



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA (REDISEÑO)

Proyecto de investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

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

Autor:

Luis Emilio Beltrán Muñoz

Director del Proyecto de Investigación:

Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

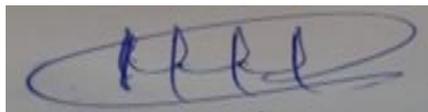
2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **LUIS EMILIO BELTRÁN MUÑOZ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

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

Atentamente;



LUIS EMILIO BELTRAN MIUÑOZ
AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **FAVIO EDUARDO HERRERA EGUEZ**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **LUIS EMILIO BELTRÁN MUÑOZ**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario 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.

Atentamente;

**FAVIO
EDUARDO
HERRERA EGUEZ**

Digitally signed by
FAVIO EDUARDO
HERRERA EGUEZ
Date: 2021.08.05
17:02:29-05'00'

**FAVIO EDUARDO HERRERA EGUEZ, PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

El suscrito **FAVIO EDUARDO HERRERA EGUEZ**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Luis Emilio Beltrán Muñoz**, 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 5%.

URKUND	
Documento	Tesis Beltrán URKUND 04-08-2021.docx (D110992385)
Presentado	2021-08-04 14:30 (-05:00)
Presentado por	Favio (fherrerae@uteq.edu.ec)
Recibido	fherrerae.uteq@analysis.arkund.com
	5% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.

**FAVIO
EDUARDO
HERRERA EGUEZ**

Digitally signed by FAVIO
EDUARDO HERRERA
EGUEZ
Date: 2021.08.05 17:02:42
-05'00'

**FAVIO EDUARDO HERRERA EGUEZ, PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

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

Presentado a la comisión académica como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Autor:

Luis Emilio Beltrán Muñoz

Aprobado por:

Dr. Camilio Alexander Mestanza Uquillas

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. David Wellington Campi Ortiz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Fernando Simba Ochoa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios ante todo por permitirme culminar mi carrera universitaria, por mantenerme con salud y brindarme fortaleza para concluir este proyecto de investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a mi mamá Dolores Muñoz y a mi hermano Jonathan Morán porque a pesar de las dificultades que presenta la vida siempre han sabido enseñarme a salir adelante y a no rendirme. Sin su apoyo incondicional en todos los ámbitos no hubiera podido llegar a donde estoy.

A mi familia por estar siempre cuando más los necesito, especialmente a mis abuelitos y tíos quien amo con todo mi corazón.

Gracias, a mi asesor de tesis el Dr. Favio Herrera Eguez, por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos.

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por abrirme sus puertas y brindarme las enseñanzas durante este largo camino.

A mis compañeros de estudios que hicieron divertida esta carrera universitaria Jhon Macías, Josué Moya, Henry Cárcamo, Jean Baidal, Nicole Conforme, Jenniffer Ramírez, Erika Cevallos y en general al décimo A y B.

A una persona muy especial, Ivonne Varas la cual siempre recibí su ayuda incondicionalmente, jamás podré terminar de agradecerle tantas ayudas recibidas.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi hermano *Jonathan Morán*, por estar siempre en mi vida no sólo aportando buenas cosas, sino también por su gran apoyo. por ser parte fundamental de este gran logro, sino también por todos aquellos momentos bonitos que pasamos a lo largo de todo este proceso.

Gracias a mi mamá y abuelita por creer y confiar en mí, gracias a Dios por la vida de ellas dos, y gracias a la vida por permitirme verlas y disfrutar de este logro.

-El camino al éxito es la actitud-

Luis Emilio Beltrán Muñoz

RESUMEN

El cacao CCN-51 es uno de los cultivos con mayor rentabilidad en el Ecuador. Es necesario presentar nuevas alternativas sostenibles y sustentables en el manejo integrado de enfermedades comunes (monilla, escoba de bruja y mazorca negra) las cuales inciden en la producción. La incorporación del silicio dentro del manejo fitosanitario del cacao CCN-51 se presenta como una opción viable para el buen estado fitosanitario de la planta de cacao. El objetivo general de la presente investigación fue de evaluar el efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51. Los ensayos y evaluaciones se llevaron en una plantación de cacao CCN-51 de 15 años. Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DCBA) con los siguientes tratamientos: T1 (N-P-K), T2 (100 kg/ha de SiO₂), T3 (200 kg/ha de SiO₂) y T4 (300 kg/ha de SiO₂). Se realizaron dos aplicaciones de silicio durante el ensayo y se evaluaron distintas variables agronómicas y de rendimiento, las variables fitosanitarias como las como la severidad de monilla, escoba de bruja y mazorca negra se evaluaron mediante la aplicación de escalas visuales y el software Leaf Doctor. Al finalizar el ensayo se determinó que el silicio posee un efecto positivo en la sanidad de la mazorca de cacao CCN-51, debido a que presentó el mayor número de mazorcas sanas, siendo la aplicación de silicio a dosis de 100 kg/ha (T2) el mejor tratamiento que presentó menor incidencia de monilla, mazorca negra, pero no presenta diferencias significativas en la incidencia de escoba de bruja. El mismo tratamiento evaluado mostró una mayor respuesta productiva a diferencia de los otros tratamientos, con 2.19 Kg en las tres parcelas del T2 (100 kg/ha de SiO₂), que dan como superficie de 114.75 m² y una mejor Relación Beneficio/Costo (1.12).

Palabras claves: Cacao, Leaf Doctor, silicio.

ABSTRACT

CCN-51 cocoa is one of the most profitable crops in Ecuador. It is necessary to present new sustainable and sustainable alternatives in the integrated management of common diseases (monilla, witch's broom and black cob) which affect production. The incorporation of silicon into the phytosanitary management of cocoa CCN-51 is presented as a viable option for the good phytosanitary status of the cocoa plant. The general objective of the present investigation was to evaluate the effect of the application of silicon in the phytosanitary management of the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao*) variety CCN-51. The trials and evaluations were carried out in a 15-year-old CCN-51 cocoa plantation. A randomized complete block design (DCBA) was performed with the following treatments: T1 (NPK), T2 (100 kg / ha of SiO₂), T3 (200 kg / ha of SiO₂) and T4 (300 kg / ha of SiO₂). Two applications of silicon were made during the trial and different agronomic and performance variables were evaluated, phytosanitary variables such as the severity of monilla, witch's broom and black ear were evaluated through the application of visual scales and the Leaf Doctor software. At the end of the trial, it was determined that silicon has a positive effect on the health of the CCN-51 cocoa pod, due to the fact that it presented the highest number of healthy pods, being the application of silicon at a dose of 100 kg / ha (T2) the best treatment that presented the lowest incidence of monilla, black ear, but did not present significant differences in the incidence of witch's broom. The same treatment evaluated showed a greater productive response unlike the other treatments, with 2.19 Kg in the three plots of T2 (100 kg / ha of SiO₂), which give as an area of 114.75 m² and a better Benefit / Cost Ratio (1.12).

Keywords: cacao, Leaf Doctor, silicon.

TABLA DE CONTENIDO

Portada	
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
Tabla de contenido.....	x
Índice de tablas	xiv
Índice de figuras	xv
Índice de anexos	xvi
Código dublin	xviii
Introducción.....	1

CAPITULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.	3
1.1.3. Sistematización del problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivo específico	4
1.3. Justificación.....	5

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico	7
2.1.1. El cultivo de cacao	7
2.1.2. Cacao CCN-51	7
2.1.3. Principales enfermedades del cultivo de cacao.....	8
2.1.4. Monilla.....	8
2.1.4.1. Agente causal	8
2.1.4.2. Taxonomía.....	8
2.1.4.3. Ciclo de vida	9
2.1.4.4. Sintomatología	9
2.1.5. Mazorca negra.....	10

2.1.5.1.	Agente causal	10
2.1.5.2.	Taxonomía.....	10
2.1.5.3.	Ciclo de vida	10
2.1.5.4.	Sintomatología	11
2.1.6.	Escoba de bruja	12
2.1.6.1.	Agente causal	12
2.1.6.2.	Taxonomía.....	12
2.1.6.3.	Ciclo de vida	13
2.1.6.4.	Sintomatología	13
2.1.7.	Fertilización	14
2.1.8.	Requerimiento nutricional del cacao.....	14
2.1.9.	Silicio	15
2.1.10.	Importancia del silicio en las plantas	15
2.1.11.	Beneficios del silicio en los controles fitosanitarios	16
2.1.12.	Fuentes de silicio.....	17
2.1.13.	Leaf Doctor	17

CAPITULO III. METODOLOGIA DELAINVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la investigación.....	20
3.2.	Método de investigación.....	20
3.3.	Fuentes de recopilación de información.....	20
3.4.	Materiales	20
3.4.1.	Materiales de campo.....	20
3.4.2.	Insumos.....	21
3.4.3.	Material vegetal	21
3.4.4.	Material de oficina.....	21
3.5.	Diseño de la investigación.....	21
3.5.1.	Factores a probar	21
3.5.2.	Diseño experimental	22
3.5.3.	Esquema del análisis de varianza	22
3.5.4.	Tratamientos	22
3.5.5.	Regresiones y correlaciones	22
3.5.6.	Características de las unidades experimentales	23
3.6.	Manejo experimental.....	23
3.6.1.	Manejo fitosanitario de la plantación	23
3.6.2.	Delimitación de las parcelas	23
3.6.3.	Labores culturales	23

3.6.4.	Fertilización convencional	24
3.6.5.	Aplicación de los tratamientos.....	24
3.6.6.	Control de maleza y poda	24
3.6.7.	Evaluación de los tratamientos	24
3.7.	VARIABLES A MEDIR	25
3.7.1.	Incidencia de monilla.....	25
3.7.2.	Incidencia de mazorca negra.....	25
3.7.3.	Incidencia de Escoba de bruja.....	25
3.7.4.	Numero de chereles.....	26
3.7.5.	Porcentajes de chereles sanos	26
3.7.6.	Números de mazorcas sanas	26
3.7.7.	Porcentajes de mazorcas sanas.....	26
3.7.8.	Índice de mazorca	27
3.7.9.	Índice de semilla	27
3.7.10.	Peso de almendras en baba	27
3.7.11.	Relación Beneficio-Costo	27
3.7.12.	Índice de mazorca	28
3.7.13.	Índice de semilla	28
3.7.14.	Peso de almendras en baba	28
3.7.15.	Relación Beneficio-Costo	28

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	30
4.1.1.	Correlación Visual vs Programa <i>M. roreri</i>	30
4.1.2.	Análisis de varianza general Visual vs Programa <i>M. roreri</i>	30
4.1.3.	Correlación Visual vs Programa <i>Phytophthora</i>	31
4.1.4.	Análisis de varianza general Visual vs Programa <i>Phytophthora</i> sp.	32
4.1.5.	Análisis de varianza general de <i>M. pernicioso</i>	32
4.1.6.	VARIABLES AGRONÓMICAS DE INTERÉS EN EL CACAO BAJO LA APLICACIÓN DE SILICIO	33
4.1.6.1.	Número de mazorcas	33
4.1.6.2.	Número de mazorcas cosechadas	33
4.1.6.3.	Número de mazorcas descartes.....	33
4.1.6.4.	Número de mazorcas sanas.....	34
4.1.6.5.	Número de mazorcas enfermas.....	34
4.1.6.6.	Número de chereles sanos	34
4.1.6.7.	Número de chereles enfermos	34
4.1.6.8.	Peso de almendro en baba (g).....	34

