



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

Proyecto de Investigación
Previo a la Obtención Del Título
De Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE AZUFRE EN EL MANEJO FITOSANITARIO Y PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) VARIEDAD CCN-51”.

Autor:

Ángel Josué Macías Cerezo

Director del Proyecto de Investigación:

Favio Herrera Eguez, PhD

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Ángel Josué Macías Cerezo**, declaro que el trabajo 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.

Ángel Josué Macías Cerezo

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Favio Herrera Egeuz, PhD.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Ángel Josué Macías Cerezo**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Favio Herrera Egeuz, PhD
Director del Proyecto de Investigación

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

CERTIFICACIÓN

El suscrito **Favio Herrera Eguez**, PhD. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51**”, de autoría del estudiante **ÁNGEL JOSUÉ MACÍAS CERESO** de la carrera de Agronomía (Rediseño).

CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 8 %.



Document Information

Analyzed document	Urkund_Macias_28-11-2022.docx (D151298612)
Submitted	2022-11-28 21:53:00
Submitted by	Favio
Submitter email	fherrerae@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	fherrerae.uteq@analysis.urkund.com

Favio Herrera Eguez, PhD
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51”

Presentado al Consejo Académico como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO.

Autor:

Ángel Josué Macías Cerezo

Aprobado por:

Fernando Abasolo Pacheco, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Pablo Ramos Corrales, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Daniel Vera Aviles, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MOCACHE – LOS RIOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá por siempre confiar en mí y darme todo el apoyo incondicional en todas mis metas obtenidas porque sin ella no sería la persona que soy por sus valores que me fomentó.

A mi tutor del proyecto de investigación Ing. Favio Herrera por confiar en mí para la realización de este proyecto porque más que un docente es un gran amigo.

A mis amigos incondicionales Josué Moya y Emilio Beltrán que siempre me dieron ejemplo de superación y fortaleciendo mis ganas de cumplir mis metas.

A cada maestro que hizo posible este proceso para convertirme en un profesional

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi mamá, su bendición a lo largo de mi vida sin ella no lo hubiera logrado, gracias por tu paciencia y amor mamá, dándome ejemplo de superación, enseñándome a valorar todo lo que tengo y fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que ha contribuido a la consecución de este logro, espero contar con su valioso e incondicional apoyo.

A mi abuelita que, aunque ya no esté con nosotros físicamente siempre quiso verme realizado como un profesional.

A cada uno de mi familia hermanos, tías, primas y primos que ha sido mi motivación para nunca rendirme en mis estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

A todas las personas que de una u otra manera me apoyaron a la realización de este trabajo.

RESUMEN

El cultivo de cacao posee una alta relevancia económica en el Ecuador, su productividad se relaciona con el contenido de nutrientes, por ello es necesario la buena disposición de fertilizantes, una incorrecta fertilización conlleva a la aparición de enfermedades que pueden mermar la productividad. La aplicación de azufre en el manejo fitosanitario del cacao se vislumbra como una alternativa para el buen estado del cultivo. El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51. Se llevaron a cabo en una plantación de 15 años de edad. Se utilizó el Diseño Bloques Completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos: T1 (testigo), T2 (60 kg/ha S), T3 (90 kg/ha S) y T4 (120 kg/ha S). La aplicación del azufre fue fraccionada en dos y se evaluaron variables agronómicas y de rendimiento, se utilizó el software Leaf Doctor y escalas visuales para la evaluación de las variables fitosanitarias. Los resultados obtenidos demostraron que el azufre puede ser utilizado de manera positiva en el manejo fitosanitario del cultivo, debido a que T2 (60 Kg/ha S) presentó mayor cantidad de mazorcas sanas, respecto al rendimiento no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos la relación B/C fue de 1.13 en T2. Se concluye que la incorporación de azufre incide en el número de mazorcas sanas y genera cierta protección ante la severidad de enfermedades fúngicas.

Palabras claves: fertilización edáfica, *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa*, *Phytophthora*.

ABSTRACT

The cultivation of cocoa has a high economic relevance in Ecuador, its productivity is related to the nutrient content, therefore the good availability of fertilizers is necessary, an incorrect fertilization leads to the appearance of diseases that can reduce productivity. The application of sulfur in the phytosanitary management of cocoa is seen as an alternative for the good state of the crop. The general objective of the present investigation was to evaluate the effect of the application of sulfur in the phytosanitary management of the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao*) variety CCN-51. They were carried out in a 15-year-old plantation. A randomized complete block design (DCBA) was used with the following treatments: T1 (control), T2 (60 kg/ha S), T3 (90 kg/ha S) and T4 (120 kg/ha S). The application of sulfur was divided into two and agronomic and yield variables were evaluated, the Leaf Doctor software and visual scales were used for the evaluation of phytosanitary variables. The results obtained showed that sulfur can be used positively in the phytosanitary management of the crop, due to the fact that T2 (60 Kg/ha S) presented a greater number of healthy ears, regarding the yield, no statistical differences were found between the treatments. B/C ratio was 1.13 at T2. It is concluded that the incorporation of sulfur affects the number of healthy ears and generates some protection against the severity of fungal diseases.

Keywords: edaphic fertilization, *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa*, *Phytophthora*.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Diagnóstico del Problema	4
1.3. Formulación del Problema.....	4
1.4. Sistematización del Problema	4
1.5. Justificación	5
1.6. Objetivos	6
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. Marco Conceptual	7
2.1.1. <i>Enfermedades del Cacao</i>	7
2.1.2. <i>El Azufre</i>	7
2.2. Marco Referencial.....	7
2.2.1. <i>El cultivo de Cacao</i>	7
2.2.2. <i>Cacao CCN-51</i>	8
2.2.3. <i>Descripción taxonómica</i>	9
2.2.4. <i>Descripción botánica</i>	9
2.2.5. <i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	10
2.2.6. <i>Requerimiento nutricional del cacao</i>	11
2.2.7. <i>Monilla</i>	12
2.2.8. <i>Mazorca negra</i>	14
2.2.9. <i>Fertilización</i>	16
2.2.10. <i>Importancia del Azufre en las Plantas</i>	17
2.2.11. <i>Beneficios del Azufre en los Aonroles Fitosanitarios</i>	17
2.2.12. <i>Fuentes de Azufre</i>	18
2.2.13. <i>Requerimientos de Azufre en el Cultivo de Cacao</i>	19
2.3. Antecedentes	20
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Localización de la Investigación.....	23
3.2. Tipo de Investigación.....	23
3.3. Métodos de Investigación	23
3.4. Fuentes de Recopilación de Información.....	23
3.5. Factores en Estudio	23
3.5.1. Tratamientos Evaluados	24
3.6. <i>Diseño de la Investigación</i>	24
3.6. Instrumentos de Investigación	25
3.6.1. <i>Características de las Unidades Experimentales.</i>	25
3.7. Manejo del Experimento	25
3.7.1. <i>Control de Enfermedades y Plagas</i>	25
3.7.2. <i>Control de Malezas</i>	26

3.7.3.	<i>Delimitación de las Parcelas</i>	26
3.7.4.	<i>Manejo Fitosanitario del Cultivo</i>	26
3.7.5.	<i>Toma de Muestras Edáficas y Foliares</i>	26
3.7.6.	<i>Aplicación de los Tratamientos</i>	27
3.8.	<i>Variables Evaluadas</i>	28
3.8.1.	<i>Número de Chereles</i>	28
3.8.2.	<i>Número de Mazorcas Sanas</i>	28
3.8.3.	<i>Porcentaje de Mazorcas Sanas</i>	29
3.8.4.	<i>Porcentaje de Chereles Sanos</i>	29
3.8.5.	<i>Índice de Semilla</i>	29
3.8.6.	<i>Índice de Mazorca</i>	30
3.8.7.	<i>Peso de Almendras en Baba</i>	30
3.8.8.	<i>Incidencia de Monilla</i>	30
3.8.9.	<i>Incidencia de Mazorca Negra</i>	31
3.8.10.	<i>Correlación de escala visual vs leafDoctor</i>	31
3.8.11.	<i>Análisis económico</i>	31
3.9.	<i>Recursos humanos y materiales</i>	32
3.9.1.	<i>Recursos Humanos</i>	32
3.9.2.	<i>Recursos Materiales</i>	32
3.9.3.	<i>Recursos Genéticos</i>	33
 CAPÍTULO IV34 RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
4.1.	<i>Resultados</i>	35
4.1.1.	<i>Correlación entre Escala Visual vs Programa para Moniliophthora roreri</i>	35
4.1.2.	<i>Análisis de Varianza entre Escala Visual vs Programa en Moniliophthora roreri</i>	36
4.1.3.	<i>Correlación entre Escala Visual vs Programa para Phytophthora sp.</i>	37
4.1.4.	<i>Análisis de Varianza Entre Escala Visual vs Programa en Phytophthora sp.</i> ...	38
4.1.5.	<i>Número de Mazorcas</i>	39
4.1.6.	<i>Número de Mazorcas Cosechadas</i>	39
4.1.7.	<i>Número de Mazorcas Descartes</i>	39
4.1.8.	<i>Número de Mazorcas Sanas</i>	39
4.1.9.	<i>Número de Mazorcas Enfermas</i>	40

4.1.10.	<i>Número de Chereles Sanos</i>	40
4.1.11.	<i>Número de Chereles Enfermos</i>	40
4.1.12.	<i>Peso de Almendro en Baba (g)</i>	40
4.1.13.	<i>Peso de Almendro Seco (g)</i>	40
4.1.14.	<i>Peso de 100 Semillas en Baba (lb)</i>	41
4.1.15.	<i>Peso de 100 Semilla Seco (lb)</i>	41
4.1.16.	<i>Análisis Beneficio/Costo</i>	42
4.2.	<i>Discusión</i>	42
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
5.1.	<i>Conclusiones</i>	47
5.2.	<i>Recomendaciones</i>	48
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....		49
6.1.	<i>Bibliografía</i>	50
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....		56
7.1.	<i>Anexos</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en <i>M roleri</i> ,.....	35
Figura 2: Comparación de la severidad de <i>Moniliophthora roleri</i> mediante el uso de escalas de evaluación visual y el programa Leaf Doctor.	36
Figura 3: Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en <i>Phytophthora</i> sp.	37
Figura 4: Comparación de la severidad de <i>Phytophthora</i> sp. Mediante el uso de escalas de evaluación visual y el programa Leaf Doctor.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao	11
Tabla 2.	Requerimiento de azufre del cultivo de cacao de acuerdo a la edad y disponibilidad de nutrientes	20
Tabla 3.	Tratamientos realizados en el ensayo de campo.....	24
Tabla 4.	Dosis utilizadas de cada fertilizante en la investigación, los valores son por planta	27
Tabla 5.	Matriz para la toma de datos en campo	28
Tabla 6.	Análisis de variables agronómicas bajo la aplicación de azufre	41
Tabla 7.	Análisis beneficio/costo.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Sitio de realización de ensayo investigativo.....	57
Anexo B: Evaluación de variables agronómicas y fitosanitarias.....	57
Anexo C: Fertilizantes utilizados en el ensayo.....	58
Anexo D: Aplicación de tratamientos.....	58
Anexo E: Toma de datos en mazorca.....	59
Anexo F: Evaluación del rendimiento del cultivo.....	59
Anexo G: Análisis foliar.....	60
Anexo H: Análisis de suelo.....	61
Anexo I: Adeva de Infostat.....	62

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) variedad CCN-51
Autor:	Ángel Josué Macías Cerezo
Palabras clave:	Fertilización edáfica, <i>Moniliophthora roreri</i> , <i>Moniliophthora perniciosa</i> , <i>Phytophthora</i> .
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>El cultivo de cacao posee una alta relevancia económica en el Ecuador, su productividad se relaciona con el contenido de nutrientes, por ello es necesario la buena disposición de fertilizantes, una incorrecta fertilización conlleva a la aparición de enfermedades que pueden mermar la productividad. La aplicación de azufre en el manejo fitosanitario del cacao se vislumbra como una alternativa para el buen estado del cultivo. El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) variedad CCN-51. Se llevaron a cabo en una plantación de 15 años de edad. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DCBA) con los siguientes tratamientos: T1 (testigo), T2 (60 kg/ha S), T3 (90 kg/ha S) y T4 (120 kg/ha S). La aplicación del azufre fue fraccionada en dos y se evaluaron variables agronómicas y de rendimiento, se utilizó el software Leaf Doctor y escalas visuales para la evaluación de las variables fitosanitarias. Los resultados obtenidos demostraron que el azufre puede ser utilizado de manera positiva en el manejo fitosanitario del cultivo, debido a que T2(60 Kg/ha S) presentó mayor cantidad de mazorcas sanas, respecto al rendimiento no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos la relación B/C fue de 1.13 en T2. Se concluye que la incorporación de azufre incide en el número de mazorcas sanas y genera cierta protección ante la severidad de enfermedades fúngicas</p>
Descripción:	77 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm
URI:	

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene una gran relevancia en el Ecuador, principalmente en las provincias de la Costa, alrededor de 600 mil personas dependen directamente de la cadena alimentaria del cacao, representando aproximadamente el 4% de la Población Económicamente Activa (PEA) nacional y 12.5% de la PEA agrícola (1). Según datos del INEC, en el 2020, la superficie plantada de cacao a nivel nacional fue de 590,579 hectáreas, con una producción en la provincia de Los Ríos del 28.36% de la superficie plantada (2).

