UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Agrónomo.

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

"Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos"

Autora:

Josselyn Noemí Vélez Ruiz

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Agr. Freddy Amores Puyutaxi MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Josselyn Noemí Vélez Ruiz**, declaro que el trabajo de investigación aquí descrito es de mi 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.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

_____

Josselyn Noemí Vélez Ruiz

C.I.: 092903951-9

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Agr. Freddy Amores Puyutaxi MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Josselyn Noemí Vélez Ruiz**, realizó el Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos"**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

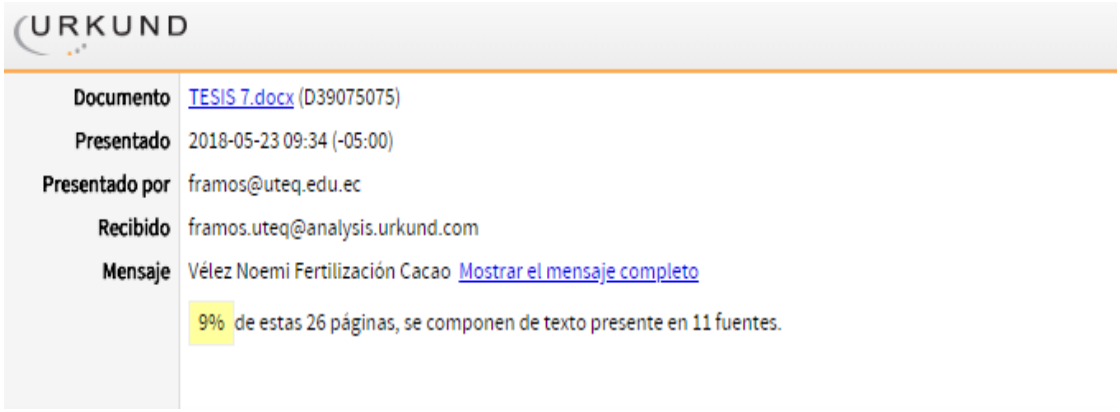
Atentamente,

_____

Ing. Agr. Freddy Amores Puyutaxi MSc.

Director del Proyecto de Investigación

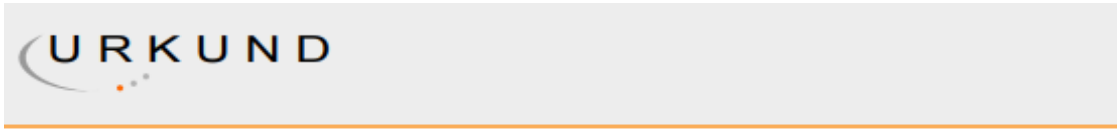
REPORTE DE LA HERRRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



URKUND

Documento	TESIS 7.docx (D39075075)
Presentado	2018-05-23 09:34 (-05:00)
Presentado por	framos@uteq.edu.ec
Recibido	framos.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Vélez Noemi Fertilización Cacao Mostrar el mensaje completo

9% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 11 fuentes.



URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS 7.docx (D39075075)
Submitted: 5/23/2018 4:34:00 PM
Submitted By: framos@uteq.edu.ec
Significance: 9 %

Sources included in the report:

http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000200008
https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/47417/1/RomeroHernandezEsteban.pdf
http://www.ciens.ucv.ve/xerofitas/pdf/1.cacao%20mejoramiento2010.pdf
https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-c-cacao.pdf
http://fgonzalesh.blogspot.com/2008/03/la-sombra-en-el-cultivo-del-cacao.html
http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf
http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C06FC0A1C95EEF708525801300599351/$FILE/Art%205.pdf
http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/
http://www.bdigital.unal.edu.co/50450/1/ednaivonneleivarojas.2012.pdf
http://elcacaotero.com.ec/cacao_ccn51.html

Instances where selected sources appear:

21

Ing. Agr. Freddy Amores Puyutaxi MSc.

Director del Proyecto de Investigación

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

"Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos"

Presentada a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobada por:

_____

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Agr. Ignacio Sotomayor Herrera MSc.

_____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dra. Marisol Rivero Herrada

_____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Freddy Sabando Ávila

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme bendecido con una familia maravillosa, mis padres Ignacio Vélez y Celia Ruiz, quienes me han apoyado en todo momento durante el transcurso de la carrera y mis hermanos Dianne y Rafael que colman cada día de felicidad absoluta, además, por la sabiduría y salud que me han permitido culminar ésta etapa de manera positiva.

Ing. Francisco Mite Vivar MSc, por la predisposición y patrocinio en la elaboración del proyecto de investigación y los consejos brindados en el desarrollo del trabajo.

Al director del proyecto de investigación, Ing. Agr. Freddy Amores MSc. por los consejos impartidos, dedicación, motivación y paciencia en la revisión de cada avance en el desarrollo del trabajo investigativo, han hecho fácil lo difícil y ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

Al propietario de la finca "Gloria Haymee" señor Jaime Briones Cruz por permitir el uso de un lote de cacao para realizar el trabajo de campo, las atenciones y el apoyo brindado.

A mis docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias que han compartido sus enseñanzas en el aula de clases y prácticas de campo, agradezco la motivación, apoyo, guía, paciencia y consejos brindados, ha sido un honor tenerlos como maestros y además agradezco mucho la amistad brindada.

A mis amigos quienes han sido parte fundamental de esta gran etapa: Harón Engracia, Antonio Solórzano, Roxanna López, Ricardo Romero, Ángel Verdesoto, Amy Murillo, Joffre Freire y Raúl Armendariz, con quienes he compartido importantes momentos, agradezco su valiosa amistad. Y demás amistades que fui formando en el transcurso de la carrera, ¡gracias a todos!

Josselyn Vélez Ruiz

DEDICATORIA

A Dios, ya que me ha concedido sabiduría, salud y fuerzas para mantenerme perseverante en el camino y poder concluir esta maravillosa etapa.

Dedico este proyecto de investigación a mi padre Ignacio Vélez, quien ha sido mi principal apoyo sobre todo emocional para poder avanzar diariamente con fuerzas y ánimos. A mi madre Celia Ruiz quien ha sido un gran ejemplo de fortaleza, perseverancia y disciplina, con su motivación y ánimos me ayudaron mucho a culminar una meta más con éxito.

Mis hermanos Dianne y Rafael mi motivación diaria, con sus risas hacen más agradable todo momento.

A mis familiares quienes de una u otra forma se han preocupado y no ha faltado un consejo para mi superación como persona y profesional.

A mis profesores, amigos y compañeros de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me han brindado su amistad, formado parte de mi formación profesional.

Josselyn Vélez Ruiz

RESUMEN

La investigación se realizó en la finca “Gloria Haymee” en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son 1°23’30.5’’ de Latitud Sur 79°23’44.4’’ de Longitud Oeste. El estudio tuvo como objetivo la evaluación de la respuesta del cultivo de cacao CCN-51creciendo a plena exposición solar frente a la aplicación de S y Mg. Para la distribución de los tratamientos en el campo se utilizó el diseño experimental Bloque Completos al Azar con tres repeticiones. Para comparar las medias entre tratamientos de las variables seleccionadas se aplicó la prueba de Duncan ($p = 0.05$). Adicionalmente, se realizaron comparaciones de contrastes ortogonales buscando posibles diferencias estadísticas entre los niveles de S y Mg encubiertas por el error experimental. Se registraron datos de las siguientes variables: mazorcas por planta, mazorcas sanas, frutos con cherelle wilt, mazorcas enfermas, incidencia de enfermedades, frutos en desarrollo, peso de mazorcas, número de almendras por mazorca, peso fresco de las almendras por planta, rendimiento kg ha^{-1} de cacao seco. Se cuantificó el contenido de macro y micronutrientes en las almendras para explorar alguna influencia de unos pocos tratamientos seleccionados. Finalmente, se calculó la relación beneficio/costo. Con excepción del número de mazorcas que aumentó con la aplicación de Mg, un resultado de las comparaciones ortogonales, ninguna variable, incluyendo la incidencia de enfermedades, varió en respuesta a la aplicación de S y Mg. El mejor desempeño económico del control se reflejó en los valores más altos para la relación B/C e índice de rentabilidad.

Palabras claves: fertilización; azufre; magnesio; rendimiento, enfermedades.

SUMMARY

The research took place at the "Gloria Haymee" farm in the Zapotal area, Los Ríos Province. The experimental sites coordinates are 1 ° 23'30.5 " (S.L) and 79 ° 23'44.4 " (W.L). The objective of the study was to evaluate the response of the CCN-51 cocoa crop, growing at full sun exposure to the application of S and Mg. Field treatment distribution followed a. Complete Block randomized design with three repetitions. Means were compared using the Duncan test (p = 0.05). Orthogonal contrasts were done to look for possible statistical differences between the levels of S and Mg hidden by the experimental error. The variables selected for the study were: number of pods per plant, healthy pods, cherelle wilt fruits, diseased pods, pod´s weight, bean number, fresh weight, Dry bean yield in kg ha-1 was calculated from the fresh bean weight. The beans macro and micronutrients contents was determined for selected treatments. An economic analysis based on yield output as affected by treatments was conducted. No significant differences in the selected variables, including disease incidence, due to the effect of S and Mg fertilization were observed. B/C relationship and profitability were the highest for the control treatment.

Keywords: fertilization; sulfure; magnesium; yield; diseases.

Tabla de Contenido

PORTADA i

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ii

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN iii

REPORTE DE LA HERRRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO iv

APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN v

AGRADECIMIENTO vi

DEDICATORIA vii

RESUMEN viii

SUMMARY ix

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE ANEXOS xiv

Código Dublín xvi

Introducción 1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 2

1.1. Problema de la investigación 3

1.1.1. Planteamiento del problema 3

1.2. Objetivo general 4

1.2.1. Objetivos específicos 4

1.3. Justificación 5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 6

2.1. Marco teórico 7

2.1.1. Cacao en el Ecuador 7

2.1.2 Cacao CCN-51 7

2.1.3. Macronutrientes 9

2.1.3.1. Relación Ca/Mg 15

2.1.3.2. Relación Mg/K 15

2.1.4. Demanda nutritiva 16

2.1.5. Requerimientos nutricionales y fertilización del cacao 17

2.1.6. Enfermedades en cacao 19

2.1.6.1. Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) 19

2.1.6.2. Mazorca Negra (*Phytophthora spp*.) 20

2.1.6.3. Marchitamiento prematuro (Cherelle Wilt) 20

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 22

3.1. Localización del experimento 23

3.2. Materiales y equipos 23

3.2.1. Material genético 24

3.3. Tipo de la investigación 24

3.4. Factores en estudio 24

3.4.1. Tratamientos 24

3.5. Diseño experimental 26

3.5.1. Comparaciones de contrastes ortogonales 27

3.5.2. Características del experimento 27

3.5.3. Análisis estadístico 28

3.6. Datos registrados para las variables seleccionadas 28

3.6.1. Mazorcas sanas 29

3.6.2. Frutos con marchitez (Cherelle wilt) 29

3.6.3. Número de frutos enfermos 29

3.6.4. Peso de la mazorca 29

3.6.5. Número de almendras por mazorcas 29

3.6.6. Peso fresco y seco en kilogramos 30

3.6.7. Rendimiento en kg de cacao seco por hectárea al año (kg ha^{-1}) 30

3.6.8. Extracción de macro y micronutrientes de las almendras 30

3.6.9. Análisis económico 30

3.7. Manejo del experimento 31

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33

4.1. Resultados 34

4.1.1. Análisis de los componentes productivos, sanitarios, rendimientos y composición nutritiva de las almendras 34

4.1.2. Resultados del análisis económico. 39

4.2. Discusión 41

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43

5.1. Conclusiones 44

5.2. Recomendaciones 45

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA 46

6.1. Bibliografía 47

CAPÍTULO VII. ANEXOS 51

7.1. Anexos 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración sobre la relación Ca/Mg. 15

Tabla 2. Valoración sobre la relación Mg/K. 15

Tabla 3. Nutrientes que demanda una planta de CCN-51 según su edad, en huertas sin sombra. 17

Tabla 4. Nutrientes (g) removidos por mazorcas del cacao CCN-51 por cada kg de almendras cosechadas. 18

Tabla 5. Características climáticas y edafológicas del sitio experimental. 23

Tabla 6. Dosis de elemento puro aplicado (kg ha^{-1}) por tratamiento. 25

Tabla 7. Cantidad de fertilizantes (kg ha^{-1}) aplicados por tratamientos. 25

Tabla 8. Cronograma de aplicación de los fertilizantes a base de S y Mg en gramos por planta $año^{-1}$, según los tratamientos estudiados. 26

