



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA
DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**APLICACIÓN FOLIAR DEL AMINOQUELATO CaBZn Y TIERRA
DE DIATOMEAS EN LA SANIDAD, RENDIMIENTO Y
RENTABILIDAD DEL CACAO CCN-51**

AUTORES:

**ANDY DANIEL MUÑOZ ZAMBRANO
PAOLA LUCÍA LAPO CALVA**

TUTOR:

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCIA, MG

CALCETA, OCTUBRE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **LAPO CALVA PAOLA LUCÍA** con cédula de ciudadanía 2200600480 y **MUÑOZ ZAMBRANO ANDY DANIEL** con cédula de ciudadanía 2350744120, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN FOLIAR DEL AMINOQUELATO CaBZn Y TIERRA DE DIATOMEAS EN LA SANIDAD, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO CCN-51** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

Paola L. Lapo Calva

CC: 2200600480

Andy D. Muñoz Zambrano

CC: 2350744120

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

LAPO CALVA PAOLA LUCÍA con cédula de ciudadanía 2200600480 y **MUÑOZ ZAMBRANO ANDY DANIEL** con cédula de ciudadanía 2350744120, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN FOLIAR DEL AMINOQUELATO CaBZn Y TIERRA DE DIATOMEAS EN LA SANIDAD, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO CCN-51**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Paola L. Lapo Calva

CC: 2200600480

Andy D. Muñoz Zambrano

CC: 2350744120

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA M.G, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN FOLIAR DEL AMINOQUELATO CaBZn Y TIERRA DE DIATOMEAS EN LA SANIDAD, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO CCN-51**, que ha sido desarrollado por **LAPO CALVA PAOLA LUCÍA Y MUÑOZ ZAMBRANO ANDY DANIEL**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Galo Cedeño García MG.

CC: 1311956831

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN FOLIAR DEL AMINOQUELATO CaBZn Y TIERRA DE DIATOMEAS EN LA SANIDAD, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO CCN-51**, que ha sido desarrollado por **LAPO CALVA PAOLA LUCIA Y MUÑOZ ZAMBRANO ANDY DANIEL**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, M.Sc.

CC: 1304579988

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. FREDDY MESÍAS GALLO, M.Sc.

CC: 1202028492

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. LEONARDO LEÓN CASTRO, M.Sc.

CC: 0918676768

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional y la motivación para seguir en cada uno de nuestros objetivos y por nunca dejar de estar presentes en nuestra trayectoria universitaria. No soy una persona de religión, pero agradezco a un ser superior que creemos existente, el cual hace que todo sea posible, así como las coincidencias y de esta manera se den las cosas de la mejor manera.

Un agradecimiento general a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola quienes con sus conocimientos y sus grandes virtudes como personas me han encaminado de la mejor manera para culminar la carrera universitaria. Y un agradecimiento a las personas que estuvieron y dejaron de estar presentes porque de esto se trata la vida de tomar cada situación buena o mala como una oportunidad para mejorar e impulsarme y seguir.

Andy Daniel Muñoz Zambrano

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a:

Dios, por ser mi guía y mi fortaleza durante todo este proceso. A mis padres: Pedro Lapo y Carmen Calva, a mis hermanos y demás familia, gracias por brindarme todo su apoyo de manera incondicional, gracias por sus palabras de aliento y motivación cuando lo necesite, gracias por todo su esfuerzo y sacrificio durante todos estos años, sin ustedes este logro no hubiese sido posible.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, a la carrera de Ingeniería agrícola, el área administrativa y todo su personal docente, gracias de todo corazón por brindarnos sus conocimientos, y sus palabras de motivación cuando lo necesitábamos, un agradecimiento especial a nuestro tutor el M.Sc. Galo Cedeño García, por ser nuestro guía y amigo para que esto sea posible.

A mi compañero de tesis el Sr. Andy Muñoz Zambrano, una amistad que se formó a través del compartir diario en las aulas de clases, gracias por tus palabras de aliento cuando lo necesitaba, lo aprecio mucho. Así mismo agradezco a todas las personas que de una u otra manera estuvieron presentes en este trayecto de formación académica.

A todos, muchas gracias.

Paola Lucía Lapo Calva

DEDICATORIA

En primer lugar, a mi padre Carmen Genereldo Muñoz Vélez, cuyo amor, apoyo y sacrificio me han acompañado a lo largo de toda mi vida académica y su vez influenciándome e impartiendo el amor por el agro, a mi difunta madre y hermano un saludo hasta el cielo. Gracias por creer en mí y por brindarme las oportunidades necesarias para alcanzar mis metas.

A mi compañera de tesis Paola Lucia Lapo Calva por su motivación en todo momento el compañerismo y una verdadera amistad que surgió de la nada, pero fue algo de largo y ser de las pocas personas a quien considero un verdadero amigo en mi vida universitaria, y me llevo un poco de mérito en su mejora como personas enseñándole el valor de la paciencia, amor propio.

A mi tutor de tesis M.Sc Galo Cedeño García por su invaluable guía, paciencia y conocimientos compartidos. Su orientación y consejos fueron fundamentales para la elaboración de este trabajo.

Finalmente, a mi persona por no doblegarme y mantenerme firme en mi camino y ser alguien de vocación, y tomar todas las situaciones como retos y haber hecho lo que se debió de hacer.

A todos, muchas gracias...

Andy Daniel Muñoz Zambrano

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico todo este esfuerzo a mi familia quienes estuvieron presentes de manera incondicional todo este tiempo.

A mi persona, Paola Lapo, por creer en mis capacidades y perseverar en la búsqueda de mis metas, por mi determinación y dedicación, que me han permitido alcanzar este objetivo y poder decir con orgullo ¡Lo logré!

Paola Lucia Lapo Calva

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xiii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. IMPORTANCIA DEL CACAO.....	5
2.2. TAXONOMÍA DEL CACAO	6
2.3. ECOFISIOLOGIA DEL CACAO CCN-51	6
2.3.1. ALTITUD	6
2.3.2. TEMPERATURA.....	6
2.3.3. REQUERIMIENTO HÍDRICO	7
2.3.4. VIENTO.....	7
2.3.5. CONDICIONES DEL SUELO	7
2.4. NECESIDADES NUTRICIONALES	8
2.5. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR.....	9

2.6. USO DE AMINOQUELATOS	10
2.6.1. RESPUESTA DEL CACAO NACIONAL ANTE LA APLICACIÓN DE AMINOQUELATOS.....	10
2.7. USO DE TIERRA DE DIATOMEAS	11
2.7.1. EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE TIERRA DE DIATOMEAS EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ	11
2.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE CACAO CCN-51	11
2.8.1. MONILIASIS (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	11
2.8.2. ESCOBA DE BRUJA (<i>Crinipellis perniciosa</i>)	12
2.8.3. CHERELLES.....	12
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	13
3.1. UBICACIÓN	13
3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	13
3.2. DURACIÓN.....	13
3.3. MATERIAL VEGETAL	13
3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	14
3.4.1. FACTORES EN ESTUDIO	14
3.5. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	14
3.6. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS	16
3.7. VARIABLES RESPUESTA.....	16
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. EFECTO DE TRES DOSIS DEL AMINOQUELATO CaBZn COMBINADO CON TIERRA DE DIATOMEAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CACAO CCN-51.	18
4.2. EFICACIA DE TRES DOSIS DEL AMINOQUELATO CaBZn COMBINADO CON TIERRA DE DIATOMEAS SOBRE EL ESTADO SANITARIO DEL CACAO CCN-51.	21
4.3. VENTAJAS ECONÓMICAS DEL USO DEL AMINOQUELATO CABZN Y TIERRA DE DIATOMEAS EN CACAO CCN-51.....	27
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5.1. CONCLUSIONES.....	29

5.2. RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Requerimientos nutricionales(gramos) por planta del cacao CCN- 51.....	9
Tabla 3.1. Datos climatológicos.....	13
Tabla 3.2. Tratamientos.....	14
Tabla 3.3 Esquema ANOVA.....	15
Tabla 4.1. Significancia estadística de variables productivas del cacao CCN-51 en función de aplicaciones foliares de un Aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas.....	18
Tabla 4.2. Significancia estadística de variables sanitarias del cacao CCN-51 en función de aplicaciones foliar de CaBZn y tierra de diatomeas.....	22
Tabla 4.3. Análisis económicos de los tratamientos foliares a base de un aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en cacao CCN-51.....	27

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del experimento en campo.....	15
Figura 2. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el peso de granos frescos por mazorca.....	19
Figura 3. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en la producción de granos frescos por planta.....	20
Figura 4. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el rendimiento de gran seco.....	21
Figura 5. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en la producción de escobas de bruja.....	23
Figura 6. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en la producción de mazorcas sanas.....	24
Figura 7. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en la producción de mazorcas enfermas.....	25
Figura 8. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en la producción de frutos cherelles.....	26

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de la aplicación foliar del aminoquelato CaBZn y tierra de diatomeas sobre la sanidad, rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51. Se evaluaron tratamientos factoriales de tres niveles de aminoquelato CaBZn (1,0, 1,5 y 2,0 L ha⁻¹) y dos niveles de tierra de diatomeas (con y sin aplicación) y un tratamiento control. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos, tres replicas y 21 unidades experimentales. Las principales variables registradas fueron mazorcas enfermas (ME), rendimiento de grano (RG) y rentabilidad económica (RE). Los datos fueron analizados con ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 5\%$). La aplicación combinada de aminoquelato CaBZn con tierra de diatomeas produjo una disminución de ME del 33,57 y 50,97 % con relación a los tratamientos foliares de aminoquelato CaBZn sin tierra de diatomea y el control, respectivamente. El RG fue incrementado en un 18,73 y 36,50 % por la aplicación combinada de aminoquelato CaBZn con tierra de diatomeas, en contraste a la aplicación del aminoquelato CaBZn sin tierra de diatomeas y el control, en su respectivo orden. Todos los tratamientos con aminoquelato CaBZn y tierra de diatomeas lograron una RE superior al 300%, siendo la dosis de 1 L ha⁻¹ de aminoquelato CaBZn en mezcla con tierra de diatomeas, el tratamiento que logró la mayor RE. Se concluye que la aplicación foliar de aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas fue eficaz para potenciar el rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, *Nutrición foliar*, *Quelatos de CaBZn*, *Diatomita*, *Fitosanidad*, *Productividad*, *Beneficio económico*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of foliar application of CaBZn amino chelate and diatomaceous soil on the health, yield and profitability of CCN-51 cocoa. Factorial treatments of three levels of CaBZn amino chelate (1.0, 1.5 and 2.0 L ha⁻¹) and two levels of diatomaceous soil (with and without application), and a control were evaluated. A randomized complete block design with seven treatments, three replicates and 21 experimental units were used. The main variables recorded were diseased cobs (DS), grain yield (GD) and economic profitability (ER). The data were analyzed with ANOVA and Tukey test ($\alpha = 5\%$). The combined application of CaBZn amino chelate with diatomaceous soil produced a decrease in DS of 33.57 and 50.97 % in relation to the foliar treatments of CaBZn amino chelate without diatomaceous soil and the control, respectively. The RG was increased by 18.73 and 36.50 % by the combined application of CaBZn amino chelate with diatomaceous soil, in contrast to the application of CaBZn amino chelate without diatomaceous soil and the control, in their respective order. All treatments with CaBZn amino chelate and diatomaceous soil achieved an ER greater than 300%, being the dose of 1 L ha⁻¹ of CaBZn amino chelate mixed with diatomaceous soil, the treatment that achieved the highest ER. It is concluded that the foliar application of CaBZn amino chelate and diatomaceous soil was effective in enhancing the yield and profitability of CCN-51 cocoa.