4.1.6.9. Peso de almendro seco (g)	34
4.1.6.10 Peso de 100 semillas en baba (lb).....	34
4.1.6.11. Peso de 100 semilla seco (lb)	34
4.1.7. Análisis Beneficio/Costo.....	35
4.2. Discusión	36

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	40
5.2. Recomendaciones	41

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....	43
------------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1. Anexos	47
-------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao	14
Tabla 2: Esquema para el análisis de varianza.	22
Tabla 3: Tratamientos aprobar.	22
Tabla 4: Análisis de las variables agronómicas de interés en el cacao CCN-51 bajo la aplicación de silicio.	35
Tabla 5: Análisis Beneficio/Costo.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en <i>M roreri</i>	30
Figura 2: Comparación de la severidad de <i>M.roreri</i> usando escalas de evaluación visual el software Leaf Doctor.....	31
Figura 3: Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en <i>Phytophthora sp.</i>	31
Figura 4: Comparación de la severidad de <i>Phytophthora sp.</i> usando escalas de evaluación visual y el software Leaf Doctor.....	32
Figura 5: Comparación de la severidad <i>M. perniciosa</i>	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de tejido 2 (N-P-K-Ca-Mg-Fe-Cu) de los cuatro tratamientos, previo al inicio de la investigación.....	47
Anexo 2: Análisis de metales pesados (cadmio) de los cuatro tratamientos previo al inicio de la investigación.....	47
Anexo 3: Análisis de tejido 2 (N-P-K-Ca-Mg-Fe-Cu) de los cuatro tratamientos realizada después de la investigación.....	48
Anexo 4: Análisis de metales pesados (cadmio) de los cuatro tratamientos, después de la investigación.....	48
Anexo 5: Escala de severidad de <i>M. royeri</i> utilizada en la investigación.....	49
Anexo 6: Escala de severidad de <i>Phytophthora</i> sp. utilizada en la investigación.....	49
Anexo 7: Foto tomada con el programa Leaf Doctor marcando (azul) la severidad de la enfermedad <i>Phytophthora</i> sp.....	50
Anexo 8: Foto tomada con el programa Leaf Doctor mostrando el porcentaje de daño de la enfermedad <i>Phytophthora</i> sp.....	50
Anexo 9: Primera fertilización.....	51
Anexo 10: Realización de corona en el cultivo de cacao.....	51
Anexo 11: Cosecha de mazorcas de cacao de los cuatro tratamientos.....	52
Anexo 12: Anova del análisis visual de <i>Phytophthora</i> sp, en las mazorcas de cacao CCN-51..	52
Anexo 13: Anova del análisis del programa Leaf Doctor de <i>Phytophthora</i> sp, en las mazorcas de cacao CCN-51.....	53
Anexo 14: Coeficiente de regresión de <i>Phytophthora</i> sp.....	53
Anexo 15: Anova del análisis visual de <i>M. royeri</i> , en las mazorcas de cacao CCN-51.....	54
Anexo 16: Anova del análisis del programa Leaf Doctor de <i>M. royeri</i> , en las mazorcas de cacao CCN-51.....	54
Anexo 17: Coeficiente de regresión de <i>M. royeri</i>	55
Anexo 18: Anova de <i>M. perniciosa</i>	55
Anexo 19: Anova de las mazorcas cosechadas.....	56

Anexo 20: Anova del peso de almendro baba (Gramos).....	56
Anexo 21: Anova del peso de almendro seco (Gramos).....	57
Anexo 22: Anova del número de semilla por mazorca.....	57
Anexo 23: Anova del peso de 100 semillas en baba.....	58
Anexo 24: Anova del peso 100 semillas en seco.....	58
Anexo 25: Anova del número de mazorca.....	59
Anexo 26: Anova de las mazorcas sanas.....	59
Anexo 27: Anova de las mazorcas enfermas.....	60
Anexo 28: Anova de las mazorca descartes.....	60
Anexo 29: Anova de los chereles sanos.....	61
Anexo 30: Anova de los chereles enfermos.....	61

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) variedad CCN-51”
Autor:	Luis Emilio Beltrán Muñoz
Palabras claves:	Cacao, Leaf Doctor, silicio
Fecha de publicación:	
Editorial:	
	<p>El cacao CCN-51 es uno de los cultivos con mayor rentabilidad en el Ecuador. Es necesario presentar nuevas alternativas sostenibles y sustentables en el manejo integrado de enfermedades comunes (monilla, escoba de bruja y mazorca negra) las cuales inciden en la producción. La incorporación del silicio dentro del manejo fitosanitario del cacao CCN-51 se presenta como una opción viable para el buen estado fitosanitario de la planta de cacao. El objetivo general de la presente investigación fue de evaluar el efecto de la aplicación de silicio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) variedad CCN-51. Los ensayos y evaluaciones se llevaron en una plantación de cacao CCN-51 de 15 años. Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DCBA) con los siguientes tratamientos: T1 (N-P-K), T2 (100 kg/ha de SiO₂), T3 (200 kg/ha de SiO₂) y T4 (300 kg/ha de SiO₂). Se Realizaron dos aplicaciones de silicio durante el ensayo y se evaluaron distintas variables agronómicas y de rendimiento, las variables fitosanitarias como las como la severidad de monilla, escoba de bruja y mazorca negra se evaluaron mediante la aplicación de escalas visuales y el software Leaf Doctor. Al finalizar el ensayo se determinó que el silicio posee un efecto positivo en la sanidad de la mazorca de cacao CCN-51, debido a que presentó el mayor número de mazorcas sanas, siendo la aplicación de silicio a dosis de 100 kg/ha (T2) el mejor tratamiento que presentó menor incidencia de monilla, mazorca negra, pero no presenta diferencias significativas en la incidencia de escoba de bruja. El mismo tratamiento evaluado mostró una mayor respuesta productiva a diferencia de los otros tratamientos, con 2.19 Kg en las tres parcelas del T2 (100 kg/ha de SiO₂), que dan como superficie de 114.75 m² y una mejor Relación Beneficio/Costo (1.12).</p>
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

El cacao es una planta de zona tropical, se cultiva en el litoral y la amazonia del Ecuador, es una especie de árbol con flores pequeñas las cuales se desarrollan en las ramas y producen un fruto en forma de una mazorca el cual en su interior contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar, según (Guerrero, 2014; PROECUADOR, 2013). La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos.

En el país se cultivan dos variedades de cacao el CCN-51 y el Cacao nacional de aroma fino conocido como 'Arriba' desde la conquista española en América, de acuerdo a los datos de (Guerrero, 2014; PROECUADOR, 2013), Ecuador es uno de los países con la mayor inserción en este mercado logrando ocupar un 63% según las estadísticas de ProEcuador

El cultivo del cacao tiene gran importancia dentro de la economía del Ecuador, es un cultivo muy demandado a nivel internacional para diversos sectores industriales de acuerdo a Ruiz (2014) este producto se lo emplea de gran manera en fabricación de chocolate y sus derivados, lo cual se traduce en fuentes de trabajo para un alto porcentaje de personas del campo y la ciudad.

Las enfermedades son uno de los factores más limitantes para la producción de cacao ya que reduce la calidad y producción de la misma. De acuerdo con la Organización Internacional del Cacao, según Sánchez *et al.*, (2015) la producción de este rubro es inestable debido a ciertos factores, entre los cuales resaltan las enfermedades y los insectos plagas que ocasionan pérdidas estimadas en 30% de la producción potencial mundial del cultivo.

Es muy importante un buen control fitosanitario por lo cual, para implementar nuevas opciones para el control y prevención de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao, se debería prestar mayor énfasis en el uso de insumos que mejoren la respuesta inmune de la planta (SEPHU, 2009). Se considera importante el uso de activadores naturales como el Silicio (Si), u otros elementos que cumplan dicha función según Ruiz (2014), dice que muchas investigaciones señalan al Si como compuesto estructural de las paredes celulares, que refuerza el tejido epidérmico de hojas y raíces. Estas acumulaciones de silicio en los tejidos de las plantas actúan como una barrera física a la penetración de las hifas de los hongos y en el caso de insectos, dañan su aparato bucal.

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El mal manejo fitosanitario en el cultivo de cacao CCN-51 influye en el rendimiento del mismo siendo la presencia de plagas y enfermedades consecuencias directas del mismo.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es el efecto de la aplicación edáfica del silicio en el control de monilla, mazorca negra y escoba de bruja en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-5)?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el grado de severidad de monilla, mazorca negra y escoba de bruja bajo la aplicación de tres dosis de silicio en el cultivo de cacao CCN-51?

¿Cómo será afectado el rendimiento del cultivo de cacao tras las aplicaciones de tres dosis de silicio?

¿Cuál dosis de aplicación de silicio será la apropiada económicamente?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

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

1.2.2. Objetivo específico

- Evaluar la severidad de monilla, mazorca negra y escoba de bruja en un cultivo de cacao CCN-51 bajo la aplicación de tres dosis de silicio.
- Determinar el rendimiento del cultivo de cacao CCN-51 bajo efecto de la aplicación de tres dosis de silicio.
- Realizar un análisis beneficio/costo de la aplicación del silicio en el cultivo de cacao CCN-51.

1.3. Justificación

Considerando que el cacao CCN-51 es uno de los cultivos con mayor rentabilidad en el Ecuador, es necesario presentar nuevas alternativas sostenibles y sustentables en el manejo integrado de enfermedades y plagas, las cuales inciden en la producción. El trabajo de investigación se enfoca en la aplicación de silicio en un cultivo de cacao y su efecto en el rendimiento.

La enfermedad de la monilla o mal de Quevedo causada por el hongo *Moniliophthora roreri* es la principal enfermedad que ataca a este cultivo en especial a este clon, siendo su mayor incidencia de afectación a las mazorcas que son el producto comercial, otras enfermedades son la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) y la escoba de bruja (*M. pernicioso*). La incorporación del silicio dentro del manejo fitosanitario del cacao CCN-51 se presenta como una opción viable para el buen estado fitosanitario de la planta de cacao debido a sus funciones dentro de las paredes celulares de las plantas.

Con el fin de incrementar la producción de este cultivo, se requiere mejorar las prácticas de fertilización, adicionando activadores naturales y elementos esenciales como el silicio.

De acuerdo a lo manifestado anteriormente, investigaciones locales del uso del silicio para el cultivo de cacao se hacen necesarias como búsqueda de alternativas de bajo costo que favorezcan al productor y le aseguren mejores rendimientos y mejor estado fitosanitario en las plantaciones de cacao CCN-51 del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

CAPITULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. El cultivo de cacao

El cacao es una fruta tropical, sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Es un árbol con flores pequeñas que se observan en las ramas y producen una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (Guerrero, 2014; PROECUADOR, 2013).

En el país se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional. Es un Cacao Fino de aroma conocido como 'Arriba', desde la época colonial. Ecuador es el país con la mayor participación en este segmento del mercado mundial (un 63% de acuerdo con las estadísticas de ProEcuador) (Guerrero, 2014; PROECUADOR, 2013).