Tabla 9. Esquema del Análisis de Varianza (ADEVA). 26

Tabla 10. Representación de los tratamientos. 27

Tabla 11. Características de la unidad experimental. 28

Tabla 12. Valores por planta con excepción del rendimiento de las variables registradas en el estudio de la evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos, 2017. 36

Tabla 13. Resultados de las comparaciones ortogonales significativas para las variables registradas en el estudio de las dosis variables de Mg con una fertilización básica de S (60 kg ha-1). 38

Tabla 14. Composición nutricional de las almendras de cacao seco en el estudio de la evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar frente a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos, 2017. 38

Tabla 15. Análisis económico del grano de cacao seco en la evaluación del cacao CCN-51 a plena exposición solar frente a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de los Ríos, 2017**.** 40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diseño experimental BCA 52

Anexo 2. Análisis de varianza del número total de mazorcas por planta del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 53

Anexo 3. Análisis de varianza del número de mazorcas sanas por planta del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 53

Anexo 4. Análisis de varianza del número de frutos enfermos por planta con Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg). 53

Anexo 5. Análisis de varianza del número de frutos enfermos por planta con Mazorca negra (*Phytophthora spp*) del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg). 54

Anexo 6. Análisis de varianza sobre el porcentaje de incidencia de enfermedades del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).54

Anexo 7. Análisis de varianza sobre los frutos con marchitez "Cherelle Wilt" del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg). 54

Anexo 8. Análisis de varianza sobre los frutos en desarrollo "Cherelles" del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 55

Anexo 9. Análisis de varianza sobre el peso de la mazorca en gramos del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 55

Anexo 10. Análisis de varianza sobre el número de almendras por mazorca del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 55

Anexo 11. Análisis de varianza sobre el peso fresco por planta en kg del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg)..... 56

Anexo 12. Análisis de varianza sobre el rendimiento en kg de cacao seco por hectárea del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg). 56

Anexo 13. Comparaciones ortogonales en el número de mazorcas sanas de acuerdo a la variación de las dosis de Mg con una fertilización básica con S. 57

Anexo 14. Comparaciones ortogonales en el peso fresco por planta (Kg) de acuerdo a la variación de las dosis de Mg con una fertilización básica con S. 57

Anexo 15. Fertilizantes utilizados en la investigación con base de S y Mg..... 58

Anexo 16. Forma de aplicación del fertilizante al suelo. 58

Anexo 17. Control de malezas mediante el uso de motoguadañas 59
Anexo 18. Mazorcas en desarrollo “Cherelles” 59
Anexo 19. Desarrollo de mazorcas después de las aplicaciones de los fertilizantes..... 60
Anexo 20. Productos utilizados paras las aspersiones realizadas en las parcelas en estudio. 60
Anexo 21. Aspersión de fungicida efectuada en el cultivo de cacao CCN-51..... 61
Anexo 22. Registro de datos en la investigación. 61
Anexo 23. Resultados del análisis de suelos 62
Anexo 24. Resultados del análisis de almendras de Cacao CCN-51 64

Código Dublín

Título:	Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos.				
Autor:	Josselyn Noemí Vélez Ruiz				
Palabras clave:	Fertilización	Azufre	Magnesio	Rendimiento	Enfermedades
Resumen:	La investigación se realizó en la finca "Gloria Haymee" en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son 1°23'30.5'' de Latitud Sur 79°23'44.4'' de Longitud Oeste. El estudio tuvo como objetivo la evaluación de la respuesta del cultivo de cacao CCN-51creciendo a plena exposición solar frente a la aplicación de S y Mg. Para la distribución de los tratamientos en el campo se utilizó el diseño experimental Bloque Completos al Azar con tres repeticiones. Para comparar las medias entre tratamientos de las variables seleccionadas se aplicó la prueba de Duncan ($p = 0.05$). Adicionalmente, se realizaron comparaciones de contrastes ortogonales buscando posibles diferencias estadísticas entre los niveles de S y Mg encubiertas por el error experimental. Se registraron datos de las siguientes variables: mazorcas por planta, mazorcas sanas, frutos con cherelle wilt, mazorcas enfermas, incidencia de enfermedades, frutos en desarrollo, peso de mazorcas , número de almendras por mazorca, peso fresco por planta, rendimiento kg ha^{-1} de cacao seco. Se cuantificó el contenido de macro y micronutrientes en las almendras para explorar alguna influencia de unos pocos tratamientos seleccionados. Finalmente, se calculó la relación beneficio/costo. Con excepción del número de mazorcas que aumentó con la aplicación de Mg, un resultado de las comparaciones ortogonales, ninguna variable, incluyendo la incidencia de enfermedades, varió en respuesta a la aplicación de S y Mg. El mejor desempeño económico del control se reflejó en los valores más altos para la relación B/C e índice de rentabilidad.				
Descripción:	80 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL					

Introducción

El Ecuador es conocido por ser un país netamente agrícola debido a la diversidad de cultivos implementados; entre ellos uno de gran importancia es el cacao. Es un producto agrícola de importancia relevante en la economía nacional por su significativa contribución a la generación de divisas por concepto de exportación y en la generación de empleo. La superficie cacaotera se encuentra en la zona tropical y húmeda del país. Según el último Censo Nacional Agropecuario hay 243146 hectáreas de cacao como monocultivo y 163149 hectáreas como cultivo asociado (INEC, 2000).

Aumentar el rendimiento del cacao es el principal objetivo del pequeño productor. Los beneficios del uso de fertilizantes hacen evidente de que la eficiencia nutritiva es un importante objetivo del manejo para satisfacer las expectativas de producción al menor costo. La cantidad de luz que recibe la plantación representa otro factor con gran influencia en el desarrollo vegetativo y rendimiento del cacao. La complementación de diversas prácticas culturales orientadas a reducir la incidencia de enfermedades combinadas con una buena nutrición contribuye al éxito económico de la huerta cacaotera.

Para mejores resultados de la aplicación de buenas prácticas de cultivos en relación al abonamiento hay que explotar la demanda nutritiva del cacao, mirando más allá de la necesidad de los macronutrientes N-P-K. La disponibilidad de otros nutrientes con concentraciones insuficientes en el suelo puede limitar el desempeño productivo de la huerta. Pocas veces se considera que existe este riesgo al momento de formular la recomendación de fertilización para el cultivo de cacao. El S y Mg son los nutrientes cuya demanda en cantidad sigue a la de nitrógeno (N) - fósforo (P) - potasio (K).

El decrecimiento del contenido de materia orgánica (M.O) y creciente acidificación del suelo en cultivos abonados con generosos (a veces excesivos) volúmenes de urea, son condiciones comunes en la zona de Quevedo y alrededores. El riesgo de insuficiencia de ambos nutrientes podría estar presente en las condiciones anotadas. De acuerdo a lo mencionado se realizó la investigación cuyos resultados son presentados en el documento que tuvo como finalidad estudiar la respuesta productiva del cacao a la aplicación de azufre (S) y magnesio (Mg).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La mayoría de los sectores de la Costa ecuatoriana, donde se cultiva cacao son deficientes en materia orgánica, principal fuente de N y S. Por lo tanto, su deficiencia es muy generalizada en las áreas cacaoteras. La influencia de la sombra es uno de los principales factores a tomar en cuenta desde el establecimiento de una plantación de cacao y en todo su desarrollo. La radiación solar varía en forma considerable variando también las respuestas fisiológicas del cultivo. La M.O. es la principal fuente natural de S en el suelo. Su concentración por lo general se mueve en el nivel medio y bajo en la mayoría de los suelos, incluyendo suelos de zonas cacaoteras.

La aplicación de generosas cantidades de urea, posiblemente por su precio asequible, es la práctica de fertilización más común en la generalidad de cultivos. Al contrario, el abonamiento con S es una práctica poco común. Por otro lado, son frecuentes los reportes sobre casos de procesos de acidificación del suelo por la cantidad de iones H liberados durante el proceso de nitrificación de la urea y que contribuyen al descenso del pH. De ambas circunstancias combinadas surge el riesgo de que el cacao se enfrente a un entorno ambiental de limitación nutritiva de S y Mg; si este fuera el caso la fertilización con ambos beneficiará el rendimiento.

Si la hipótesis planteada fuera cierta se tendría también la oportunidad de probar su viabilidad económica. Por el contrario, sin trabajos en esta dirección siempre hay el riesgo de una oportunidad desaprovechada a favor de extender la rentabilidad del cultivo.

1.1.2. Formulación del problema

¿Se encuentra la disponibilidad de S y Mg limitando el rendimiento del cacao y si ese es el caso de que manera responde este cultivo al abonamiento con ambos nutrientes?

1.2. Objetivo general

Evaluar la respuesta en rendimiento del cultivo de cacao CCN-51 a plena exposición solar aplicando azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, provincia de Los Ríos.

1.2.1. Objetivos específicos

- Determinar los efectos de la fertilización con los elementos Azufre y Magnesio en el cultivo de cacao CCN – 51.

- Establecer la interacción de Azufre y Magnesio en relación a la incidencia de enfermedades.

- Realizar el análisis económico del rendimiento del cacao en función a los costos de los tratamientos en estudio.

1.3. Justificación

Actualmente se hace imprescindible la búsqueda de alternativas de menor impacto ambiental y aprovechamiento de los recursos disponibles. En lo que respecta al área cacaotera del país la implementación de distintas labores agrícolas es muy determinante debido a la dificultad de aplicaciones de diferentes prácticas básicas, siendo regular que las aplicaciones en fertilización u otro control predeterminado sean muy generales por lo que no ejercen un buen manejo. Generalmente las plantaciones de cacao CCN-51 se desarrollan a plena exposición solar por lo que existen ciertas limitaciones en los rendimientos al no realizarse una adecuada aportación de nutrientes por medio de la fertilización e incluso la incidencia de enfermedades u otros aspectos desarrollados por la deficiencia de dicha práctica.

Lograr un adecuado balance en la aplicación de fertilizantes generaría un impacto positivo, tanto en la respuesta del cultivo en la producción como en la economía del pequeño productor, evitando aportaciones innecesarias al suelo que en efecto conllevarían a aumentar la acidez del mismo,

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Cacao en el Ecuador

El cultivo del cacao en Ecuador es fuente de ingresos. Se considera al sector cacaotero de gran importancia ya que el rol que desempeña el agricultor como el comerciante es esencial para el desarrollo socioeconómico (Cárdenas, Ronquillo, Onofre, & Gurumendi, 2016). Por ser un producto de exportación y que constituye una fuente de empleo para un alto porcentaje de habitantes de los sectores rurales y urbanos (Mora & Fiallos, 2012).

La mayoría de plantaciones cacaoteras del país son manejadas de forma integral, incluyendo las labores sanitarias las que realizadas a destiempo, pueden recortar la producción hasta un 90%. Entre las enfermedades más importantes encontramos a la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), fitóptora (*Phytophthora spp*.) (Mora & Fiallos, 2012).

2.1.2. Cacao CCN-51

Los diferentes clones CCN fueron obtenidos del híbrido entre ICS-95 x IMC-67 (S.N., 2013). Fue de la progenie de este cruce que se seleccionó la variedad CCN-51. Esta variedad es moderadamente resistente a Escoba de Bruja y Moniliasis (Crespo & Crespo, 1997).

En las últimas dos décadas, CCN 51 se ha convertido en uno de los cultivares más plantados en Ecuador, principalmente como resultado de su alta productividad y resistencia a las enfermedades (Boza, y otros, 2014).

Según Gonzáles, Castillo, & Wong (2009), las principales características de cacao CCN-51 que respaldan su elección son:

1. Su alta productividad que en muchas haciendas supera los 2,300kg (50 quintales de 45kg) por hectárea, lo que lo convierte en un cultivo rentable para el agricultor costeño carente hoy en día de alternativas seguras.
2. Es un clon autocompatible, es decir no necesita de polinización cruzada para su adecuada fructificación tal como la mayoría de los clones.