KEYWORDS: *Theobroma cacao*, Foliar nutrition, CaBZn chelates, Diatomite, Phytosanitary measures, Productivity, Economic benefit.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) provee la materia prima esencial para la industria chocolatera y genera ingresos económicos cercanos a seis millones de cacaoteros en todo el mundo (Cevallos et al., 2022). Actualmente, la productividad y su comercialización a nivel global está siendo limitada por los efectos del cambio climático, presencia de metales pesados en los suelos, alta incidencia y severidad de problemas fitosanitarios, plantaciones viejas, deficiente nutrición y fertilización del cultivo (Somarriba et al., 2021).

En el Ecuador, particularmente en la provincia de Manabí, la baja productividad de cacao, está relacionada a un deficiente manejo tecnológico, de postcosecha (Macías et al., 2019), por la carencia de riego, el cual esta implementado en 23% de la superficie cacaotera (Cevallos et al., 2022) pero principalmente está asociada con la baja fertilidad que alcanza un promedio registrado de 134 kg ha⁻¹ de fertilizantes, lo cual está muy por debajo de sus requerimientos nutricionales (Motato & Pincay, 2015).

Debido a que generalmente los suelos cacaoteros de la zona central de Manabí presentan deficiencias de Nitrógeno (N), azufre (S), zinc (Zn) y boro (B), pero contenidos de Calcio (Ca) (Motato & Pincay, 2015) es muy probable que desarrollen reacciones negativas que dificulten la absorción eficiente de estos nutrientes por parte de las raíces y por ende que estén presentes en bajas concentraciones en el tejido foliar, lo cual afecta negativamente los procesos de floración, cuajado y fructificación del cacao, debido a que es bien conocido las funciones fisiológicas de estos tres nutrientes en la germinación del grano de polen, crecimiento y fortalecimiento del tubo polínico, que conlleva a una adecuada fecundación de gametos, y por ende producción de frutos y semillas (Cevallos et al., 2022).

Un aspecto relevante que hay que considerar para que las aplicaciones foliares sean efectivas, es el tipo de fertilizante foliar. En este sentido, las sales han sido las fuentes tradicionalmente más usadas en nutrición foliar, sin embargo, se

conoce que son menos eficientes debido a que sus cargas interactuarán con la carga inherentemente negativa de la superficie de la hoja, interfiriendo con la absorción foliar (Jaimez et al., 2022). Por lo anterior, los aminoquelatos son actualmente las formulaciones más avanzadas tecnológicamente para la fertilización foliar, dado que se sintetizan a partir de varios aminoácidos y uno o varios iones, con mayor efectividad en comparación con sales y quelatos convencionales (Kazem & Aslani, 2018).

Por otra parte, se ha propuesto que la tierra de diatomeas en el cultivo de cacao puede potenciar la salud de las plantas debido a que su nano-estructura porosa provee efecto fungistático y puede afectar las estructuras de patógenos por desecación (Bravo et al., 2022). Además, se ha determinado que la aplicación foliar de tierra de diatomeas forma una película en el tejido foliar, que contribuye a reducir la temperatura foliar, aumenta el uso eficiente del agua, mejora la absorción de fertilizantes por la hoja, y que el rendimiento aumenta hasta un 8.1 % con la utilización de tierra de diatomeas con fertilizantes foliares, en comparación con la aplicación de fertilizantes foliares solos (Cevallos et al., 2022)

A nivel local existe limitada información relacionada a la efectividad de aminoquelatos de CaBZn y tierra de diatomeas en cacao CCN-51, razón por la cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera la aplicación foliar del aminoquelato Ca B Zn y tierra de diatomeas puede mejorar la sanidad rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Incrementar la productividad y rentabilidad del cacao CCN-51 a nivel local, es imprescindible para contribuir a mejorar los ingresos económicos y el nivel de vida de pequeños y medianos productores. Conociendo de antemano que el bajo contenido de nutrientes claves en los suelos cacaoteros contribuye a una baja productividad del cultivo, es necesario generar alternativas para mejorar la nutrición del cacao.

Entre estas alternativas el uso de fuentes foliares tecnológicamente avanzadas como los aminoquelatos y la tierra de diatomea, pueden ser la clave para potenciar los niveles de productividad sanidad y rentabilidad, más aún cuando a nivel local existe un vacío de conocimiento del uso de estas tecnologías nutricionales en cacao, razón por la cual la investigación propuesta se justifica plenamente.

De esta manera se vincula a lo propuesto en la agenda para el desarrollo sostenible en su objetivo número 12. La producción y consumo responsable consisten en hacer más y mejor con menos. Desvinculando el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentando la eficacia de recursos y promover estilos de vida sostenibles donde se menciona en la meta dos “de aquí a 2030 la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la aplicación foliar del aminoquelato CaBZn y tierra de diatomeas sobre la sanidad, rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de tres dosis del aminoquelato CaBZn combinado con tierra de diatomeas sobre el rendimiento del cacao CCN-51.
- Cuantificar la eficacia de tres dosis del aminoquelato CaBZn combinado con tierra de diatomeas sobre el estado sanitario del cacao CCN-51.
- Establecer las ventajas económicas del uso del aminoquelato CaBZn y tierra de diatomeas en cacao CCN-51.

1.4 HIPÓTESIS

La aplicación foliar del aminoquelato CaBZn combinado con tierra de diatomeas mejora el rendimiento, el estado sanitario y rentabilidad del cacao CCN-51 con relación al tratamiento control.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA DEL CACAO

El cultivo de cacao es principalmente realizado por pequeños productores en las regiones de tierras bajas tropicales de América Latina, África Occidental e Indonesia. Esta actividad tiene una relevancia significativa tanto social como económica para numerosos países en desarrollo, dado que sustenta aproximadamente a 50 millones de personas a nivel global. En este contexto, la gran mayoría del cacao proviene de pequeñas fincas familiares que enfrentan limitaciones en el acceso a recursos y mercados organizados (Houston & Wyer, 2012). Además de su impacto social, el cacao es crucial para la economía de estos países, ya que genera divisas a través de exportaciones y proporciona empleo. Los granos de cacao son un ingrediente esencial para las industrias chocolatera, farmacéutica y cosmética (Gayi & Tsowou, 2016).

En América Latina y el Caribe, la región es reconocida por la alta calidad de su cacao. No obstante, en Ecuador, al igual que en Perú y Colombia, se cultiva una variedad específica de cacao llamada CCN 51, que se distingue por ser de menor calidad y se destina principalmente a usos industriales y productos derivados en la chocolatería (Hütz-Adams & Campos, 2022). En 2019, la productividad del CCN 51 en Ecuador fue de 0.75 toneladas por hectárea en términos de almendra seca. A pesar de esta menor calidad, el país exportó 270,940 toneladas de cacao crudo y tostado durante el mismo año (Lema, 2019). Esta situación refleja la compleja dinámica entre la producción local y las demandas internacionales del mercado del cacao.

En 2005 el clon de cacao CCN-51, fue declarado como uno de los cultivos con mayor importancia por su alta productividad según un acuerdo ministerial el 22 de junio del 2005, para apoyar y respaldar la implementación de planes de aumento de la producción, buena comercialización y fomentar de la exportación de cacao (Dominguez, 2013). La comercialización del cacao CCN-51 moderna se basa en el volumen y posterior aplicación de mano de obra para obtener derivados usados en la industria chocolatera (Carrión, 2012).

2.2. TAXONOMÍA DEL CACAO

Reino: Plantae
Tipo: Magnoliophyta
Clase: Magnolipsida
Orden: Malvales
Familia: Sterculiaceae
Género: Theobroma
Especie: Cacao L

2.3. ECOFISIOLOGIA DEL CACAO CCN-51

El crecimiento y desarrollo del cacao CCN-51 depende principalmente de la temperatura para generar un óptimo crecimiento vegetativo, floración y desarrollo del fruto. Por otro lado, cuando se generan inundaciones disminuye el área foliar, se refleja la conductancia estomática y tasas fotosintéticas con la generalidad de inducir una mayor formación de lenticelas y las conocidas raíces adventicias (Jaimez et al., 2022).

En la mayoría de cultivos una buena productividad es sinónimo de buenas condiciones climáticas, edáficas y topografías únicas y por ende específicas para el cultivo (Marchive et al., 2021).

2.3.1. ALTITUD

Desde el nivel del mar hasta los 1200 m.s.n.m siempre y cuando con la dependencia de latitud del sitio y su temperatura, el cultivo se genera con mayor altitud a medida que se acerque a la línea Equinoccial o Ecuatorial de la Tierra (Jaimez et al., 2021), es conocida que la relación existente es de que a mayor altitud disminuye la temperatura (Jordán, 2013).

2.3.2. TEMPERATURA

La temperatura optima esta entre 23 y 25 °C, siendo una variable estrechamente relacionada con el óptimo desarrollo, floración y la efectividad en la fructificación del cacao. Si las temperaturas llegan por debajo de 21 °C se compromete el

crecimiento, se divisan pocos rebrotes y una floración casi nula (Jaimez et al., 2021).

2.3.3. REQUERIMIENTO HÍDRICO

Este factor es clave en el manejo del cultivo de cacao, implica no solo las precipitaciones también un suministro en la época de seca, desde ríos y pozos (Motato & Pincay, 2015), en el requerimiento del cultivo de cacao CCN-51 es de 1,500 y 2,500 mm y en las zonas más frescas o en los valles entre 1,200 y 1,500 mm (Sabando & Molina, 2013).