La producción del cultivo de cacao está relacionada con el manejo adecuado de una buena fertilización. Cabe recalcar que debe tenerse en cuenta la cantidad de nutrientes disponibles, con el fin de suplementar las dosis necesarias para el cultivo, las mismas que deben ajustarse de acuerdo a las necesidades del cultivo. Para tener una alta producción en el cultivo, es necesario el uso de alternativas eficientes, como la fertilización inorgánica; la cual brinda un alto porcentaje de calidad, eficiencia, mayor nivel de producción y permite tener un cultivo vigoroso (3).

Los fertilizantes suplementan nutrientes para las plantas o mejoran la fertilidad del suelo, siendo el medio más efectivo para incrementar el rendimiento del cacao y mejorar la calidad del mismo (4). El objetivo de abonar del cultivo es incrementar los rendimientos y calidad en las cosechas. Adicionalmente, la fertilización debe representar una positiva relación beneficio/costo, es decir que los montos invertidos en fertilización sean devueltos por las ganancias obtenidas en el incremento de la producción y/o calidad de la misma (5).

El azufre (S), es uno de los tres nutrientes secundarios que requieren las plantas para un crecimiento normal y saludable. En la mayoría de las ocasiones, la importancia de este elemento no se tiene en cuenta ya que es un nutriente secundario pero este término solo hace referencia a la cantidad y no a la importancia de este, la deficiencia de un nutriente secundario es tan perjudicial como una deficiencia de nitrógeno, fósforo o potasio (6). El

azufre juega un papel muy importante sobre todo debido al equilibrio que presenta junto al nitrógeno, ya que, sin una cantidad suficiente de azufre, las plantas no podrían usar el nitrógeno ni otros nutrientes de manera eficiente para alcanzar su máximo potencial (7).

Este proyecto está enfocado al reconocimiento de los efectos en el manejo fitosanitario de la aplicación de azufre en el cultivo de cacao CCN-51, para lo cual se han determinado tratamientos en función de trabajos relacionados con la fertilización del cultivo, también se buscó la incorporación de nuevas tecnologías que permitan detectar enfermedades de importancia económica en el cultivo.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El rendimiento del cultivo de cacao se ha visto en descenso, debido a la incidencia de factores bióticos y abióticos, entre los cuales destacan el ataque de enfermedades como *Phytophthora* spp conocido como mazorca negra.

1.2. Diagnóstico del Problema

Debido a complicaciones por factores bióticos y abióticos como los son la incidencia de plagas, enfermedades y la baja fertilidad de los suelos, la producción del cultivo de cacao se ha visto cada vez en un mayor descenso. El cultivo al no poder asimilar de manera adecuada los nutrientes no puede generar una producción óptima y además se ve atacado por enfermedades comunes como mazorca negra, fitóptora o escoba de bruja.

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál será el efecto de la aplicación de azufre (S) en el manejo fitosanitario y productivo en el cultivo de cacao CCN-51?

1.4. Sistematización del Problema

¿La incidencia de enfermedades y plagas disminuirá con la aplicación de azufre en el cultivo de cacao CCN-51? ¿El rendimiento del cultivo de cacao se verá incrementado con la aplicación de azufre?

¿El azufre ejercerá un efecto positivo en el estado fitosanitario y de rendimiento del cultivo de cacao?

1.5. Justificación

Las enfermedades son uno de los factores de alto impacto que incide directamente en la calidad y rendimiento de las cosechas de cacao, sumado a la inadecuada nutrición del cultivo hace que este sea vulnerable a ataques de patógenos tal como los del género *Phytophthora*, conocido como la mazorca negra este puede atacar diferentes partes de la planta pero, los daños más importantes se dan en los frutos, particularmente en los cercanos a la madurez, causando grandes daños en la producción y pérdidas económicas considerables, las cuales son causas para la disminución del rendimiento del cultivo.

Por lo antes descrito se plantea el presente trabajo de investigación ya que busca estudiar cómo afecta la aplicación de azufre en el estado fitosanitario y productivo del cultivo. La aplicación de productos químicos para la prevención y control de enfermedades en el cacao representa un alto costo en la producción y contaminación del ambiente, por tal motivo es importante buscar alternativas de solución mas amigable con el ecosistema y la economía de los productores, el azufre es una opción, puesto que actúa como un elemento químico capaz de interferir en la propagación de las enfermedades fungosas.

El trabajo de investigación pretende adicionar nuevas tecnologías para la detección temprana de síntomas característicos de las principales enfermedades como la *phytophthora*, monilla, el uso de programas permite la prevención de las enfermedades, esto será de ayuda para las personas que se dedican a la producción de cacao. Además, se recopiló información para la realización de posteriores trabajos relacionados con la parte nutricional y fitopatológica del cacao en la zona de Quevedo y la provincia de Los Ríos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Establecer los efectos de la aplicación del azufre en el control de las principales enfermedades del cultivo de cacao.
- Determinar el efecto de la aplicación de azufre en el incremento del rendimiento del cultivo de cacao CCN-51.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en base a la aplicación de azufre en el rendimiento del cultivo de cacao CCN-51.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Marco Conceptual

2.1.1. Enfermedades del Cacao

El cultivo de cacao sufre ataque de diferentes patógenos que logran enfermar y dañar a la planta y fruto, la monilla es causado por un hongo basidiomiceto *Moniliophthora roreri* genera daños que pueden mermar significativamente las cosechas, a si también existen hongos del genero Oomycetes, *Phytophthora palmivora* y *P. megakarya* son las dos especies principales de *Phytophthora* ampliamente reportadas como los agentes causales de la mazorca negra enfermedad de del cacao en África occidental y central, actualmente se conoce que en cada continente existe un complejo de especies responsable de la enfermedad que está integrado por diferentes especies (11).

2.1.2. El Azufre

El azufre, S, es considerado un elemento esencial para la nutrición de las plantas. Participa en el fortalecimiento de la estructura vegetal y favorece la resistencia al frío y al ataque de plagas y enfermedades. Su concentración en los tejidos de la planta es similar a la del fósforo, situación que lo ubica como el cuarto elemento más importante en la agricultura después del nitrógeno, el fósforo y el potasio. En el suelo existen básicamente dos formas de este elemento; la orgánica, asociada a la materia orgánica y la inorgánica, dentro de la cual se incluye la forma disponible o aprovechable por las plantas llamada sulfato, SO_4^{2-} El conjunto de ellas se conoce como azufre total y representa la reserva que puede convertirse en formas aprovechables debido a la acción de los microorganismos (39).

2.2. Marco Referencial

2.2.1.El cultivo de Cacao

El cacao pertenece al género *Theobroma*, un grupo de árboles pequeños que se encuentra en la cuenca del Amazonas y otras regiones tropicales de Centro y Sur América. En el género se reconocen más de veinte especies, pero sólo una de ellas, *Theobroma cacao*,

se cultiva extensamente. Su domesticación comenzó con los Mayas, el primer pueblo conocido que se dio cuenta de las valiosas cualidades de la almendra de cacao hace más de 2000 años (8).

El cacao es un producto reconocido y apetecido internacionalmente, es un producto de origen tropical. Ecuador cuenta con las condiciones climáticas apropiadas para la producción de este fruto, a nivel nacional se cultivan dos tipos de cacao, el CCN-51 y el cacao fino y de aroma. La mayor producción se concentra en la región del litoral en las provincias de Los Ríos, Guayas y en la región Amazónica la provincia de Sucumbíos, Orellana y Napo (9).

Las dos variedades de cacao que se producen en Ecuador son Nacional y CCN-51 (corriente), principalmente en las provincias de la Costa por la naturaleza del cultivo. Tanto la superficie cosechada como la producción cacaotera local han seguido una tendencia creciente, alcanzando en 2014 las 487 mil Ha y 234 mil TM, respectivamente. Siendo el cacao un producto tradicional en la canasta exportadora del país, los envíos de grano sumaron un volumen de 236 mil TM que representó 91% del total de exportaciones de cacao (10).

La producción de cacao en Ecuador da sustento a unas cien mil familias, con niveles bajos de productividad. El país produce el 62% del cacao fino de aroma a nivel mundial. La producción de cacao se localiza, principalmente, en la región litoral, aunque se produce en 23 de las 24 provincias. En la zona norte, unas 80,000 ha están sembradas en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Pichincha y Cotopaxi. Esta zona está caracterizada por suelos de origen volcánico, con precipitaciones de 2.000mm (11).

2.2.2. Cacao CCN-51

El CCN-51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, una alta productividad. Con esta declaratoria, el

Ministerio de Agricultura brindar apoyo para fomentar la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación (12). CCN-51 fue seleccionado y estudiado por el ingeniero agrónomo Homero Castro, quien investigaba la población de cacao en alto Amazonas, coleccionando material genético para usarlos en programas de cruzamiento con variedades Trinitarias y otros cultivares, buscando un clon de alta calidad y gran productividad resistente a las enfermedades que más afectan al cacao (13).

CCN-51 que significa Colección Castro Naranjal. De la misma forma define que es un árbol de características pequeñas donde sus flores y frutos crecen en las partes del tronco y ramas; sus flores son pequeñas y dan fruto a una mazorca o baya que en su interior contiene semillas cubiertas de una pulpa mucilaginosa blanquecina rica en azúcares (14).

2.2.3. Descripción taxonómica

El cacao se presenta bajo la presente clasificación taxonómica (15):

- **Dominio:** Eukaryota
- **Reino:** Plantae
- **Phylum:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Malvales
- **Familia:** Malvaceae
- **Género:** *Theobroma*
- **Especie:** *cacao*

2.2.4. Descripción botánica

El clon CCN-51 al ser una planta propagada vegetativamente, presenta un tipo de crecimiento lateral y de tamaño mediano (5 a 8 metros de altura), aunque puede llegar a

medir hasta 20 metros si se lo deja crecer libremente bajo sombra intensa, no posee una raíz principal pivotante, sino varias raíces principales y la mayor cantidad de raicillas absorbentes, se encuentran en los primeros 30 cm de suelo (16).

Las hojas son simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de peciolo corto. Las flores son pequeñas y se producen al igual que el fruto en racimos pequeños sobre el tronco y las ramas, alrededor de donde antes hubo hojas. Además, las flores son pequeñas y delicadas, que nace en inflorescencia donde una vez hubo hojas, es hermafrodita y posee cinco sépalos (blancos o ligeramente rosados), cinco pétalos y cinco estambres, que se abren en la tarde y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente (17). Los árboles de cacao CCN-51 florecen dos veces al año, siendo el principal periodo de floración en junio y julio. En los meses de septiembre y octubre tiene lugar a una segunda floración pero su índice es menor (15).

El fruto es una baya grande (mazorca), polimórfica (esférica o fusiforme) de color rojo que puede alcanzar hasta 30 cm de largo, con un peso aproximado de 1000 g; en el centro posee un cordón fibroso blanco que le sirve de asiento a los granos. Las semillas son pequeñas, aplastadas y deformes, el número de semillas por baya oscila entre los 20 y 40. La pulpa es blanca, rosada o café; es de sabor ácido, dulce y aromático (17).

2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos

Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia. A estos se le unen el viento y la luz o radiación solar. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra. La humedad relativa también es importante ya que puede contribuir a la propagación de algunas enfermedades del fruto. Estas exigencias climáticas han hecho que el cultivo de cacao se concentre en las tierras bajas tropicales (15).

El requerimiento de agua para este cultivo oscila entre 1.200 y 2.400 mm de precipitaciones (Según la ubicación de la plantación), repartidos durante los 12 meses del año, con un mínimo mensual de 100 a 120 mm de agua. Se conoce que el grado de luz que debe recibir una plantación de cacao está en relación con la disponibilidad de agua y

nutrientes presentes en el suelo. En las zonas productivas del país es necesario el brillo solar en cantidad de 800 a 1.000 horas año⁻¹ (18).

Para la producción de cacao el ambiente debe ser húmedo, un promedio de 70 a 80% de humedad relativa es la más aconsejable. Los vientos fuertes son inconvenientes porque pueden destruir las ramas, volcar las plantas y dañarlas. La temperatura media anual óptima para el cultivo del cacao es de 25°C. La temperatura máxima que soporta el cultivo de cacao es de 32°C, mientras que, la temperatura mínima es de 21°C (19). Un suelo apto para el cacao debe tener una estructura de franco a franco arcilloso y franco arenoso, con profundidad mínima de 1 m que permita el desarrollo radicular y la absorción de agua, con buena retención de agua y drenaje adecuado. El nivel aceptable de pH para el cacao es de 5.5 a 7.0; el rango óptimo es de 6.0 a 6.5 (20).