3. El CCN-51 se caracteriza por ser un cultivar precoz pues inicia su producción a los 24 meses de edad.
4. Es tolerante a la "Escoba de Bruja" enfermedad que ataca a la mayoría de variedades de cacao destruyendo gran parte de su producción.
5. Es una planta de crecimiento erecto pero de baja altura, lo que facilita y abarata las labores agronómicas tales como poda y cosecha entre otras.
6. Excelente índice de mazorca (17.6 mazorcas/kilo) 8 mazorcas/libra de cacao seco, en comparación con el índice promedio de (24.6 mazorcas/kilo) 12 mazorcas/libra.
7. Excelente índice de semilla: 1.45 gramos/semilla seca y fermentada comparado con el índice promedio de 1.2 gramos/semilla seca.
8. Alto índice de semillas por mazorca: que es de 45 semillas, mucho más alto que el promedio normal de 36 semillas por mazorca.
9. Adaptabilidad: Es un clon cosmopolita que se adapta a casi todas las zonas tropicales desde el nivel del mar hasta los 1.000 metros sobre el nivel del mar.
10. Alto porcentaje de manteca (54%) lo que lo hace muy cotizado por las industrias.
11. Calidad del cacao: Con buen manejo post cosecha el CCN-51 es de primera calidad para exportación.

Según Crespo & Crespo (1997), entre otras características principales del cacao CCN-51 se encuentran:

1. Peso de 100 pepas secas es de 154 gramos.
2. Índice de mazorcas corresponde a 7u x libra de cacao seco.
3. El promedio de mazorcas sanas cosechada al año por árbol adulto es de 20 a 30 o según la densidad de siembra.
4. Porcentaje de grasa de 52%
5. Porcentaje de proteínas 12%
6. Porcentaje de cascara 15%
7. Producción promedio de cacao seco por árbol al año de 3 a 4 libras.

La variedad CCN-51 presenta una mayor productividad por que se maneja como monocultivo en grandes plantaciones con uso de prácticas adecuadas de manejo (Morales, Carrillo, & Neto, 2012).

Cuando las plantaciones se desarrollan a plena exposición con precipitación adecuada y se les proporciona nutrientes de acuerdo con las exigencias y se protegen de los vientos, producen mayores volúmenes de cacao que bajo sombra en las mismas condiciones debido a la mayor tasa fotosíntesis. Pero la planta sin sombreamiento envejece más rápido si no está bien abastecida de agua y nutrientes todo el tiempo. Desde este punto de vista, la explotación de cacao en aquellas zonas de fertilidad natural alta y con un flujo de capital adecuado puede tener una alta sostenibilidad económica. No se debe olvidar que el cacao, a plena exposición, puede sufrir de ataque severos de insectos y algunos patógenos. Por esta razón, los controles fitosanitarios pueden ser más frecuentes (Huiman, 2008).

El punto crucial en sombra es la intensidad que debe haber alrededor de las plantas de cacao. La sombra afecta el microclima de la planta y la disponibilidad de agua en el suelo. Además influye en la fertilidad de la plantación que depende de la velocidad de incorporación de hojarasca. Sumados estos factores afectan el crecimiento y la producción del caco bajo sombra (Jaimez, Teraza, Coronel, & Urich, 2008).

2.1.3. Macronutrientes

Las plantas necesitan de grandes cantidades de nutrientes y en la mayoría de los cultivos las necesidades son mayores que las disponibilidades en el suelo, por lo que se requiere hacer aportaciones cuantiosas. Los macronutrientes son N. P y K. En cuanto a los elementos secundarios las plantas los consumen en grandes cantidades, pero, por lo general, hay suficiente disponibilidad en el suelo y no se necesita hacer aportaciones son: Ca, Mg y S (Yague, 2002).

Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales (FAO, 2002).

Otros estudios realizados con el clon CCN-51, en Ecuador, en condiciones de cultivo a plena exposicion , reportan que la extraccion de nutrientes con 2222 plantas ha-1 fue: N (101),

P2O5 (27), K2O (204), CaO (69), MgO (42) Y S (12) kg ha^{-1} y con 833 plantas ha^{-1} de 50, 23 y 101, 35, 21 y 6 kg ha^{-1}, respectivamente (Rojas, 2012).

El N es el motor del crecimiento de la planta. Suple de 1 a 4 % del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_{3-}) o de amonio (NH_{4+}). En la planta el N se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas (FAO, 2002).

La eficiencia de uso de N a nivel de finca y su efectividad pueden mejorarse a través del manejo de las fuentes de N y de la dosis, época y lugar de aplicación (Espinoza & García, 2009). Para las plantas la disponibilidad de N es el principal limitante en la productividad de los cultivos, que junto con otros nutrientes determinan el crecimiento vegetal. Para incrementar la disponibilidad de este nutriente y mejorar la productividad de los cultivos, se aplican fertilizantes químicos. Aunque su utilización es crítica para la producción de alimentos, hoy en día se ha convertido en una práctica costosa y que acarrea serias consecuencias ambientales (Espinoza & García, 2009).

La urea es la fuente de N que más se utiliza en el mundo y las pérdidas por volatilización del N en forma de amoniaco (NH_3) pueden ser superiores al 45 %, cuando la urea se aplica a la superficie del suelo en condiciones de alta temperatura y humedad. Cuando se aplica urea o residuos de corral a la superficie del suelo y no se incorporan, especialmente en ambientes húmedos y cálidos, buena parte del N puede perderse por volatilización de NH3 (Espinoza & García, 2009).

Para optimizar el manejo de los nutrientes N y S, se debe considerar llevar los niveles de P del suelo a valores que no sean limitantes para los cultivos. Ello asegurará una correcta nutrición que permita mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados no sólo a los cultivos, sino a toda la rotación agrícola (Petri & Toribio, 2009).

El P, que suple de 0,1 a 0,4 % de la materia seca de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es

deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o dónde la fijación limita su disponibilidad (FAO, 2002).

La influencia de N sobre la absorción de P es muy clara durante el crecimiento inicial. En algunos casos, hasta 65% del P en la planta proviene del fertilizante fosfórico aplicado temprano en el ciclo del cultivo. El amonio (NH_{4+}) afecta significativamente la disponibilidad y absorción de P. El NH_{4+} en altas concentraciones reduce las reacciones de fijación de P. De igual manera, la absorción de NH_{4+} ayuda a mantener una condición ácida en la superficie de la raíz, mejorando de esta forma la absorción de P (IPNI , 1997).

Las plantas pueden utilizar otras formas de P, pero en menores cantidades que el orto fosfato que es la forma de absorción más común. Las concentraciones más altas de P en plantas jóvenes se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento. Debido a que el P se mueve rápidamente de los tejidos viejos a los tejidos jóvenes, las deficiencias aparecen primero en las partes bajas de la planta. A medida que las plantas maduran, la mayor parte del P se mueve a las semillas o al fruto (IPNI , 1997).

El K, que suple del 1 al 4 % del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Este nutriente activa más de 60 enzimas (substancias químicas que controlan la velocidad de las reacciones bioquímicas). Por ello juegan un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO, 2002).

El K refuerza la epidermis de la célula permitiendo de esta manera el desarrollo de tallos fuertes que resisten el ataque de patógenos y plagas, cutículas más gruesas, menos susceptibles a invasiones de ciertas enfermedades después de lluvias abundantes. El K es vital para la fotosíntesis. Cuando existe deficiencia de K, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa. Estas dos condiciones presentes cuando hay deficiencia de K reducen la acumulación de carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y producción de la planta (IPNI , 1997).

El Mg interviene en varias funciones vitales para la planta. Los procesos metabólicos y reacciones en las cuales interviene son: 1) Fotofosforilación (formación de ATP en los

cloroplastos), 2) Fijación fotosintética del dióxido de carbono (CO_2), 3) Síntesis de proteínas, 4) Formación de clorofila, 5) Recarga del floema, 6) Partición y asimilación de los productos de la fotosíntesis, 7) Generación de las formas reactivas de oxígeno y 8) Fotooxidación de los tejidos de las hojas. En consecuencia, varios procesos fisiológicos y bioquímicos críticos para la planta se alteran cuando existe deficiencia de Mg, afectando el crecimiento y el rendimiento de la planta (Cakmak & Yazici, 2010).

Este elemento cumple una importante función en la fisiología de los vegetales. Participa en un 2,7% en la constitución de la clorofila, coopera en la actividad enzimática y contribuye, junto con el potasio, a asegurar la turgencia celular; asimismo, acompaña al fósforo en la formación de diferentes compuestos químicos de la semilla como la fitina (Campos, 1981).

Debido a que es un componente de la clorofila, la escasez de este elemento se traduce en una reducción de la fotosíntesis, que da lugar a un amarilleo en las hojas, seguido de la aparición de manchas pardas. Las hojas afectadas en primer lugar son las más viejas. La escasez de Mg en la planta reduce su resistencia ante medios adversos (frio, sequia, enfermedades, etc.). La absorción del Mg por las plantas no solo depende de su contenido en el suelo, sino también de la abundancia de otros iones que pueden interferir en su asimilación. En suelos demasiados ácidos o con excesiva cantidad de Ca o K solubles, la absorción se realiza con dificultad (Yague, 2002).

Adicionalmente, sirve como un cofactor en la mayoría de las enzimas que activan el proceso de fosforilación como un puente entre la estructura del pirofosfato de ATP o ADP y la molécula de la enzima. Estabiliza las partículas ribosómicas en la configuración para la síntesis de proteínas. Entre las condiciones de deficiencias en el suelo se encuentran las siguientes: en suelos arenosos y ácidos cuando el Mg se pierde por lixiviación de lluvia o riego, suelos ácidos con pH menos de 5.4, suelos sobre fertilizados con Ca y K (Jones, 2012).

El Mg es el átomo central de la molécula de la clorofila, por lo tanto está involucrado activamente en la fotosíntesis. El Mg y el N son los únicos nutrientes provenientes del suelo que son parte de la clorofila, y por esta razón, la mayoría del Mg en las plantas se encuentra en este compuesto. Las semillas también tienen un contenido relativamente alto de Mg, también interviene en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas (IPNI , 1997).

Un desbalance entre Ca y Mg en los suelos de baja CIC puede acentuar la deficiencia de Mg. Cuando la relación Ca: Mg es muy alta en estos suelos, las plantas absorben menos Mg. Esto puede ocurrir cuando se encala solamente con calcita, por varios años consecutivos, suelos relativamente bajos en Mg. La deficiencia de Mg también puede acentuarse con la aplicación de altas dosis de K o por una alta disponibilidad de amonio (NH_{4+}) en suelos con bajos niveles de Mg (IPNI , 1997).

El amarillamiento en forma de clorosis intervenal en las hojas viejas de la planta es uno de los síntomas típicos del estrés causado por la deficiencia de Mg. Se conoce que hasta el 35 % del total de Mg en las plantas está ligado a los cloroplastos. Sin embargo, la presencia de los síntomas de deficiencia de Mg es altamente dependiente de la intensidad de la luz. La alta intensidad de la luz incrementa la clorosis intervenal y la presencia de manchas de color rojizo en las hojas (Cakmak & Yazici, 2010).

Los rangos de requerimientos de nutrientes del cultivo de cacao para producir una cosecha de 1000 kg de semillas secas son de 64,8 a 103 kg; 31 a 40 kg y 11,5 a 13,75 kg de K_2O, N y P_2O_5, respectivamente; mientras que se requieren de 7 a 11,2 kg de CaO y de 8,3 a 11,6 kg de MgO (Furcal-Beriguete, 2017).

El S es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) % del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el P y el Mg; pero su función es a menudo subestimada (FAO, 2002).

El S se encuentra en el suelo formando parte de la M.O. y de ciertos minerales. La forma orgánica es la más abundante. La transformación del S contenido en la M.O. tiene una cierta semejanza con la transformación del N orgánico. Por lo general, la carencia de uno de estos elementos está relacionada con la carencia del otro. Incluso, los síntomas de carencia son muy parecidos en uno y otro. Un buen nivel de Ca en el suelo facilita la descomposición de la M.O. y, como consecuencia de ello la asimilación de S. Las aportaciones de S al suelo provienen de las siguientes fuentes: los minerales del suelo, la M.O., el S contenido en el aire, que es arrastrado hacia el suelo por las precipitaciones, abonados y enmiendas que contienen ese elemento (sulfato amónico, nitrosulfato amónico, superfosfato de cal, sulfato potásico, yeso) (Yague, 2002).

Las pérdidas de S del suelo son debidas a las siguientes causas: las extracciones por las cosechas, arrastre de forma soluble por las aguas de percolación hacia zonas profundas, volatilización en forma gaseosa hacia la atmósfera, la quema de rastrojo de los cereales supone una pérdida de unos 10 kg de S por hectárea (Yague, 2002).

Está involucrado en la síntesis de proteínas, además es parte de los aminoácidos cistina y tiamina, reduce la incidencia de enfermedades en muchas plantas (Jones, 2012).