2.3.4. VIENTO

El cultivo de cacao tiene la particularidad de ser muy sensible al viento, específicamente cuando estos sistemas de cultivo son generados a cielo abierto, de 14 y 15 km·h⁻¹ es óptimo (Lema, 2019), si los vientos son de mayor intensidad las hojas se caen y se genere una pérdida de agua por daño mecánico (Esmeralda & Chila, 2021).

2.3.5. CONDICIONES DEL SUELO

Las texturas requeridas son franco, franco-limoso y franco-arcilloso, recomendable evitar los suelos arenosos, con un nivel freático (mayor a 1.5 m) que es considerado el más óptimo para una alta productividad (Jaimez et al., 2021). El rango de pH desde 6 a 7, con un mínimo de 3 a 5% de materia orgánica como mínimo, pero si debe contener alta concentración de nutrientes (Quiroz & Mestanza, 2012).

2.4. NECESIDADES NUTRICIONALES

Los requerimientos nutricionales óptimos para este cultivo son los siguientes: N= 200 kg ha⁻¹, P= 10 kg ha⁻¹, K= 226 kg ha⁻¹, Ca= 153 kg ha⁻¹, Zn= 8 kg ha⁻¹, B= 5 kg ha⁻¹ (Leiva, 2013). Generalmente Ca-B-Zn apoya a mejorar los procesos fisiológicos de la planta, logrando un uso eficiente de los nutrientes en los distintos procesos, generando un óptimo estado de sanidad y demás de consolidar su composición protohormonal que colabora en un buen desarrollo y cuajado del fruto; mejorando su calidad, interviene en la activación de enzimas como cofactor en el control de la maduración de los frutos (INTEROC, 2016).

2.4.1 Calcio:

- Interviene en la activación de enzimas como cofactor.
- Controla la maduración de los frutos.
- Participa en la selectividad de la membrana vegetal.
- Interviene en la división celular y el alargamiento de las células.

2.4.2 Boro:

- Esencial en la división celular y desarrollo de meristemas.
- Controla el movimiento de azúcares, almidones y aminoácidos.
- Tiene estrecha relación con el Calcio para evitar la caída de flores y frutos.
- Interviene en la maduración de los frutos.

2.4.3 Zinc:

- Participa en la formación de clorofila.
- Esencial para la producción de ácido indolacético (hormona que estimula el crecimiento).
- Precursor enzimático (forma parte de más de 80 enzimas).

Leiva (2013) detalla los nutrientes esenciales necesarios para el desarrollo óptimo de la planta de cacao CCN-51. En su estudio, presenta una tabla exhaustiva que identifica los elementos nutritivos clave para esta variedad de cacao, destacando la importancia de una nutrición equilibrada para maximizar el crecimiento, la salud y el rendimiento de la planta.

Tabla 2.1. Requerimientos nutricionales(gramos) por planta del cacao CCN- 51.

Estado de la planta	Edad árbol (meses)	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
Recién sembrada	5	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01	0,009
Producción inicial	28	140	16	170	115	40	4,2	0,6	0,4
Producción media	36	215	25	370	130	65	7,6	1,1	1,2
Producción total	abr-90	448	51	710	320	110	5,9	1,6	1,7

Fuente. (Leiva, 2013)

2.5. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar en plantaciones de cacao es el complemento idóneo para la corrección de deficiencia de nutrientes esenciales que en ocasiones se encuentran agotados o no pueden ser adsorbidos de forma correcta, esta aplicación de nutrientes en forma líquida o de aerosol directamente sobre las hojas de las plantas donde son absorbidos a través de la superficie de las hojas y se trasladan a las partes de la planta que los necesitan (Del Monte AG, 2023). La fertilización foliar, consiste en nutrir a la planta a través de las hojas, ya que es usada para complementar la fertilización edáfica. Las hojas brindan un importante aprovechamiento de algunos componentes que participan en la absorción de los iones, pero a su vez existen factores en esta fertilización que generan una división de tres grupos que corresponden: a la planta, el ambiente y la formulación foliar (Trinidad & Manjarrez, 1999) .

Es de principal importancia tener en cuenta que si se va a iniciar alguna labor de fertilización se debe de conocer con precisión los niveles de fertilidad natural del suelo para obtener mayores repuestas de producción, en la mayoría de ocasiones las aplicaciones que se realizan son de fertilizantes compuestos Nitrógeno(N), Fosforo (P) y Potasio (K), por el método de aplicación edáfica y los elementos menores se aplican de manera foliar por su buena asimilación por las hojas (Sánchez et al., 2014).

2.6. USO DE AMINOQUELATOS

La aplicación de este tipo de productos está en auge y en varios países dominan el mercado de fertilizantes, los agricultores se han familiarizado gracias a su eficacia, ayuda al crecimiento de cultivos y a su vez ayuda en las enmiendas de deficiencias de nutrientes que se presentan en los suelos. En la actualidad existen diversas marcas de estos fertilizantes aminoquelados para cubrir las necesidades de uno o varios nutrientes (Cevallos et al., 2022).

Este tipo de fertilizantes aminoquelados es sintetizado por medio de reacciones de aminoácidos con nutrientes metálicos a partir de una sal metálica soluble, dando como resultado algunos enlaces covalentes coordinados (Kazem, 2016), la eficacia siempre dependerá de reacción del medio donde se apliquen y de la capacidad de la planta en tomar el elemento aportado (Lucena, 2009).

Lo que se destaca en los aminoquelatos es su gran concentración de N lo que ayuda a tener efectos positivos en tanto a crecimiento y alta productividad de las plantas que se aplica y además, se sabe que plantas pueden absorber varios compuestos nitrogenados, incluidos los aminoácidos, tanto en la raíz como en las hojas de manera muy fácil (Lucena, 2009).

2.6.1. RESPUESTA DEL CACAO NACIONAL ANTE LA APLICACIÓN DE AMINOQUELATOS

Existe evidencia sobre la efectividad de la aplicación de amino quelatos en el cacao nacional durante la época lluviosa en la finca “La Floreana”, ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, con coordenadas N: 9959159 y E: 692521S, a una altitud de 343 msnm, temperatura de 25,10 °C, humedad relativa del 89,25% y velocidad del viento de 1 m/s. En este contexto, las plantas que recibieron la aplicación de amino quelatos lograron el mayor rendimiento de grano, resultando en un beneficio económico neto significativamente superior. La rentabilidad obtenida fue de \$202,66, en contraste con los \$33,46 registrados para el testigo, que no recibió la aplicación de Fitosil (0,0 L/ha⁻¹). Estos resultados reflejan la relación entre los tratamientos con quelatos y los picos de floración, considerando los recursos monetarios invertidos en 180 plantas (Castillo, 2019).

2.7. USO DE TIERRA DE DIATOMEAS

La incorporación de tierra de diatomeas dentro del manejo fitosanitario del cacao CCN-51 es presentada como una opción altamente eficaz para obtener un óptimo estado fitosanitario en las plantas, además varios estudios que se han generado demuestran una relación en la implicación del silicio en las plantas en aspectos morfológicos y fisiológicos, porque cuando las plantas adsorben el silicio luego de varios procesos se polimeriza como gel de sílice en la superficie de las hojas y tallos formando una cutícula de silicio (Beltrán, 2021). Es considerado que cuando se aplica silicio se genera una resistencia al volcamiento disminuyendo la severidad e incidencia de enfermedades, varios estudios demuestran la reducción en la propagación de conidios con aplicaciones continuas de silicio (Quiroga, 2016).

2.7.1. EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE TIERRA DE DIATOMEAS EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ

Una de las características que más resaltan en la composición de la tierra de diatomeas es su alto contenido de silicio y que en la mayoría de cultivos en donde es aplicado alguno de estos productos con alta concentración de silicio se va generar una alta tolerancia a las sequías y al retraso de la defoliación prematura (Mazzuferri et al., 2006) indican que en un trabajo realizado en maíz para el control de *Sitophilus zeamais* en semillas en donde los resultados de los tratamientos fueron de alta viabilidad y que a su vez los residuos de los tratamientos no afectan la calidad de los granos ni el vigor de las semillas.

2.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE CACAO CCN-51

2.8.1. MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*)

El origen de la monilla es fúngico, siendo causada por el hongo *basidiomycete Moniliophthora roreri*, ataca a frutos de menor edad generando deformaciones y a la muerte del tejido, llegando a ocupar por totalidad de la pequeña mazorca

además en los frutos de mayor tamaño provoca la maduración prematura con necrosis diseminada en el interior de la mazorca (Correa et al., 2014) la presencia de esta plaga es más notoria en épocas lluviosas y la incidencia de afectación oscila entre el 30% hasta el 100% del total de la plantación (Sánchez & Garcés, 2012).

2.8.2. ESCOBA DE BRUJA (*Crinipellis perniciosa*)

Es ocasionada por hongo endémico de las zonas tropicales de Sudamérica y con una dispersión por medio de tejido vegetal como semillas, varetas, frutos, brotes, y ramas. Cuando se detectó por primera vez en Ecuador la producción se redujo aproximadamente 40 % en un período de cinco años.(Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2019).

Cuando se presenta en los tejidos de la planta el síntoma visible es que permanecen de color verde en un lapso de tiempo muy corto. Luego empieza a secarse desde los ápices, adquiriendo un color café en aproximadamente cinco o seis semanas hasta que se secan progresivamente (SENASICA, 2019).

2.8.3. CHERELLES

A nivel mundial, la marchitez prematura, también conocida como Cherelle Wilt, representa un problema significativo en las plantaciones de maíz, ya que reduce drásticamente su rendimiento. Este trastorno afecta las mazorcas en una etapa muy temprana, provocando una disminución en la producción que puede variar entre 20 a 90%. Debido a su potencial impacto severo, la marchitez prematura debe considerarse una amenaza latente. La incidencia de este problema puede variar a lo largo del año, lo que añade complejidad a su manejo y control.(Gudiño, 2017).

Es considerado que la aparición de la marchitez prematura es ocasionada por competencia de alimentos entre mazorcas, las que están en ramas gruesas lograrán llegar a la madurez, mientras que la que estén ubicadas en ramas delgadas morirán prematuramente, también se puede generar por otros factores como el exceso de lluvias y sequías prolongadas (Anzules et al., 2022).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el Sitio Garrapata, parroquia Ricaurte, del cantón Chone, Manabí, Ecuador, posicionado geográficamente entre las coordenadas 0°41'53.5" latitud Sur; 80°5'37" longitud Oeste y una altitud de 17 m.s.n.m.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Condiciones climáticas de la zona de estudio (tabla 3.1) corresponden a las medias de los datos obtenidos en la evaluación realizada de enero a diciembre.