2.1.2. Cacao CCN-51

Después de mucho tiempo investigando con mucho esfuerzo por encontrar un cacao de alta producción y resistente a la enfermedad escoba de bruja, Zurita (1960), desarrolla el cultivo de cacao CCN-51 (Colección Castro Naranjal), destacándose el lote 51 de su colección clonal (Bustos, 2017).

El CCN-51 es un cacao de origen ecuatoriano clonado el 22 de junio del 2005. Este fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brinda apoyo para apoyar la productividad de este cacao, así como su comercialización y exportación. (ANECACAO, 2010).

Hay diferencias entre el cacao CCN-51 y el Nacional, desde la producción hasta la exportación. El cacao CCN-51 es usado por industrias de chocolate de consumo masivo, pero el cacao nacional es distinguido por países que buscan mayor calidad (ANECACAO, 2010).

En una plantación de cacao, esta incluye los costos de instalación: preparación del suelo, plantación de los árboles de sombra y de cacao, podas de formación, control de malezas, aplicación de fertilizantes y otros productos. Asimismo se requiere la construcción de la infraestructura que incluye caminos internos, canales de drenaje y riego, viveros, fermentadores y secadoras (ANECACAO, 2010).

2.1.3. Principales enfermedades del cultivo de cacao

2.1.4. Monilla

2.1.4.1. Agente causal

El agente que causa la Monilla es el hongo basidiomiceto *Moniliophthora roreri*. El género *Moniliophthora* ha sido determinado como teleomorfo, pertenece a la familia Marasmiaceae, sus conidias son esporas sexuales, con funciones de reproducción, diseminación y de resistencia. El micelio forma un pseudoestroma de 2 a 3mm de espesor en las lesiones de los frutos y en el medio, que se cubre por una capa densa de esporas pulverulentas de color crema. El micelio es hialino, ramificado, con septas con doliporos típicas de los basidiomicetos. Este patógeno afecta al cacao (*Theobroma cacao*), a otras especies del género *Theobroma* (*T. mammosum*, *T. gileri*, *T. bicolor*, *T. grandiflorum*) y *Herrania* (Sánchez *et al.*, 2015).

2.1.4.2. Taxonomía

Según Jaimes y Aranzazu (2010), la monilla tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio: Eucaryota

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Agaricomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Marasmiaceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *roreri*

2.1.4.3. Ciclo de vida

El hongo causante de la Moniliasis en las primeras etapas de desarrollo (menores de tres meses), los frutos son más susceptibles a la infección del hongo (*M. roleri*) y progresivamente se hacen más resistentes a medida que avanza su crecimiento (Phillips-Mora, 2006).

Empieza con sobrevivencia y resistencia del patógeno con los residuos de cosecha o mazorcas contaminadas por el hongo. Luego, las conidias se diseminan por distintos factores, tales como el viento y el agua. Las esporas se mueven de manera involuntaria al realizar las labores culturales y de cosecha, siendo estas las razones para que se den nuevas infecciones. Una vez que las conidias se colocan sobre el fruto sano, brotan cuando existe agua o mueren por exceso de luz solar. Al gestarse se pueden penetrar directamente a la cáscara del fruto (Phillips-Mora, 2006).

La infección continúa a los tejidos centrales, incluyendo las semillas, e inicia el desarrollo de la necrosis desde la parte interna hacia la epidermis. Externamente, aparece como puntos aceitosos muy pequeños y circulares, los cuales se convierten en lesiones o manchas irregulares de color amarillo y marrón. El proceso desde la infección a la aparición de mancha tiene una duración aproximada de 60 ± 10 días. Entre 3 y 4 días, se desarrolla el micelio blanco sobre las lesiones y luego aparecen las esporas, las cuales confieren un color crema a marrón (Jaimes y Aranzazu, 2010).

2.1.4.4. Sintomatología

Los síntomas se presentan en el fruto dependiendo de las condiciones climáticas. Se detecta el síntoma cuando aparece una mancha marrón también conocida como “mancha de chocolate” sobre el fruto (Bustos, 2017; Jaimes & Aranzazu, 2010; Phillips-Mora, 2006). Cuando es muy joven el fruto (menos de un mes), se forman unas protuberancias cloróticas, con algo de deformación; antes de tener la mitad de su tamaño normal el fruto le da necrosis. Las almendras son una masa suave y acuosa. (Sánchez *et al.*, 2015).

Los frutos se contagian después de los 3 meses. Pueden persistir asintomáticos o mostrar heridas limitadas, hundidas, rodeadas por zonas de maduración precoz. Luego, aparece una necrosis color marrón rojiza, que es cuando los tejidos internos ya que muestran necrosis (Sánchez *et al.*, 2015).

2.1.5. Mazorca negra

2.1.5.1. Agente causal

Es una enfermedad causada por el hongo *Phytophthora* sp., el cual provoca daños importantes a nivel de frutos (además en distintas partes de la planta), particularmente en los cercanos a la madurez (Phillips-Mora y Cerda, 2009).

De acuerdo al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2012), en la plantación de cacao se han obtenido siete especies patógenas: *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, *P. nicotianae* var. *Parasitica*, *P. megasperma* y *P. arecae*.

2.1.5.2. Taxonomía

De acuerdo a MycoBank (2004), la clasificación taxonómica de la mazorca negra es la siguiente:

Dominio: Eucaryota

Reino: Chromista

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Phytophthora

Género: *Phytophthora*

Especie: *Palmivora*

2.1.5.3. Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Phytophthora* sp., dependen mucho de las condiciones ambientales que comprende tanto del estado asexual como el sexual. El ciclo se inicia de manera vegetativa cuando el esporangio nace, y éste se encuentra en las condiciones óptimas de humedad y

temperaturas (15°- 38° C), para luego liberar las zoosporas. Las zoosporas son estructuras (esporas) móviles, de vida corta y poseen dos flagelos, cumple dos papeles fundamentales: transmitir el patógeno de un hospedero a otro y orientar el patógeno hacia el sitio de infección u hospedero (Jaimes y Aranzazu, 2010).

La enfermedad se desarrolla rápido cuando hay más temporadas de frío. Una vez infectado el fruto, los síntomas se observan a los cinco días, a manera de puntos café oscuro en cualquier parte de la mazorca. Después de algunos días la mancha café o marrón cubre todo el fruto y empieza a formar los micelios blancos, que, a partir de varios días de su colonización y maduración, pueden producir más esporas e infectar nuevos frutos (Phillips-Mora y Cerda, 2009).

Phytophthora sp. atraviesa por diferentes fases durante el ciclo de la enfermedad, incluyendo la formación de micelio, de esporangios, zoosporas y clamidosporas. El inóculo primario (en distintas partes de la planta), forma esporangios que germinan durante condiciones húmedas para establecer la infección, la resistencia del patógeno resiste y pertenece en el suelo a manera de clamidosporas. Estas pueden estar o permanecer por nueve meses en el caso de *P. palmivora* y 18 meses en *P. megakarya*. (Sánchez *et al.*, 2015).

2.1.5.4. Sintomatología

La enfermedad se determina mediante características y síntomas como en la mazorca el color marrón-chocolate, pasando los días, ese color se extiende y cubre totalmente todos los frutos. El patógeno invade el tejido interno ocasionando la decoloración y pudrición de las almendras, las cuales permanecen sin daño varios días hasta que finalmente se pudren (Jaimes y Aranzazu, 2010; Phillips-Mora y Cerda, 2009; Sánchez *et al.*, 2015).

La infección también se da desde que están en plántulas por medio de las hojas jóvenes y el tallo se tipo quemazón. Además, *P. palmivora* y *P. megakarya* infectan el tallo, cojines florales y los chupones, produciendo la formación de chancros ya que algunas veces quedan escondidos en la corteza. (Sánchez *et al.*, 2015).

Phytophthora sp., causa cánceres en los troncos de las plantas afectadas, y se desarrolla en un área necrótica color marrón en la corteza, alrededor del tronco y cuando el hongo le da la vuelta al tronco, causa la muerte total del cultivo. (ICA, 2012; Jaimes y Aranzazu, 2010).

En la raíz se presenta un necrosamiento, que da la apariencia de una mancha de color marrón.

Al invadir el perímetro radical, la raíz se seca afectando los vasos comunicantes, los cuales dejan de absorber nutrientes y agua, causando la muerte del árbol (ICA, 2012).

2.1.6. Escoba de bruja

2.1.6.1. Agente causal

Es causada por un hongo Basidiomycete conocido como *Moniliophthora perniciosa*. Esta enfermedad se da en diferentes partes del cultivo como por ejemplo brotes, cojines florales mazorcas o granos (Pico *et al.*, 2012).

Este patógeno presenta un micelio morfológicamente variable y dependiente. Las esporas sexuales o basidiosporas son de color blancas, se forman sobre basidios en laminillas no separables y tienen poca vida. Al secarse las escobas se inicia la fase saprofítica, formando hifas más delgadas. Los basidiocarpos y esporas se forman al alternarse períodos secos y húmedos, además, se forman estructuras denominadas clamidosporas (Jaimes y Aranzazu, 2010).

2.1.6.2. Taxonomía

Jaimes y Aranzazu (2010), señalan que la escoba de bruja tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio: Eucaryota

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Agaricomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *perniciosa*

2.1.6.3. Ciclo de vida

La Secretaría Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2013) manifiesta que la infección del desarrollo ocurre cuando el tejido está activo. Existiendo dos fases que caracterizan a *M. pernicioso*. La primera ataca a los tejidos jóvenes produciendo hipertrofia e hiperplasia, y vive obligado como un parasito en forma intracelular. La segunda, cuando el tejido muere, el hongo cambia sus hábitos y crece como un saprófito. En los frutos, el tiempo de incubación del hongo dura seis semanas aproximadamente. A partir de su aparición, la corteza y la médula de la mazorca empieza a crecer, debido al desequilibrio hormonal.

Los tejidos con el síntoma de escoba de bruja, aparecen a causa de la pérdida de dominancia apical, formando brotes axilares que le dan ese aspecto tan conocido. Estos permanecen de color verde cuando aparecen los tejidos infectados, pero solo se da en un periodo corto para después secarse totalmente tomando un color marrón. Cuando el tejido muere el micelio se fragmenta formando clamidosporas, después de cuatro semanas de incubación se forman basidiocarpos (Sánchez *et al.*, 2015; SENASICA, 2013).

2.1.6.4. Sintomatología

M. pernicioso causa en la planta diferentes síntomas, los cuales dependen de la parte afectada y el estado de desarrollo de esta (ICA, 2012; Jaimes y Aranzazu, 2010; SENASICA, 2013). Los síntomas son más notorios en el cultivo donde se desarrollan como en ramas, cojines florales y frutos. Se desarrollan primero de manera excesiva y vigorosa, las escobas de ramas formando entrenudos. Cuando esta enfermedad ataca a los cojines florales no nacen mazorcas sin brotes vegetativos. Este patógeno sobrevive en la época seca en las escobas y frutos que tengan adheridas en el árbol y se reactivan cuando llegan las lluvias a manera de basidiocarpos (ICA, 2012).

Esta enfermedad también proviene de la semilla infectada y con muy poca sanidad. Esta provoca hipertrofia en la base del hipocótilo, debilitamiento de la plántula, clorosis de las hojas, hojas muy delgadas y apergaminadas, hojas quebradizas y necrosis de las hojas. En los frutos, los síntomas que presentan son variados y depende de la edad y el fenotipo del fruto. Presentan necrosis color oscuro de forma irregular y alargadas. La mayoría de los frutos muestran maduración precoz, con presencia de zonas amarillas en las mazorcas verdes. (Sánchez *et al.*, 2015).