2.2.6. Requerimiento nutricional del cacao

La necesidad de mantener el balance entre nutrientes obliga a que se hagan aplicaciones de P y K (y otros nutrientes dependiendo del contenido en el suelo) a medida que se incrementa la aplicación de nitrógeno. Los niveles de requerimiento nutricional para el cacao CCN51, dependiendo de la edad y estado de la planta (13), los cuales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao

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

Fuente: (13).

2.2.7. Monilla

El agente causal de la Monilla es el hongo basidiomiceto *Moniliophthora roreri* Cif. y Parr. El género *Moniliophthora* ha sido designado como teleomorfo, perteneciente a la familia Marasmiaceae, sus conidias son esporas sexuales, con funciones de reproducción, diseminación y de resistencia. Este patógeno afecta al cacao (*Theobroma cacao*), a otras especies del género *Theobroma* (*T. mammosum*, *T. gileri*, *T. bicolor*, *T. grandiflorum*) y *Herrania* (11).

Taxonomía

Según (21), la monilla tiene la siguiente clasificación taxonómica:

- **Reino:** Fungi
- **Phylum:** Basidiomycota
- **Clase:** Basidiomycetes
- **Orden:** Agaricales
- **Familia:** Marasmiaceae
- **Género:** *Moniliophthora*
- **Especie:** *roreri*

Ciclo de vida

En zonas de cultivo de cacao, 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 (22). Una vez 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 (23). 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 anomalías de formas geométricas y protuberancias o tumores (24).

Las condiciones ambientales juegan papel fundamental en el avance de *M. royeri*. El ciclo se inicia en el momento que la humedad ambiental es baja (época seca), donde se generan millones de esporas. Luego, estas conidioesporas son diseminadas por el viento y la lluvia y se deposita en la superficie de las hojas y frutos del hospedero (22). Los conidios germinan en ambientes húmedos y a temperaturas superiores a 24°C, en un lapso de 6 a 8 horas, seguido por la penetración en la epidermis con uso de las hifas infectivas (25). Es así como las hifas se dirigen hacia los tejidos centrales (mesodermo y semillas) para inducir la producción de proteínas relacionadas con la necrosis lo cual provoca la muerte del tejido interno y posteriormente del externo (26).

En este estado la infección presenta puntos aceitosos de diámetros pequeños (< 2 mm), aumentando de tamaño en el transcurso de 10 a 20 días (21). Posterior a este periodo se observan protuberancias en los frutos y después de 2 a 3 meses, manchas aceitosas color café oscuro sobre las lesiones generadas; finalmente sobreviene un micelio blanco con esporas infectivas, siendo éstas las causantes de la transformación en la pigmentación color marrón del fruto (25).

Sintomatología

Este hongo ataca sólo los frutos en todos los estados de desarrollo, pero en mazorcas menores de dos meses produce deformaciones o gibas al mes de la inoculación del patógeno, estos frutos continúan creciendo y pasado otro mes aparece una mancha de color café o marrón que cubre todo el fruto o una parte de él; sobre esta mancha ocho a 10 días después aparece una felpa de color blanco que cambia a crema y desprende un polvillo que corresponde a las esporas o semillas del hongo, las cuales al caer sobre un fruto sano y en presencia de humedad vuelve a desarrollar todo el ciclo descrito y causar daño. Mazorcas atacadas de menos de tres meses causan la pérdida de todo el grano. Cada ciclo de la enfermedad tiene una duración de sesenta a setenta días, esto quiere decir que durante la etapa del fruto pueden sucederse dos ciclos del hongo (11).

Manejo de la enfermedad

Para su control se recomienda eliminar todas las mazorcas enfermas semanalmente antes que inicie la esporulación, de esta manera, reducimos la cantidad de inóculo y bajamos la incidencia por debajo del 5%. Algunas prácticas complementarias ayudan a facilitar el control como la poda y la regulación del sombrero permanente (11).

2.2.8. Mazorca negra

Agente causal

Los patógenos Oomycetes, *Phytophthora palmivora* y *P. megakarya* son las dos especies principales de *Phytophthora* ampliamente reportadas como los agentes causales de la mazorca negra enfermedad de *Theobroma cacao* en África occidental y central, donde se produce el 72% del cacao del mundo. *P. palmivora*, una especie cosmopolita es descrita como menos virulenta que *P. megakarya*. *P. megakarya* está restringido solo a la producción de cacao regiones en África occidental y central (27).

En la actualidad se conoce que en cada continente existe un complejo de especies responsable de la enfermedad que está integrado por *P. arecae* Pethybridge, *P. capsici* Leonian, *P. citrophthora* Leonian, *P. megakarya* Brasier y Griffin, *P. megasperma* Drechsler, *P. nicotianae*, *parasitica* y *P. palmivora* (28).

Taxonomía

De acuerdo a Mycobank, la clasificación taxonómica de la mazorca negra es la siguiente (29):

- **Reino:** Chromista
- **División:** Oomycota
- **Clase:** Phycomycetes
- **Orden:** Peronosporales
- **Familia:** Pythiaceae
- **Género:** *Phytophthora*
- **Especie:** *palmivora*

Ciclo de vida

El ciclo de la mazorca negra tiene cuatro fases que inicia con la formación del micelio, de esporangios, zoosporas y clamidosporas. En el suelo, las raíces, hojas, cojines florales, flores y frutos infectados se da el inoculo primario que durante condiciones húmedas se establece la infección formando los esporangios (30).

Este es un patógeno aéreo, infecta y se reproduce principalmente sobre la parte aérea de su hospedante. Los esporangios son dehiscentes (se caen fácilmente cuando maduran) y bajo condiciones templadas puede sobrevivir un tiempo suficientemente largo y viajar varios kilómetros por medio del aire. El patógeno se ve favorecido en los ambientes húmedos y fríos: la esporulación es óptima a 12-18°C en ambientes de agua saturada o casi en saturación, y la producción de zoosporas se favorece por abajo de los 15°C. Las tasas de crecimiento de las lesiones son típicamente óptimas a temperaturas ligeramente cálidas entre los 20 a 24°C. Bajo condiciones favorables, el ciclo de vida asexual (germinación del esporangio, infección, crecimiento de la lesión, esporulación) puede completarse en menos de cuatro días, pero los síntomas pueden no ser visibles en los primeros 2-3 días después de la infección inicial (31).

Sintomatología

La mazorca negra ataca frutos en cualquier edad, sin embargo, se encuentra con más frecuencia en aquellos que están próximos a madurez, los síntomas de la enfermedad son (32):

- Frutos con manchas color chocolate, con bordes bien definidos.
- Las mazorcas afectadas son blandas y menos pesadas que las mazorcas normales. El daño es de apariencia acuosa.

- En el árbol de cacao de cualquier edad la presencia del hongo afecta los tejidos del cuello de la raíz causando una mancha marrón oscura y muerte de la corteza y el tallo, la planta se vuelve amarilla por falta de agua y nutrientes hasta morir.
- En la raíz se presenta un necrosamiento que da la apariencia de una mancha de color marrón; cuando invade toda la raíz esta se seca.

Manejo de la enfermedad

Para el adecuado manejo de esta enfermedad se debe tomar en consideración las siguientes recomendaciones (33):

- Antes de pensar en controlar un problema se debe prevenir su aparición, es por eso que la utilización de patrones con resistencia, como el IMC-67, reduce la posibilidad de afectación de la enfermedad en las plantas.
- Cuando se detecta la presencia de la enfermedad en los frutos se deben recolectar las mazorcas de cualquier edad que estén con manchas, depositarlas en el suelo y taparlas con hojarasca; esta labor se puede realizar cuando se haga el control de monilla.
- Cuando se presenta en el cuello de la raíz del árbol, y los síntomas se detectan a tiempo, se debe hacer un raspado del tejido afectado y aplicar un funguicida en forma de pasta cubriendo totalmente el área afectada.

2.2.9. Fertilización

Una cosecha de cacao seco de 1000 kg extrae aproximadamente 44 kg de Nitrógeno (N), 10 kg de fosfato (P_2O_5) y 77 kg de potasio (K_2O). Si las mazorcas se partieren en el mismo campo y las cáscaras quedasen en el suelo, se reciclará aproximadamente 2 kg de N, 5 kg de P_2O_5 y 24 kg de K_2O . Por lo tanto, todo suelo que se explota tiende a empobrecerse y a reducir su capacidad de alimentar a las plantas, en consecuencia, decae la producción de

frutos. Por lo que es necesario mejorar los suelos adicionando oportunamente abonos orgánicos o fertilizantes químicos (38).

2.2.10. Importancia del Azufre en las Plantas

El S es parte constituyente de tres aminoácidos esenciales (cistina, cisteína y metionina), los cuales intervienen en la formación de varias proteínas. Por otro lado, la formación de clorofila requiere de la presencia de S, participa también en la formación de aceites y síntesis de vitaminas. Esto explica porque este elemento es tan importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos (40).

El azufre es absorbido por la planta casi exclusivamente en forma de SO_4^{2-} , a través de su sistema radicular. En pequeñas cantidades también puede ser absorbido del suelo como SO_3^{2-} y de la atmósfera como dióxido de azufre, por las hojas, a través de las estomas (41).

Los síntomas de deficiencia de azufre (S) son a menudo difíciles de distinguir, debido a que se confunden con los síntomas de deficiencia de N. Los síntomas se presentan inicialmente en las hojas nuevas que desarrollan un color amarillento brillante incluyendo las nervaduras, sin embargo, no existe reducción marcada del tamaño de las hojas. En las hojas viejas se presentan parches amarillentos de tono pálido, mientras que en las nuevas son inicialmente de color amarillo brillante e incluyen las nervaduras, las cuales pueden ser aún más claras, rasgo este que la diferencia de la deficiencia de N. Posteriormente el brillo desaparece y la tonalidad es pálida y el síntoma aparece en todas las hojas. También aparecen necrosis apicales que luego se enrollan y finalmente las hojas caen (38).

2.2.11. Beneficios del Azufre en los Aonroles Fitosanitarios

Los compuestos de azufre afectan la incidencia de la enfermedad y la gravedad directamente como biocidas, estos compuestos incluyen azufre elemental, sulfuros (CS_2 , H_2S , K_2S , P_2S_5 , SO_2), tiosulfato y sales de xantato. el disulfuro de potasio, P_2S_5 , xantatos y tiosulfato se han utilizado como inhibidores de la nitrificación y para controlar la sarna

común y la marchitez por *verticillium* de la papa (42). El dióxido de azufre se ha utilizado ampliamente como un conservante postcosecha de frutos secos, verduras, especias y granos. Todavía no se conoce bien el modo de acción del azufre, las hipótesis más aceptadas son las de Williams y Cooper (43):

- Las células de los hongos son permeables al azufre (las esporas pueden absorber azufre) y el azufre en el citoplasma afecta la cadena respiratoria mitocondrial.
- Puede haber transferencia de iones hidrogeno (H^+) al azufre, en lugar de transferencia al oxígeno (O_2), produciendo sulfito de hidrogeno tóxico.
- El azufre puede oxidar rápidamente grupos sulfidrílicos proteicos importantes en muchas funciones respiratorias de las mitocondrias. Este fenómeno puede producir una modificación del estado de oxidación del complejo respiratorio alternando el flujo de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial y consecuentemente, la fosforilación oxidativa, resultando en fungotoxicidad.

El H_2S interviene en la defensa de la planta, aunque su función como SDC no está clara todavía (44). La cantidad de sulfuro liberado desde el hospedador es tóxico para el patógeno dependiendo de su concentración en el sitio de ataque del patógeno y de la capacidad del patógeno para metabolizarlo. Por otro lado, el azufre elemental (S_0) es el fungicida más antiguo usado por el hombre y parece que las plantas también la usan para su defensa. Se desconoce el mecanismo de formación de S_0 en plantas. Se ha demostrado que el S se acumula en los tejidos vasculares de variedades resistentes de cacao y tomate en respuesta a la infección con *Verticillium dahliae* (43).

2.2.12. Fuentes de Azufre

La fuente de origen más importante está constituida por los sulfuros de metales, contenidos en las rocas plutónicas, y las mayores fuentes de este elemento son: yeso, anhidrita, blenda, piritita y cinabrio. Otra fuente importante la constituye la atmósfera, donde

se acumula el SO₂ liberado por la combustión de hulla, petróleo y centros industriales, que pasa al aire y luego al suelo por acción de las lluvias o por difusión gaseosa. De forma general, el contenido de azufre en los suelos oscila entre 0.02% y 0.2%, mientras que los suelos orgánicos pueden presentar contenidos de hasta 1% de S (45).