Tabla 3. 1 Datos climatológicos

CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	CHONE
Precipitación anual	1200 mm
Temperatura máxima	34°C
Temperatura mínima	24 °C
Humedad relativa	75 y 85%
Heliofanía	1035,65 h/sol/año

Fuente. GADM Chone, (2023)

3.2. DURACIÓN

El trabajo se realizó desde julio 2023 a junio del 2024.

3.3. MATERIAL VEGETAL

La investigación se realizó en una plantación de cacao CCN-51 de ocho años de edad proveniente de plantas injertadas, establecidas a una densidad de 1111 plantas ha⁻¹.

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A (Dosis de Aminoquelato CaBZn)

- 1,0 L ha⁻¹
- 1,5 L ha⁻¹
- 2,0 L ha⁻¹

Factor B (Tierra de diatomeas)

- Con tierra de diatomeas (4 kg/ha)
- Sin tierra de diatomeas

control absoluto sin aplicación foliar

Tabla 3. 2 Tratamientos

COMBINACIÓN			
	Factor A		Factor B
T1	1,0 L ha ⁻¹	+	Tierra de diatomeas
T2	1,5 L ha ⁻¹	+	Tierra de diatomeas
T3	2,0 L ha ⁻¹	+	Tierra de diatomeas
T4	1,0 L ha ⁻¹	+	Sin tierra de diatomeas
T5	1,5 L ha ⁻¹	+	Sin tierra de diatomeas
T6	2,0 L ha ⁻¹	+	Sin tierra de diatomeas
T7	Tratamiento control		Sin aplicación

Fuente. Los autores

3.5. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial AxB+1, con siete tratamientos, tres replicas y 21 unidades experimentales. La Unidad Experimental se conformó de parcelas con 25 plantas, con una distancia de 2.5 x 2.5 m por planta, los datos fueron registrados en las nueve plantas centrales.

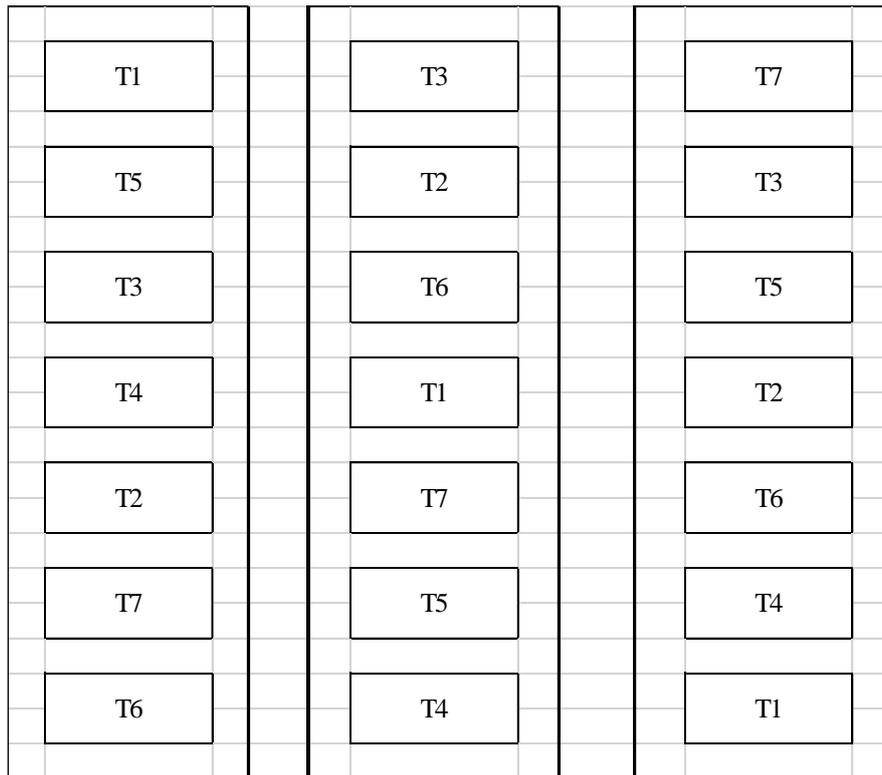


Figura 1. Croquis del experimento en campo.

Tabla 3.3 Esquema ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad (G.L.)
Total	20
Tratamientos	6
A. Dosis de CaBZn	2
B. Tierra de diatomeas	1
AxB	2
Control vs tratamientos	1
Repeticiones	2
Error experimental	12

Fuente. Los autores

3.6. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

En total se realizaron ocho aplicaciones anuales, dado que en la zona se presentan dos picos de floración y fructificación importantes en los meses de abril a junio y octubre a diciembre. Se realizaron cuatro aplicaciones seguidas cada 21 días en cada pico de floración y fructificación. Para evitar la deriva y traslape de productos entre tratamientos, al momento de la aplicación se utilizarán pantallas de plástico que rodeaban toda la parcela, las cuales se diseñaron con plástico de cuatro metros de altura sostenidas con varillas de aluminio, que se movilizaran fácilmente entre parcelas. Las aplicaciones foliares se realizaron con un volumen de agua de 200 L·ha⁻¹, usando una bomba motorizada de espalda marca STIHL SR-420.

3.7. VARIABLES RESPUESTA

3.7.1. COMPONENTE DE LAS VARIABLES RENDIMIENTO

- **Peso de granos fresco por mazorca (g)**

En cada ciclo de cosecha se registró el peso de granos fresco en gramos por mazorca en cada unidad experimental, para lo cual se utilizó una balanza de precisión

- **Peso de granos fresco por planta (kg)**

Fue realizado en cada ciclo de cosecha, para lo cual se registró los granos cosechados fresco en cada planta de la unidad experimental, con la ayuda de una balanza

- **Rendimiento de grano seco al 7% de humedad (t·ha⁻¹)**

Se registró al final de la investigación, para lo cual se realizó la sumatoria del peso de granos sin maguey en kg cosechados por parcela y luego con la constante (100 – 40) con 7% de humedad, se trasformó a rendimiento en t·ha⁻¹, esto según la metodología descrita por Loor et al. (2016).

3.7.2. COMPONENTE DE LAS VARIABLES SANITARIAS

- **Número de escobas de bruja por planta**

Se obtuvo por conteo de escobas vegetativas en cada planta, al momento de cada ciclo de cosecha

- **Número de mazorcas sanas por planta**

Se determinó por conteo en cada ciclo de cosecha, para lo cual se registrará el número de mazorcas sanas cosechas por cada planta

- **Número de mazorcas enfermas por panta**

Se realizó por conteo en cada ciclo de cosecha, para lo cual se registrará el número de mazorcas enfermas por cada planta

- **Número de frutos cherelles por planta**

Se realizó contabilizando el número de frutos cherelles marchitos por planta, en cada ciclo de cosecha

3.7.3. COMPONENTE DE LA VARIABLE ECONÓMICAS

Rentabilidad económica (USD ha⁻¹)

El análisis económico de los tratamientos se estimó mediante expresiones algebraicas aplicadas por Ayvar-Serna et al. (2020), donde el costo total (CT) se estima sumando los costos fijos (CF) más los costos variables (CV), ($CT = CF + CV$). Para cuantificar el ingreso total (IT), el ingreso obtenido por la venta de productos se calculó según la fórmula: $IT = PV * Ren$, en la cual: PV es el precio de venta del ensilaje verde (USD/qq), y Ren es el rendimiento por hectárea (qq o sacos de 100 libras). El ingreso neto (IN) es el resultado de restar el ingreso total menos los gastos totales ($IN = IT - CT$). La relación beneficio-costo o retorno por dólar invertido (RBC) se obtiene dividiendo el ingreso neto entre los gastos totales ($RBC = IN/CT$).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey ($p < 0.05$).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE TRES DOSIS DEL AMINOQUELATO CaBZn COMBINADO CON TIERRA DE DIATOMEAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CACAO CCN-51.

El análisis de varianza reveló que el factor Aminoquelato CaBZn no influyó significativamente ($p>0.05$) ninguna de las variables evaluadas, lo cual indica que con la aplicación de la dosis mínima de $1 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ puede ser suficiente para la producción de cacao. El factor tierra de diatomeas influyó de manera significativa ($p<0.05$) los componentes de las variables rendimiento del cacao evaluados, lo cual evidencia que su aplicación es factible para la producción de cacao. El análisis de interacción entre AM x TD no fue significativo ($p>0.05$) lo cual indica la independencia de los niveles de cada factor. La comparación ortogonal entre el promedio de los tratamientos con Aminoquelato de CaBZn + Tierra de diatomea vs el promedio del tratamiento control, fue estadísticamente significativo ($p<0.05$), lo cual evidencia que la aplicación combinada de estos productos promueve un mejor estado productivo del cacao (**Tabla 4.1**).

Tabla 4.1. Significancia estadística de variables productivas del cacao CCN-51 en función de aplicaciones foliares de un Aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas

Variables de rendimiento	Dosis Amino CaBZn (AM)	Tierra de diatomeas (TD)	AM x TD	Control vs Trat	C.V. %
Peso (g) granos frescos por mazorcas	0.5328 a	0.0008 b	0.6442 a	0.0001 a	7.02
Peso (kg) granos frescos por planta	0.8239 a	0.0002 a	0.5535 a	0.0001 a	7.96
Rendimiento de granos secos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	0.8262 a	0.0002 a	0.5504 a	0.0001 a	7.99

Letras distintas indican diferencia significativa ($p<0.05$)

En lo que respecta al peso (g) de granos fresco por mazorca, aumentó por la aplicación combinada de AM CaBZn + TD en un 14,42 y 35,07%, con respecto

a la aplicación de AM CaBZn sin TD y al control, en su orden respectivo. Igualmente, la aplicación simple de AM CaBZn produjo un incremento del 23,92% en peso (g) de granos por mazorca, con respecto al tratamiento control, lo cual mejora en mayor medida con la aplicación de TD, destacando la importancia de estos nutrientes en el llenado de la mazorca (**Figura 2**).

