	7	6	9	6
T2	5	7	8	8	6
T2	6	8	6	8	7
T2	7	9	8	7	7
T2	8	8	8	6	5
T2	9	8	7	6	6
T2	10	6	8	6	7
T2	11	8	6	7	6
T2	12	9	6	8	8
T2	13	7	8	8	7
T2	14	8	7	6	5
T2	15	9	7	9	5
T2	16	8	8	8	7
T2	17	8	8	7	5
T2	18	8	7	8	6
T2	19	7	8	7	8
T2	20	7	6	6	6
T2	21	8	6	7	6
T2	22	8	8	8	7
T2	23	9	8	6	6
T2	24	9	8	6	6
T2	25	8	8	6	8
T2	26	8	9	6	6
T2	27	8	8	8	8
T2	28	8	7	8	8
T2	29	8	8	7	5
T2	30	8	7	6	5
T3	1	6	6	6	5

T3	2	6	8	8	7
T3	3	6	7	7	7
T3	4	8	8	6	6
T3	5	6	7	6	8
T3	6	7	8	8	6
T3	7	8	7	6	5
T3	8	6	6	8	7
T3	9	8	8	8	5
T3	10	7	6	6	8
T3	11	6	7	6	4
T3	12	8	9	9	8
T3	13	8	9	6	4
T3	14	8	8	6	8
T3	15	8	8	8	6
T3	16	8	7	8	8
T3	17	7	7	9	5
T3	18	6	7	8	6
T3	19	8	8	6	8
T3	20	8	8	6	6
T3	21	9	8	8	6
T3	22	7	8	7	7
T3	23	7	6	7	6
T3	24	8	7	8	6
T3	25	7	6	6	6
T3	26	8	8	7	8
T3	27	8	7	5	4
T3	28	7	8	7	5
T3	29	8	7	5	8
T3	30	8	6	6	8
T4	1	7	7	6	5
T4	2	7	6	7	7
T4	3	6	8	6	6
T4	4	6	7	6	5
T4	5	7	7	7	6
T4	6	6	7	6	5
T4	7	7	6	5	4
T4	8	6	6	5	4
T4	9	8	6	7	4
T4	10	8	8	7	4
T4	11	7	7	7	4
T4	12	7	8	5	6
T4	13	6	8	5	4
T4	14	7	7	5	5
T4	15	7	7	6	7
T4	16	6	8	7	5
T4	17	8	7	6	6
T4	18	7	6	6	4
T4	19	8	7	8	4

T4	20	7	6	6	4
T4	21	7	8	6	4
T4	22	6	7	7	5
T4	23	8	6	6	4
T4	24	8	7	7	4
T4	25	6	7	7	4
T4	26	6	6	8	5
T4	27	6	6	5	4
T4	28	7	7	8	5
T4	29	8	7	6	6
T4	30	6	7	6	6
T5	1	6	6	5	6
T5	2	7	6	8	4
T5	3	7	6	5	5
T5	4	6	6	6	4
T5	5	8	6	6	4
T5	6	8	8	8	7
T5	7	6	7	5	5
T5	8	6	7	6	6
T5	9	7	7	8	5
T5	10	7	7	7	6
T5	11	6	6	7	6
T5	12	6	7	6	6
T5	13	6	7	5	5
T5	14	7	7	7	5
T5	15	7	6	8	5
T5	16	6	6	6	7
T5	17	7	6	6	6
T5	18	7	6	6	7
T5	19	6	7	7	4
T5	20	6	7	5	6
T5	21	7	6	6	7
T5	22	8	8	6	4
T5	23	7	7	6	4
T5	24	7	6	6	6
T5	25	6	6	5	6
T5	26	6	6	7	7
T5	27	7	6	6	4
T5	28	6	6	6	6
T5	29	6	6	5	4
T5	30	6	6	6	4
T6	1	6	6	5	6
T6	2	7	6	6	4
T6	3	7	6	6	5
T6	4	6	7	6	5
T6	5	6	5	5	5
T6	6	7	7	7	7
T6	7	6	7	7	5