El azufre se presenta en dos formas en el suelo: en forma orgánica e inorgánica. El azufre orgánico proviene de los residuos vegetales y animales, formado en su mayor parte por proteínas, aminoácidos y otros compuestos azufrados, por lo que entre 60% y 90% del S total se encuentra en forma orgánica. El azufre orgánico es importante como reserva de elemento, pues los sulfatos orgánicos son resistentes al lavado, se convierten en sulfatos de forma gradual y son aprovechados casi en su totalidad por las plantas, debido a que es la forma predominante en que estas lo absorben (40).

El azufre inorgánico suele encontrarse en forma de sulfatos de Mg, Na, K, Ca y Ba y como fuentes de reserva absorbidos al complejo de cambio. Las cantidades presentes en la solución del suelo son generalmente pequeñas por la acción del lavado y tienden a acumularse en los horizontes subsuperficiales. No es el caso de las regiones áridas, donde no se lavan y es posible encontrar en estos suelos grandes concentraciones de sulfatos de Ca, Mg y Na (45).

2.2.13. Requerimientos de Azufre en el Cultivo de Cacao

El cacao como otros cultivos requiere de elementos nutricionales para lograr una buena producción. Sin embargo, muchas veces los suelos no disponen de las cantidades adecuadas de nutrientes por lo que se hace necesario su aporte mediante abonos o fertilizantes ya sea directamente al suelo (zona radicular) o vía foliar (hojas y tallos) (44).

La diferencia entre el crecimiento de cacao creciendo en suelos de fertilidad baja y en suelos de buena fertilidad se observa en la tabla 2. El manejo de la nutrición del cultivo del cacao debe tener en cuenta la cobertura de sombra, la densidad de plantas y el estado nutricional del suelo (38).

Tabla 2.

Requerimiento de azufre del cultivo de cacao de acuerdo a la edad y disponibilidad de nutrientes

Edad del cultivo (años)	Disponibilidad baja de nutrientes	Disponibilidad media de nutrientes	Disponibilidad alta de nutrientes
	Azufre (kg/ha)	Azufre (kg/ha)	Azufre (kg/ha)
0 – 1	14	7	7
1 – 2	29	14	7
2 – 3	43	21	9
3 – 4	57	27	17
> 4	61	34	23

Fuente: (38).

2.3. Antecedentes

En la investigación: “Efectos del fósforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, en la zona de Babahoyo” realizada por (46) se determinó que las aplicaciones de fósforo y azufre influyen, un mayor rendimiento de grano en el cultivo con mayor rendimiento usando DAP+ Sulfato de amonio 30+40 kg/ha (1539 kg/ha), además que previene la aparición de enfermedades características del cacao (46). En la investigación de Vélez (47), se tuvo como objetivo la evaluación de la respuesta del cultivo de cacao CCN-51 creciendo a plena exposición solar frente 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.

Existen otros estudios de aplicación de azufre en cultivos hortícolas, como cebolla, donde se obtuvieron resultados que permiten determinar que la aplicación de azufre afecta la productividad y la calidad del bulbo de cebolla. El trasplante es la etapa más recomendable para la aplicación del nutrimento, pues influye positivamente al cultivo de cebolla en todas las características evaluadas. La forma del bulbo no mostró efectos por la aplicación de S en las diferentes etapas evaluadas. El mejor rendimiento productivo de las variedades de cebolla

se obtuvo con 59 toneladas de azufre por hectárea, en el caso del cultivar Dulciana® y con 73, en el cultivar Vulkana®.

El azufre también ha sido utilizado para controlar el *Oidium* sp. en cultivos de arándano, en la investigación “Alternativa de control de la oidiosis en Arándano (*Vaccinium corymbosum*) orgánico en Piura” (48) obtuvo resultados que indican que los tratamientos a base de bicarbonato de potasio y azufre sin rotación tuvieron el mejor efecto de control de la incidencia con una eficacia de 61.85 y 42.81 % respectivamente. Del mismo modo, los tratamientos a base de bicarbonato de potasio, Azufre y Azufre en rotación con Silicio presentaron el mejor efecto de control de la severidad con una eficacia de 73.96, 56.7 y 54.82 % respectivamente. Asimismo, los tratamientos no influyeron significativamente en los parámetros de cosecha. Estos resultados indican que el bicarbonato de potasio, azufre y silicio constituyen una alternativa para el manejo no convencional del *Oidium* sp. en el cultivo del arándano.

En arroz, (49) determinó que aplicando Azufre se disminuyó la incidencia y severidad de enfermedades asociadas a dos cultivares de arroz; la mayor eficacia del producto se registró utilizando Defend en dosis de 1,5 L/ha; las características agronómicas como altura de planta, macollos y panículas/m², porcentaje de granos llenos y vanos y peso de 1000 granos se registró aplicando Defend en diferentes dosis en comparación al tratamiento testigo que no se aplicó el producto y el mayor rendimiento del cultivo y beneficio neto se registró con Defend en dosis de 1,5 L/ha con 5101,0 kg/ha y \$ 300,24 de ganancia neta.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la Investigación

La investigación se realizó en las instalaciones del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7 vía Quevedo – El Empalme, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: 79° 27” de longitud Oeste y 01° 06” de latitud Sur a una altitud de 75 msnm.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de esta investigación es de carácter experimental debido que se estudió la relación causa-efecto bajo la aplicación de azufre en el cultivo de cacao CCN-51.

3.3. Métodos de Investigación

Se utilizó el método deductivo partiendo de información procedente de literatura y trabajos anteriores sobre la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y su efecto en el rendimiento en un cultivo de cacao CCN-51.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

Para el desarrollo de esta investigación se recopiló información de fuentes primarias y secundarias:

- **Fuentes primarias:** Información obtenida a través de la observación directa de los resultados logrados al final de la investigación.
- **Fuentes secundarias:** Información extraída de libros, revistas científicas, artículos científicos, tesis y boletines divulgativos.

3.5. Factores en Estudio

En el presente trabajo de investigación se utilizaron como factor en estudio las tres dosis de azufre que conforman los tratamientos.

3.5.1. Tratamientos Evaluados

Para la investigación se usaron tres tratamientos a base de azufre y un testigo absoluto que se muestran en la tabla 4, las dosis son basadas en las utilizadas por (47).

Tabla 3

Tratamientos realizados en el ensayo de campo

Tratamiento	Descripción
T1	Sin aplicación (Testigo)
T2	60 kg/ha de S
T3	90 kg/ha de S
T4	120/ha de S

3.6. Diseño de la Investigación

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento. La información se procesará en el programa estadístico InfoStat cada tratamiento evaluado será sometido a las pruebas de ANOVA y pruebas de rango múltiple de Tukey con nivel de significancia del 0.05%.

Tabla 4.

Esquema del Análisis de Varianza utilizado en el ensayo

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	3
Error experimental	6
Total	11

3.6. Instrumentos de Investigación

3.6.1. Características de las Unidades Experimentales.

Número de unidades experimentales:	12
Número de plantas por unidad experimental	6
Distancia entre plantas	3 m
Área de las unidades experimentales:	38,20 m ²
Largo:	5 m
Ancho:	8 m
Forma de UE:	Rectangular
Área total del ensayo:	480 m ²
Largo:	48 m
Ancho:	10 m
Forma del ensayo:	Rectangular

3.7. Manejo del Experimento

3.7.1. Control de Enfermedades y Plagas

Antes de la instalación del proyecto de investigación se realizaron varios controles químicos para el Chinche del cacao (*Monalonion disimulatum*), para esto se usó el fungicida Ridomil Gold (500 g/200 L de agua) e insecticida Benfurol (250 ml/200 L de agua). Se realizó una aplicación tres meses antes de iniciar el experimento, esto para tener un área limpia para el establecimiento del estudio.

3.7.2. Control de Malezas

El control de malezas se realizó mecánicamente utilizando moto guadaña y posteriormente un control químico con la utilización del herbicida sistémico no selectivo (Glifosato, 1 L/200 L de agua) tres meses antes de iniciar la aplicación de los tratamientos.

3.7.3. Delimitación de las Parcelas

Una vez preparada el área de investigación se procedió a delimitar las parcelas netas para cada tratamiento con sus repeticiones respectivas. En la parcela neta se establecieron un número total de 6 plantas a evaluar, y se las marcó con una cinta de color rojo para poder identificarlas del resto de plantas.

3.7.4. Manejo Fitosanitario del Cultivo

Para garantizar una óptima respuesta del cultivo, antes del inicio del ensayo en toda la plantación se realizó diferentes labores culturales preventivas para poder tener parcelas limpias, como podas sanitarias con una frecuencia de cada 15 días, las cuales fueron: la eliminación manual con tijeras de podar de mazorcas con presencia de enfermedades como Monilla (*M. roleri*), Mazorca Negra (*P. palmivora*). Además, desmalezamientos cada dos meses, todas las actividades se realizaron en todos los tratamientos.

3.7.5. Toma de Muestras Edáficas y Foliares

Se realizó una toma de muestras de suelo y hojas de toda la parcela para evaluar los elementos nutricionales, incluido el Azufre (S). Los análisis fueron realizados en el Instituto Ecuatoriano de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Pichilingue, los resultados sirvieron para elaborar un plan nutricional durante el tiempo del estudio.

3.7.6. Aplicación de los Tratamientos

En la tabla 5 muestra los tratamientos que se aplicaron en esta investigación. La dosis de aplicación fue fraccionada, el 60% en la primera aplicación y el 40% en la segunda que se realizó al cuarto mes de iniciada la investigación, cada dosis se indica en la tabla 5. El producto S se aplicó en forma de corona a la planta a 45 cm del tallo, con una frecuencia de aplicación de dos veces durante la investigación. Se pesó y dosificó la cantidad de fertilizante según cada tratamiento mediante la ayuda de una balanza. La aplicación fue edáfica.

Tabla 5

Dosis utilizadas de cada fertilizante en la investigación, los valores son por planta

Fertilizante	Apli/Tratamiento (Lb)	1era Fracción 60% (Lb)	Gramos	2da Fracción 40% (Lb)	Gramos
Urea	11.99	7.19	3,270	4.80	2,180
Fertilizante	Apli/Tratamiento (Lb)	1era Fracción 60% (Lb)	Gramos	2da Fracción 40% (Lb)	Gramos
DAP	1.24	0.74	338	0.50	225
Muriato K	12.53	7.52	3,418	5.01	2,279
			7.026	10.30	4,684
Azufre 60kg	2.97	1.78	810	1.19	540
Azufre 90kg	4.46	2.67	1,215	1.78	810
Azufre 120kg	5.94	3.56	1,620	2.38	1,080
		8.02	3,645	5.35	2,430

Fuente: (47).

7.8.1. Evaluación de los Tratamientos

Se realizó la medición de las variables cada 15 días. Se realizó una contabilización de chereles y mazorcas enfermas y se procedió a diferenciarlas por tipo de enfermedad (monilla, mazorca negra); seguidamente se contabilizó las mazorcas sanas. Los datos se

registraron usando libreta de campo y registros fotográficos. En total se realizaron 16 tomas de datos durante los cuatro meses del estudio Para la toma de datos respectivo a cada unidad experimental, se utilizó la siguiente tabla 6:

Tabla 6

Matriz para la toma de datos en campo

Información			
Toma de dato n°		Fecha	
Tratamiento		N° Planta	
Datos			
# Mazorcas sanas			
# Mazorcas enfermas			
# Chereles sanos			
# Chereles enfermos			
# Mazorcas con monilla			
# Mazorcas con mazorca negra			

3.8. Variables Evaluadas

3.8.1. Número de Chereles

Para el conteo de chereles, se partió de una línea base (número promedio), en la cual se contabilizó las flores fecundadas (chereles) previo a la aplicación de los tratamientos, para obtener un parámetro de evaluación. Posteriormente se contabilizaron los chereles después de la aplicación de los tratamientos.

3.8.2. Número de Mazorcas Sanas

De igual manera para el número de mazorcas, se partió del número total de la línea base (promedio), donde se contabilizó todas las mazorcas sanas existentes al momento de la aplicación en cada unidad experimental y de allí en adelante hasta que el estudio finalizó.

3.8.3. Porcentaje de Mazorcas Sanas

Para cada unidad experimental se contabilizó el número de mazorcas sanas, descartando cualquier mazorca enferma relacionando con el número total de mazorcas contenidas en la planta. Este valor se expresó en porcentaje según la fórmula:

$$\% \text{ Mazorcas sanas} = \left(\frac{MB}{N} \right) * 100$$

Donde:

MB = Número de mazorcas sanas.

N = Número total de mazorcas

3.8.4. Porcentaje de Chereles Sanos

Para cada unidad experimental se contabilizó el número de chereles sanos, y se relacionó con el número total de chereles contenidos en la planta. Este valor se expresó en porcentaje de acuerdo con la fórmula:

$$\% \text{ Chereles sanos} = \left(\frac{CB}{N} \right) * 100$$

Donde:

CB = Número de chereles sanos.