Los resultados obtenidos se asemejan a los expuestos por Tuesta et al. (2017) en su trabajo de investigación, en donde la fertilización química y varios tratamientos de fertilización orgánica afectó de manera positiva al peso de las almendras frescas, de la misma manera Constantinescu et al. (2020) nos menciona que la influencia que tuvo el uso de tierra de diatomeas como fertilizante foliar en cultivos maximiza la nutrición y a su vez la productividad

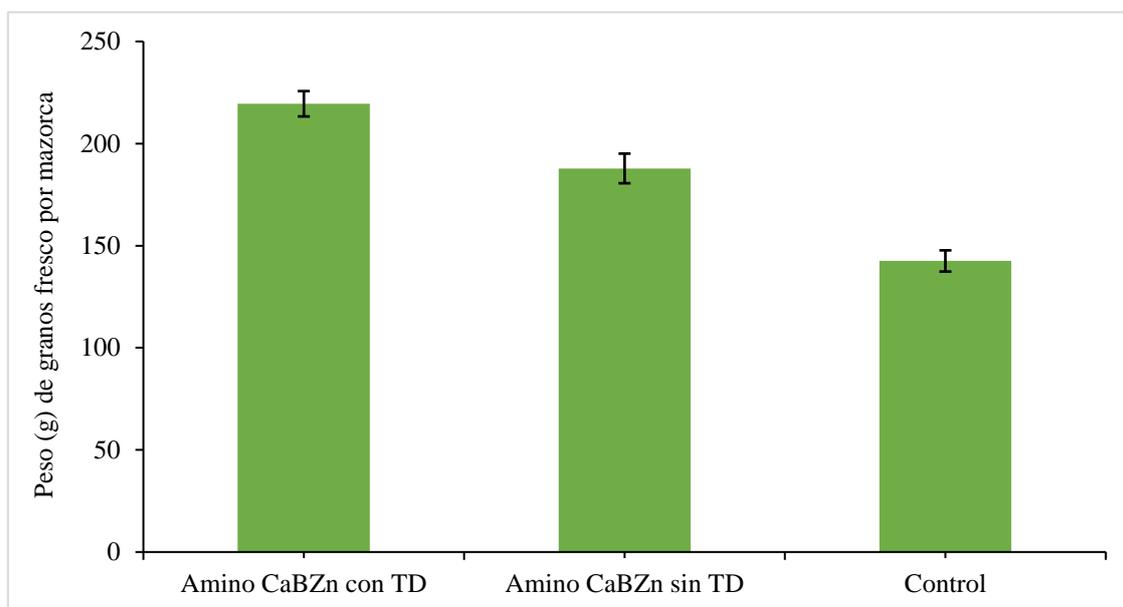


Figura 2. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el peso (g) de granos frescos por mazorca.

Por otra parte, la variable peso (Kg) de granos fresco por planta fue acrecentada por el tratamiento combinado de AM CaBZn + TD en un 18,71 y 36,48% con relación a los tratamientos de AM CaBZn sin TD y control (**Figura 3**). También se evidenció un incremento del 21,86% en producción de granos por planta, con la aplicación simple de AM CaBZn sin TD con relación al tratamiento control, lo cual indica que estos nutrientes son claves para la formación de mayor número de granos por planta.

Bang et al., 2021; Sherefu y Zewide, 2021) en su trabajo que está ampliamente documentado muestra la importancia fisiológica que desempeñan los macro y micronutrientes en el metabolismo de las plantas, y por tanto su capacidad de potenciar el rendimiento y calidad de los cultivos por lo que la influencia que tuvo la aplicación de aminiquelato CaBZn y tierra de diatomeas por su alta concentración de macro y micro nutrientes, fue crucial para llegar al peso de granos frescos obtenidos por planta destacándose por mucho del tratamiento control.

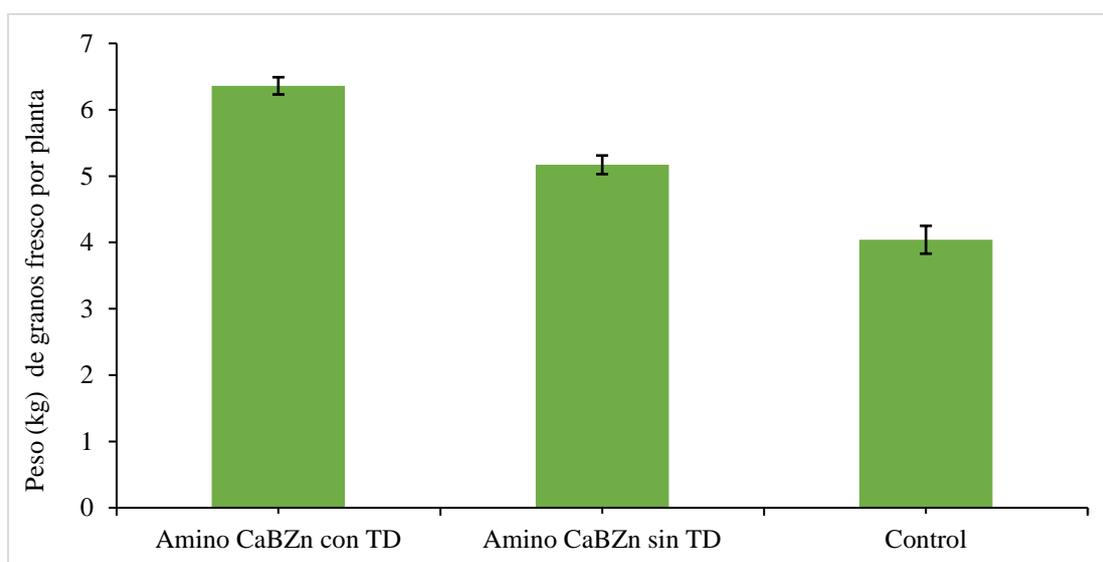


Figura 3. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el peso (kg) de granos frescos por planta.

En lo referente a la variable rendimiento de granos secos fue incrementado en un 18,73 y 36,50% por la aplicación combinada de AM CaBZn + TD, en contraste a la aplicación de AM CaBZn sin TD y el tratamiento control, respectivamente (**Figura 4**). Además, el efecto del tratamiento simple del AM CaBZn sin TD potencializó el rendimiento de grano en un 21,87% con respecto al testigo, lo cual es un indicativo de la importancia de estos tres nutrientes minerales en la floración, cuajado, amarre y llenado de frutos.

Estos resultados, se asemejan a los reportados por Tuesta et al. (2017), que tuvieron incremento de rendimientos de grano, entre la fertilización química y varios tratamientos de fertilización orgánica, superando al tratamiento control. De

igual forma, se comparan a los registrados por Marrocos et al. (2020), con aminoquelato de CaBZn y TD, quienes concluyeron que es posible lograr incrementos de rendimiento mayores a $1600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en cacao, cuando el cultivo recibe fertilización complementada de micronutrientes.

En este sentido, Lema, 2019 menciona que la productividad de CCN-51 en 2019 en Ecuador fue de $0.75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en términos de almendra seca, justificando la fertilización foliar de Aminoquelato CaBZn combinada con tierra de diatomeas desde el punto de vista fisiológico y económico, aportan de manera positiva por la diferencia entre los resultados de los tratamientos a comparación del bajo rendimiento del tratamiento control.

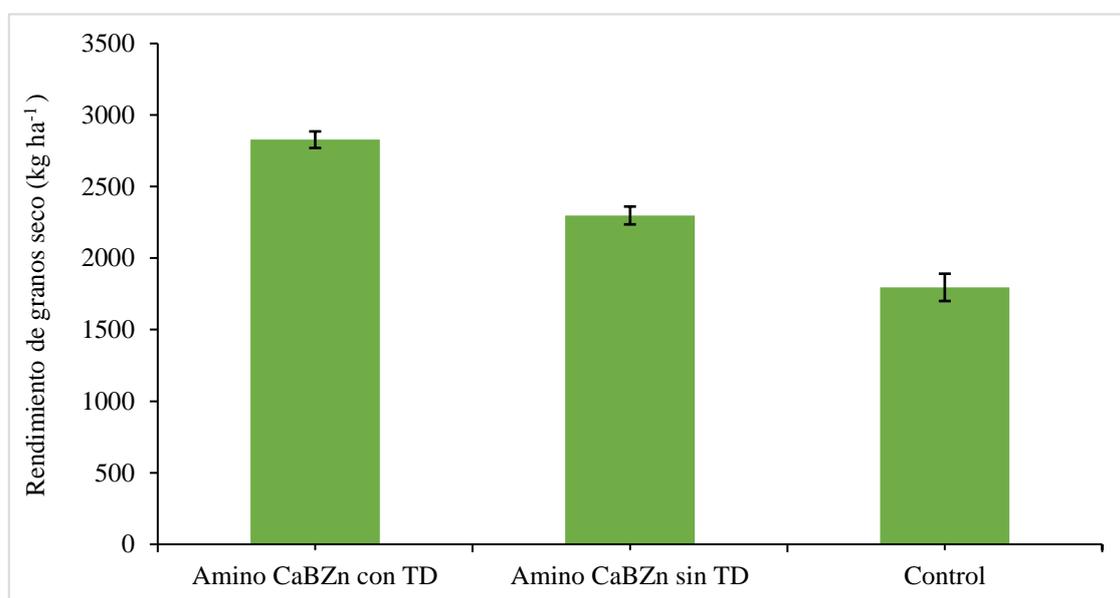


Figura 4. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el rendimiento de granos seco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

4.2. EFICACIA DE TRES DOSIS DEL AMINOQUELATO CaBZn COMBINADO CON TIERRA DE DIATOMEAS SOBRE EL ESTADO SANITARIO DEL CACAO CCN-51.

El análisis de varianza reveló que el factor Aminoquelato CaBZn no influyó significativamente ($p > 0.05$) ninguna de las variables evaluadas, lo cual indica que con la aplicación de la dosis mínima de $1 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ puede ser suficiente para fortalecer el nivel nutricional de la planta y evitar enfermedades en el cacao. El

factor tierra de diatomeas influyó de manera significativa ($p < 0.05$) en los componentes de las variables sanitarias, lo cual evidencia que su aplicación es factible para el control de enfermedades. El análisis de interacción entre AM x TD no fue significativo ($p > 0.05$) lo cual indica la independencia de los niveles de cada factor. La comparación ortogonal entre el promedio de los tratamientos con Aminoquelato de CaBZn + Tierra de diatomea vs el promedio del tratamiento control, fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo cual evidencia que la aplicación combinada de estos productos promueve mejor estado sanitario cacao (**Tabla 4.2**).

Tabla 4.2. Significancia estadística de variables sanitarias y productivas del cacao CCN-51 en función de aplicaciones foliares de un Aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas.

Variables de sanidad	Dosis Amino CaBZn (AM)	Tierra de diatomeas (TD)	AM x TD	Control vs Trat.	C.V. %
Número escobas de brujas por planta	0.2151 a	0.0005 a	0.3685 a	0.0001 a	8.97
Número de mazorcas sanas por planta	0.4494 a	0.0016 b	0.6965 a	0.0008 b	10.58
Número de mazorcas enfermas por planta	0.1115 a	0.0001 a	0.0560 a	0.0001 a	10.41
Número de frutos cherelles por planta	0.8633 b	0.0005 a	0.3730 a	0.0001 a	11.05

Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

En la variable número de escobas de bruja por plantas, la aplicación combinada de AM CaBZn + TD, redujo su cantidad en un 12,51% y 33,48%, en contraste a los tratamientos de AM CaBZn sin TD y control (**Figura 5**).