T6	8	7	7	6	5
T6	9	6	6	7	6
T6	10	6	7	7	5
T6	11	6	6	7	4
T6	12	6	7	5	5
T6	13	7	6	6	4
T6	14	6	6	6	4
T6	15	6	7	6	5
T6	16	7	6	7	5
T6	17	6	6	7	7
T6	18	6	7	7	5
T6	19	7	7	6	6
T6	20	7	7	5	6
T6	21	6	7	8	4
T6	22	8	6	7	6
T6	23	7	6	5	4
T6	24	6	6	7	7
T6	25	6	6	7	4
T6	26	7	7	6	5
T6	27	7	7	6	4
T6	28	6	6	6	7
T6	29	7	6	5	5
T6	30	7	8	6	6
T7	1	7	7	8	6
T7	2	8	8	7	7
T7	3	7	7	8	7
T7	4	9	7	7	8
T7	5	7	9	8	5
T7	6	7	7	7	5
T7	7	7	8	7	5
T7	8	8	7	9	8
T7	9	8	7	8	8
T7	10	7	7	6	7
T7	11	9	8	9	7
T7	12	8	9	7	7
T7	13	8	9	9	5
T7	14	8	8	8	8
T7	15	8	8	7	6
T7	16	8	7	6	6
T7	17	7	7	7	7
T7	18	7	9	8	5
T7	19	9	6	8	5
T7	20	9	7	6	7
T7	21	8	7	6	5
T7	22	7	7	9	7
T7	23	8	7	9	6
T7	24	8	8	8	6
T7	25	7	8	6	6

T7	26	7	9	7	6
T7	27	8	9	6	7
T7	28	8	7	9	6
T7	29	7	7	6	7
T7	30	7	8	8	6
T8	1	8	7	5	7
T8	2	8	8	7	8
T8	3	8	8	6	7
T8	4	7	8	6	6
T8	5	6	8	6	6
T8	6	7	8	8	7
T8	7	8	8	6	5
T8	8	6	8	8	5
T8	9	7	7	6	6
T8	10	8	7	6	5
T8	11	7	7	7	5
T8	12	8	9	8	5
T8	13	6	8	6	4
T8	14	6	6	7	4
T8	15	8	8	8	8
T8	16	7	8	7	6
T8	17	8	6	6	6
T8	18	7	8	5	7
T8	19	7	8	8	5
T8	20	8	6	5	8
T8	21	8	8	8	7
T8	22	8	7	7	5
T8	23	7	8	8	6
T8	24	8	9	8	7
T8	25	7	8	9	8
T8	26	6	7	6	6
T8	27	8	8	8	6
T8	28	6	8	7	5
T8	29	9	7	7	8
T8	30	7	8	7	5
T9	1	9	9	8	8
T9	2	8	9	8	6
T9	3	8	9	8	7
T9	4	8	8	8	8
T9	5	7	8	8	5
T9	6	7	8	8	8
T9	7	7	6	6	7
T9	8	7	7	8	5
T9	9	8	7	8	6
T9	10	7	7	5	7
T9	11	6	8	8	5
T9	12	9	8	6	6
T9	13	9	6	6	6

T9	14	9	7	8	7
T9	15	9	8	6	5
T9	16	7	6	8	8
T9	17	7	9	8	8
T9	18	8	8	7	8
T9	19	8	8	5	7
T9	20	7	8	6	5
T9	21	8	8	8	7
T9	22	7	7	9	4
T9	23	7	8	8	4
T9	24	8	8	6	6
T9	25	8	7	8	6
T9	26	8	9	7	7
T9	27	6	8	8	7
T9	28	9	8	6	6
T9	29	7	9	8	5
T9	30	7	9	7	8

Elaborado por: La Autora



Figura 1. Realizando la evaluación sensorial de los granos de las parcelas experimentales



Figura 2. Realizando la evaluación sensorial de los granos de las parcelas experimentales



Figura 3. Identificación de los tratamientos en el área experimental



Figura 4. Registrando los datos en las parcelas experimentales



Figura 5. Fertilizando con los abonos bajo ensayo en las parcelas experimentales



Figura 6. En el lugar del ensayo experimental



Figura 7. La cosecha de las parcelas experimental para su beneficiado