N = Número total de chereles

3.8.5. Índice de Semilla

Se utilizó como base el peso de 100 semillas fermentadas y secas, obtenidas de una muestra de 20 mazorcas tomadas al azar en cada unidad experimental, para determinar el índice de semilla se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{índice de semilla} = \frac{\text{Peso en gramo de 100 semillas secas}}{100}$$

3.8.6. Índice de Mazorca

Se procedió a pesar una muestra de semillas fermentadas y secas de 20 mazorcas al azar, posteriormente se determinó la cantidad de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de granos de cacao secos, dicho procedimiento se realizó para cada uno de las unidades experimentales

3.8.7. Peso de Almendras en Baba

Se registró el peso de las almendras en baba se realizó pesando las almendras de las mazorcas sanas cosechadas en todas las plantas útiles de la parcela experimental

3.8.8. Incidencia de Monilla

En cada unidad experimental se contó el número de mazorcas afectadas por monilla relacionándolas con el número total de mazorcas de la planta. Este valor se expresó en porcentaje según la fórmula:

$$IM = \left(\frac{m}{N}\right) * 100$$

Donde:

IM = Incidencia de monilla (%)

m = Número de mazorcas con monilla

N = Número total de mazorcas en la unidad experimental

Se evaluó mediante la aplicación de escalas visuales de severidad y además mediante el uso del software LeafDoctor©.

3.8.9. Incidencia de Mazorca Negra

En cada unidad experimental, se valoró el número de mazorcas afectadas por mazorca negra y estas se relacionaron con el número total de mazorcas contenidas en la planta. Este valor se expresó en porcentaje de acuerdo con la fórmula:

$$IM = \left(\frac{m}{N}\right) * 100$$

Donde:

IM = Incidencia de Mazorca Negra (%)

m = Número de mazorcas con Mazorca Negra

N = Número total de mazorcas

Se evaluó mediante la aplicación de escalas visuales de severidad y además mediante el uso del software *LeafDoctor*©

3.8.10. Correlación de escala visual vs leafDoctor

Se tomaron las medias obtenidas del análisis visual de la enfermedad y de las medias arrojadas por el programa LeafDoctor, se sometieron al análisis de correlación en el Infostat, esto con la finalidad de conocer que tan relacionados están los datos

3.8.11. Análisis económico

Se evaluó el rendimiento de mazorcas sanas y peso de semilla por repetición y se representó en kilogramos por hectárea (Kg/ha). El rendimiento fue constituido por los frutos sanos cosechados (una o dos veces) en la parcela útil de cada unidad experimental y transformados a Kg/ha previo el ajuste requerido para la transformación. Se valoró los costos de cada tratamiento, determinando el costo variable y total. Se determinó el Ingreso bruto

(rendimiento por precio de venta) para luego calcular el beneficio neto y la rentabilidad por tratamiento.

3.9. Recursos humanos y materiales

3.9.1. Recursos Humanos

El recurso humano que contribuyó para la realización del presente proyecto de investigación se nombra a continuación:

- Director del proyecto de investigación Favio Herrera Eguez, PhD.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación: Ángel Josué Macías Cerezo.

3.9.2. Recursos Materiales

a) Materiales de campo

- Machete
- Moto Guadaña
- Tijeras de podar
- Tijera poda de altura
- Fundas plásticas
- Cintas de color rojo
- Estacas
- Balanza
- Balde de 20 L
- Carretilla
- Pala
- Cintas medidoras de pH
- Guantes
- Mascarilla

- Vaso dosificador
- Bomba de mochila (20 L)
- Rótulos de identificación
- Estacas

b) Material de oficina

- Libreta de campo y lapiceros.
- Computadora.
- Hojas de papel e impresora.

c) Softwares

- Mendeley.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Word.
- Infostat.

3.9.3. Recursos Genéticos

- Cultivo establecido de cacao CCN-51 de 15 años.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

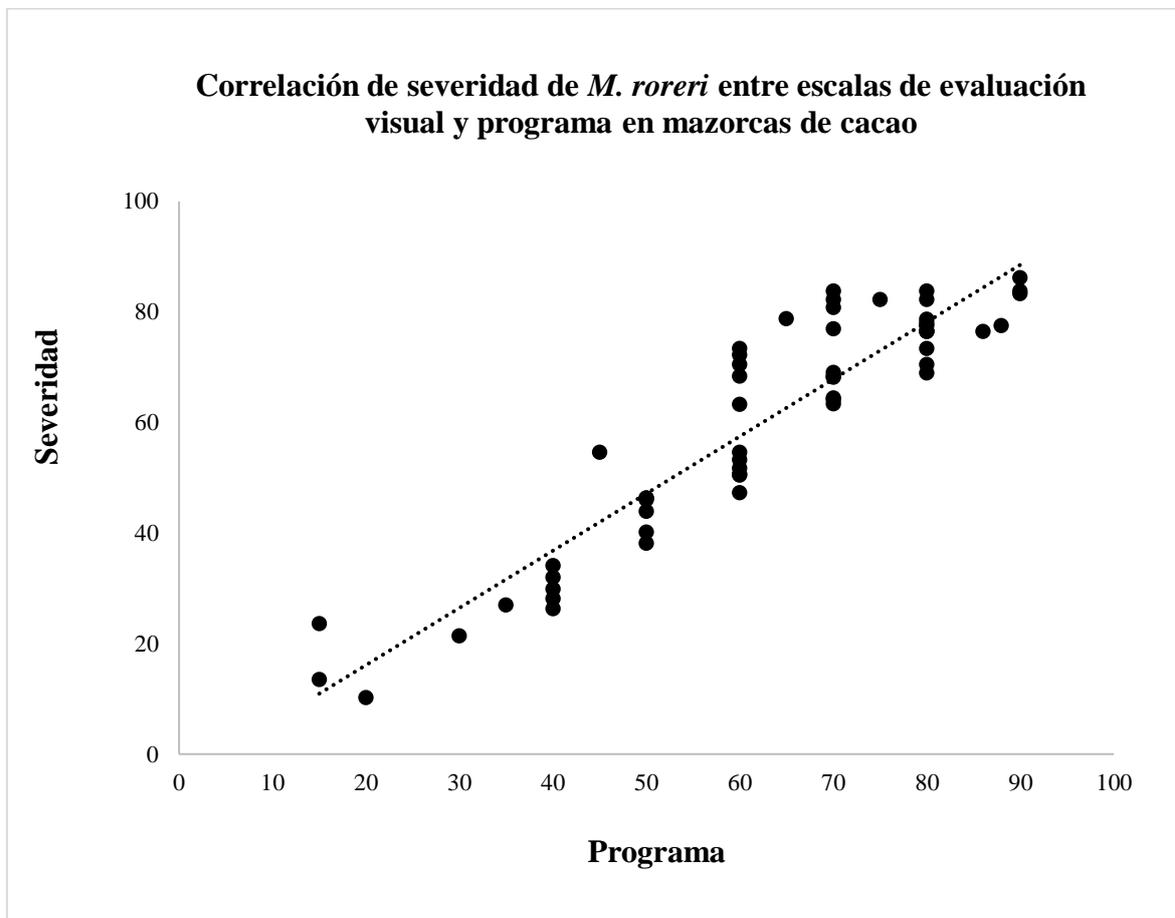
4.1.Resultados

4.1.1. Correlación entre Escala Visual vs Programa para *Moniliophthora roreri*

Para determinar la severidad del daño causado por de *M. roreri* en las mazorcas de cacao se procedió a realizar un análisis de correlación entre la escala de evaluación visual y el programa Leaf Doctor, se observa que existe una correlación positiva ya que sus medias no se alejan demostrando que están relacionadas linealmente, el factor R o factor de Pearson fue de 0.92 (figura 1).

Figura 1

Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en *M roreri*,



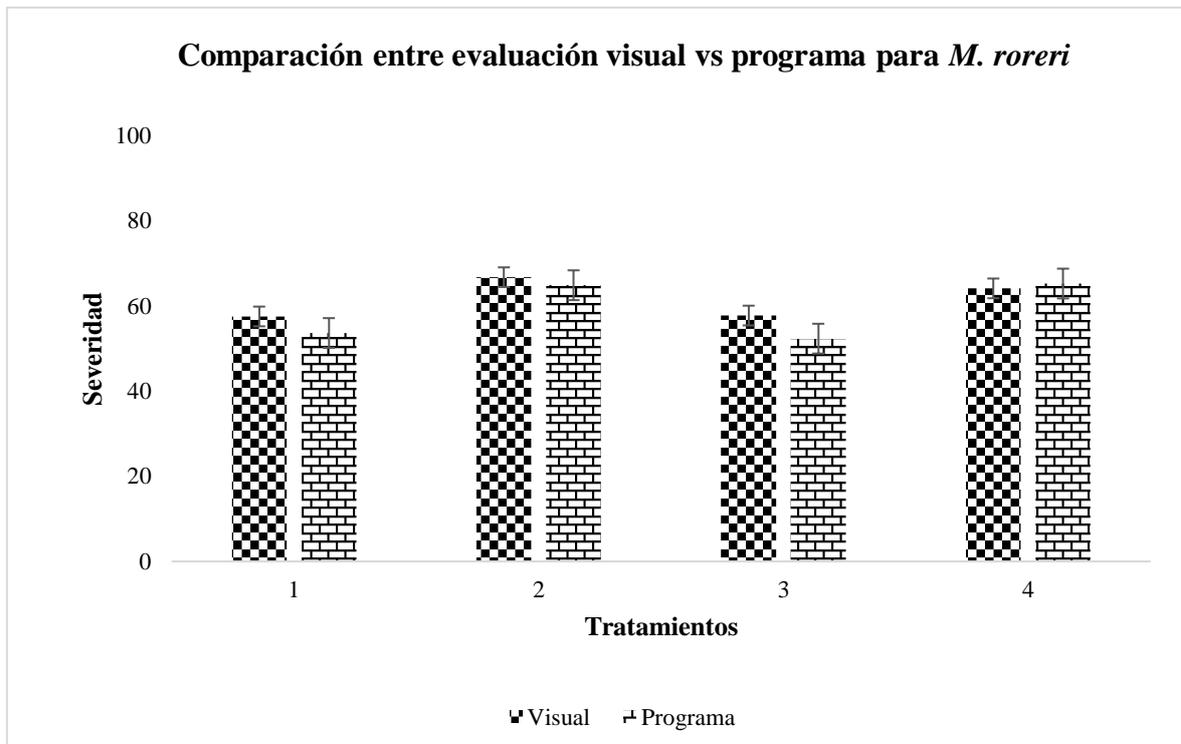
Nota: Correlación entre dos métodos mediante el uso de escalas de evaluación de daño visual y el programa Leaf Doctor para la enfermedad monilla, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. $R^2= 0.92$.

4.1.2. Análisis de Varianza entre Escala Visual vs Programa en *Moniliophthora roreri*

Semanalmente se cosecharon mazorcas de cacao de acuerdo a los tratamientos en estudio, esto para determinar el daño causado por *M. roreri*. El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en el análisis visual el Tratamiento 2 alcanzó el promedio más alto de severidad con 66,71%, seguido por el tratamiento 4 con 64,09, la media más baja la obtuvo el tratamiento 1 con 57,50%, para el análisis con el programa Leaf Doctor el tratamiento 4 obtuvo el más alto promedio de severidad con 65,22%, el menor promedio de incidencia de la enfermedad lo obtuvo el tratamiento 3 con 52,29% (figura 2).

Figura 2

Comparación de la severidad de *Moniliophthora roreri* mediante el uso de escalas de evaluación visual y el programa Leaf Doctor.