A diferencia del Ca y el Mg que son absorbidos por las plantas como cationes, el S es absorbido principalmente como anión sulfato ($SO_{=4}$). También puede entrar por las hojas como dióxido de azufre (SO_2) presente en el aire. El S es parte de cada célula viviente y forma parte de 2 de los 21 aminoácidos que forman las proteínas. Las plantas que tienen una deficiencia de S presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes, aún cuando en casos de deficiencia severa toda la planta puede presentar color verde pálido y crecimiento lento. Las hojas se arrugan a medida que la deficiencia progresa. El S, al igual que el N, es un constituyente de las proteínas, por lo tanto los síntomas de deficiencia son similares a los de N. Los síntomas de deficiencia de N son más severos en las hojas viejas debido a que el N es un nutriente móvil que se transloca de tejido viejo hacia lugares de crecimiento nuevo en la planta. El S en cambio es inmóvil en la planta, por lo tanto, cuando los niveles de S no son adecuados para satisfacer las necesidades de la planta la deficiencia aparece primero en los sitios de crecimiento nuevo (IPNI , 1997).

Según Benavides (1990), los requerimientos de S por los cultivos son variables de acuerdo al tipo de suelo en que crecen así como a la cantidad de biomasa acumulada por las plantas. Sin embargo, la respuesta del cultivo al agregado de S estaría asociada a la disponibilidad existente en el suelo de $S - SO_4$ = (0-60 cm) al momento de la siembra del cultivo (Calvo, Echeverría, & Rozas, 2006). Los contenidos se incrementan gradualmente ya que se determinó un valor promedio de 4.7 y 6.1 mg kg^{-1} para las profundidades de 30-60 cm y 60-90 cm, respectivamente. Es de destacar que en profundidad los rangos de concentración se amplían notablemente (San-Martín & Echeverría, 1995).

2.1.3.1. Relación Ca/Mg

Generalmente el valor más adecuado se considera en el 5.

Tabla 1: Valoración sobre la relación Ca/Mg.

Relación Ca/Mg	Valoración
<1	Deficiencia de Ca
Entre 1 y 2	Bajo nivel del Ca respecto al Mg
Entre 2 y 5	Ideal
>5	Deficiencia de Mg

El sistema radicular de las plantas absorbe selectivamente el Ca y el Mg y es capaz de asegurar las proporciones requeridas de nutrientes, a pesar de las variaciones de las relaciones en el suelo. El mantener un adecuado pH y un adecuado nivel de Ca y de Mg para el crecimiento de las plantas, es esencial para asegurar buenos rendimientos (IPNI, 2005).

2.1.3.2. Relación Mg/K

La relación ideal es que sea igual o próxima a 3.

Tabla 2: Valoración sobre la relación Mg/K.

Relación Mg/K	Valoración
<1	Deficiencia de Mg
Entre 1 y 3	Aceptable
3	Ideal
Entre 3 y 18	Aceptable
>18	Deficiencia de K

La mayoría de los autores indican que los valores normales de esta relación estarían entre 2,5-15. Según otros autores puede desarrollar la deficiencia de Mg cuando la relación K/Mg es superior a 3 (o a la inversa Mg/K es inferior a 0,3) (Moro, 2015).

2.1.4. Demanda nutritiva

La nutrición vegetal es el proceso que le permite a las plantas interceptar y absorber los minerales que requiere para su crecimiento y desarrollo. Las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas. Es importante que estas proporciones se mantengan balanceadas para facilitar su absorción radicular (Rojas, 2012).

De acuerdo a la intensidad de la demanda, los nutrientes se clasifican en macroelementos: N, P y K; elementos secundarios: Ca, Mg y S; y microelementos: Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y B. Sin embargo, todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo de las plantas (Rojas, 2012).

A plena exposición con abastecimiento adecuado de agua y nutrientes, protegido del viento, el cacao produce más que si es cultivado bajo sombra. Debido a su mayor tasa fotosintética, las plantas requieren mayores cantidades de nutrientes. Se debe procurar aporte balanceado acorde a las necesidades (frecuencia y cantidad) del cultivo. La capacidad fotosintética está correlacionada con la concentración de N en las hojas. En plantas muy sombreadas el exceso de N disminuye la tasa fotosintética (Rojas, 2012).

La remoción de nutrientes, al menos los de mayor demanda como el K, N, Ca, P Y Mg, se incrementa en los primeros cinco años después de la siembra de la plantación de cacao. A partir de esa edad la demanda se estabiliza, manteniendo la tasa de absorción nutritiva por el resto del ciclo del cultivo (Furcal-Beriguete, 2017).

El nivel de radiación solar que llega a la plantación de cacao tiene efecto directo en el crecimiento, rendimiento del cultivo y en la demanda nutricional. Bajo una cobertura abundante de sombra en un cacaotal, el rendimiento es bajo. Por el contrario, donde predomina poca o ninguna cobertura de árboles de sombra, la absorción de nutrientes y los rendimientos de cacao son más altos y a su vez hay mejores respuestas a la fertilización, especialmente con N. Al aumentar la dosis de N, es necesario hacer aplicaciones de K y P, y otros elementos según su contenido en el suelo, para mantener el balance nutricional de estos (Furcal-Beriguete, 2017).

2.1.5. Requerimientos nutricionales y fertilización del cacao

El manejo de la fertilización es un aspecto relevante para el desarrollo de los cultivos ya que un excesivo aporte de nutrientes, puede sobrepasar la capacidad de absorción de la planta y generar un riesgo ambiental, como también una pérdida económica para el agricultor (Puente-Páramo, Menjivar-Flores, & Aranzazu-Hernández, 2014).

La aplicación de los fertilizantes demanda la consideración de algunos aspectos entre los que se encuentra la profundidad del suelo, drenaje, áreas sujetas a inundaciones y sombra influyen en la respuesta a la fertilización. Se ha observado que la fertilización nitrogenada en huertas de cacao con sombra permanente en lugar de beneficiarlo lo perjudica (Crespo & Crespo, 1997).

Según Crespo & Crespo (1997), en las siguientes Tablas 3 y 4 se detallan los requerimientos de nutrientes de una planta de cacao CCN-51 en sus diferentes etapas de desarrollo y la cantidad de nutrientes que pierde por cada cosecha en un kilogramo de almendras secas y el retorno al suelo en la cáscara.

Tabla 3: Nutrientes que demanda una planta de CCN-51 según su edad, en huertas sin sombra.

Estado de la planta	Edad del árbol (meses)	Requerimientos por planta (g)							
		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	48 - 90	448	51	710	320	110	5.9	1.6	1.7

Fuente: (Crespo & Crespo, 1997)

Tabla 4: Nutrientes (g) removidos por mazorcas del cacao CCN-51 por cada kg de almendras cosechadas.

En la semilla					En la cáscara					Total				
N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
20	4.4	11	1	3	15	2	62	7	3	35	6.4	73	8	6

Fuente: (Crespo & Crespo, 1997)

La fertilización balanceada mejora las características fisiológicas y la tolerancia a enfermedades del clon CCN51. Estas condiciones, inciden positivamente en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo (Recalde, Carillo, Sanchez, & Moreno, 2012).

Los efectos de diferentes elementos fertilizantes varían mucho, ya que la incidencia de ciertos organismos es mayor sobre hospederos de vegetación débil y lenta. El N por ejemplo, puede permitir a las plantas jóvenes librarse de las enfermedades del suelo, como la podredumbre de raíces y tallos; el P reduce la incidencia de afecciones radiculares, favoreciendo un rápido crecimiento de las raíces y el K reduce la incidencia de numerosas enfermedades del tallo y la hoja al influir en el reforzamiento de las paredes celulares, comunicando a los tejidos de la planta mayor resistencia y más robustez (Blaya & García, 2003).

Generalmente los nutrientes primarios son los primeros en ser deficientes en el suelo, debido a que las plantas usan cantidades relativamente altas de estos nutrientes. Los nutrientes secundarios y los micronutrientes son en general menos deficientes en el suelo y las plantas los utilizan en pequeñas cantidades. Sin embargo éstos son tan importantes como los nutrientes primarios y la planta debe tenerlos a su alcance cuando los necesita (IPNI, 1997).

Quiroz & Amores (2002), mencionan que la fertilización del cacao en ocasiones no genera beneficio económico, debido a los costos del insumo y precio del cacao, aunque haya incremento de rendimiento. En tal sentido, Fuentes (1980) señala que el hecho de aplicar fertilizantes al cultivo en forma remunerativa es más complicado que en la mayoría de los cultivos tropicales. Agrega que algunas de las dificultades se deben principalmente a la heterogeneidad genética del material de siembra de cacao (Rojas, 2012).

2.1.6. Enfermedades en cacao

Las mejores prácticas para controlar estas enfermedades es partiendo de prácticas de cultivo y manejo apropiados, con el fin de favorecer el desarrollo del cacaotal y a la vez crear condiciones ambientales adversas a las que requieren los patógenos para su establecimiento y posterior ataque al árbol. Un buen programa de fertilización que permitan un óptimo desarrollo del árbol de cacao, hace que los patógenos que entren a las plantaciones tengan poca probabilidades de establecerse y desarrollar, en caso de que la enfermedad se llegase a establecer, con un manejo adecuado estas pueden ser controladas económicamente y se podrá convivir con la enfermedad (Jhonson, Bonilla, & Castillo, 2008).

2.1.6.1. Moniliasis (*Moniliophthora roreri*)

El hongo fitopatógeno *Moniliophthora roreri* agente causal de la moniliasis, una enfermedad que destruye la mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.) y, por tanto, reduce la producción del cultivo y los ingresos de los agricultores (Contreras, 2015).

Ésta enfermedad sólo ataca los frutos (llamados mazorcas), a los que les provoca necrosis interna y externa, y finaliza con la pérdida de la mazorca. Su inóculo puede sobrevivir más de siete meses en frutos momificados que permanezcan en el árbol de cacao después de la cosecha, los cuales aportan niveles elevados de esporas durante todo el periodo de fructificación (García, Torres, & Hernández, 2015).

La infección se presenta en la superficie de los frutos y en cualquier fase del desarrollo vegetativo, sin embargo la susceptibilidad más alta se observa en los primeros estados de desarrollo del fruto. Una vez que penetra el fruto, el patógeno se desarrolla intracelularmente e invade las células del parénquima cortical. Esta fase es considerada el período más largo de incubación de la enfermedad. Con el tiempo los síntomas aumentan en severidad y favorecen el crecimiento del patógeno el cual, finalmente, después de varios meses de la inoculación, es fácilmente observado en la superficie del fruto donde produce anormalidades de formas geométricas y protuberancias o tumores (Álvarez, Martínez, & Coy, 2014).

La remoción semanal reduce la moniliasis significativamente, a través de una reducción en esporulación (Krauns, y otros, 2003).

2.1.6.2. Mazorca Negra (*Phytophthora spp*.)

La pudrición negra del fruto es un problema económico serio en todas las regiones del mundo donde se cultiva cacao, causando pérdidas significativas de las cosechas que pueden alcanzar del 60 al 100% de la producción, dependiendo de las condiciones ambientales. Para controlar la infección por *Phytophthora*, se aplican métodos encaminados a reducir la población del patógeno y evitar la diseminación de la enfermedad (Hernández-Rodríguez, Ruíz-BeltránI, Acebo-Guerrero, Miguélez-SierraI, & Heydrich-Pérez, 2014).

El daño ocasionado por *Phytophthora* se presenta más intensamente en el fruto en cuyo caso la mazorca enferma presenta una mancha de color café oscuro, que pueda llegar a cubrir todo el fruto. El borde de esta mancha o lesión es bien definido. A pesar del daño, las almendras siempre pueden ser aprovechadas, aunque a veces el daño puede llegar a afectar las almendras ocasionando la pérdida total del fruto. El hongo se "madura" y produce esporas que aparecen casi como un algodón fino y blanco cubriendo las mazorcas afectadas (Porras & Sánchez, 1991).

Los principales síntomas que manifiesta el cultivo del cacao son: quemaduras en diferentes órganos de la planta, úlceras malignas del tallo y la pudrición negra del fruto. Las mayores pérdidas ocurren cuando la enfermedad afecta al fruto, provocando pudriciones del 30% de las bellotas y la muerte de hasta el 10% de las plantas anualmente. La pudrición negra del fruto es comúnmente correlacionada con la presencia de alta humedad relativa y temperaturas templadas (Hernández-Rodríguez, Ruíz-BeltránI, Acebo-Guerrero, Miguélez-SierraI, & Heydrich-Pérez, 2014).