2.1.7. Fertilización

Para realizar una fertilización se debe conocer la naturalidad del suelo. Se necesita realizar un análisis de suelo y foliar para ver en qué condiciones esta. Siempre se recomienda primero esto para conocer la deficiencia de los elementos y así recomendar una fertilización adecuada. (Paredes, 2003).

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). Realizando una cosecha y dejando las cáscaras en el suelo se reciclaría aproximadamente 2 kg de N, 5 kg de P_2O_5 y 24 kg de K_2O . Todo suelo que se utiliza para solo un cultivo con el tiempo tiende a empobrecerse de nutrientes y reducir su capacidad de alimentar a las plantas, haciendo que la producción se deteriore. (Paredes, 2003).

2.1.8. Requerimiento nutricional del cacao

El cacao, como todo cultivo requiere para desarrollarse y reproducir de suelos fértiles, un suelo fértil además de un aspecto deseable debe tener una buena constitución química, la que está dada por macro elementos nutricionales primarios como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio; macro elementos secundarios como: Calcio y Magnesio y micronutrientes como: Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc que intervienen en el metabolismo de la planta (Salgado *et al.*, 2006).

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 N. Crespo y Crespo (1997) presentan los niveles de requerimiento nutricional para el cacao CCN51, dependiendo de la edad y estado de la planta, presentados en la tabla 1.

Tabla 1: Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao

Estado de cultivo	Edad de plantas (meses)	Requerimiento nutricional promedio en kg/ha						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Vivero	5-12	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: Crespo y Crespo (1997)

2.1.9. Silicio

Es importante saber que el silicio (Si) está ubicado como el segundo elemento más abundante de la litósfera. En la corteza terrestre ocupa el 28%, seguido por el oxígeno (47%). Los elementos C, H, O, N, P y S son considerados mayoritarios en los seres vivos, mientras que el Si se considera elemento traza. Es por este motivo que se considera que el silicio es un elemento esencial para algunas especies (Quiroga, 2016).

Existe una afinidad entre el silicio con el oxígeno produciendo varias formas de SiO₂ (vidrio de sílica, sílica amorfa, cristobalita y cuarzo) u otros silicatos, los cuales están combinados con varios metales (Al, Fe, Mn, Mg, entre otros). El silicio es un elemento muy importante en el siglo XXI, ya que es fundamental debido a su alta composición en el suelo, como elemento es renovable y sostenible. (Álvarez y Osorio, 2014).

Mediante investigaciones se muestra que el silicio es un elemento benéfico en la agricultura como el cultivo del arroz y caña de azúcar ya que se han alcanzados buenos resultados. (SEPHU, 2009).

Los organismos fotosintéticos como bacterias, algas y plantas asimilen silicio. Para esto tiene que estar en estado soluble como ácido monosilícico (H₄SiO₄). A través del proceso de biosilificación, se formarían compuestos sólidos, creando intracelular y extracelular, cuerpos de sílice amorfos, algunas veces descritos como fitolitos y ópalo. Estos organismos están inextricablemente unidos y son esenciales para el crecimiento, fuerza mecánica, rigidez, defensa de predadores y hongos, elasticidad, regulación metabólica y térmica, teniendo un debido crecimiento como las células, órganos y tejidos de la planta. (Quero, 2009).

2.1.10. Importancia del silicio en las plantas

De acuerdo con Snyder *et al.* (2001), el silicio es un elemento macro, el cual es necesario el crecimiento de todas las especies de las plantas, los cuales tienen efectos positivos en algunas especies de plantas o bajo condiciones específicas. El silicio (Si), es un elemento clasificado como benéfico debido a que se han observado efectos benéficos en distintos cultivos agrícolas, más claramente bajo condiciones de estrés.

Estudios han demostrado la implicación del silicio en las plantas en diferentes aspectos

morfológicos y fisiológicos, cuando las plantas toman el Si en forma de ácido silícico se polimeriza como gel de sílice en la superficie de las hojas y tallos; aunque su función fisiológica no es evidente, sus efectos benéficos son percibidos en plantas acumuladoras de este elemento en condiciones de estrés (Snyder *et al.*, 2001).

Las investigaciones de Fontão de Lima (2010) confirman lo mencionado anteriormente, al referirse al silicio y su relación planta-ambiente, debido a que se pueden reducir ciertos efectos con el uso de este elemento, dando a la cosecha mejores condiciones de resistencia ante adversidades climáticas (altas temperaturas, sequías, heladas), del suelo (metales pesados) y biológicas (menor susceptibilidad a enfermedades fúngicas), logrando mayor y mejor calidad en la producción.

El nivel de silicio provoca cambios en la dinámica de otros elementos presentes en el suelo, especialmente en cultivos de alta demanda de este elemento, como gramíneas, leguminosas, y cucurbitáceas (Landell, 2016).

El silicio es el único elemento que no causa lesiones graves en cantidades excesivas, ya que tiene la cualidad de acoplarse formando una cutícula de Silicio, con “células silicificadas” y como “cuerpos de silicio”, los cuales se forman con altas cantidades del elemento (Snyder *et al.*, 2001).

2.1.11. Beneficios del silicio en los controles fitosanitarios

Para las plantas superiores el silicio está incluido en los elementos esenciales ya que muchos científicos han realizados trabajos que demuestran que muchas plantas son más susceptibles al estrés, tanto biótico como abiótico, cuando presentan deficiencias de silicio (SEPHU, 2009).

Muchos trabajos han sido publicados y han confirmado el enorme potencial que tiene el silicio para aumentar la resistencia a plagas y enfermedades a través de una buena nutrición. En la Cuarta Conferencia Internacional del Silicio en la Agricultura (Suráfrica, 2008), Bekker *et al.* (2007) mostraron una investigación sobre la aplicación en drench de silicio soluble (silicato de potasio) aplicado al suelo, logrando un efecto inhibitorio del 100% sobre el crecimiento micelial, en el manejo de *Phytophthora cinnamomi* en aguacate (*Persea americana*). Por otra parte, las plantas tratadas con silicio obtuvieron raíces y copas mucho más vigorosas.

El silicio siempre está disponible en el sitio donde ataca una enfermedad para reforzar las células circundantes. Este nutriente es inmóvil una vez que se incorpora a la pared celular. La gran parte de los suelos contiene menos de la mitad del silicio requerido, así que puede haber beneficios significativos en la aplicación foliar de silicio, asperjado al primer signo de una enfermedad (Mejisulfatos, 2010).

2.1.12. Fuentes de silicio

El Silicio, (Si) es considerado como el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno (O₂), pero no se encuentra presente en estado libre, sino en forma de dióxido de silicio (SiO₂) y de silicatos complejos (Quero, 2009).

Existen una serie de fuentes sólidas y líquidas de Si en el mercado, que han sido utilizados como enmiendas de suelo o fertilizantes: Diatomita, silicato de calcio, metasilicato de sodio, silicato de potasio, silicato de magnesio, ácido ortosilícico, dióxido de silicio hidratado, metasilicato de calcio. Para que estos materiales sean útiles, deben cumplir con una serie de criterios, que incluyen un contenido relativamente alto de Si soluble, una condición material que facilite su almacenaje y aplicación y que no contengan sustancias que contaminen el suelo como los metales pesados (RedAgrícola, 2017).

Las fuentes sólidas que han sido utilizadas con éxito en incorporaciones al suelo incluyen la wollastonita – un silicato de calcio CaSiO₃ natural-. Los residuos de cultivo (ejemplo, cáscara de arroz) también son una fuente potencial, pero debido a su lenta solubilidad en el suelo, no les permite suplementar las necesidades inmediatas de los cultivos. Las fuentes líquidas incluyen silicatos de potasio o sodio y se utilizan principalmente en producciones hidropónicas a tasas de ~2mM Si. También se utilizan silicatos líquidos en aplicaciones foliares, principalmente para controlar enfermedades (RedAgrícola, 2017).

2.1.13. Leaf Doctor

Es una aplicación interactiva para teléfonos inteligentes, permite obtener imágenes en color para distinguir los tejidos vegetales enfermos de los sanos y calcular el porcentaje de gravedad de la enfermedad. Su objetivo es desarrollar y evaluar de forma cuantitativa la intensidad de las enfermedades de las plantas (Pethybridge y Nelson, 2015).

Para comenzar una evaluación de la enfermedad, el usuario toca un área de la hoja en la

fotografía. Esto muestra una lente de aumento circular que se activa mientras el usuario toca la imagen y especifica un color distinto que se corresponde con los tejidos sanos. El área central de la lente de aumento circular puede seleccionar con precisión varios colores, como las venas de las hojas estrechas. El algoritmo puede utilizar valores especificados por el usuario para hasta ocho colores de tejido sano por imagen. Luego, el algoritmo evalúa el color de cada píxel en la imagen para determinar su proximidad a los colores saludables especificados y asigna un estado de saludable o enfermo (Pethybridge y Nelson, 2015).

Se puede optar hasta ocho colores para el tejido “sano” para obtener mayor exactitud y precisión del programa de software Leaf Doctor. Este software también permite poder observar la gravedad de la enfermedad en presencia o ausencia de diferentes colores de la enfermedad por medio de un muestreo (Barbedo, 2014).

CAPITULO III
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en las instalaciones del Campus Experimental “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 67 msnm.

3.2. Método de investigación

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

3.3. Fuentes de recopilación de información

Las fuentes que se utilizaron para la obtención de información serán primarias y secundarias. Los datos de las fuentes primarias se recolectarán para responder a las necesidades inmediatas de la investigación y son libros, artículos científicos, tesis de maestrías y doctorados, monografías. Las fuentes secundarias son análisis de información provenientes de fuentes primarias y son páginas webs.

3.4. Materiales

3.4.1. Materiales de campo

- Machete.
- Moto guadaña.
- Tijeras de podar.
- Tijera de poda de altura.
- Fundas plásticas.
- Cintas de color rojo.
- Estacas.
- Balanza.
- Saquillos.
- Baldes de 20L.
- Carretilla.

- Pala.
- Cintas medidoras de pH.
- Guantes y mascarillas.
- Vaso dosificador.
- Bomba de mochila (20L)
- Rótulos de identificación.
- Plantas de cacao CCN-51.
- Cinta.
- GPS.

3.4.2. Insumos

- Fuente de Silicio granulado (SiO_2).
- Urea (46-0-0)
- DAP (18-46-0)
- Muriato de Potasio (0-0-60).
- Fungicida (Caldo bordelés).

3.4.3. Material vegetal

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

3.4.4. Material de oficina

- Libreta de campo y lapiceros.
- Computadora.
- Memoria USB.
- Hojas de papel.
- Impresora.
- Cámara Fotográfica.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores a probar

En el presente trabajo de investigación se utilizó como factor en estudio el fertilizante SiO_2 , con dos aplicaciones edáficas fraccionadas las cuales se realizarán al primer y cuarto mes de iniciada la investigación.

3.5.2. Diseño experimental

Para el diseño estadístico de la investigación, se utilizará 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%.

3.5.3. Esquema del análisis de varianza

En la tabla 2 se muestra el esquema de análisis de varianza (ANOVA) que se utilizará.