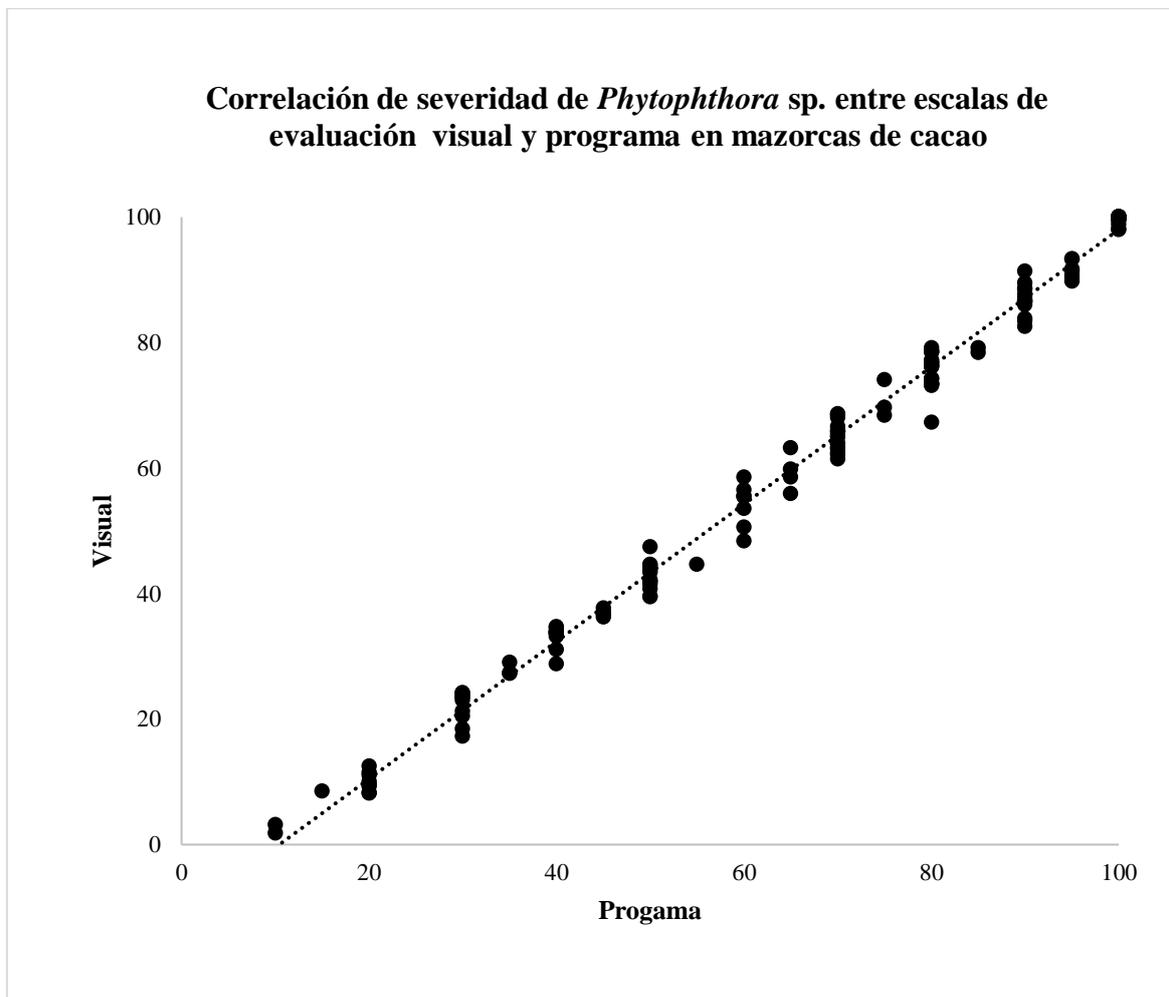
Nota: Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios que presentan cada tratamiento (Tukey $p < 0.05$).

4.1.3. Correlación entre Escala Visual vs Programa para *Phytophthora* sp.

La determinación de la severidad de *Phytophthora* sp en mazorcas de cacao se realizó mediante una correlación entre la escala de evaluación visual y el programa Leaf Doctor. se observa que existe una correlación positiva ya que sus medias no se alejan demostrando que están relacionadas linealmente, el factor R o factor de Pearson fue de 0.92 (figura 3)

Figura 3

Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en *Phytophthora* sp



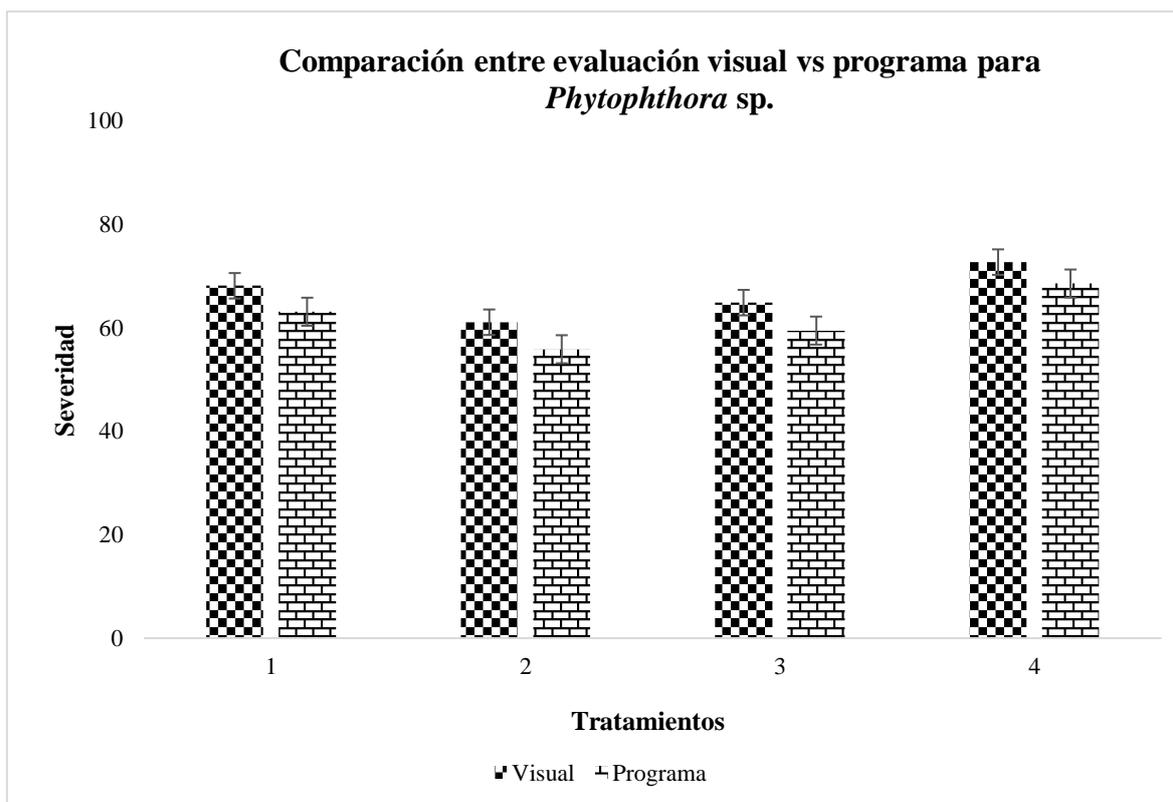
Nota: Correlación entre dos métodos mediante el uso de escalas de evaluación de daño visual y el programa Leaf Doctor para la enfermedad mazorca negra, causada por el hongo *Phytophthora* sp. $R^2 = 0.92$.

4.1.4. Análisis de Varianza Entre Escala Visual vs Programa en *Phytophthora* sp.

Semanalmente se cosecharon mazorcas de cacao con sintomatología características de *Phytophthora* sp, las mazorcas fueron tomadas de acuerdo a los tratamientos en estudio. El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, para el análisis visual de la severidad el tratamiento 4 alcanzo el mayor de los promedios con 72,69 %, la media más baja la obtuvo el tratamiento 2 con 61,075, por otro lado, el análisis realizado con el programa Leaf Doctor muestra al tratamiento 4 con el más alto promedio de severidad con 68,55%, y el tratamiento 2 alcanzo la media más baja de los con 55,85 % (figura 4).

Figura 4

Comparación de la severidad de *Phytophthora* sp. Mediante el uso de escalas de evaluación visual y el programa Leaf Doctor.



Nota: Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios que presentan cada tratamiento (Tukey $p < 0.05$).

4.1.5. *Número de Mazorcas*

La variable números de mazorca el análisis estadístico muestra diferencias significativas, el tratamiento 2, presentó el mayor promedio de mazorcas producidas con 45 unidades, el tratamiento 4 alcanzó el promedio más bajo de todos con 21 mazorcas (tabla 5),

4.1.6. *Número de Mazorcas Cosechadas*

En la variable número de mazorcas cosechadas se determinó que los tratamientos en estudio no muestran diferencias significativas, todos los tratamientos estudiados dieron una media de 3 mazorcas respectivamente (tabla 5).

4.1.7. *Número de Mazorcas Descartes*

Para la variable número de mazorcas descartes se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el tratamiento 2 alcanzó el promedio más alto con 2 unidades, los demás tratamientos obtuvieron una media igual de 1 unidad respectivamente (tabla 5)

4.1.8. *Número de Mazorcas Sanas*

Para el número de mazorcas sanas el análisis estadístico muestra que entre los tratamientos hubo diferencias, el tratamiento 2 obtuvo el promedio más alto con 42 unidades, la media más baja la alcanzaron los tratamientos 1 y 4 con 19 unidades cada una (tabla 5).

4.1.9. *Número de Mazorcas Enfermas*

En la variable número de mazorcas enfermas, entre los tratamientos en estudio se determinó que no existen diferencias significativas, los tratamientos 1, 2, y 3 obtuvieron un promedio igual de 3 unidades respectivamente, el tratamiento 4 alcanzó la media de 2 unidades siendo este el más bajo de los promedios (tabla 5).

4.1.10. *Número de Chereles Sanos*

Para esta variable el análisis estadístico de los tratamientos muestra diferencias significativas, el tratamiento 4 alcanzó el promedio más alto con 146 unidades mientras que el tratamiento 1 obtuvo la media más baja con 78 unidades (tabla 5).

4.1.11. *Número de Chereles Enfermos*

En la variable número de chereles enfermos se determinó que los tratamientos no muestran diferencias significativas, el mayor promedio fue obtenido por el tratamiento 4 con 48 unidades, el tratamiento 1 obtuvo la media más baja con 37 unidades (tabla 5).

4.1.12. *Peso de Almendro en Baba (g)*

Para la variable peso de almendro en baba tras el análisis estadístico se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el promedio más alto fue obtenido por el tratamiento 4 con 664,8 gr mientras que la media más baja fue la del tratamiento 3 con 55,29 gr (tabla 5).

4.1.13. *Peso de Almendro Seco (g)*

En la variable peso de almendro seco se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el promedio más alto fue alcanzado por el tratamiento 3 con 374,90 gr, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 238,71 gr (tabla 5).

4.1.14. *Peso de 100 Semillas en Baba (lb)*

En la variable peso de 100 semillas en baba se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el promedio más alto fue alcanzado por el tratamiento 3 con 368,80 gr, por otro lado, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 296,71 gr (tabla 5).

4.1.15. *Peso de 100 Semilla Seco (lb)*

En la variable peso de 100 semillas en seco se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el promedio más alto fue obtenido por el tratamiento 3 con 188,30 gr, por otro lado, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 158,24 gr (tabla 5).

Tabla 7

Análisis de las variables agronómicas en el cacao bajo la aplicación de azufre

Descripción	T1	T2	T3	T4
	(Sin aplicación)	(60 kg/ha de S)	(90 kg/ha de S)	(120 kg/ha de S)
Número de mazorcas	22.29 a	45.17 b	27.85 a	21.21 a
Número de mazorcas cosechadas	3.00 a	3.39 a	3.30 a	3.21 a
Número de mazorcas descartes	1.33 a	1.86 a	1.4 a	1.00 a
Número de mazorcas sanas	19.17 a	42.08 b	24.79 a	19.19 a
Número de mazorcas enfermas	2.56 a	2.56 a	2.68 a	2.08 a
Número de chereles sanos	77.69 a	91.21 b	140.38 a	146.40 b
Número de chereles enfermos	36.90 a	41.61 a	46.26 a	47.78 a
Peso de almendro en baba (gr)	481.67 a	530.83 a	55.29 a	664.8 a
Peso de almendro seco (gr)	238.71 a	266.61 a	374.90 a	290.64 a
Peso de 100 semilla en baba (Gr)	296.71 a	329.22 a	368.80 a	309.71 a
Peso 100 semilla seco (Gr)	158.24 a	171.33 a	188.30 a	163.43 a

4.1.16. Análisis Beneficio/Costo

Realizado el análisis económico de los tratamientos estudiados se observa que el tratamiento 2 obtuvo el más alto de los rendimientos con 1444,2 libras con una relación de beneficio/costo de 1,96 y una rentabilidad del 95,88% por otro lado el tratamiento 1 fue el más bajo ya que muestra un rendimiento de 1153,6 libras, una relación beneficio/costo de 1,59 y una rentabilidad de 58,88% (tabla 6).

Tabla 8

Análisis beneficio/costo.

Tratamiento	Rendimiento ha	Ingreso bruto	Costo tratamiento	Costo variable	Costo total	B/N	B/C	Rentabilidad (%)
T1: Sin aplicación (Testigo)	1153,6	1130,51	27,61	61,06	711,06	419,44	1,59	58,99
T2: 60 kg/ha de S	1444,2	1415,27	30,63	72,51	722,51	692,76	1,96	95,88
T3: 90 kg/ha de S	1337,7	1310,94	29,72	68,51	718,51	592,43	1,82	82,45
T4: 120 kg/ha de S	1295,8	1269,90	29,51	67,09	717,09	552,81	1,77	77,09

Nota: El precio de venta al momento del ensayo fue de \$0,98/lb.