Al respecto, Kouadio et al. (2017) y Minyaka et al. (2018) determinaron que la fertilización con boro y sulfato de magnesio redujeron la gravedad de las enfermedades del virus del brote hinchado y la mazorca negra del cacao, respectivamente. Por tal motivo se ha planteado que la tierra de diatomeas puede potenciar la salud de las plantas debido a que su nano-estructura porosa provee efecto fungistático y puede afectar las estructuras de patógenos por desecación (Constantinescu et al., 2020)

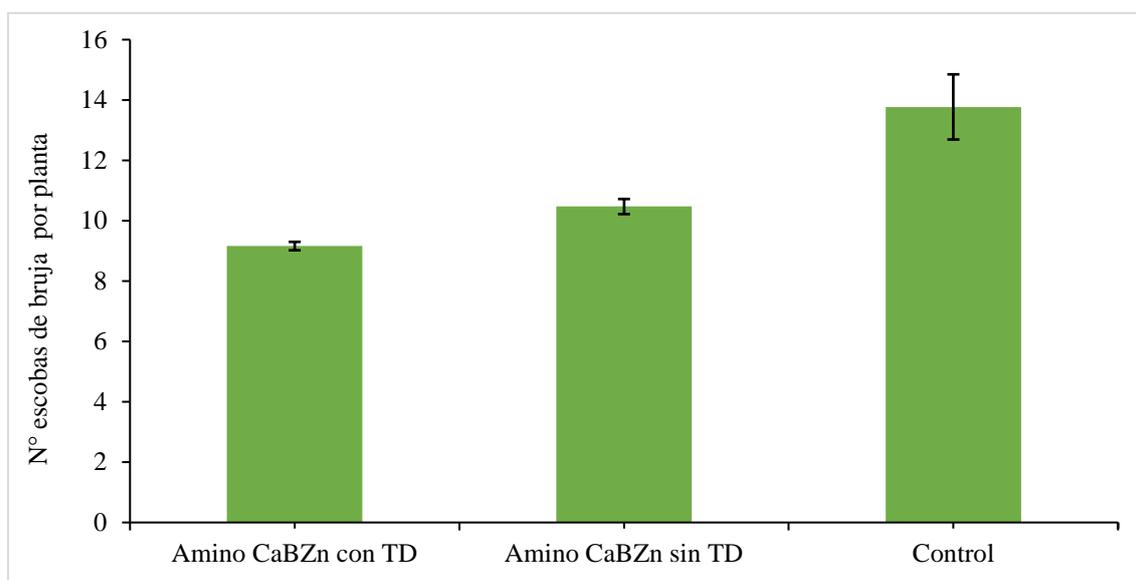


Figura 5. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el número de escobas de bruja por planta.

Por otro lado, la variable número de mazorcas sanas por planta, se incrementó por aplicación combinada CaBZn + TD en un 15,94 y 28,42%, con relación a los tratamientos de AM CaBZn sin TD y el control, respectivamente (**Figura 6**). Asimismo, la aplicación simple de AM CaBZn sin el efecto de la TD produjo un incremento del 14,84% de mazorcas sanas frente al tratamiento control, lo cual destaca el rol de estos nutrientes en la producción de mazorcas sanas. Sin embargo, es importante destacar que la TD aumenta el efecto de estos nutrientes.

En este contexto, Priyono et al (2020), informaron de incrementos en producción de mazorcas sanas en cacao de hasta 119 %, con relación al control, cuando la fertilización se complementó con aplicaciones foliares de roca silicatada líquida,

lo cual evidencia que la tierra de diatomeas al contener grandes cantidades de silicio puede potenciar la productividad del cultivo.

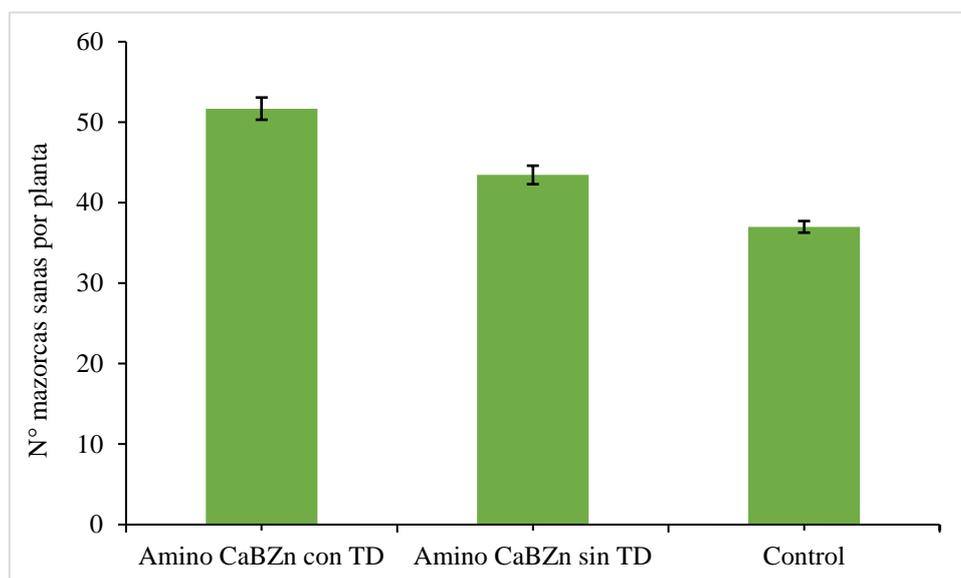


Figura 6. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el número de mazorcas sanas por planta.

En lo referente a variable número mazorcas enfermas por planta, los resultados de los efectos de la aplicación combinada de AM CaBZn + TD produjo menor cantidad de mazorcas enfermas por planta, con una disminución del 33.57 y 50,97% con relación a los tratamientos foliares de AM CaBZn sin TD y el testigo **(Figura 7)**.

En lo referente, al uso de tierra de diatomeas como fertilizante foliar en cultivos, Constantinescu et al. (2020) y Moale et al. (2021) mencionan que tiene el potencial de disminuir la temperatura de las hojas, contribuyendo a incrementar el uso eficiente del agua, maximizando la absorción de nutrientes por el tejido foliar e incrementar la productividad hasta en un 8.1 %, lo cual se debe a que actúa como un coadyuvante de nutrientes.

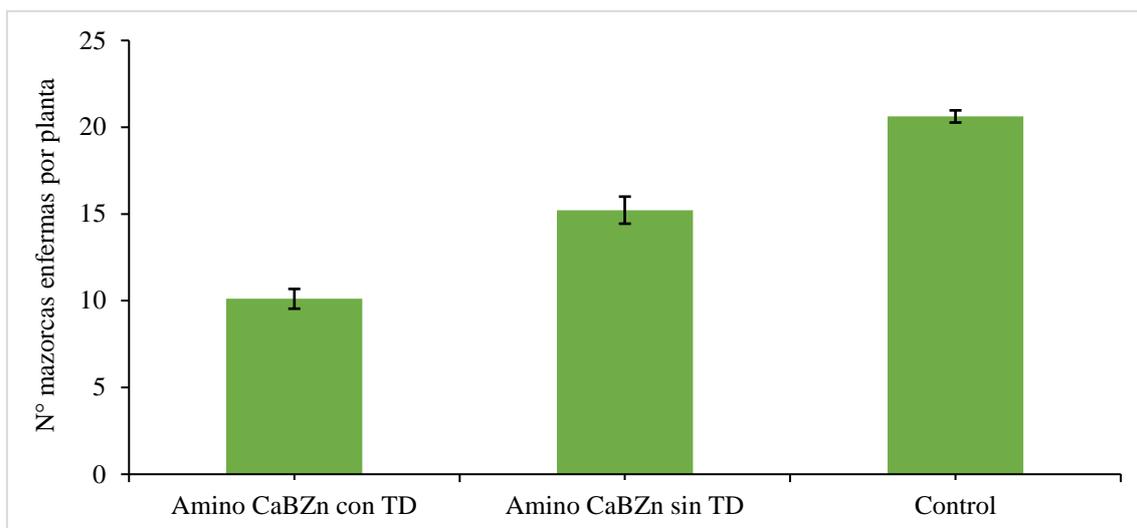


Figura 7. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el número de mazorcas enfermas por plantas.

En lo que respecta a la variable número de frutos cherelles, la aplicación combinada de AM CaBZn + TD, disminuyó en un 26,54 y 41,59%, frente al tratamiento de AM CaBZn sin TD y control, respectivamente (**Figura 8**).

En este sentido, los tratamientos evaluados sobre la producción de frutos cherelles marchitos, se asemejan a los obtenidos por Dewi et al. (2020) y Dewi et al. (2021), quienes manifiestan, que un mejor estado nutricional de las plantas de cacao, se relaciona con una disminución de hasta un 60% en la producción de frutos cherelles marchitos, lo cual denota que la aplicación foliar de CaBZn y tierra diatomeas podría contribuir a disminuir este problema fisiológica del cacao. Por otro lado, estudios previos han demostrado que niveles más altos de marchitamiento de frutos se asocian con niveles más bajos de metabolitos primarios, lo que indica una disminución en la actividad fisiológica y bioquímica del fruto, cuando existen deficiencias nutricionales (Melnick et al., 2013; Melnick, 2016).