2.1.6.3. Marchitamiento prematuro (Cherelle Wilt)

Existen un sinnúmero de factores que afectan al número final de frutos, uno de estos es el "Cherelle wilt" o muerte prematura. Estos destruyen los frutos en su etapa temprana y puede reducirlos en un 20 a 90% debido a un problema de regulación fisiológica del número de frutos como consecuencia de condiciones ambientales adversas que agravan la competencia

entre los frutos en desarrollo y con otras funciones de la planta. Las pérdidas de frutos por marchitamiento prematuro varían de un lugar a otro pudiendo alcanzar altos niveles, la enfermedad fisiológica llamada marchitamiento prematuro debe ser considerada como una seria amenaza, puesto que en ocasiones ataca hasta un 40% del total de la cosecha (Ochoa, 2015).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Finca "Gloria Haymee" del señor Jaime Briones en la Parroquia Zapotal (vía a Las Naves) del cantón Ventanas. El sitio experimental se encuentra a una altitud de 19 msnm y sus coordenadas geográficas son 1°21´30,5" de Latitud Sur y 79°23´44,4" de Longitud Oeste[1].

En la Tabla 5 se presentan las características climáticas y edafológicas del sitio experimental.

Tabla 5: Características climáticas y edafológicas del sitio experimental.

Datos	Valores medios
Precipitación medio anual	2252,2 mm
Humedad relativa media	84%
Temperatura media anual[2]	27.5°C
Heliofanía	894 horas
Topografía	Plana
Textura[3]	Franco – Limoso
pH	5,5 (Ácido)
Materia orgánica	2,3 (Bajo)
N	13 ppm (Bajo)
P	26 ppm (Alto)
K	0,44 meq/100 ml (Alto)
Mg	2,5 meq/100 ml (Alto)
S	4 ppm (Bajo)

3.2. Materiales y equipos

Equipos y materiales que se utilizaron en la presente investigación.

[1] Datos registrados en línea GPS
[2] Boletín de precipitación y temperatura SINAGAP, 2016.
[3] Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. Departamento de Suelos y Agua, 2017.

3.2.1. Material genético

El proyecto de investigación se llevó a cabo en una plantación de Cacao CCN–51 de 4 años de edad, con una densidad de 1275 plantas por hectárea, sembradas en triángulo a plena exposición solar.

3.3. Tipo de la investigación

La investigación fue tipo experimental al estudiar una relación causa-efecto bajo condiciones controladas.

3.4. Factores en estudio

Se estudió un solo factor constituido por los fertilizantes a base de S y Mg.

3.4.1. Tratamientos

Se estudiaron once tratamientos. Todos incluyeron el equivalente a una fertilización básica compuesta de 200 kg de N; 80 kg de P_2O_5 y 240 kg de K_2O por hectárea. Con excepción del control distintas combinaciones de S y Mg conformaron los demás tratamientos. Estos se describen a continuación en kg de nutriente puro por hectárea en la Tabla 6.

Tabla 6: Dosis de elemento puro aplicado (kg ha^{-1}) por tratamiento.

Tratamientos	Fertilización básica			Fertilización variable	
	N	P_2O_5	K_2O	S	MgO
1	200	80	240	60	0
2	200	80	240	60	30
3	200	80	240	60	60
4	200	80	240	60	90
5	200	80	240	60	120
6	200	80	240	60	150
7	200	80	240	0	60
8	200	80	240	30	60
9	200	80	240	90	60
10	200	80	240	120	60
11	200	80	240	150	60
Control	200	80	240	0	0

En la tabla 7, se presentan la cantidad de fertilizantes empleados por tratamiento.

Tabla 7: Cantidad de fertilizantes (kg ha^{-1}) aplicados por tratamientos.

Tratamientos	Fertilización básica			Fertilización variable	
	N	P_2O_5	K_2O	S	MgO
1	252	174	400	250	0
2	252	174	400	250	100
3	252	174	400	250	200
4	252	174	400	250	300
5	252	174	400	250	400
6	252	174	400	250	500
7	366	174	400	0	200
8	309	174	400	125	200
9	195	174	400	375	200
10	138	174	400	500	200
11	80.4	174	400	625	200
Control	366	174	400	0	0

Los productos aplicados para proveer la fertilización básica fueron: Urea, Fosfato diamonico (DAP), Muriato de K. Los fertilizantes para proveer el S y Mg fueron: Sulfato de amonio y Oxido de Mg. El N provisto por el Sulfato de amonio se incluyó en los cálculos para obtener

la fertilización con N. Las fertilizaciones se programaron para su aplicación en tres meses de la época lluviosa como se describe en la Tabla 8.

Tabla 8: Cronograma de aplicación de los fertilizantes a base de S y Mg en gramos por planta año^{-1}, según los tratamientos estudiados.

Tratamientos	Enero		Marzo		Mayo		Total	
	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg
1	65.4	0	65.4	0	65.4	0	196.2	0
2	65.4	78.4	65.4	0	65.4	0	196.2	78.4
3	65.4	156.9	65.4	0	65.4	0	196.2	156.9
4	65.4	235.3	65.4	0	65.4	0	196.2	235.3
5	65.4	313.7	65.4	0	65.4	0	196.2	313.7
6	65.4	392.2	65.4	0	65.4	0	196.2	392.2
7	0	156.9	0	0	0	0	0	156.9
8	32.7	156.9	32.7	0	32.7	0	98.1	156.9
9	98	156.9	98	0	98	0	294	156.9
10	130.7	156.9	130.7	0	130.7	0	392.1	156.9
11	163.4	156.9	163.4	0	163.4	0	490.2	156.9
Control	0	0	0	0	0	0	0	0

3.5. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloques completos al azar con 12 tratamientos y 3 repeticiones. A continuación el esquema del Análisis de variancia:

Tabla 9: Esquema del Análisis de Varianza (ADEVA).

Fuente de variación	Gl*	Suma de Cuadrado	Cuadrado medio	F	p-valor
Bloques	t-1	SCBLOQ	CMBLOQ	CMBLOQ/CMERROR	
Tratamientos	r-1	SCTRAT	CMTRAT	CMTRAT/CMERROR	
Error	(t-1)(r-1)	SCERROR	CMERROR		
Total	rt-1				

*****Grados de Libertad del Error

3.5.1. Comparaciones de contrastes ortogonales

Efectuado el análisis estadístico de todas las variables, se procedió a separar los tratamientos en dos grupos: 1) variación de dosis de Mg con una fertilización básica de S y 2) variación de dosis de S con una fertilización básica de Mg. Ambos se compararon con el tratamiento control para examinar con más detalle una posible significancia estadística de cualquier de los dos nutrientes que pudiera encubierta por el error experimental. Los tratamientos fueron codificados con letras para un mejor manejo de los datos, presentados en la Tabla 10.

Tabla 10: Representación de los tratamientos.

Tratamiento	Dosis kg ha^{-1}			Tratamiento	Dosis kg ha^{-1}		
	S	**Mg**			**S**	**Mg**	
1	60	0	A	**7**	0	60	G
2	60	30	B	**8**	30	60	H
3	60	60	C	**9**	90	60	I
4	60	90	D	**10**	120	60	J
5	60	120	E	**11**	150	60	K
6	60	150	F	**Control**	0	0	L

3.5.2. Características del experimento

Las parcelas estuvieron distribuidas en tres repeticiones y cada parcela estuvo formada por 16 plantas. La distancia de siembra establecida fue de 2,8 m x 2,8 metros para un total de 1275 plantas por hectárea. En la Tabla 11 se presentan las características de la unidad experimental.

Tabla 11: Características de la unidad experimental.

Características	
Número de parcelas:	36
Número de plantas por parcela:	16
Número de plantas por parcela neta:	4
Área de la parcela:	125 m^2
Largo de parcela:	11,20 m
Ancho de parcela:	11,20 m
Forma de la parcela:	Romboide
Área de parcela neta:	31 m^2
Área neta total del experimento:	1129 m^2
Área total del experimento:	4516m^2

3.5.3. Análisis estadístico

Una vez registrados los valores obtenidos durante 10 meses en el experimento con intervalos de 15 días, se procedió a realizar la valoración total y obtención de promedios de las variables observadas en las plantas sujetas a evaluación. Estas cifras se utilizaron para crear un banco de datos en Microsoft Excel 2013. Consecutivamente, al haber obtenido los valores promedios se realizó el análisis estadístico utilizando el programa InfoStat para la obtención de la media, coeficiente de variación y las pruebas del Análisis de Varianza. La comparación entre medias se realizó aplicando la prueba de DUNCAN (p=0.05), para buscar diferencias significativas entre tratamientos. Se efectuó las comparaciones de contrastes ortogonales entre tratamientos, reconociendo aquellos que presentaron alta diferencia significativa de acuerdo a la variable analizada. Los resultados se organizaron en 5 tablas para su interpretación y conclusiones.

3.6. Datos registrados para las variables seleccionadas

La cosecha se efectuó dos veces al mes, desde el mes de junio del 2017 hasta marzo del 2018. En cada fecha se registraron los siguientes datos:

3.6.1. Mazorcas sanas

Se registró el número de frutos de cacao en estado de maduración fisiológica y sin ninguna afectación visible de enfermedades.

3.6.2. Frutos con marchitez (Cherelle wilt)

Se realizó el conteo retirando cada vez que se cosechaba los cherelles (frutos jóvenes hasta 3 meses de edad) cuyo desarrollo había sido interrumpido por el marchitamiento y muerte que había conducido a su momificación.

3.6.3. Número de frutos enfermos

Se determinó el número total de aquellos frutos con signos de infección por Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) o Mazorca Negra (*Phytophthora spp*), obteniendo el porcentaje total de mazorcas enfermas para evaluar la incidencia de enfermedades en función de los tratamientos estudiados. Para el efecto, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\textbf{\% Incidencia} = \frac{\text{Total de mazorcas enfermas}}{\text{Total de mazorcas}} * 100$$

3.6.4. Peso de la mazorca

El peso de las mazorcas se obtuvo utilizando una balanza debidamente calibrada. Se registró después de cada cosecha de las plantas seleccionadas. El promedio por planta por parcela se asignó al tratamiento correspondiente.

3.6.5. Número de almendras por mazorcas

Luego de extraídas las semillas de la mazorca se realizó el conteo. El número de semillas por mazorca por planta se asignó al tratamiento correspondiente.

3.6.6. Peso fresco y seco en kilogramos

Se realizó mediante el registro del peso fresco del cacao que se obtuvo de cada parcela después de la cosecha. El peso seco se registró luego que el peso fresco de cada parcela se multiplicó por el factor de transformación a peso seco (0,4).

3.6.7. Rendimiento en kg de cacao seco por hectárea al año (kg ha^{-1})

Se registró después de obtener el peso seco en kilogramos por planta, el mismo que fue multiplicado por la densidad poblacional (1275) para obtener un promedio del rendimiento de cacao seco por hectárea por tratamiento.

3.6.8. Extracción de macro y micronutrientes de las almendras

Se seleccionaron cinco tratamientos para la realización de este análisis tomando en cuenta los siguientes niveles: tratamiento 1: 60S – 0Mg; tratamiento 3: 60S – 60Mg; tratamiento 7: 0S – 60Mg; tratamiento 11: 150S – 60Mg; tratamiento 12: 0S – 0Mg.

De los tratamientos seleccionados se recolectaron 5 mazorcas por parcelas, se procedió a registrar el peso de cada una, se extrajeron las almendras para realizar el conteo y peso fresco del material. Una vez realizado se procedió a secar al ambiente y se volvió a pesar. Fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos, plantas y tejidos de la EET Pichilingue del INIAP en Quevedo para el análisis correspondiente.

3.6.9. Análisis económico

Los costos de producción de cacao fueron procesados en el programa Microsoft Excel (2013), creando plantillas donde se determinó el costo de los tratamientos aplicados en el estudio y así la variabilidad existente (pérdidas y ganancias) en el uso de insumos agrícolas. Con el análisis se estimó el beneficio neto de los tratamientos, el cual se obtuvo con la siguiente fórmula:

Beneficio Neto (B.N.) = Ingreso Bruto – Costos Totales

$$\textbf{Relación beneficio/costo=} \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo Total de producción}}$$

Para conseguir el Ingreso Bruto (I.B.) se multiplicó el rendimiento promedio de cada tratamiento por el precio actualizado del cacao, de acuerdo a los registros de precios para el productor del quintal de cacao seco publicados por el MAG (SINAGAP, 2017).

I.B.= Rendimiento de cacao (kg) x Precio de venta kg^{-1}

Costos Variables = Costo de los tratamientos + costo de su aplicación incluido costos de cosecha y transporte.