4.2. Discusión

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de estudiar los efectos de la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*T. cacao*) variedad CCN-51 en la provincia de Los Ríos, cantón Mocache, Finca Experimental “La María”, para lo cual se evaluaron diferentes variables agronómicas tales como número de mazorcas, número de chereles, mazorcas sanas y enfermas entre otras, así también se evaluó la severidad de patógenos como *M. royeri* y *Phytophthora* sp con la ayuda de una escala visual y el programa Leaf Doctor, este último facilita la obtención de datos referentes a la severidad del ataque de plagas en plantaciones de cacao, presentando una alta definición y precisión a la hora de evaluar el ataque de monilla y mazorca negra.

Para el análisis de severidad de la enfermedad *M. royeri*, la correlación obtenida de la escala de evaluación visual y el programa Leaf Doctor mostró que esta es positiva ya que los promedios no se alejan debido a que mantienen una relación lineal, así también el factor de Pearson o factor R fue de 0,92; para la correlación respecto a *Phytophthora* sp el factor R fue de 0,92, estos concuerda con investigación titulada Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51 realizada por Beltrán (52) en la cual dice que tras el análisis de sus datos encontró una correlación positiva, para *M. royeri* el factor R o factor de Pearson el cual fue de 0.92 mientras que para *Phytophthora* sp el factor R fue de 0,93. Hernández y Sandoval (53) en su investigación sobre una escala diagramática de severidad para el complejo mancha de asfalto del maíz, pudo apreciar que la exactitud en la determinación de la severidad de la mancha de asfalto en maíz, al utilizarse una escala visual es propensa a errores; las hojas con severidades similares pero con un número diferente de lesiones generan una tendencia a sobreestimar la enfermedad, principalmente cuando el número de lesiones es muy alto y su tamaño pequeño Fuentes (54). En base a esto es muy importante el uso de las herramientas tecnológicas que nos ayuden a precisar las medias de evaluación.

Respecto al uso del azufre en la incidencia de la enfermedad *Moniliophthora royeri* el análisis visual el tratamiento 2 alcanzo el promedio más alto con 66,71%, seguido por el tratamiento 4 con 64,09, la media más baja la obtuvo el tratamiento 1 con 57,50%, para el análisis con el programa Leaf Doctor el tratamiento 4 obtuvo el más alto promedio de severidad con 65,22%, el menor promedio de incidencia de la enfermedad lo obtuvo el tratamiento 3 con 52,29%; para el análisis de *Phytophthora* sp el tratamiento 4 alcanzo el mayor de los promedios con 72,69 %, la media más baja la obtuvo el tratamiento 2 con 61,075, por otro lado, el análisis realizado con el programa Leaf Doctor muestra al tratamiento 4 con el más alto promedio de severidad con 68,55%, y el tratamiento 2 alcanzo la media más baja de los con 55,85 %, por lado Godoy (49) determinó que aplicando Azufre se disminuyó la incidencia y severidad de enfermedades asociadas a dos cultivares de arroz; la mayor eficacia del producto se registró utilizando Defend en dosis de 1,5 L/ha; las características agronómicas como altura de planta, macollos y panículas/m², porcentaje de

granos llenos y vanos y peso de 1000 granos se registró aplicando Defend en diferentes dosis. Los compuestos de azufre afectan la incidencia de la enfermedad y la gravedad directamente como biocidas, estos compuestos incluyen azufre elemental, sulfuros (CS_2 , H_2S , K_2S , P_2S_5 , SO_2), tiosulfato y sales de xantato. el disulfuro de potasio, P_2S_5 , xantatos y tiosulfato se han utilizado como inhibidores de la nitrificación y para controlar la sarna común y la marchitez por *verticillium* de la papa (42)

Las variables agronómicas fueron variadas, en el número de mazorcas el tratamiento 2, presentó el mayor promedio de mazorcas con 45 unidades, el tratamiento 4 alcanzó el promedio más bajo de todos con 21 mazorcas, para el número de mazorcas cosechadas todos los tratamientos obtuvieron una media de 3 mazorcas, el número de mazorcas de descartes el tratamiento 2 alcanzó el promedio más alto con 2 unidades, los demás tratamientos obtuvieron una media 1 unidad respectivamente, para el número de mazorcas sanas el tratamiento 2 obtuvo el promedio más alto con 42 unidades, la media más baja la alcanzaron los tratamientos 1 y 4 con 19 mazorcas, en el número de mazorcas enfermas los tratamientos 1, 2, y 3 obtuvieron un promedio igual de 3 unidades, el tratamiento 4 alcanzó la media de 2 unidades siendo la media más baja, en el número de chereles sanos el tratamiento 4 alcanzó el promedio más alto con 146 unidades mientras que el tratamiento 1 obtuvo la media más baja con 78 unidades así también el número de chereles enfermos el mayor promedio fue obtenido por el tratamiento 4 con 48 unidades, el tratamiento 1 obtuvo la media más baja con 37 unidades, respecto al peso de almendro en baba el promedio más alto fue obtenido por el tratamiento 4 con 664,8 gr mientras que la media más baja fue la del tratamiento 3 con 55,29 gr, en el peso de almendro seco el promedio más alto fue alcanzado por el tratamiento 3 con 374,90 gr, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 238,71 gr, en el peso de 100 semillas en baba el promedio más alto fue alcanzado por el tratamiento 3 con 368,80 gr, por otro lado, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 296,71 gr por otro lado en el peso de 100 semilla seco el promedio más alto fue obtenido por el tratamiento 3 con 188,30 gr, la media más baja fue la del tratamiento 1 con 158,24 gr, estos datos difieren de Montes (57) en la investigación efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo, dice que el mayor número de mazorcas se encontró en el tratamiento DAP+Sulfato de amonio 30+40 kg/ha con 97.66 mazorcas, siendo estadísticamente igual a Sulfato de amoni 40 kg/ha (93,66 mazorcas) y superior al resto de tratamientos. El menor promedio estuvo en los tratamientos

DAP 30 kg/ha (64,66 mazorcas) y DAP+Sulfato de amonio 60+60 kg/ha (68.33 mazorcas), encontró mayor índice de mazorcas empleando Sulfato de amonio 60 kg/ha y DAP+ Sulfato de amonio 60+40 kg/ha (25,16 y 24,66 mazorcas, respectivamente). El menor promedio estuvo en el Sulfato de Amonio 40 kg/ha, obtuvo el mayor peso estuvo en los tratamientos DAP+ Sulfato de amonio 30+40 kg/ha y DAP+ Sulfato de amonio 30+60 kg/ha (177,16 y 177,83g, respectivamente), siendo iguales y estadísticamente superiores a los demás tratamientos. El menor promedio estuvo en los tratamientos Sulfato de Amonio 40 kg/ha y DAP+ Sulfato de amonio 30+60 kg/ha (140,2 g. de acuerdo a Vélez (60) en la investigación respecto a la aplicación de azufre en el manejo fitosanitario y productivo del cultivo de cacao (*T. cacao*) variedad CCN-51 presentó diferencias estadísticas en comparación con el tratamiento T1 (Testigo), especialmente el tratamiento T2 (60 Kg/ha de S) que evidenció el mayor número promedio de mazorcas con 45,17 mazorcas, coincide con el estudio, “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”, en el cual se pudo evidenciar una diferencia significativa 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).

En el análisis de rendimiento y la relación beneficio costo el tratamiento 2 obtuvo el más alto de los rendimientos con 1444,2 libras así también alcanzo una relación de beneficio/costo de 1,96 y una rentabilidad del 95,88% por otro lado el tratamiento 1 fue el más bajo ya que obtuvo un rendimiento de 1153,6 libras, una relación beneficio/costo de 1,59 y una rentabilidad de 58,88%, de acuerdo a la investigación realizada por Montes (46) determina que las aplicaciones de fósforo y azufre influyen, un mayor rendimiento de grano en el cultivo con mayor rendimiento usando DAP+ Sulfato de amonio 30+40 kg/ha (1539 kg/ha), además que previene la aparición de enfermedades características del cacao, por otro lado la investigación de Vélez (47), cuyo objetivo fue la evaluación de la respuesta del cultivo de cacao CCN-51 creciendo a plena exposición solar frente 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. Así también, Godoy (49) en su investigación determinó que aplicando Azufre al cultivo de arroz se obtiene el mayor rendimiento y beneficio neto puesto que esto se registró con el uso de un agroquímico a base de azufre denominado Defend en dosis de 1,5 L/ha con 5101,0 kg/ha y \$ 300,24 de ganancia neta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que la incorporación de azufre a distintas dosis no presenta diferencias significativas en la incidencia de *M. royeri*, y *Phytophthora* sp.

- En el estudio se determinó que el tratamiento 2 (60 kg/ha de S) ofrece una mayor respuesta productiva a diferencia de los demás tratamientos evaluados tratamientos, con 2.45 Kg en un área de 114.75 m².

- El análisis económico mostró que el tratamiento 2 (60 kg/ha de S) es el tratamiento con mejor Relación Beneficio/Costo (1.96).

5.2.Recomendaciones

- Evaluar los efectos de la aplicación de azufre en la incidencia de *M. roleri*, *Phytophthora* sp. y *M. perniciosa* en la época lluviosa.

- Incorporar la aplicación Leaf Doctor para la evaluación de severidad de *M. roleri*, *Phytophthora* sp. en las mazorcas.

- Realizar la incorporación de azufre en dosis de 60 Kg/ha de manera fraccionada durante la fertilización de forma edáfica y épocas de mayor humedad.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Jumbo Tejena JB. Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Quinsaloma. [Quevedo]: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo; 2019.
2. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. 2020 may.
3. Morán Ortiz ME, Molina Barbotó VA, Pazmiño Pérez Á. Influencia del boro en la floración y rendimiento del cacao variedad CCN-51 en la zona de Mata de Cacao. Rev FADMI Adm y Tecnol. diciembre de 2017;1(1):36-49.
4. Paspuel Huera ME. Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua [Tesis]. [Quito, Ecuador]: Universidad Central Del Ecuador; 2018.
5. Rodríguez Córdova PI. Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda San José, cantón Babahoyo [Tesis]. [Babahoyo, Ecuador]: Universidad Tecnica de Babahoyo; 2019.
6. Chen López J. Rol del azufre en el cultivo de plantas [Internet]. PRO-MIX. 2021. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-azufre-en-el-cultivo-de-plantas/>
7. El azufre y su importancia en el crecimiento vegetal [Internet]. [citado 28 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/azufre-agricultura>
8. Luzuriaga Peña DL. Extracción y aprovechamiento del mucilago de Cacao (*Theobroma cacao*) como materia prima en la elaboración de vino. [Quito]: Universidad Tecnológica Equinoccial; 2012.
9. Guerrero G. El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV | Revista Líderes. Líderes. 2013;
10. Plaza MA, Rodríguez J. Industria de Cacao. Esc Super Politécnica del Litoral. 2016;1:1-42.
11. Sánchez MC, Jaramillo EE, Ramírez IE. Enfermedades del cacao. Primera ed. UTMACH, editor. Machala Pasaje; 2015.

12. López BE. Evaluación agronómica de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo CCN-51 en la zona de Balao, provincia del Guayas. [Tesis]. [Guayaquil, Guayas, Ecuador]: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2016.
13. Crespo del Campo E, Crespo Andía F. Cultivo y beneficio del cacao CCN51. Quito: Editorial El Conejo; 1997.
14. Hipo Hipo MR. Aplicación de mucilago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas [Tesis]. [Ambato, Tungurahua, Ecuador]: Universidad Técnica de Ambato; 2017.
15. Alvarez JD, Mendoza LF. Evaluación de la cosecha inicial de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en asociación con Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* F.) y Teca (*Tectona grandis* L.). [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013.
16. Dostert N, Roque J, Cano A, La Torre MI, Weigend M, Luebert F. Hoja botánica: Cacao. *Theobroma cacao* L. Peru Divers. junio de 2012;
17. Carrión Santos J. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí [Tesis]. [Quito, Ecuador]: Universidad San Francisco de Quito; 2012.
18. Egas Yerovi JJ. Efecto de la inoculación con *Azotobacter* sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao*), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. [Quito]: Escuela Politécnica Nacional; 2010.
19. Quiroz J. Prácticas de manejo integral para control de enfermedades en cacao. Esmeraldas; 2016 mar.
20. Enríquez G. Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Quito; 2010.
21. Jaimes Suárez Y, Aranzazu Hernández F. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). 2018;
22. Albuquerque P, Bastos C, Luz E, Silva S. Doenças do cacauzeiro (*Theobroma cacao*). Man Fitopatol, 4ta ed Livrocere, Piracicaba, Bras. 2005;151-63.
23. Johnson J, Bonilla J, Agüero L. Manual de manejo y producción del cacaotero. Leon,

- Nicaragua: Infocafes; 2008.
24. Evans H. Cacao Diseases—The Trilogy Revisited. *Phytopathology*® [Internet]. diciembre de 2007;97(12):1640-3. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-97-12-1640>
 25. Álvarez JC, Martínez SC, Coy J. Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta agronómica*. 2014;63(4):388-99.
 26. Rivera de la Cruz J, Villegas de Gante A, Miranda Romero LA, García Cué JL. Identificación de bacterias acidolácticas antagónicas de *Salmonella enterica* var. *Typhimurium* aisladas de queso artesanal. *Rev Mex ciencias agrícolas*. 2017;8(4):785-97.
 27. Kudjordjie EN. *Phytophthora megakarya* and *P. palmivora* on *Theobroma cacao*: Aspects of virulence and the effects of temperature on growth and resistance to fungicides. 2015;
 28. Molina S, Pérez-Martínez S, Demey JR, Isturiz Zapata MA, Sosa D, Pérez-Martínez S, et al. Diversidad genética de *Phytophthora* spp. en plantaciones venezolanas de cacao mediante marcadores ISSR. *Rev Protección Veg*. 2016;31(1):1-8.
 29. Mycobank. *Phytophthora palmivora* var. *theobromae* [Internet]. 2004 [citado 28 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&Rec=233286&Fields=All>
 30. Walker CA, West PVAN. Zoospore development in the oomycetes. 2007;21:10-8.
 31. Fry W, Grünwald NJ. Introducción a los Oomicetes Características morfológicas de los oomicetes. *Trans Alberto J Val*. 2010;
 32. Muñoz M. B. Rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR) en el biocontrol del nematodo *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
 33. Torres Gutiérrez LA. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca; 2012.