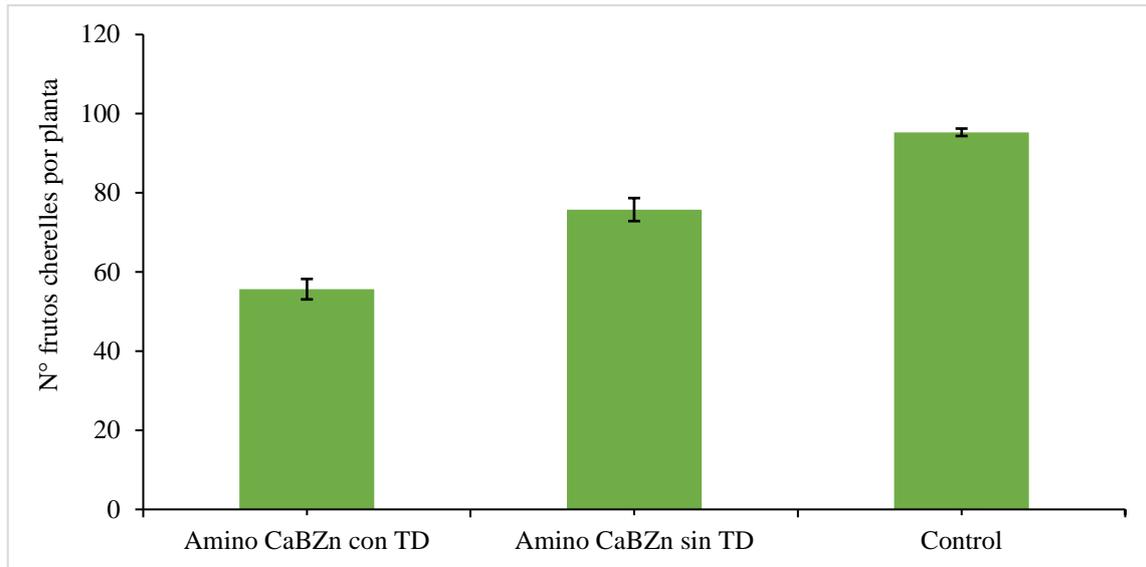


Figura 8. Efecto de tratamientos foliares con aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en el número de frutos cherelles por planta

4.3. VENTAJAS ECONÓMICAS DEL USO DEL AMINOQUELATO CABZN Y TIERRA DE DIATOMEAS EN CACAO CCN-51

En la **tabla 4.3**, se aprecia que en general todos los tratamientos foliares lograron incrementos económicos con relación al tratamiento control, destacándose aquellos que incluyeron tierra de diatomeas, con ingresos superiores al 300% por cada dólar invertido. Lo anterior indica que la dosis de 1 L de Amino CaBZn con tierra de diatomea, se presenta como la alternativa tecnológica que ofrece al agricultor la mayor ventaja económica (**Tabla 4.3**).

Tabla 4.3. Análisis económicos de los tratamientos foliares a base de un aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas en cacao CCN-51

Tratamientos	Ren (qq/ha)	PV (USD/qq)	IT = PV*Ren	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT
Cacao CCN-51						
Amino CaBZn 1.0 L ha ⁻¹ con TD	63.35	300	19005	4096	14909	3.64
Amino CaBZn 1.5 L ha ⁻¹ con TD	61.16	300	18348	4127	14221	3.45
Amino CaBZn 2.0 L ha ⁻¹ con TD	62.09	300	18627	4205	14422	3.43
Amino CaBZn 1.0 L ha ⁻¹ sin TD	50.04	300	15012	3833	11179	2.92
Amino CaBZn 1.5 L ha ⁻¹ sin TD	52.64	300	15792	3936	11856	3.01
Amino CaBZn 2.0 L ha ⁻¹ sin TD	48.91	300	14673	3944	10729	2.72
Tratamiento control	39.50	300	11850	3307	8544	2.58

Ren: Rendimiento (costales de 45, 45 Kg ha), PV: Precio de venta USD, IT: Ingresos totales (PV+REN), CT: Costos totales (CF+CV), IN: Ingreso neto (IT-CT), RBC: Relación beneficio-coste (IN/CT)

No obstante, la información sobre estudios previos que comparen estas fuentes de nutrición en cacao es limitada, no obstante, Jalali et al. (2019) en su investigación en plantas de cedrón (*Aloysia citrodora*), quedo demostrado que los aminoquelatos, específicamente de Zn, superan en efectividad a otras fuentes, mejorando el rendimiento a comparación a otros tratamientos.

Los aminoquelatos, debido a su similitud química con los aminoácidos naturales de las plantas, su absorción y metabolización de nutrientes es muy buena Souri (2016), en contraste con los resultados en la tabla 2. Souri & Hatamian (2018) destacan que los aminoquelatos son una forma más segura y eficiente de

nutrición foliar en comparación con otros fertilizantes minerales y quelatos sintéticos como el EDTA.

En términos económicos, el uso de aminoquelatos como fuente foliar de Ca, B y Zn generó un incremento significativo en los beneficios netos. Sin embargo, estos productos tienen un costo más elevado, por lo que asegurar un mayor rendimiento del cultivo es indispensable para contrastar el margen de costo y beneficio económico. Niu et al. (2020) menciona que la fertilización foliar, definitivamente puede complementar a la edáfica, mediante la mejora en la asimilación de micronutrientes, que por lo general su absorción a través de las raíces es limitada por varios factores del suelo como la baja humedad, el pH, temperatura, presencia de sales, el microbiota, fijación de nutrientes y antagonismo entre nutrientes.

En línea con esta perspectiva Fageria et al. (2009) mencionan que la nutrición foliar es una opción más económica y efectiva en situaciones de deficiencia nutricional, mientras que Lovatt (2013) subraya la efectividad de la fertilización foliar incluso en condiciones donde la absorción de nutrientes por las raíces podría verse comprometida, aumentando así el rendimiento y los ingresos del productor. De igual parte, Guvvali et al. (2017) obtuvieron un mayor beneficio económico en árboles de zapote tratados con fertilización foliar de Zn, Fe y B en comparación con aquellos que solo recibieron fertilización convencional.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El efecto de las tres dosis del aminoquelato CaBZn combinado con tierra de diatomeas tuvo un impacto positivo sobre el rendimiento del cacao CCN-51.
- Las tres dosis del aminoquelato CaBZn combinado con tierra de diatomeas incidieron en el estado sanitario del cacao CCN-51, disminuyendo la afectación de escoba de bruja, frutos cherrelles y mazorcas enfermas.
- Las ventajas económicas lo presento dosis 1 de aminoquelato de CaBZn y tierra de diatomeas, el cual fue eficiente, experimentando un aumento en su rentabilidad.

5.2. RECOMENDACIONES

El uso de la aplicación foliar de aminoquelato de CaBZn puede ser una estrategia efectiva para fortalecer la salud del cacao y mitigar problemas fitosanitarios, lo que a su vez puede mejorar la calidad y el rendimiento del cultivo, es crucial continuar con investigaciones adicionales y ampliar el estudio a otras zonas geográficas y a diferentes especies de cultivos permitirá evaluar si los beneficios observados son consistentes bajo distintas condiciones ambientales y prácticas agrícolas. Esta investigación complementaria ayudará a confirmar la versatilidad y aplicabilidad del aminoquelato de CaBZn, proporcionando una base más sólida para su recomendación y uso generalizado en la agricultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldon, D., Mbengue, M., Mazars, C., & Galaud, J. (2018) Calcium signalling in plant biotic interactions. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29495448/>
- Alshaal, T., & El-Ramady, H. (2017). Aplicación foliar: desde la nutrición vegetal hasta la biofortificación. *Env. Biodiv. Soil Security*. https://jenvbs.journals.ekb.eg/article_3586_20869b31d1e4096b1b4fdb1d70f80587.pdf
- Anzules, V., Pazmiño, E., Alvarado, L., Borjas, R., Castro, V., & Julca, A. (2022). Incidencia de “*cherelle wilt*” y enfermedades fungosas en mazorcas de cacao ‘CCN-51’ en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Idesia*, (40), 31–37. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v40n1/0718-3429-idesia-40-01-31.pdf>.
- Ayvar, S., Díaz, J., Vargas, M., Mena, A., Tejeda, M., & Cuevas, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>.
- Armijos, A., Quevedo, J., & García, R., (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en Cacao CCN-51. *Revista Científica Agroecosistemas*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/564/5>.
- Bang, T., Husted, S., Laursen, K., Persson, D., & Schjoerring, J. (2021). The molecular- physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. *New Phytol*. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>
- Bravo, E., Cedeño, G., Castro, J., & Cedeño, G. (2022). Fertilización foliar complementaria mejora el rendimiento, sanidad y rentabilidad del cacao en agroecosistemas de secano. *Ciencia y Agricultura*. https://www.researchgate.net/publication/366263518_Fertilizacion_foliar

_complementaria_mejora_el_rendimiento_sanidad_y_rentabilidad_del_cacao_en_agroecosistemas_de_secano.

- Beltrán, L. (2021). *Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao) variedad CCN-51* [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Re-UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6479/1/T-UTEQ-302.pdf>.
- Carrión, J. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí*. [Tesis de ingeniería, Universidad San Francisco de Quito]. Re-USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1451/1/104270.pdf>
- Castillo, C. (2019). *Efecto del silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) Cv. CCN-51 en época lluviosa* [Tesis de ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Re-ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15769/T-ESPESD-002830.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- CEPAL. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Cevallos, C., Cedeño, G., Arteaga, F., & Velasquez, S. (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 & Animal Sciences*. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-29PVAR10029>
- Correa, J., Castro, S., & Coy, J. (2014). Estado de la Moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Revistas unal*. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>
- Constantinescu, D., Lupu, C., & Oancea, F. (2020). Siliceous Natural Nanomaterials as Biorationals-Plant Protectants and Plant Health Strengtheners. *Agronomy*, 10 (11), 1791. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111791>

- Del Monte AG. (2023, mayo 24). Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao en Ecuador. *Del Monte AG*. <https://delmonteag.com.ec/importancia-de-la-fertilizacion-en-el-cultivo-de-cacao-en-ecuador/>
- Dewi, E., Yudono, P., Putra, E., & Purwanto, B. (2020). Physiological and biochemical activities of cherelle wilt on three cocoa clones (*Theobroma cacao*) under two levels of soil fertilities. *Journal of Biological Diversity*, 21(1) 187-194. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210124>
- Dewi, E. (2021). Tingkat Layu Pentil (*Cherelle Wilt*) Pada Berbagai Klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agropet*, 18(2) <https://ojs.unsimar.ac.id/index.php/AgroPet/article/view/354>
- Dominguez, M. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, en la parroquia Colonche provincia de Santa Elena* [Tesis de ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Re-UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/2100>
- Esmeralda, A., & Chila, C. (2021). *Efecto de láminas de riego y fertilización sobre el rendimiento y rentabilidad del Cacao en Calceta, Manabí* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Rep-ESPAM. <http://190.15.136.145/bitstream/42000/1443/1/TTA17D.pdf>
- Fageria, N., Filho, M., Moreira, A., & Guimarães, C. (2009). Fertilización foliar de plantas cultivadas. *Journal of plant nutrition*, 32(6), 1044-1064. <https://doi.org/10.1080/01904160902872826>
- GADM Chone. (2023, junio 12). Geografía GADM Chone. <https://www.chone.gob.ec/?gc=19>
- Gudiño, F. (2017). *Efecto de la aplicación de Protohormonas sobre la incidencia del estrés fisiológico de mazorcas o marchitamiento prematuro (Cherelle wilt) en Cacao (Theobroma cacao L), en la zona de Babahoyo*. [Tesis de

- Ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo]. Rep-UTB.
<http://dSPACE.utb.edu.ec/handle/49000/3368>
- Hütz-Adams, F., & Campos, P. (2022). Barómetro del cacao Base de referencia para Latinoamérica. *Barómetro del Cacao*. <https://voicenetwork.cc/wp-content/uploads/2022/09/220923-Cocoa-Barometer-Americas-ES.pdf>
- Houston, H., & Wyer, T. (2012). Por qué el cultivo sostenible del cacao es importante para el desarrollo rural. *Center for Strategic International Studies*. <https://www.csis.org/analysis/why-sustainable-cocoa-farming-matters-rural-development>
- INTEROC. (2016). Fertilizante foliar enriquecido con Calcio, Boro y Zinc aditivado con extractos de algas marinas. *Edifarm*.
<https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/TERRANOVACaBZn-20160808-154041.pdf>
- Jalali, M., Feyzian, M., Zare, A., & Mirzae, H. (2019). Comparison the efficiency of some different Zn source on quantitative and qualitative yield of Lemon verbena. *Journal of Plant Process and Function*. 8 (31), 45-55.
<https://jispp.iut.ac.ir/article-1-1247-en.pdf>
- Jaimez, R., Barragan, L., Fernández, M., Wessjohann, L., Cedeño, G., Sotomayor, I., & Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: A comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*.
<https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Jaimez, R., Orozco, L., & Ulloa, M. (2021). Guía 2: Selección del sitio para el cultivo de cacao. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/05/Guia_2.pdf
- Jordán, J. (2013). *Analizar y Validar un Programa de Rehabilitación en la Postcosecha del Cacao CCN51, en la Finca Rami, en la Provincia de Los*

- Ríos [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. RE-ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89728/D-79835.pdf>
- Kazem, M. (2016). Amino chelate fertilizers: The new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*. 1 (1), 118-123. <https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016>
- Kazem, M., & Aslani, M. (2018). Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil. *Advances in Horticultural Science*. 32(2), 265-272. <https://doi.org/10.13128/ahs-21988>
- Kouadio, S., Tienebo, E., Kouamé, K., Koko, L., & Abo, K. (2017). Foliar Application of Boron during Flowering Promotes Tolerance to Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Swollen Shoot Viral Disease. *European Scientific Journal*. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p387>
- Leiva, E. (2013). Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. [https://saaf25303382eb996.jimcontent.com/download/version/1539987868/module/14183672430/name/aspectos nutricionales para el cultivo del cacao.pdf](https://saaf25303382eb996.jimcontent.com/download/version/1539987868/module/14183672430/name/aspectos%20nutricionales%20para%20el%20cultivo%20del%20cacao.pdf)
- Lema, V. (2019). Informe de rendimientos objetivos de cacao (almendra seca). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cacao/rendimiento-del-cacao-ecuador>
- Loor, R., Casanova, T., & Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. *INIAP*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5093/4/iniapeetpPM433.pdf>
- Lovatt, C. (2013). Properly Timing Foliar-applied Fertilizers Increases Efficacy: A Review and Update on Timing Foliar Nutrient Applications to Citrus and Avocado. *HortTechnology hortte*. 23(5), 536-541. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.5.536>

- Lucena, J. (2009). El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Revista Ceres*, 56(4), 527–535. <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226808020.pdf>
- Macías, R., Cuenca, G., Intriago, F., Caetano, C., Menjivar, J., & Pacheco, H. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 72(1), 8707-8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>
- Marchive, L., López, M., Chávez, E., & Atkinson, R. (2021). Factores que influyen en la biodisponibilidad de cadmio en suelo y su acumulación por la planta. In Ministerio de Agricultura y Ganadería (pp. 1–24). https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/05/Guia_3.pdf
- Marrocos, P., Loureiro, G., Araujo, Q., Seres, A., Ahnert, D., Valdez, R., & Baligar, V. (2020). Mineral nutrition of cacao (*Theobroma cacao* L.): relationships between foliar concentrations of mineral nutrients and crop productivity. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1498–1509. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1739295>
- Mazzuferri, V., Goncalvez, H., Tablada, M., & Garcia, D. (2006). Efectividad y persistencia de la tierra de diatomeas en el control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curulionidae) en semillas de maíz y su incidencia sobre la calidad. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*. 32, 363-371. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Plagas/BSVP_32_03_363_371.pdf
- Mero, J., & Rodríguez, M. (2023). *Efectividad de tratamientos fisionutricionales orgánicos y ecológicos sobre el rendimiento del cacao nacional fino de aroma* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Rep-ESPAM MFL. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2147/1/TIC_A40D.pdf
- Melnick, R., Strem, M., Crozier, J., Sicher, R. & Bailey, B. (2013). Molecular and metabolic changes of cherelle wilt of cacao and its effect on *Moniliophthora*

- roreri. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 84, 153-162. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2013.09.004>
- Melnick, R.L. (2016). Cherelle Wilt of Cacao: A Physiological Condition. *Springer, Cham*, 483-499. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_15
- Minyaka, E., Madina, C., Kusznierevich, B., Doungous, O., Haouni, S., Hawadak, J., Niemenak, N. & Omokolo, D. (2018). Effect of MgSO₄ Nutrition on Theobroma cacao Susceptibility to Phytophthora megakarya Infection. *Plant Protect. Sci.*, 54(2): 74–82. https://www.academia.edu/65268031/Effect_of_MgSO_4_nutrition_on_Theobroma_cacao_L_susceptibility_to_Phytophthora_megakarya_infection
- Moale, C., Ghiurea, M., Sîrbu, C., Somoghi, R., Cioroianu, T., Faraon, V., Lupu, C., Trica, B., & Constantinescu, D. (2021). Effects of Siliceous Natural Nanomaterials Applied in Combination with Foliar Fertilizers on Physiology, Yield and Fruit Quality of the Apricot and Peach Trees. *Plants*. 10 (11),2395. doi:10.3390/plants10112395.
- Motato, N., & Pincay, J. (2015). Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 14 (54), 6–23. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i14.573
- Niu, J., Liu, M., Huang, K., Liu, D., & Yan, D. 2020. Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21 (1) 1-15. doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3
- Oro, F., Lallie, H., Silue, S., N'dri, K., & Diallo, H. (2020). Antifungal effect of the cumulative application of biostimulant and fertilizers on young cocoa fruits rot at Tafissou site, Centre- East of Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(9), 2965-2979. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.1>
- Peñaherrera S., Cedeño G., Solórzano F., & Cedeño, G. (2020). Eficacia de mezclas de *Trichoderma spp.* y aceite de palma en el manejo de

Moniliophthora roreri Cif & Par en cacao. *Centro Agrícola*.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200005&lang=es

- Paspuel, M. (2018). *Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua*. [Tesis de grado, Universidad Central Del Ecuador]. Rep-UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-2018.pdf>. A82
- Priyono, J. (2020). Foliar Application of Liquid-Silicate Rock Fertilizer Reduced Pest and Disease Attacks and Improved Bean Production of Cocoa. *Journal of Agriculture and Crops*, 6(5): 68-72. [https://arpgweb.com/pdf-files/jac6\(5\)68-72.pdf](https://arpgweb.com/pdf-files/jac6(5)68-72.pdf)
- Quiroga, A. (2016). *Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) variedad modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa*. [Tesis de Ingeniería, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Re-UDCA. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/582/>
- Quiroz, J., & Mestanza, S. (2012). Establecimiento y manejo de una plantación de cacao. *VECOMA*. <https://cadenacacaoca.info/estudios-cacao/CEDOC/ficha.php?id=1588>
- Sabando, L., & Molina, R. (2013). *Diseño e instalación de un sistema de riego por aspersion en el área de clones del cultivo de cacao* [Tesis de ingeniera, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Re-ESPAM. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/28/1/SabandoLucasLeonardoAlejandro-MolinaAquinoRichardRobinson.pdf>
- Sánchez, F., & Garcés, F. (2012). *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249–258. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.06>

- Sánchez, F., Torres, E., Abril, F., Jácome, G., Vásconez H., Vera, J., Ramos, R., & Díaz, T. (2014). Zeolitas en la fertilización química del cacao CCN-51 asociado con cuatro especies maderables. *Ciencia y tecnología*, 6(2), 21-29. <https://doi.org/10.18779/cyt.v6i2.91>
- SENASICA. (2019). Escoba de bruja del cacao (*Moniliophthora perniciosa*). *Dirección general de sanidad vegetal y Dirección del centro nacional de referencia fitosanitaria*. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas tecnicas/Ficha Técnica de Escoba bruja del cacao.pdf>
- Sherefu, A., & Zewide, I. (2021). Review Paper on Effect of Micronutrients for Crop Production. *Nutrition and Food Processing*. 4(7). <https://doi.org/10.31579/2637-8914/063>
- Solís, K., Peñaherrera, S., & Vera, D. (2021). Las enfermedades del cacao y las prácticas agronómicas para su manejo. *INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Guía #178*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5747>
- Somarriba, E., Peguero, F., Cerda, R., Orozco, L., López, A., Leandro-M., Jagoret, P., & Sinclair, F. (2021). Rehabilitation and renovation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 41–64. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00717-9>
- Souri, M. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/opag-2016-0016/html>
- Souri, M., Alipanahi, N., Hatamian, M., Ahmadi, M., & Tesfamariam, T. (2018). Perfil elemental de metales pesados en berros, cilantro, lechuga y espinaca, cultivados comúnmente en Kahrizak, al sur de Teherán, Irán. *Open Agriculture*, 3 (1), 32-37. <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0004>

- Trinidad, A., & Manjarrez, A. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 3(17) 247-255. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317309.pdf>
- Tuesta, A., Trigozo, E., Cayotopa, J., Erévalo, E., Arévalo, C., Zúñiga, L., y Ttacca, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma endófito* y *Micorrizas arbusculares*, 30(1), 67-78. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n1/0379-3982-tem-30-01-67.pdf>
- Thirupathiah, G., Nirmala, A., & Bhaskar, R. (2017). Protected Cultivation of Fruit Crops- A Review. *International Journal of pure & applied bioscience*. 5(4), 1635-1640. https://www.researchgate.net/publication/323731293_Protected_Cultivation_of_Fruit_Crops-_A_Review
- Tsowou, K., y Gayi, S (2019). Reformas comerciales e integración de los productores de cacao en los mercados mundiales: evidencia de países africanos y no africanos. *Journal of African Trade*, 6 (1), 16-29. https://www.researchgate.net/publication/336708631_Trade_Reforms_and_Integration_of_Cocoa_Farmers_into_World_Markets_Evidence_from_African_and_non-African_Countries.