El costo considerado para el fertilizante fue el precio actualizado en el mercado de la ciudad de Quevedo y Santo Domingo en el mes de enero del año 2017.

3.7. Manejo del experimento

Se aplicó la fertilización con N – P – K – S y Mg de acuerdo a los tratamientos establecidos al comienzo de la época lluviosa en tres ocasiones, correspondientes a los meses de enero, marzo y mayo del 2017. La distribución del fertilizante se realizó retirando la hojarasca y aplicando en la superficie del suelo (en dos sitios alrededor del árbol) a 0.5 m de la planta. La fertilización con P y Mg se hizo por una ocasión, pues requieren una permanencia más larga en el suelo para que puedan ser aprovechados por las plantas.

El control de malezas se realizó mediante el uso de motoguadañas. Se efectuaron podas de mantenimiento y despunte logrando mantener el árbol a una altura entre 2.50 a 2.75 metros y así efectuar un manejo eficiente en la planta. El control de plagas y enfermedades se llevó a cabo con la aplicación de Clorpirifos 1/2 l/ha, Mancozeb + Caldo bordelés 500 gr ha^{-1} y Clorotalonil 1 litro ha^{-1} en 200 litros de agua, en la época lluviosa. Se empleó también la técnica de remoción de mazorcas cada 15 días para el control de moniliasis y mazorca negra durante todo el año. Todos los tratamientos recibieron una aplicación de abono foliar en los meses de abril y mayo con Foska (P_2O_5 300 gr l^{-1} -K_2O 300 gr l^{-1} en dosis de 1 litro por ha^{-1}

disuelto en 200 litros de agua. El producto se aplicó con una aspersora motorizada con 15 litros de capacidad, realizando la aspersión por la mañana.

Para el análisis de suelo se tomaron 10 submuestras al azar en el área total del experimento a una profundidad de 0 a 20 cm. Después se mezclaron en un balde y se colectó una muestra representativa para enviarla al laboratorio para la cuantificación de macro y micronutrientes, el análisis se realizó en el laboratorio del INIAP en Quevedo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de los componentes productivos, sanitarios, rendimientos y composición nutritiva de las almendras

Según lo indicado en la Tabla 12 la fertilización con S y Mg en general no produjo cambios significativos para las variables analizadas. La excepción es la comparación de los tratamientos fertilizados frente al control para el rendimiento. De esta comparación surgen diferencias significativas aunque en forma intermitente y errática que afecta la validez de la conclusión acerca del beneficio de la aplicación de S y Mg. Es conveniente destacar que los promedios de dichas variables a través de tratamientos si guardan relación con los valores que son usuales para los parámetros analizados.

Sin embargo, para reducir el riesgo de que algún efecto real de las aplicaciones de S y Mg deje de ser detectado por la ausencia de significancia al comparar todos los tratamientos entre sí, se condujeron contrastes ortogonales con tratamientos seleccionados. Los resultados de estos contrastes se muestran en la Tabla 13.

Según la Tabla 13, hay una diferencia significativa (p=0.0062) entre el número de mazorcas sanas cosechadas en el control y los tratamientos que recibieron fertilización con Mg combinados con una base de S (60 kg ha^{-1}). De la comparación ortogonal para el número de mazorcas entre los tratamientos que recibieron 120 kg Mg ha^{-1} y 150 kg Mg ha^{-1} también resultó un contraste significativo (p=0.0363). Finalmente la comparación ortogonal entre el control y los tratamientos fertilizados con S y Mg para el peso fresco por planta también dio un resultado significativo (p=0.0292).

La ausencia de replicación del muestreo y análisis del contenido nutricional de las almendras para algunos tratamientos seleccionados no permitió el análisis estadístico. Por tanto no hay manera de afirmar la presencia o ausencia de diferencias por la aplicación de S y Mg, o sobre la influencia de esta práctica en la absorción de otros nutrientes. Sin embargo, los valores en la Tabla 14 se pueden utilizar como referencias de las concentraciones nutritivas en las almendras de cacao para apoyar los resultados que puedan obtenerse en estudios futuros sobre el tema.

Aún con un análisis más riguroso se puede decir que los contenidos de S y Mg no permiten la visualización de patrones definidos de variación que sugiera un posible efecto de la fertilización con ambos nutrientes.

Tabla 12: Valores por planta con excepción del rendimiento de las variables registradas en el estudio de la evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos, 2017.

Tratamientos			Número total de mazorcas (sanas y enfermas)	Número de mazorcas sanas	N° de frutos "Cherelle Wilt"	Número de mazorcas enfermas		Incidencia de enfermedades (%)
N°	kg ha^{-1}					Moniliasis	Mazorca negra	
	S	Mg						
1	60	0	33.00 a	20 ab	113.00 a	3.33 abc	9.67 a	39.33 ab
2	60	30	30.67	22 ab	137.33	4 abc	4.67	26.67 b
3	60	60	28.67	19.67 ab	189.67	4 abc	5	31.00 ab
4	60	90	29.67	19.33 ab	99.67	4.67 abc	5.67	33.33 ab
5	60	120	33.00	19 ab	109.33	7.33 a	6.67	42.00 ab
6	60	150	35.00	24.33 a	135.33	4.33 abc	6.33	27.67 b
7	0	60	29.00	20.67 ab	82.67	3 abc	5.33	28.00 ab
8	30	60	31.33	22.33 a	165.33	2.67 bc	6.33	28.67 ab
9	90	60	31.67	25.33 a	142.33	3.33 abc	3	20.67 b
10	120	60	26.67	21 ab	89.33	4 abc	1.67	22.00 b
11	150	60	27.00	20.33 ab	87.00	2 c	4.67	21.67 b
Control	0	0	31.67	15 b	141.33	6.67 ab	10	52.67 a
Promedio			30.61	20.75	124.36	4.11	5.75	31.14
C.V. (%)			18.66	17.4	50.3	54.87	78.2	41.36

* Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

Continuación **Tabla 12**

Tratamientos N°	kg ha^{-1} S	kg ha^{-1} Mg	Peso de mazorca (g)	N° de almendras	Peso Fresco (kg)	Rendimiento kg ha^{-1}
1	60	0	600.33 a b	40.67 a	3.2 a b	1637.24 a b
2	60	30	620.00 a b	41.67	3.47 a b	1759.66 a b
3	60	60	594.67 a b	39.00	3.23 a b	1868.61 a b
4	60	90	699.00 a	43.33	3.87 a	1964.80 a
5	60	120	614.00 a b	39.00	3.27 a b	1549.54 a b
6	60	150	617.00 a b	43.33	3.93 a	2011.31 a
7	0	60	551.67 b	41.33	3.57 a b	1813.91 a b
8	30	60	567.33 a b	39.67	3.6 a	1834.88 a b
9	90	60	575.33 a b	39.67	3.93 a	2003.85 a
10	120	60	572.00 a b	36.33	3.4 a b	1585.17 a b
11	150	60	652.00 a b	44.00	3.93 a	2010.42 a
Control	0	0	614.67 a b	43.00	2.57 b	1319.09 b
Promedio			606.50	40.92	3.50	1779.87
C.V. (%)			11.23	10.48	14.96	16.25

* Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

Tabla 13: Resultados de las comparaciones ortogonales significativas para las variables registradas en el estudio de las dosis variables de Mg con una fertilización básica de S (60 kg ha-1).

Comparaciones ortogonales		p-valor
Contrastes	**Variables**	
Control vs fertilizados	Número de mazorcas sanas	0.0062
Control vs fertilizados	Peso fresco por planta (kg)	0.0292
120 kg Mg ha^{-1} vs 150 kg Mg ha^{-1}	Número de mazorcas sanas	0.0363

Tabla 14: Composición nutricional de las almendras de cacao seco en el estudio de la evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar frente a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos, 2017.

Tratamientos kg ha^{-1}		**%**						**ppm**				
S	**Mg**	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
60	0	2.2	0.58	1.18	0.2	0.38	0.22	18	67	19	93	29
60	60	2	0.51	1.11	0.18	0.32	0.22	21	59	23	81	32
0	60	1.9	0.5	0.96	0.17	0.35	0.23	16	64	25	95	25
150	60	2	0.51	0.92	0.14	0.31	0.21	23	53	19	158	30
0	0	2.1	0.47	0.95	0.19	0.31	0.17	17	52	17	145	34
Promedio		2.04	0.514	1.024	0.176	0.334	0.21	19	59	20.6	114.4	30
Contenido de nutrientes por tonelada de cacao		20.4 kg	5.14 kg	10.24 kg	1.76 kg	3.34 kg	2.1 kg	19 g	59 g	21 g	114 g	30 g

La variación de los contenidos de los demás elementos nutritivos analizados tampoco muestran patrones de variación que pudieran reflejar algún efecto de la aplicación de S y Mg. No obstante, el promedio de las concentraciones de los distintos nutrientes se consideran como normales en las almendras de cacao.

Por otro lado, estas cifras de contenidos nutricionales adquieren importancia como insumos para estimar la cantidad de nutrientes exportados con la cosecha de cacao, información valiosa al momento de formular recomendaciones de fertilización para este cultivo.

4.1.2. Resultados del análisis económico

En la Tabla 15 se presentan los resultados del análisis económico. La mayor relación B/C corresponde al tratamiento control con 1.95. Este tratamiento también se beneficia del nivel de rentabilidad más alto (94.75%). Es claro que al costo de la fertilización recortó el valor de ambos indicadores económicos. El tratamiento con la mayor utilidad recibió 90 kg S ha^{-1} y60 kg Mg ha^{-1} y fue uno de los que exhibió una diferencia significativa (p= 0.05) frente al control aunque su relación B/C fue menor y la rentabilidad solo ligeramente más baja. El costo de producir cada kilogramo de cacao seco ascendió a $0.88 en el tratamiento control. El costo de producción por kilogramo de cacao seco para los tratamientos fertilizados varió entre $0.89 y $1.06.

Tabla 15: Análisis económico del grano de cacao seco en la evaluación del cacao CCN-51 a plena exposición solar frente a las aplicaciones de azufre (S) y magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de los Ríos, 2017**.**

N°	Tratamientos kg ha-1		Rendimiento (kg ha-1)	Ingreso Bruto	Costo de Tratamiento	Costo Variable *	Costo Total	Utilidad Neta	Relación B/C	Rentabilidad	Costo de producción qq
	S	Mg		$	$	$	$	$		%	$
1	60	0	1637.24	2816.05	196.00	883.64	1494.64	1321.41	1.88	88.41	41
2	60	30	1759.66	3026.62	252.00	991.06	1602.06	1424.56	1.89	88.92	41
3	60	60	1868.61	3214.01	296.00	1080.82	1691.82	1522.19	1.90	89.97	41
4	60	90	1964.80	3379.46	340.00	1165.22	1776.22	1603.24	1.90	90.26	41
5	60	120	1549.54	2665.21	384.00	1034.81	1645.81	1019.40	1.62	61.94	48
6	60	150	2011.31	3459.45	428.00	1272.75	1883.75	1575.70	1.84	83.65	43
7	0	60	1813.91	3119.93	248.50	1010.34	1621.34	1498.58	1.92	92.43	41
8	30	60	1834.88	3155.99	268.50	1039.15	1650.15	1505.84	1.91	91.25	41
9	90	60	2003.85	3446.62	323.50	1165.12	1776.12	1670.51	1.94	94.05	40
10	120	60	1585.17	2726.49	351.00	1016.77	1627.77	1098.72	1.67	67.50	47
11	150	60	2010.42	3457.92	378.50	1222.88	1833.88	1624.05	1.89	88.56	41
Control	0	0	1319.09	2268.83	0.00	554.02	1165.05	1103.82	1.95	94.75	40

Precio de Venta (kg): $ 1.72 kg

Costo de cosecha y transporte (kg): $ 0.42 kg

*Se refiere al costo del tratamiento más el costo de la cosecha y transporte del rendimiento en ka ha^{-1}.

4.2. Discusión

La nutrición o fertilización influye positivamente en el desarrollo vegetativo y productivo del cacao, garantizando un balance adecuado de nutrientes en el suelo que satisfaga los requerimientos de la planta se obtienen los mejores resultados. En el presente estudio el hecho de que ninguna de las variables sometidas a evaluación respondiera a la aplicación con S y Mg, con excepción del comportamiento del rendimiento, sugiere que en general ambos nutrientes se encuentran en suficiente disponibilidad en el suelo. El estudio necesita de una mayor precisión para confirmar que el efecto significativo observado en el rendimiento por acción del S y Mg es un efecto real. Hasta tanto esto no suceda es un riesgo económico realizar recomendaciones de fertilización con estos nutrientes.