34. Tirado PA, Lopera Álvarez A, Ríos Osorio LA. Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: Revisión sistemática. *Corpoica Cienc y Tecnol Agropecu.* 2016;17(3):417-30.
35. Pérez L. *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Rev Protección Veg.* 2018;33(1):00-00.
36. CABI. *Crop Protection Compendium. Global module. 7nd Editio.* United Kingdom: CAB International; 2016.
37. SENASICA. Escoba de bruja del cacao *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y Phillips-Mora. Ciudad de México: Dirección General de Sanidad Vegetal- Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria.; 2013. 1-20 p.
38. Paredes M. *Manual de cultivo del cacao.* Ministerio de Agricultura. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego; 2003.
39. González H, Sadeghian S, Mejía B. El azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé); 2013.
40. Ventimiglia L, Carta H, Rillo S. *Azufre: Un caballo sin domar.* INTA; 2004.
41. Navarro G. *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.* Segunda. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros; 2003.
42. Montenegro Rojas H. El azufre y su influencia en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en Zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini [Tesis]. [Lima, Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018.
43. Williams JS, Cooper RM. The oldest fungicide and newest phytoalexin—a reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur. *Plant Pathol.* 2004;53(3):263-79.
44. Rausch T, Wachter A. Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations. *Trends Plant Sci.* 2005;10(10):503-9.
45. Ramos YC, González AJT, de los Baños A. Importancia del azufre en la agricultura. *Cuba Tab.* 2015;16(1):78-85.
46. Montes M. Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una

- plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo [Tesis]. [Babahoyo, Los Ríos, Ecuador]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2016.
47. Vélez J. 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. [Tesis]. [Quevedo, Los Ríos, Ecuador]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018.
 48. Álvarez J. Alternativa de control de la oidiosis en Arándano (*Vaccinium corymbosum*) orgánico en Piura [Tesis]. [Piura, Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2021.
 49. Godoy J. Aplicación del Azufre 800 para el control de enfermedades asociadas a dos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo [Tesis]. [Babahoyo, Los Ríos, Ecuador]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2019.
 50. Kranz J, Rotem J. Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. En: Measuring plant disease. Springer Berlin Heidelberg; 1988. p. 35-50.
 51. Pethybridge SJ, Nelson SC. Leaf doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity. *Plant Dis.* octubre de 2015;99(10):1310-6.
 52. Beltrán Muñoz LE. “Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51”. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2021.
 53. Hernandez Ramos L, Sandoval Islas JS. Escala Diagramática de Severidad para el Complejo Mancha de Asfalto del Maíz. *Rev Mex Fitopatol.* 2015;33(10):95-103.
 54. Fuentes Á. Evaluación de la severidad de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en maíz (*Zea mays*) bajo el efecto del azufre. [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2021.
 55. Cedeño L, Vera C. Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del Cacao Nacional
 56. Bloem E, Haneklaus S, Salac I, Wickenhäuser P, Schnug E. Facts and fiction about sulfur metabolism in relation to plant-pathogen interactions. *Plant Biol.* 2007;9(05):596-607.

57. Montes MM. Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo.
58. Vélez Ruiz JN. Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A: Sitio de realización de ensayo investigativo



Anexo B: Evaluación de variables agronómicas y fitosanitarias.



Anexo C: Fertilizantes utilizados en el ensayo.



Anexo D: Aplicación de tratamientos



Anexo E: Toma de datos en mazorca.



Anexo F: Evaluación del rendimiento del cultivo.



Anexo G. Análisis foliar

	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 FOLIARES

DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : S/N Provincia : Los Rios Cantón : Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo : CACAO N° de Reporte : 8217 Fecha de Muestreo: 05/04/2021 Fecha de Ingreso : 13/04/2021 Fecha de Salida : 21/04/2021
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)								(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na	
75752			2,3 A	0,18 A	1,30 D	1,74 E	0,42 A	0,14 D		41 A	6 D	148 A	225 A	69 E			
75753			2,2 A	0,17 A	1,12 D	1,98 E	0,60 A	0,10 D		35 A	6 D	148 A	207 A	63 E			
75754			3,1 E	0,16 A	1,14 D	1,83 E	0,55 A	0,15 D		33 A	6 D	151 A	167 A	70 E			
75755			3,1 E	0,17 A	0,77 D	1,96 E	0,61 A	0,11 D		29 A	6 D	147 A	266 A	75 E			



INTERPRETACION
 D = Deficiente
 A = Adecuado
 E = Excesivo


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo H Análisis de suelo



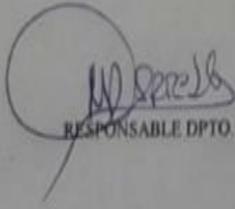
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléfonos: 783044 783128 Ext. 201

	Telef: 0999999999	Reporte N°
	Cultivo: Cacao	Fecha de muestreo:
	Buena Fé	Fecha de ingreso:
Parroquia	Cantón	Provincia
		Fecha salida resultados:

RESULTADO DE ANÁLISIS ESPECIAL DE CADMIO EN HOJAS DE CACAO

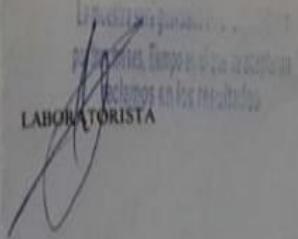
Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Cadmio
		mg kg ⁻¹
505	Tratamiento 1	1.16
506	Tratamiento 2	2.03
507	Tratamiento 3	1.56
508	Tratamiento 4	1.94

Método de extracción: Acido nítrico-perclórico (HNO ₃ -HClO ₄) relación 4:2
Instrumento de análisis: EAA-HGA (Espectrómetro de absorción atómica acoplado a Horno de Grafito)
Límite de detección: 1.53 ug kg ⁻¹ Cd
Límite de cuantificación: 8.70 ug kg ⁻¹ Cd



RESPONSABLE DPTO.





LABORATORISTA

Anexo I. Adeva de Infostat

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17600.44	3	5866.81	11.71	<0.0001
Tratamiento	17600.44	3	5866.81	11.71	<0.0001
Error	94204.88	188	501.09		
Total	111805.31	191			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.75850

Error: 501.0898 gl: 188

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4	21.31	48	3.23	A
1	22.29	48	3.23	A
3	27.85	48	3.23	A
2	45.17	48	3.23	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16937.31	3	5645.77	11.95	<0.0001
Tratamiento	16937.31	3	5645.77	11.95	<0.0001
Error	88801.56	188	472.35		
Total	105738.87	191			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.41631

Error: 472.3487 gl: 188

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	19.17	48	3.14	A
4	19.19	48	3.14	A
3	24.79	48	3.14	A
2	42.08	48	3.14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.53	3	1.84	0.40	0.7503
Tratamiento	5.53	3	1.84	0.40	0.7503
Error	524.20	115	4.56		
Total	529.73	118			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.45344

Error: 4.5583 gl: 115

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4	2.08	25	0.43	A
1	2.56	34	0.37	A
2	2.56	32	0.38	A
3	2.68	28	0.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.78	3	0.59	0.77	0.5282
Tratamiento	1.78	3	0.59	0.77	0.5282
Error	10.72	14	0.77		
Total	12.50	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.80732

Error: 0.7660 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4	1.00	3	0.51	A
1	1.33	3	0.51	A
3	1.40	5	0.39	A
2	1.86	7	0.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	171991.71	3	57330.57	12.53	<0.0001
Tratamiento	171991.71	3	57330.57	12.53	<0.0001
Error	860028.96	188	4574.62		
Total	1032020.67	191			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=35.52809

Error: 4574.6221 gl: 188

Tratamiento Medias n E.E.

1	77.69	48	9.76	A
3	91.21	48	9.76	A
4	140.38	48	9.76	B
2	146.40	48	9.76	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2917.24	3	972.41	0.06	0.9801
Tratamiento	2917.24	3	972.41	0.06	0.9801
Error	2490075.75	157	15860.36		
Total	2492992.99	160			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=72.49587

Error: 15860.3551 gl: 157

Tratamiento Medias n E.E.

1	36.90	41	19.67	A
2	41.61	44	18.99	A
4	46.26	35	21.29	A
3	47.78	41	19.67	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.66	3	0.55	0.14	0.9352
Tratamiento	1.66	3	0.55	0.14	0.9352
Error	270.83	69	3.93		
Total	272.49	72			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.74796

Error: 3.9251 gl: 69

Tratamiento Medias n E.E.

1	3.00	21	0.43	A
4	3.21	14	0.53	A
3	3.30	20	0.44	A
2	3.39	18	0.47	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	363021.12	3	121007.04	0.86	0.4675
Tratamiento	363021.12	3	121007.04	0.86	0.4675
Error	9739396.82	69	141150.68		
Total	10102417.95	72			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=331.47147

Error: 141150.6786 gl: 69

Tratamiento Medias n E.E.

1	481.67	21	81.98	A
2	530.83	18	88.55	A
4	555.29	14	100.41	A
3	664.60	20	84.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	208649.05	3	69549.68	1.47	0.2308
Tratamiento	208649.05	3	69549.68	1.47	0.2308
Error	3268763.58	69	47373.39		
Total	3477412.63	72			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=192.03124

Error: 47373.3852 gl: 69

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	238.71	21	47.50 A
2	266.61	18	51.30 A
4	290.64	14	58.17 A
3	374.90	20	48.67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58478.49	3	19492.83	1.39	0.2523
Tratamiento	58478.49	3	19492.83	1.39	0.2523
Error	965605.45	69	13994.28		
Total	1024083.95	72			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=104.37103

Error: 13994.2819 gl: 69

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	296.71	21	25.81 A
4	309.71	14	31.62 A
2	329.22	18	27.88 A
3	368.80	20	26.45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10203.93	3	3401.31	0.63	0.5972
Tratamiento	10203.93	3	3401.31	0.63	0.5972
Error	371707.44	69	5387.06		
Total	381911.37	72			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=64.75611

Error: 5387.0643 gl: 69

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	158.24	21	16.02 A
4	163.43	14	19.62 A
2	171.33	18	17.30 A
3	188.30	20	16.41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	969.29	3	323.10	0.93	0.4342
Tratamiento	969.29	3	323.10	0.93	0.4342
Error	18118.55	52	348.43		
Total	19087.84	55			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.50351

Error: 348.4337 gl: 52

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	57.50	10	5.90 A
3	57.71	14	4.99 A
4	64.09	11	5.63 A
2	66.71	21	4.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2028.20	3	676.07	1.58	0.2056
Tratamiento	2028.20	3	676.07	1.58	0.2056
Error	22265.56	52	428.18		
Total	24293.76	55			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.62060

Error: 428.1839 gl: 52

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3	52.29	14	5.53 A
1	53.61	10	6.54 A
2	64.83	21	4.52 A
4	65.22	11	6.24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2394.64	3	798.21	1.18	0.3212
Tratamiento	2394.64	3	798.21	1.18	0.3212
Error	92280.18	136	678.53		
Total	94674.82	139			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.27310

Error: 678.5307 gl: 136

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	61.07	42	4.02 A
3	64.86	35	4.40 A
1	68.11	37	4.28 A
4	72.69	26	5.11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2844.03	3	948.01	1.16	0.3289
Tratamiento	2844.03	3	948.01	1.16	0.3289
Error	111494.40	136	819.81		
Total	114338.43	139			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.88722

Error: 819.8118 gl: 136

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	55.85	42	4.42 A
3	59.45	35	4.84 A
1	63.10	37	4.71 A
4	68.55	26	5.62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)