Tabla 2: Esquema para el análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Tratamiento	3
Error experimental	6
Total	11

3.5.4. Tratamientos

En la tabla 3 se muestran los tratamientos que se llevarán a cabo en la investigación:

Tabla 3: Tratamientos aprobar.

Tratamiento	Descripción
T ₁	Control (sin aplicación)
T ₂	100 kg/ha de SiO ₂
T ₃	200 kg/ha de SiO ₂
T ₄	300 kg/ha de SiO ₂

3.5.5. Regresiones y correlaciones

Se ejecutó regresiones lineales y correlaciones entre el factor en estudio y las variables en evaluación. Entre ellas tenemos la dosis del fertilizante SiO₂ por cantidad de almendras cosechadas medidas en libras. También, al comparar las escalas de evaluación visual con la escala dada por el programa Leaf Doctor.

3.5.6. 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:	38.25 m ²
Largo:	4.25 m
Ancho:	9 m
Forma de UE:	Rectangular
Área total del ensayo:	459 m ²
Largo:	51 m
Ancho:	9 m
Forma del ensayo:	Rectangular

3.6. Manejo experimental

3.6.1. Manejo fitosanitario de la plantación

Previo a la instalación del proyecto de investigación se realizó controles para enfermedades como la Escoba de Bruja (*M. pernicioso*), para esto se utilizó caldo bordelés a dosis de 50 g por cada 10 litros de agua. De igual manera se realizó un control mecánico de maleza con la ayuda de una motoguadaña.

3.6.2 Delimitación de las parcelas

Una vez preparada el área de investigación se procedió a delimitar las parcelas netas para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones. La parcela neta conto con un número total de 6 plantas.

3.6.3. Labores culturales

Para garantizar una óptima respuesta del cultivo, se realizó diferentes labores culturales, como podas sanitarias con una frecuencia de cada 15 días, las cuales consistieron en la eliminación manual con tijeras de podar de mazorcas con presencia de enfermedades como Monilla (*M. royeri*), Mazorca Negra (*P. palmivora*) y se realizó podas para controlar la presencia de Escoba de Bruja (*M. pernicioso*). Además, desmalezamientos cada dos meses, las actividades mencionadas se realizó a todos los tratamientos.

3.6.4. Fertilización convencional

Se realizó dos fertilizaciones convencionales, la dosis de N-P-K se realizó en base a los requerimientos mínimos que el cultivo de cacao requiere al momento de producción, según lo descrito por Crespo y Crespo (1997).

3.6.5. Aplicación de los tratamientos

Una vez concluida la fase de implantación que duró 2 meses, se sorteó el lugar donde se establecería las subparcelas para la aplicación de los tratamientos. Para la investigación los tratamientos tuvieron el mismo manejo correspondiente a labores culturales y fitosanitarias antes mencionadas. Además, se realizó la fertilización con los tratamientos visualizados en la tabla 3.

La dosis de aplicación se fraccionó, el 60% a la primera aplicación y el 40% en la segunda aplicación que se realizó al cuarto mes de iniciada la investigación.

El producto SiO_2 se aplicó en forma de corona a las plantas a 45 cm del tallo, con una frecuencia de aplicación de dos veces durante la investigación. Se pesó y dosifico la cantidad de fertilizante según cada tratamiento mediante la ayuda de una balanza. Cada tratamiento se mantuvo con 3 repeticiones y cada repetición tuvo 6 plantas, dando un número total de 18 plantas por cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

3.6.6. Control de maleza y poda

Durante esta etapa se realizó un control de malezas manualmente con la utilización de un machete. Además, se realizaron podas de mantenimiento con tijeras de podar, eliminando ramas secas, enfermas o desgarradas, plantas parasitas, y despunte de ramas laterales cuando se entrecruzan con árboles vecinos, para obtener una estructura equilibrada, mejorando la radiación del cultivo.

3.6.7. Evaluación de los tratamientos

Cuando inició la investigación se realizó la medición de las variables cada semana durante todo el periodo de la investigación. Se procedió una contabilización de chereles sanos y enfermos y así mismo de mazorcas sanas y enfermas la cual se procedió a diferenciarlas por tipo de enfermedad (monilla, mazorca negra y escoba de bruja); seguidamente se

contabilizaron las mazorcas sanas. Los datos se registrarán usando libreta de campo y registros fotográficos.

3.7. Variables a medir

3.7.1. Incidencia de monilla

Para cada tratamiento, se contó el número de mazorcas afectadas por monilla y estas 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

3.7.2. Incidencia de mazorca negra

Para cada tratamiento, se tomará en cuenta el número de mazorcas afectadas por mazorca negra y estas se relacionarán con el número total de mazorcas contenidas en la planta. Este valor se expresará en porcentaje de acuerdo a la fórmula:

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

Donde:

IN = Incidencia de Mazorca Negra (%)

n = Número de mazorcas con Mazorca Negra

N = Número total de mazorcas

3.7.3. Incidencia de Escoba de bruja

Para cada tratamiento, se tomó en cuenta aquellas plantas afectadas por escoba de bruja y estas se relacionó con el número total de plantas evaluadas por tratamiento. Este valor se formuló en porcentaje de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IE = \left(\frac{e}{pT} \right) * 100$$

Donde:

IE= Incidencia de Escoba de bruja (%)

e= Número de plantas con Escoba de Bruja

pT = Número total de plantas/tratamiento

3.7.4. Número de chereles

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

3.7.5. Porcentajes de chereles sanos

Para cada tratamiento, se partió de una línea base, contando el número de chereles sanos, descartando cualquier chereles enfermos y se relacionará con el número total de chereles contenidos en la planta. Este valor se expresará en porcentaje según la fórmula:

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

Donde:

CB = Número de chereles sanos.

N = Número total de chereles

3.7.6. Números de mazorcas sanas

De igual manera para el número de mazorcas, se partió del número total de la línea base, donde se contabilizaron todas las mazorcas sanas.

3.7.7. Porcentajes de mazorcas sanas

Se contabilizó por cada tratamiento el número de mazorcas sanas, sacando las enfermas y se relacionó con el número total de mazorcas en el cultivo por 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

3.7.8. Índice de mazorca

Se procedió a pesar los granos cosechados fermentados y secos del total de 20 mazorcas al azar, donde se determinó la cantidad de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de granos de cacao secos, este procedimiento se realizó en cada tratamiento evaluados.

3.7.9. 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, para determinar el índice de semilla se utilizó la siguiente fórmula:

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

3.7.10. Peso de almendras en baba

La producción de almendras en baba se realizó contabilizando el número de mazorcas sanas cosechadas en las plantas evaluadas más el número de mazorcas de toda la parcela, eso para todos los tratamientos con sus repeticiones correspondientes.

3.7.11. Relación Beneficio-Costo

Se realizará un análisis de beneficio-costo en referencia a los tratamientos usados en la investigación, además un análisis de rendimiento.

MB = Número de mazorcas sanas.

N = Número total de mazorcas

3.7.12. Índice de mazorca

Para realizar esta toma de datos se procedió a pesar los granos de las mazorcas cosechadas para luego ser fermentados y secados del total de 20 mazorcas al azar, donde se determinó la cantidad de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de granos de cacao secos, este procedimiento se realizó en cada tratamiento evaluado durante toda la investigación

3.7.13. 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, para determinar el índice de semilla se utilizó la siguiente fórmula:

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

3.7.14. Peso de almendras en baba

La producción de almendras en baba se realizó contabilizando el número de mazorcas sanas cosechadas en las plantas evaluadas más el número de mazorcas de toda la parcela, eso para todos los tratamientos con sus repeticiones correspondientes.

3.7.15. Relación Beneficio-Costo

Se realizará un análisis de beneficio-costo en referencia a los tratamientos usados en la investigación, además un análisis de rendimiento.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Correlación Visual vs Programa *M. royeri*

Para determinar el daño de la enfermedad *M. royeri*, en mazorcas de cacao, se realizó un análisis de correlación entre la evaluación visual y el programa Leaf Doctor. En la Figura 1 se puede observar que hay una correlación positiva el factor R o factor de Pearson el cual fue de 0.92.

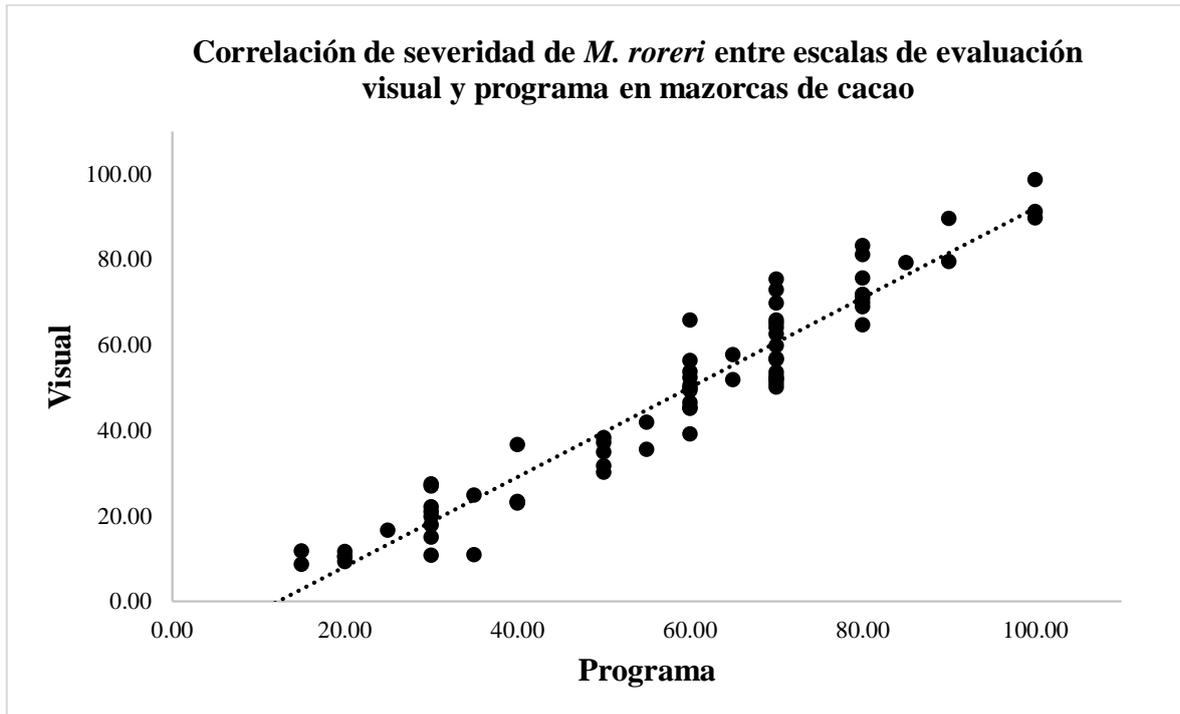


Figura 1: Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en *M. royeri*.

Mediante el uso de escalas de evaluación de daño visual y el software Leaf Doctor para la enfermedad causada por *Moniliophthora royeri*. $R^2 = 0.92$.