Los resultados del análisis de suelo respaldan la afirmación sobre la disponibilidad del Mg, pues el contenido es alto con 2.5 meq/100 ml., coincidiendo con otros reportes de análisis de este nutriente para suelos del sector de acuerdo con Engracia (2017) y Arroba & Sánchez (2008). Los valores para las relaciones Ca/Mg y Mg/K cuyo balance pudiera influir en la absorción del Mg se encuentran en el nivel normal alrededor de 5, por lo cual este factor tampoco pudo ser un limitante para la absorción de Mg. Destacando así que el mantenimiento de adecuados niveles de pH, Ca y Mg beneficia el crecimiento de las plantas y el rendimiento (IPNI, 2005). Concordando con los datos que proporciona Moro (2015) en donde la relación adecuada se considera entre 5 para Ca/Mg y entre 3 y 18 en Mg/K.

El resultado favorable para el número de mazorcas por efecto de los niveles crecientes de Mg y que fueron revelados por la correspondiente comparación de contrastes ortogonales, posiblemente sugiere una mayor disponibilidad de Mg en la solución del suelo, aunque esta circunstancia no se reflejó en el rendimiento, aun así en el peso fresco por planta fue reflejado dicha significancia.

En el caso del S, los tratamientos no revelaron significancia a los diferentes niveles aplicados, a pesar de la deficiencia registrada en el análisis. Existe la posibilidad de que la planta absorbiera S de estratos más profundos del suelo, donde usualmente se acumula este nutriente como sulfatos, la cantidad requerida para cumplir con sus funciones fisiológicas impidiendo el beneficio del S aplicado en los fertilizantes. Según varios autores, los contenidos de sulfatos se incrementan gradualmente para las profundidades de 30 – 60 cm y

60 – 90 cm San Martín y Echeverría (1995) y según Calvo, Echeverría y Rozas (2006) indican una respuesta positiva respecto a la disponibilidad de S-S04 = (80-60 cm).

La composición nutricional de las almendras no presentó patrones de variación en el análisis efectuado cuyos valores obtenidos fueron 20.4 kg N; 5.14 kg P; 10.24 kg K; 1.76 kg Ca; 3.34 kg Mg y 2.1 kg S. Sin embargo, el promedio de dichas concentraciones revela que el contenido de los macronutrientes de forma general se acercan a los contenidos citados por Puentes-Paramo, (2014) para el clon CCN-51 (21.88 kg N; 11.11 kg de K y 4.7 kg P en 1000 kg de semillas secas). Para Crespo y Crespo (1997) los promedio de nutrientes en la semilla de Cacao CCN-51 son 20 N, 4,4 P, 11 K, 1 Ca, 3 Mg.

Según Benavides (1940) la fertilización es uno de los factores más eficaces en el aumento de la productividad. De acuerdo al análisis económico, no reflejó diferencias mayores en sus tratamientos, logrando el control la mayor relación B/C de 1.95 con una rentabilidad de 94.75%. Quiroz y Amores (2002) mencionan que la fertilización del cacao en ocasiones no genera beneficio económico, debido a los costos de insumo y precio del cacao, aunque haya incremento del rendimiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La fertilización con S y Mg no incrementó el rendimiento del cacao, no obstante, el efecto del magnesio se expresó como un aumento en el número de mazorcas sanas y peso fresco por planta.

- El efecto del magnesio en el tratamiento 9 manifestó un aumento en el número de mazorcas sanas con 24.33 mazorcas.

- La incidencia de enfermedades en las mazorcas no varió con la aplicación de S y Mg, registrando al control un 52.67% de incidencia.

- El control alcanzó la mayor relación B/C de 1.95 y rentabilidad de 94.75% frente a los tratamientos fertilizados.

- La aplicación de 90 kg S ha^{-1} – 60 kg Mg ha^{-1} presentó la mayor utilidad con $1670.51, en comparación al control aunque la relación B/C fue ligeramente menor a éste.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio para conocer en qué medida la aplicación del riego en el cacao CCN-51 aumenta el rendimiento y determinar si una parte de ese posible incremento corresponde a una disminución del número de frutos marchitos por el desorden fisiológico denominado “Cherelle Wilt”.

- Elaborar un plan de evaluación respecto a las aplicaciones de magnesio (90, 120 y 150) kg ha^{-1} y 60 kg S ha^{-1} verificando su incidencia en la producción de mazorcas y el rendimiento del cultivo, tomando en cuenta su forma de aplicación para crear una mayor eficiencia del producto y asimilación por las plantas.

- Aplicar labores de remoción y protección de los frutos en desarrollo hasta su cosecha, evitando incrementar la incidencia de enfermedades en el cultivo.

- Procurar previo a la fertilización reconocer las necesidades nutricionales del suelo mediante un análisis, evitando aplicaciones innecesarias de fertilizantes.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

Álvarez, J. C., Martínez, S. C., & Coy, J. (2014). Estado de la Moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. Acta Agronómica, 388-399.

Arroba, F., & Sánchez, J. (2008). Estudio de cuatro densidades poblacionales en nueve hibridos comerciales de Maiz (*Zea Mays L*.) durante la época lluviosa en la zona de Ventanas. Ventanas - Los Ríos : UTEQ.

Benavides, A. (1990). El azufre en las plantas. Departamento de Horticultura, UAAAN, 1-3.

Blaya, S. N., & García, G. N. (2003). Química agrícola. Madrid: Mundi-Prensa.

Boza, E., Motamayor, J. C., Amores, F., Cedeño-Amador, S., Tondo, C., III, D. L., . . . Gutiérrez, O. (2014). Genetic Characterization of the Cacao Cultivar CCN 51: Its Impact and Significance on Global Cacao Improvement and Production. Journal of the American Society for Horticultural Science, 219-229.

Cakmak, I., & Yazici, A. (2010). Magnesio: El elemento olvidado en la producción de cultivos. Informaciones Agronómicas-IPNI, 23-25.

Calvo, N. I., Echeverría, H. E., & Rozas, H. S. (2006). Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. Ciencia del suelo, 1-11.

Campos, I. (1981). Suelos, abonos y fertilizantes. Barcelona: De Vecchi S.A.

Cárdenas, E. R., Ronquillo, M. F., Onofre, J. M., & Gurumendi, K. Z. (2016). Producción y comercialización del cacao y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del cantón Milagro. Revista Ciencia UNEMI, 56-64.

Contreras, L. Y. (2015). Identificación molecular de aislamientos de *Moniliophthora roreri* en huertos de cacao de Norte de Santander, Colombia. Acta Agronómica, 51-57.

Crespo, E., & Crespo, E. (1997). Cultivo y beneficio del cacao CCN-51. Quito-Ecuador: El Conejo.

Engracia, H. (2017). Evaluación de cuatro tipos de poda de mantenimiento en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) CCN-51 en la zona de Zapotal, Provincia Los Ríos. Ventanas - Los Ríos: UTEQ.

Espinoza, J., & García, F. (2009). Memorias del Simposio " Uso Eficiente de Nutrientes " presentado por el IPNI en el XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. International Plant Nutrition Institute, 61.

FAO. (2002). Fertilizantes : una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Direccion de Fomento de Tierras y Aguas, 86.

Fixen, P. (2009). Uso eficiente de Nutrientes. En J. Espinosa, & F. García, Uso Eficiente de Nutrientes. San José.

Furcal-Beriguete, P. (2017). Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 28, num 1, 113-129.

García, C. O., Torres, M., & Hernández, S. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo del cacao, en presencia de *Moniliophthora roreri*, en México. Revista fitotecnia mexicana, 191-196.

Gonzales, K., Castillo, Y., & Wong, J. M. (2009). Facultad de Economía y Negocios. "Valoración económica y financiera de la sustitución de cultivos de cacao nacional *Theobroma cacao L*. por un tipo de clon de cacao denominado CCN-51. Caso finca "San Miguel." . Guayaquil, Ecuador: ESPOL.

Hernández-Rodríguez, A., Ruíz-BeltránI, Y., Acebo-Guerrero, Y., Miguélez-SierraI, Y., & Heydrich-Pérez, M. (2014). Antagonistas microbianos para el control de la pudrición negra del fruto en *Theobroma cacao L*. Estado actual y perspectivas de uso en Cuba. Revista Protección Vegetal, 11-19.

Huiman, F. G. (20 de Marzo de 2008). Medio ambiente y desarrollo sostenible. Obtenido de Articulos relacionados con el desarrollo rural y la agricultura sostenible : http://fgonzalesh.blogspot.com/2008/03/la-sombra-en-el-cultivo-del-cacao.html

INEC. (2000). III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador en cifras. Recuperado el 2018, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf

IPNI . (1997). Manual Internacional de Fertilidad del suelo. Obtenido de https://es.scribd.com/doc/242645735/Manual-Internacional-de-Fertilidad-de-Suelos-pdf

IPNI. (2005). International Plant Nutrition Institute. Obtenido de http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C06FC0A1C95EEF708525801300599351/$FILE/Art%205.pdf

Jaimez, R., Teraza, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana, 253-258.

Jhonson, J., Bonilla, J., & Castillo, L. A. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. Nicaragua. Obtenido de: http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf.

Jones, J. B. (2012). Plant Nutrition Soil Fertility Manual. CRC PRESS.

Krauns, U., Hoopen, M. t., Hidalgo, E., Martínez, A., Arroyo, C., García, J., . . . Sánchez, V. (2003). Manejo integrado de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamaca Costa Rica. Agroforestería en las Americas, 37-38.

Maldonado, J. M. (2008). Asimilación del nitrógeno y del azufre. Fisiología y bioquímica vegetal, 215-236.

Marschner, P. (2012). Mineral nutrition of higher plants. Australia: School of Agriculture Food and wine The University of Adelaide.

Mora, F. D., & Fiallos, F. R. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. Scientia Agropecuaria, vol. 3, num. 3, 249-258.

Morales, F., Carrillo, M., & Neto, J. A. (2012). Situación de los productores de cacao en la provincia de Los Ríos-Ecuador. Spanish journal of rural development, 77-88.

Moro, A. Relaciones catiónicas y su interpretación en los analisis de suelos. (26 de Noviembre de 2015). AQM laboratorios . Obtenido de http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/

Ochoa, J. L. (2015). Comparación productiva, sanitaria y sensorial de clones de cacao obtenidos a partir de selecciones avanzadas del hibridos del cruce CCN 51 x Variedad Nacional. Santo Domingo - Ecuador: ESPE.

Petri, J., & Toribio, M. (2009). Fertilización Balanceada. Investigación y desarrollo ProFertil, 1-12.

Porras, V., & Sanchez, J. (1991). Enfermedades del cacao. La Lima - Cortes: Fasciculo N° 5 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Puente-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., & Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao L.*). Bioagro, 99-106.

Quiroz, J., & Amores, F. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de Cacao en Ecuador. Manejo Integrado de plagas. Programa Nacional de Cacao y Café INIAP(63), 73-80. Obtenido de http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacaoccn51.html

Recalde, M., Carillo, M., Sanchez, J., & Moreno, R. (2012). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao en la región de Santo Domingo – Etapa de establecimiento del huerto. Tsafiqui - Revista de Investigación Científica UTE, 97-104.

Rojas, E. I. (2012). Aspectos para la nutrición del Cacao *Theobroma cacao L.* Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Biblioteca digital: http://www.bdigital.unal.edu.co/50450/1/ednaivonneleivarojas.2012.pdf

S.N. (2013). EL CACAOTERO. Obtenido de http://elcacaotero.com.ec/cacao_ccn51.html. Recuperado el 2 de marzo del 2018.

Sadeghian, S. (2003). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café. Cenicafé, 242-257.

San-Martín, & Echeverría. (1995). Sulfato en suelos del Sudeste Bonaerense . Ciencia del suelo, 95-97.

SINAGAP. (2017). SINAGAP - Cadenas agroproductivas. Recuperado el 3 de Abril de 2018, de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownload/modulos/cadenas_agroproductivas/cacao/produccion/cacao-precios_productor.pdf

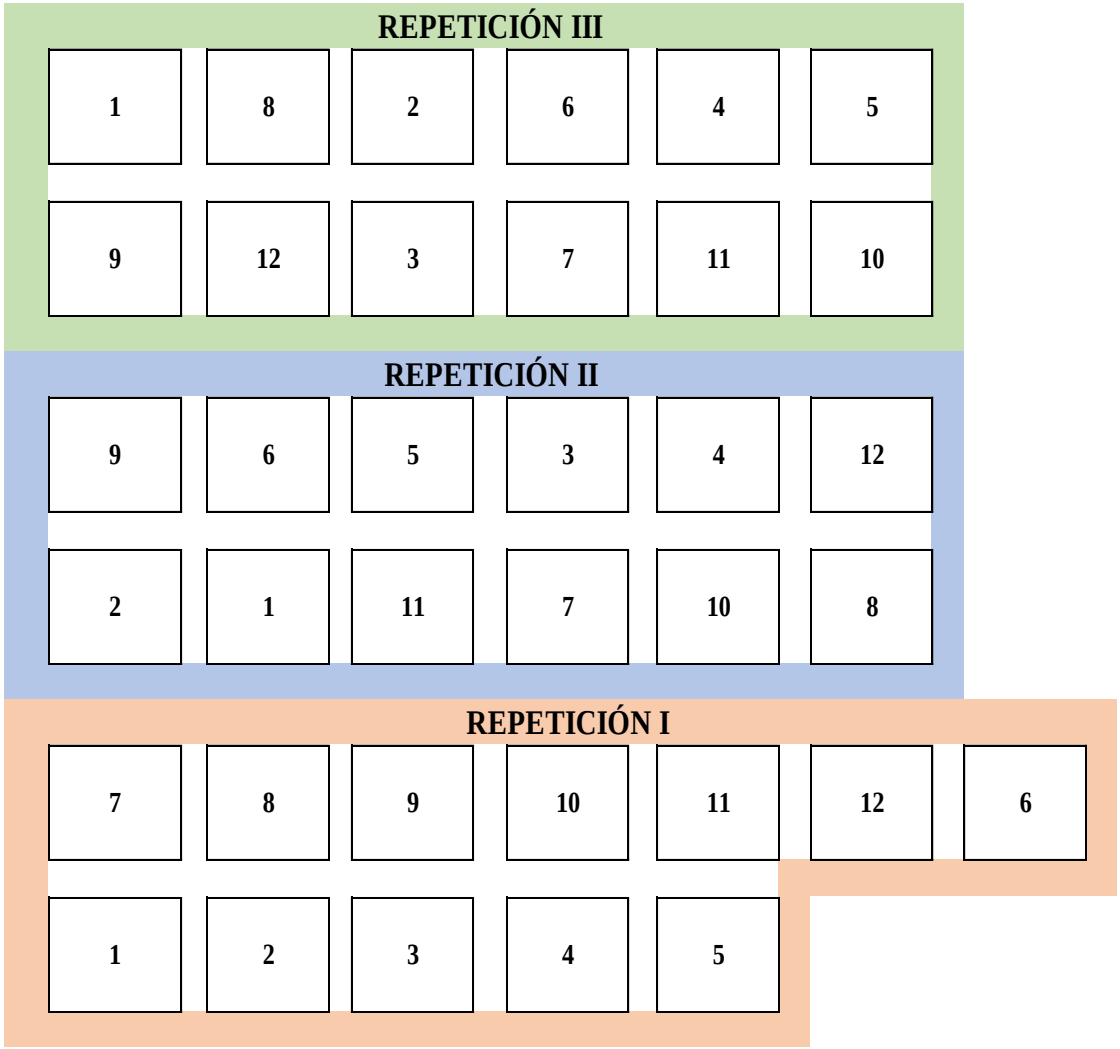
Yague, J. L. (2002). Manual práctico sobre utilización del suelo y fertilizantes. Madrid: Mundi-Prensa.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1.Anexos

Anexo 1 Diseño experimental BCA. Ubicación de las parcelas.



1	60 S - 0 Mg	**7**	60 Mg - 0 S
2	60 S - 30 Mg	**8**	60 Mg - 30 S
3	60 S - 60 Mg	**9**	60 Mg - 90 S
4	60 S - 90 Mg	**10**	60 Mg - 120 S
5	60 S - 120 Mg	**11**	60 Mg - 150 S
6	60 S - 150 Mg	**12**	Control

Anexo 2: Análisis de varianza del número total de mazorcas por planta del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	326.94	13	25.15	0.77	0.6804
Fertilización	207.89	11	18.9	0.58	0.8251
Error	717.61	22	32.62		
Total	1044.56	35			
Coeficiente de variación				18.66	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 3: Análisis de varianza del número de mazorcas sanas por planta del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	288.08	13	22.16	1.7	0.1316
Fertilización	234.08	11	21.28	1.63	0.1576
Error	286.67	22	13.03		
Total	574.75	35			
Coeficiente de variación				17.40	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 4: Análisis de varianza del número de frutos enfermos por planta con Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	97.61	13	7.51	1.48	0.2037
Fertilización	78.89	11	7.17	1.41	0.2369
Error	111.94	22	5.09		
Total	209.56	35			
Coeficiente de variación				54.87	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 5: Análisis de varianza del número de frutos enfermos por planta con Mazorca negra (*Phytophthora spp*) del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	213.92	13	16.46	0.81	0.642
Fertilización	186.75	11	16.98	0.84	0.6055
Error	444.83	22	20.22		
Total	658.75	35			
Coeficiente de variación				78.20	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 6: Análisis de varianza sobre el porcentaje de incidencia de enfermedades del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	510.25	13	39.25	1.17	0.3609
Fertilización	502.08	11	45.64	1.36	0.2589
Error	738.5	22	33.57		
Total	1248.75	35			
Coeficiente de variación				51.50	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 7: Análisis de varianza sobre los frutos con marchitez "Cherelle Wilt" del Cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	42911.36	13	3300.87	0.84	0.6155
Fertilización	36507.64	11	3318.88	0.85	0.5984
Error	86098.94	22	3913.59		
Total	129010.31	35			
Coeficiente de variación				50.30	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 8: Análisis de varianza sobre los frutos en desarrollo "Cherelles" del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	95384.78	13	7337.29	2.2	0.05
Fertilización	77017.89	11	7001.63	2.1	0.0671
Error	73459.11	22	3339.05		
Total	168843.89	35			
Coeficiente de variación				23.48	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 9: Análisis de varianza sobre el peso de la mazorca en gramos del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	58007.67	13	4462.13	0.96	0.5132
Fertilización	53767	11	4887.91	1.05	0.437
Error	101989.33	22	4635.88		
Total	159997	35			
Coeficiente de variación				11.23	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 10: Análisis de varianza sobre el número de almendras por mazorca del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	214.58	13	16.51	0.9	0.5673
Fertilización	173.42	11	15.77	0.86	0.5899
Error	404.17	22	18.37		
Total	618.75	35			
Coeficiente de variación				10.48	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 11: Análisis de varianza sobre el peso fresco por planta en kg del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	6.65	13	0.51	1.87	0.0949
Fertilización	5.43	11	0.49	1.8	0.1153
Error	6.02	22	0.27		
Total	12.67	35			
Coeficiente de variación				14.96	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 12: Análisis de varianza sobre el rendimiento en kg de cacao seco por hectárea del cacao CCN-51 después de las aplicaciones de azufre (S) y Magnesio (Mg).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo.	1950274.55	13	150021.12	1.79	0.1096
Fertilización	1581542.07	11	143776.55	1.72	0.1345
Error	1839477.77	22	83612.63		
Total	3789752.32	35			
Coeficiente de variación				16.25	

**: Altamente significativo; *: Significativo; NS: No significativo

Anexo 13: Comparaciones ortogonales en el número de mazorcas sanas de acuerdo a la variación de las dosis de Mg con una fertilización básica con S.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fertilización	147.81	6	24.63	3.21	0.04
Testigo vs Fertilizados	84.2	1	84.2	10.96	0.0062
A vs BCDEF	1.88	1	1.88	0.24	0.63
B vs CDEF	4.82	1	4.82	0.63	0.4438
C vs DEF	3.36	1	3.36	0.44	0.5208
D vs EF	10.89	1	10.89	1.42	0.2569
E vs F	42.67	1	42.67	5.55	0.0363
	147.81				
Error	92.19	12	7.68		

Anexo 14: Comparaciones ortogonales en el peso fresco por planta (Kg) de acuerdo a la variación de las dosis de Mg con una fertilización básica con S.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fertilización	3.83	6	0.64	1.77	0.1888
Testigo vs Fertilizados	2.21	1	2.21	6.13	0.0292
A vs BCDEF	0.31	1	0.31	0.86	0.3709
B vs CDEF	0.03	1	0.03	0.08	0.7848
C vs DEF	0.47	1	0.47	1.29	0.2777
D vs EF	0.14	1	0.14	0.39	0.542
E vs F	0.67	1	0.67	1.85	0.1992
	3.83				
Error	4.33	12	0.36		

Anexo 15: Fertilizantes utilizados en la investigación con base de S y Mg.

Anexo 16: Forma de aplicación del fertilizante al suelo.

Anexo 17: Control de malezas mediante el uso de motoguadañas

Anexo 18: Mazorcas en desarrollo “Cherelles”

Anexo 19: Desarrollo de mazorcas después de las aplicaciones de los fertilizantes.

Anexo 20: Productos utilizados paras las aspersiones realizadas en las parcelas en estudio.

Anexo 21: Aspersión de fungicida efectuada en el cultivo de cacao CCN-51.

Anexo 22: Registro de datos en la investigación.

Anexo 23: Resultados del análisis de suelos

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : DNMSA
Dirección : km 5 vía a El Empalme
Ciudad : Mocache
Teléfono : 052783044
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : Velez Ruiz Noemi
Provincia : Los Ríos
Cantón : Ventanas
Parroquia : Zapotal
Ubicación : Sitio La Reveza

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : Cacao
Nº Reporte :
Fecha de Muestreo : 18/01/2017
Fecha de Ingreso : 18/01/2017
Fecha de Salida : 02/02/2017

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm	ppm	meq/100ml				ppm								
	Identificación	Area		NH_4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B				
12150	Lote 3 Interacción S-Mg		5,5 Ac	RC 13 B	26 A	0,44 A	16 A	2,5 A	4 B	5,6 M	13,1 A	248 A	19,4 A	0,22 B				

INTERPRETACION

pH				Elementos: de N a B	
Ac = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	
A = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2.5)
N,P,B	= Colorimetria
S	= Turbidimetria
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica

EXTRACTANTES

	Olsen Modificado
	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
	Fosfato de Calcio Monobásico
	B,S

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	: DNMSA
Dirección	: km 5 via a El Empalme
Ciudad	: Mocache
Teléfono	: 052783044
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	: Manobanda Engracia Jorge
Provincia	: Los Rios
Cantón	: Ventanas
Parroquia	: Zapotal
Ubicación	: Sitio La Reveza

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual	: Cacao
N° Reporte	:
Fecha de Muestreo	: 18/01/2017
Fecha de Ingreso	: 18/01/2017
Fecha de Salida	: 02/02/2017

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
12149	Lote 2 Poder		5,7 MeAc	18 B	30 A	0,36 M	16 A	2,5 A	5 B	6,2 M	12,3 A	243 A	14,9 M	0,21 B

INTERPRETACION

pH					Elementos: de N a B
MAc = Muy Acido	LAc = Ligr. Acido	LAl = Ligr. Alcalino	RC = Raquest Cal		B = Bajo
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media Alcalino			M = Medio
MeAc = Media Acido	N = Neutro	Al = Alcalino			A = Alto

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Mod.Fosfo
N,P,B	= Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S	= Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobasico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorcion atomica	KS

Anexo 24: Resultados del análisis de almendras de Cacao CCN-51

INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme
Mocache - Ecuador Teléfono: 2780644 Ext. 201

Nombre del Propietario	Josselyn Veles Ruiz	Telf.		Reporte Nº	1433
Nombre de la Propiedad	Sin Nombre	Cultivo:	Cacao Almendras	Fecha de muestreo	13-12-2017
Localización	Zapotal			Fecha de ingreso	13-12-2017
	Ventanas	Los Ríos		Fecha salida resultados	11/01/2018
	Parroquia	Provincia			
	Canton				

RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL DE PASTOS

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Concentración %						ppm			
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
64227	Muestra 1	2.2	0.58	1.18	0.20	0.38	0.22	18	67	19	93	29
64228	Muestra 2	2.0	0.51	1.11	0.18	0.32	0.22	21	59	23	81	32
64229	Muestra 3	1.9	0.50	0.96	0.17	0.35	0.23	16	64	25	95	25
64230	Muestra 4	2.0	0.51	0.92	0.14	0.31	0.21	23	53	19	158	30
64231	Muestra 5	2.1	0.47	0.95	0.19	0.31	0.17	17	52	17	145	34

Observaciones: _____

RESPONSABLE DPTO

LABORATORISTA