4.1.2. Análisis de varianza general Visual vs Programa *M. royeri*

Para determinar el daño de *M. royeri*, se cosechó mazorcas de cada tratamiento semanalmente. De acuerdo al análisis de varianza muestra diferencias estadísticas entre tratamientos es decir que el tratamiento que tuvo mayor daño visual es el tratamiento 1 (T1) con 10.20% de daño y el menor daño lo tuvo el tratamiento 2 (T2) con 5.23%, mientras que el tratamiento 3 y 4 tuvieron iguales resultados visualmente. Mediante la evaluación del programa Leaf Doctor nos muestra que el tratamiento 1 (T1) obtuvo 10.93% de daño en segundo lugar el tratamiento 2 (T2) con menor porcentaje 5.61% de daño como se observa en la Figura 2.

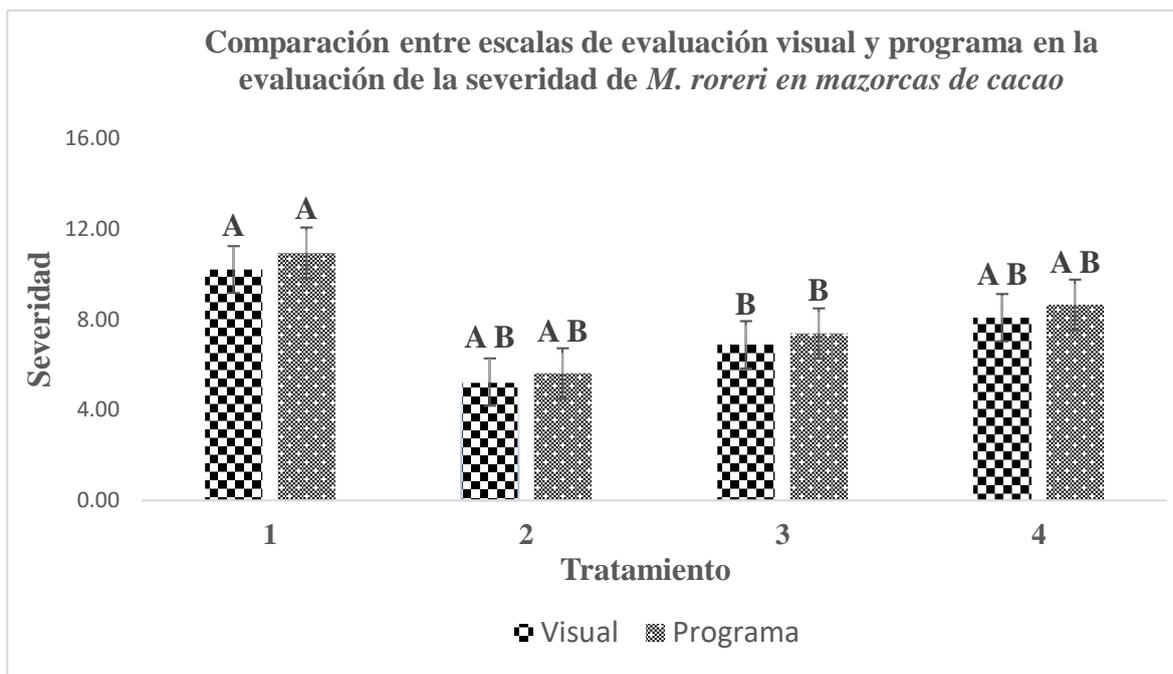


Figura 2: Comparación de la severidad de *M. royeri* usando escalas de evaluación visual y el software Leaf Doctor.

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 Visual vs Programa *Phytophthora sp*

Para determinar el daño de la enfermedad *Phytophthora sp.*, se realizó un análisis de correlación entre la evaluación visual y el programa Leaf Doctor. En la Figura 3 se puede observar que hay una correlación positiva el factor R o factor de Pearson fue de 0.93.

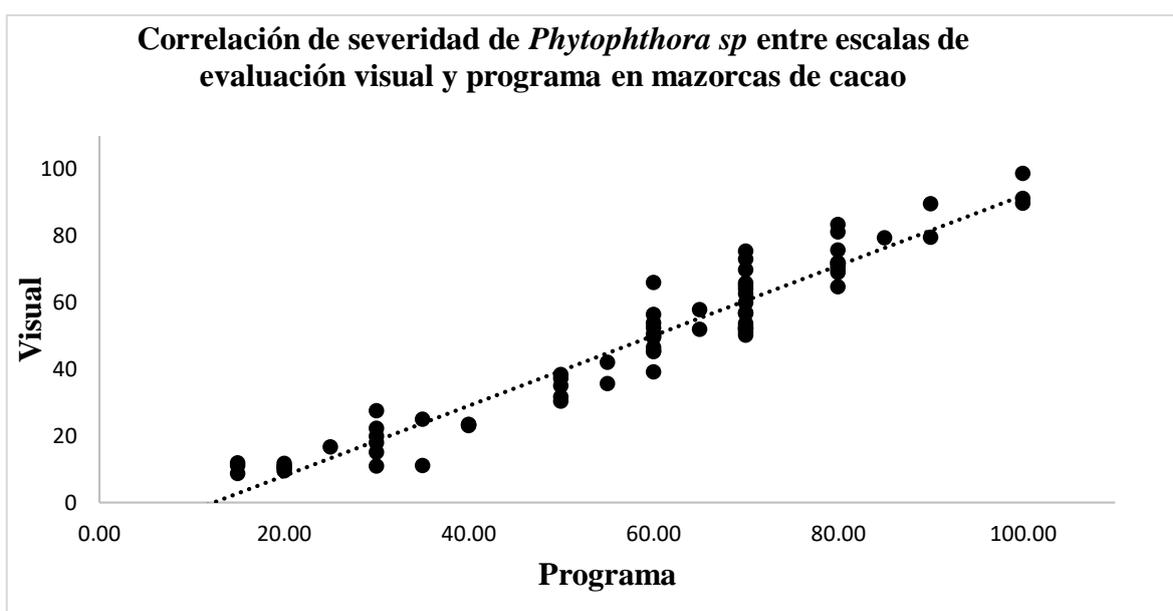


Figura 3: Análisis de la correlación entre dos métodos de evaluación en *Phytophthora sp*.

mediante el uso de escalas de evaluación de daño visual y el software Leaf Doctor para la enfermedad causada por *Phytophthora* sp. $R^2= 0.93$.

4.1.4. Análisis de varianza general Visual vs Programa *Phytophthora* sp.

Para determinar el daño de *Phytophthora* sp, se cosechó mazorcas de cada tratamiento durante diez semanas identificando previamente la enfermedad. De acuerdo con el análisis de varianza nos muestra que en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 no hubo diferencia significativa ya que obtuvieron iguales resultados como se observa en la Figura 4.

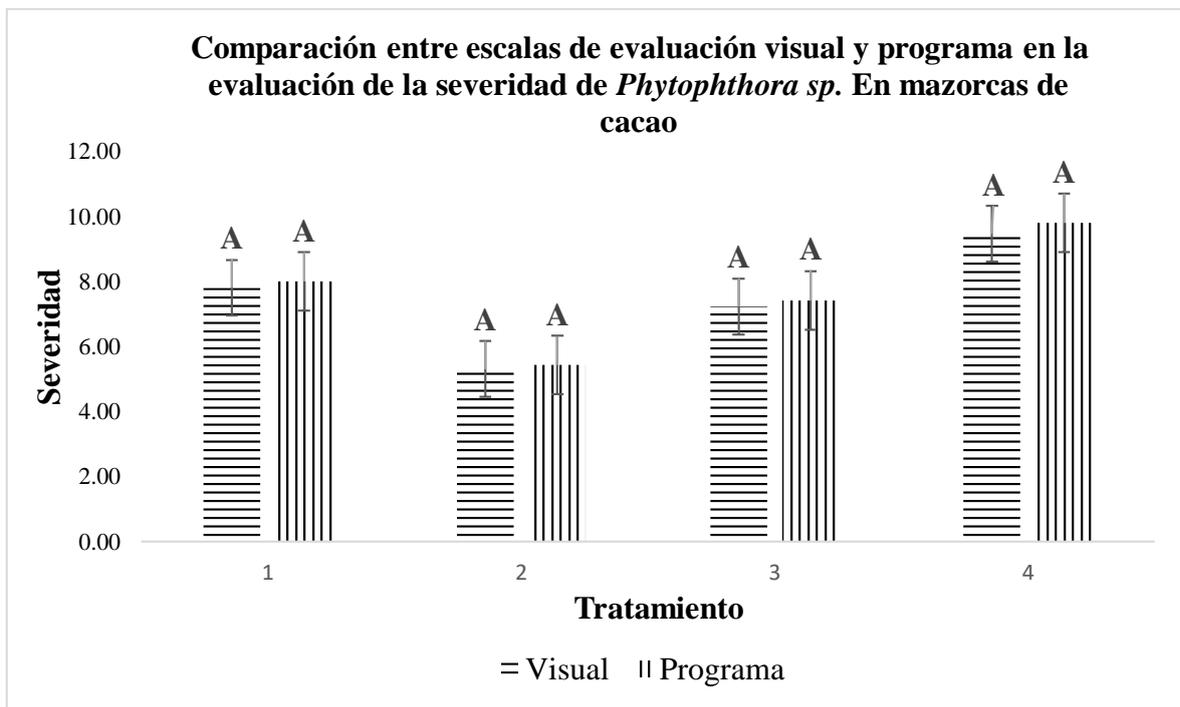


Figura 4: Comparación de la severidad de *Phytophthora* sp, usando escalas de evaluación visual y el software Leaf Doctor.

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. Análisis de varianza general de *M. pernicioso*

Para determinar el daño de *M. pernicioso*, se realizó por medio de evaluación visual expresada en porcentaje ya que la enfermedad no permite el procesamiento de imágenes por la irregularidad del tejido afectado. Se realizó un conteo de cada tratamiento durante diez semanas identificando previamente la enfermedad. De acuerdo con el análisis de varianza nos muestra que en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 no hubo diferencia significativa ya que obtuvieron iguales resultados como se observa en la Figura 5.

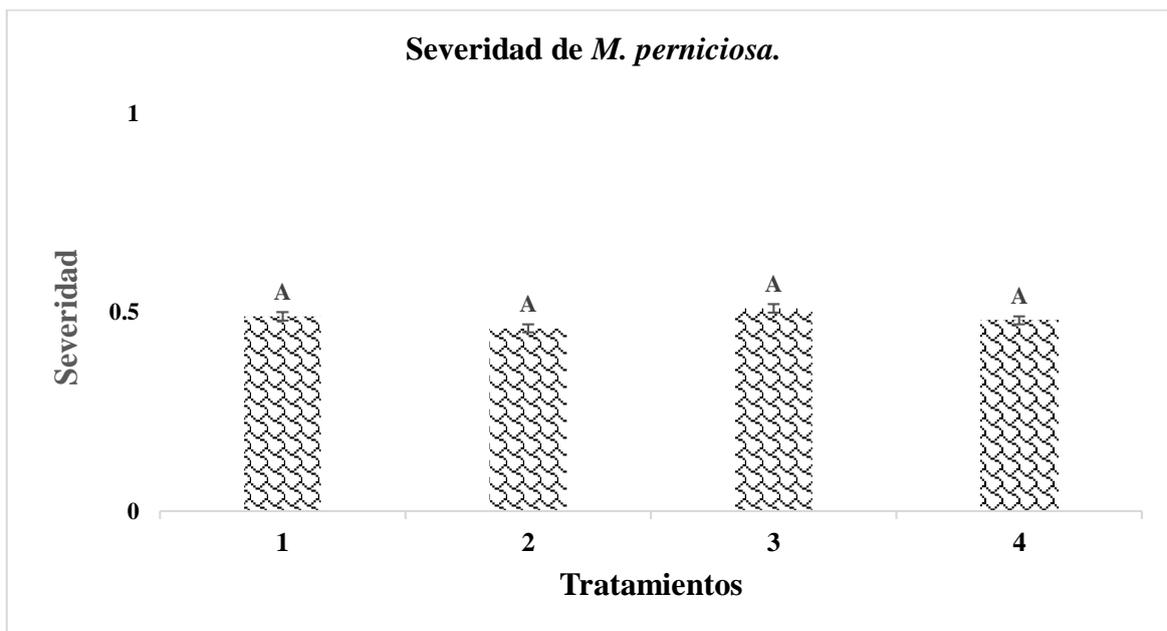


Figura 5: Comparación de la severidad *M. pernicioso*.

Las barras de error indican \pm ES; Las letras no indican diferencias significativas entre los promedios que presentan cada tratamiento (Tukey $p < 0.05$).

4.1.6. Variables agronómicas de interés en el cacao bajo la aplicación de silicio

Todos los datos recopilados para las siguientes variables fueron tomados cada semana en un lapso de 14 semanas, a excepción de las mazorcas cosechadas las cuales fueron tomadas cada 15 días.

4.1.6.1. Número de mazorcas

El tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO_2), presenta un mayor número de mazorcas producidas con diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos. (Tabla 3).

4.1.6.2. Número de mazorcas cosechadas

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el número de mazorcas cosechadas (Tabla 3).

4.1.6.3. Número de mazorcas descartes

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el número de mazorcas descartes (Tabla 3).

4.1.6.4. Número de mazorcas sanas

El tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂), presenta un mayor número de mazorcas sanas con diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos (Tabla 3).

4.1.6.5. Número de mazorcas enfermas

El tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂), presenta un mayor número de mazorcas enfermas con diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos (Tabla 3).

4.1.6.6. Número de chereles sanos

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el número de chereles sanos (Tabla 3).

4.1.6.7. Número de chereles enfermos

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el número de chereles enfermos (Tabla 3).

4.1.6.8. Peso de almendro en baba (g)

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el peso de almendro en baba (g) (Tabla 3).

4.1.6.9. Peso de almendro seco (g)

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el peso de almendro seco (g) (Tabla 3).

4.1.6.10. Peso de 100 semillas en baba (lb)

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el peso de 100 semillas en baba (lb) (Tabla 3).

4.1.6.11. Peso de 100 semilla seco (lb)

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para el peso de 100 semillas secas (lb) (Tabla 3).

Tabla 4: Análisis de las variables agronómicas de interés en el cacao CCN-51 bajo la aplicación de silicio.

Descripción	T1 (testigo)	T2 100 kg/ha de SiO₂	T3 200 kg/ha de SiO₂	T4 300 kg/ha de SiO₂
Número de mazorcas	5.09 b	12.18 a	6.13 b	5.38 b
Número de mazorcas cosechada	4.50 a	3.50 a	3.06 a	4.07 a
Número de mazorcas descartes	1.00 a	1.17 a	1.00 a	1.00 a
Número de mazorcas sanas	5.03 b	11.56 a	5.93 b	5.14 b
Número de mazorcas enfermas	0.00 b	2.00 a	1.75 a	1.00 a b
Número de chereles sanos	98.43 a	89.20 a	59.12 a	62.92 a
Número de chereles enfermos	7.05 a	4.94 a	7.42 a	5.36 a
Peso de almendro en baba (gr)	748.33 a	642.26 a	550.00 a	669.79 a
Peso de almendro seco (gr)	357.67 a	285.91 a	270.95 a	347.18 a
Peso de 100 semilla en baba (lb)	274.20 a	301.39 a	298.26 a	284.35 a
Peso 100 semilla seco (lb)	357.67 a	285.95 a	270.95 a	347.18 a

4.1.7. Análisis Beneficio/Costo

En la tabla 4 nos muestra que no hubo diferencia estadística en rendimiento por tratamiento. Sin embargo, al realizar el análisis de beneficio/costo, el tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂) obtuvo una mayor respuesta productiva la cual permitió obtener una rentabilidad de 12% en comparación con el control a un precio de cacao de \$1.05/lb al momento de realizar el ensayo. Iván Ontaneda Recordó que el año pasado el productor recibió hasta 2.300 dólares por tonelada, lo que es un equivalente al valor de 105 dólares por quintal (ANECACAO, 2021).

Análisis beneficio/costo de diferentes dosis de silicio en el cultivo de cacao. El precio de venta al momento del ensayo fue de \$1.05/lb.

Tabla 5: Análisis Beneficio/Costo

Tratamientos	Rendimiento por parcela (Kg)	Rendimiento Kg/ha
T1: Testigo	1.78a	1.00 a
T2: 100 Kg Si	2.19a	1.12 a
T3: 200 Kg Si	1.71a	0.96 a
T4: 300 Kg Si	1.96a	1.04 a

4.2. Discusión

En este trabajo de investigación se analizó la capacidad del silicio para mejorar la sanidad y productividad del cultivo de cacao CCN-51 en la provincia de Los Ríos, cantón Mocache. Teniendo como variables la incidencia de monilla, mazorca negra y escoba de bruja; además, número y porcentaje de chereles sanos, mazorcas sanas, índice de mazorca y de semilla, y el peso de almendras en baba, adicionalmente realizándose una relación Beneficio-Costo con los tratamientos evaluados.

En distintos estudios se han utilizado escalas visuales siendo comparadas con el procesamiento de imágenes con poco margen de error. Por ejemplo, Lectong *et al.* (2016), utilizó escalas visuales para la severidad de *M. royeri*, con alto grado de eficiencia. En esta investigación se realizó la comparación con un software (Leaf Doctor), el cual también tiene alto grado de precisión y ha sido utilizado en diversas investigaciones anteriores. Pethybridge y Nelson (2015) realizaron la comparativa entre Leaf Doctor y otro software (Asses) y determinaron que las estimaciones de la gravedad de la enfermedad de Leaf Doctor y Assess para las mismas imágenes fueron muy similares con relaciones lineales significativas y los coeficientes de variación fueron inferiores al 3%, lo que indica una alta precisión. La cantidad de variación en las estimaciones de Leaf Doctor explicadas por Assess fue de al menos 0.94 para las enfermedades con lesiones necróticas: mancha bronceada, mildiú vellosa, tizón del tallo gomoso y el complejo de enfermedades foliares del tomate.

Alheeti *et al.* (2021) compararon la confiabilidad para la evaluación de la gravedad de la enfermedad para dos técnicas diferentes de cuantificación de imágenes digitales (ImageJ y Leaf Doctor) y las evaluaciones visuales incluyeron las aplicaciones ImageJ (IJ), Leaf Doctor (LD) y evaluaciones visuales (VA) para el mildiú de la lechuga y mancha foliar por *Cercospora* de la acelga. Esta investigación indica que la aplicación de LD es más fácil, rápida, confiable y precisa para medir la gravedad de la enfermedad, independientemente de la enfermedad y su gravedad. En esta investigación se confirmó la alta precisión de Leaf Doctor ante la evaluación de monilla, mazorca negra y escoba de bruja en cacao, utilizando mazorcas.

La aplicación de 100kg/ha de silicio disminuye la incidencia de monilla en las mazorcas de cacao. Estos resultados concuerdan con Ariza (2019), quien en su investigación realizó la aplicación de silicato de calcio al suelo a un nivel de 200 mg de Si/kg de suelo, y presentó

la menor incidencia de monilla (*M. royeri*), con 1.6%, generando un control de 80% en comparación al testigo sin ninguna fertilización respectivamente, esto es un indicativo del control sobre la monilla generada por el silicio en sus distintas fuentes. En la investigación realizada es posible que las otras dosificaciones no hayan tenido el mismo efecto, debido a que la solubilidad del silicio en el suelo está influenciada principalmente por factores como pH, temperatura, potencial redo, contenido de materia orgánica, tamaño de las partículas y composición química (Hasing, 2007).

La menor incidencia de mazorca negra se da en la dosis de 100 kg/ha de silicio, teniendo similitud con la monilla. Castellanos *et al.* (2015) indican que el silicio es capaz de tener mayor resistencia de la pared celular creando una barrera mecánica para la protección de la planta de los ataques de plagas y enfermedades, lo cual coincide con la baja incidencia de las enfermedades observadas en la investigación. Al contrario, Bustos (2017) identificó que el cacao es una especie no acumuladora de silicio, por lo cual la una aplicación a base de silicio no es suficiente para observa resultados a corto plazo, coincidiendo la investigación al realizar varias aplicaciones de silicio en el cultivo hasta observarse los resultados. Estos resultados contrastantes sugieren la validación del ensayo durante más épocas de cosecha.

El análisis económico de la investigación se realizó basándose en las dos aplicaciones de silicio en el cultivo de cacao en todos los tratamientos, en cuanto a rendimiento Kg/ha el tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂) muestra una mayor respuesta productiva a diferencia de los otros tratamientos. Según Quero (2008), los beneficios de la mayor concentración de silicio en el suelo y suministro al suelo de minerales ricos en silicio a través de los procesos de fertilización, permiten una solución económica y rentable para la producción agrícola. Ariza (2019), realizó una investigación en Tingo María, Perú a 530 msnm en una plantación de cacao CCN-51 de siete años de edad, donde se aplicó un diseño de bloques completamente al azar y determinó que el silicato de calcio, aplicado al suelo a un nivel de 400 mg de Si/kg de suelo, presenta un rendimiento mayor de 2221 kg/ha de grano seco de cacao, incrementando el rendimiento en 34.7% al comparar con el testigo con fertilización, se destaca que las dosis fueron inferiores a las realizadas en la presente investigación, y es posible que por ello tuvo resultados más altos que los observados en esta investigación, pues la plantación de Ariza (2019) era de menos edad.

En la investigación se observó que el tratamiento con menor silicio (100 kg/ha) obtuvo los mejores rendimientos y mejor Relación Beneficio/Costo, y en segundo lugar el tratamiento

4 (con la mayor dosis de silicio: 300 kg/ha), estos resultados refutan lo manifestado por Caicedo y Chavarriaga (2008), quienes manifestaban en su investigación que aunque el silicio sea absorbido por las raíces junto con el agua de la solución del suelo y fácilmente trasladado en el xilema, se indica que cuanto mayor cantidad de silicio soluble activo este presente, mejores serán los beneficios para el suelo y para la planta y consecuentemente para su rendimiento. Álvarez y Osorio (2014) indican que el silicio es un contenido disuelto en el suelo y es absorbido por las plantas ya que está relacionado a la meteorización de los minerales, reciclaje de nutrientes aportado por la hojarasca, el tipo y edad de la vegetación circundante.

En esta investigación se pudo determinar que el silicio a 100 kg/ha mejora la producción, que está inmerso en la mayor parte de los procesos de la planta, y que mejora la resistencia de la planta a las enfermedades monilla y mazorca negra, siendo las más comunes en este cultivo. Económicamente la aplicación de silicio genera ciertas ventajas en el cultivo, al ser un cultivo perenne, sin embargo, requiere de aplicaciones cada cierto tiempo.

Sin embargo, en la investigación de Arias (2020), el rendimiento presentó correlación altamente significativa con el número de almendras por mazorca, con el número de mazorcas sanas por planta y con el contenido de clorofila. El tratamiento con mayor porcentaje de rentabilidad correspondió al que recibió sólo la aplicación de 26 kg de Si ha⁻¹ año⁻¹; lo que permitiría recomendar el uso del Si para el cultivo de cacao bajo las condiciones edafoclimáticas normales, (Altitud entre 15 a 800 msnm, temperatura entre 24 a 25°C, precipitación de 1500 a 3000 mm, suelos fértiles, profundos y francos, y pH de 6.0 a 7.0), con la que se alcanzaría rendimientos comparables con aquellos que reciben dosis de N superiores a 121 kg ha⁻¹ año⁻¹. Esto coincide con Ariza (2019) y con la investigación, pues en ambos estudios, los mejores resultados en rentabilidad se obtuvieron con dosis bajas de silicio.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La aplicación de silicio a dosis de 100 kg/ha (T2), presenta menor incidencia de *M. rozeri*, *Phytophthora* sp., pero no presenta diferencias significativas en la incidencia de *M. pernicioso*. El silicio posee un efecto positivo en la sanidad de la mazorca de cacao CCN- 51, debido a que presentó el mayor número de mazorcas sanas.
- El tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂) muestra una mayor respuesta productiva a diferencia de los otros tratamientos, con 2.19 Kg en una superficie de 114.75 m².
- En la investigación se observó que el tratamiento 2 (100 kg/ha de SiO₂) obtuvo la mejor Relación Beneficio/Costo (1.12)

5.2. Recomendaciones

- Evaluar los efectos del silicio en la incidencia de *M. roreri*, *Phytophthora* sp. y *M. perniciosa* en la época lluviosa.
- Se debe utilizar utilizar la dosis de 100 kg/ha de SiO₂, para reducir los niveles de Cadmio en el cultivo de cacao.
- Debemos hacer aplicaciones con la dosis de 100 kg/ha de SiO₂ ya que reduce la incidencia de *M. roreri*.
- Utilizar la aplicación Leaf Doctor para la evaluación de daños en las mazorcas de cacao.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Alheeti, A., Farhan, M., Al-Saad, A., & Theer, R. (2021). Evaluation of the Performance of ImageJ, Leaf Doctor Applications, and Visual Assessments in Measuring Severity of Two Leaf Spot Diseases. *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*, 761(1), 1-8.
- Álvarez, C., & Osorio, W. (2014). Silicio agronómicamente esencial (No. DC-0483). Colombia: Multisulfatos SAS. Universidad Nacional de Colombia.
- ANECACAO. (2010). *Cacao CCN51*. Recuperado el 19 de Febrero de 2020, de ANECACAO: <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacaoccn51.html>
- ANECACAO. (2021). *Precio del cacao CNN51*. Obtenido de ANECACAO: <http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/libre-mercado-regula-el-precio-del-cacao.html>
- Arias, P. F. (2020). Evaluación de la fertilización nitrogenada y de silicio sobre el rendimiento en cacao CCN-51, en fase productiva. *Tesis*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Ariza, J. C. (2019). Fuentes y niveles de silicio en el incremento del rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y reducción en la incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif y Par). *Tesis*. Tingo María, Ecuador: Universidad Nacional Agraria de La Selva.
- Ayala, M. (2010). Manejo integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales. *Tesis*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Barbedo, J. G. (2014). An automatic method to detect and measure leaf diseasesymptoms using digital image processing. *Plant Disease*, 98(12), 1709–1716. doi:10.1094/pdis-03-14-0290-re
- Bekker, T. F., Labuschagne, N., Aveling, T., & Kaiser, C. (2007). Efficacy of water soluble potassium silicate against *Phytophthora* root rot of avocado under field conditions. South Africa: University of Pretoria.
- Bustos, G. S. (2017). Efecto de un compuesto a base de silicio, sobre el manejo fitosanitario del cultivo de cacao CCN-51. Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE).
- Caicedo, L., & Chavarriaga, W. (2008). Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el

- desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia. *Agronomía Colombiana*, 15(1), 27-37.
- Castellanos, L., De Mello, R., & Silva, C. N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36(Supl. 1), 16-24.
- Crespo, E., & Crespo, F. (1997). *Cultivo y Beneficio de cacao CCN 51*. Quito, Pichincha, Ecuador: Editorial El Conejo.
- Fontão, O. (2010). El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. *Brazilian Agricultural Research Corporation*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de <http://www.diatom.com.br/es-ES/noticias/item/articulo-el-silicio-y-la-resistencia-de-las-plantas-al-ataque-de-hongos-patogenos>
- Guerrero, G. (Junio de 2014). *Revista Líderes*. Recuperado el 19 de Febrero de 2020, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>
- Hasing, F. M. (2007). Impacto de las Aplicaciones de un Mineral Bio-activo sobre Parámetros Agronómicos y Fitosanitarios en Plantas de Banano del Grupo Cavendish, Variedad Williams a Nivel de Laboratorio e Invernadero. *Tesis*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) - Medidas para la temporada invernal*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Jaimes , Y., & Aranzazu , F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthora roreri)*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuari (CORPOICA).
- Landell, J. (7 de Febrero de 2016). *Fertilización con silicio, cultivos más fuertes*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de Soluciones técnicas. Innovación agrícola de Agroindustrias del Norte: <http://innovacionagricola.com/blog/fertilizacion-con-silicio-cultivos-mas-fuertes/>
- Lectong, P. F., Chávez, J., España, C., & Vélez, S. (2016). Evaluación de moniliasis (Moniliophthora roreri H.C Evans et al) en cacao en el cantón Bolívar. *Tesis*. Bolívar, Manabí, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Mejisulfatos. (2010). Silicio. El costo oculto de los químicos. . Itaguí, Colombia: Mejisulfatos S.A.
- Mycobank. (2004). *Phytophthora palmivora var. theobromae*. Recuperado el 06 de Abril de 2020, de Mycobank:

<http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&Rec=233286&Fields=All>

- Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo de cacao*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura - Programa para el desarrollo de la Amazonía (PROAMAZONAS).
- Pethybridge, S. J., & Nelson, S. C. (2015). Leaf Doctor: A New Portable Application for Quantifying Plant Disease Severity. *Plant Disease*, 99(10), 1310-1316. doi:10.1094/pdis-03-15-0319-re
- Phillips-Mora, W. (2006). La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En *Taller Regional Andino de Aplicación Tecnológica en el Cultivo de Cacao* (págs. 21- 25). Quevedo, Los Ríos, Ecuador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- PROECUADOR. (2013). *ANALISIS DEL SECTOR DE CACAO*.
Obtenido de
http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf
- Quero, E. (Octubre de 2009). Nutrición con silicio y sus aplicaciones a cultivos a cielo abierto y en agricultura protegida: Un pequeño recorrido por la naturaleza. *Simposio Internacional de Nutrición Vegetal*. Guadalajara, México.
- Quiroga, A. M. (2016). Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*L) Variedad MODAN, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa. Bogotá, Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- RedAgrícola. (Marzo de 2017). *Productos de Silicio: Ayudan a las plantas a superar estrés biótico y abiótico*. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de RedAgrícola: <https://www.redagricola.com/cl/productos-de-silicio-ayudan-las-plantas/>
- Ruíz, J. M. (24 de Abril de 2014). *El Productor*. Recuperado el 20 de Febrero de 2020, de <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas-y-en-particular-en-la-produccion-bananera/>
- SENASICA. (2013). *Escoba de bruja del cacao (Moniliophthora perniciosa)*. D.F, México: Dirección General de Sanidad Vegetal.
- SEPHU. (14 de Mayo de 2009). El Silicio (Si) como elemento fertilizante y protector de enfermedades y plagas. *Boletín N° 28*. Zaragoza, España: Sociedad Española de Productos Húmicos S.A.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1: Análisis de tejido 2 (N-P-K-Ca-Mg-Fe-Cu) de los cuatros tratamiento, previo al inicio de la investigación.



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 DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	BELTRAN MUÑOZ LUIS EMILIO	Nombre :	Finca La María	Cultivo :	CA CAO
Dirección :	BUENA FE / LOS RIOS	Provincia :	Los Rios	N° de Reporte :	7727
Ciudad :	BUENA FE	Cantón :	Buena Fé	Fecha de Muestreo:	27/11/2020
Teléfono :		Parroquia :		Fecha de Ingreso :	03/12/2020
Fax :		Ubicación :		Fecha de Salida :	21/12/2020

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)								(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na	
75078	Luis Beltran Tratamiento 1		2,0 A	0,17 A	1,62 D	0,89 D	0,49 A	0,17 A		60 A	15 A	215 E	134 A	17 D			
75079	Luis Beltran Tratamiento 2		2,5 E	0,17 A	1,27 D	0,87 D	0,35 D	0,11 D		55 A	16 E	179 A	141 A	23 D			
75080	Luis Beltran Tratamiento 3		2,1 A	0,17 A	1,72 A	1,05 A	0,43 A	0,14 D		52 A	16 E	203 E	117 A	25 D			
75081	Luis Beltran Tratamiento 4		3,4 E	0,17 A	1,49 D	1,04 A	0,44 A	0,16 D		54 A	15 A	167 A	126 A	17 D			



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el cual se reportarán nuevamente en los resultados.

[Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

[Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 2: Análisis de metales pesados (cadmio) de los cuatros tratamientos previo al inicio de la investigación.



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

Nombre del Propietario :	Beltrán Muñoz Luis Emilio	Teléfono :	0999999999	Reporte N° :	7727
Nombre de la Propiedad :		Cultivo :	Cacao	Fecha de muestreo :	27/11/2020
Localización :	Parroquia Buena Fé	Provincia :	Los Rios	Fecha de ingreso :	03/12/2020
	Cantón Quevedo	Provincia :		Fecha salida resultados:	09/12/2020

RESULTADO DE ANÁLISIS ESPECIAL DE CADMIO EN HOJAS DE CACAO

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

Método de extracción: Acido nítrico-perclórico (HNO₃-HClO₄) relación 4:2

Instrumento de análisis: EAA-HGA (Espectrómetro de absorción atómica acoplado a Horna de Grafito)

Límite de detección: 1.53 ug kg⁻¹ Cd

Límite de cuantificación: 8.70 ug kg⁻¹ Cd

[Signature]
RESPONSABLE DPTO.



[Signature]
LABORATORISTA

La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el cual se reportarán nuevamente en los resultados.

Escaneado con CamScanner

Anexo 3: Análisis de tejido 2 (N-P-K-Ca-Mg-Fe-Cu) de los cuatros tratamiento realizada después de la investigación.



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 DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	BELTRAN MUÑOZ LUIS EMILIO		Nombre :	S/N		Cultivo :	CACAO		
Dirección :	BUENA FE / LOS RIOS		Provincia :	Los Rios		N° de Reporte :	8217		
Ciudad :	BUENA FE		Cantón :	Buena Fé		Fecha de Muestreo :	05/04/2021		
Teléfono :	0978796542		Parroquia :			Fecha de Ingreso :	13/04/2021		
Fax :			Ubicación :			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	Luis Beltran Tratamiento 1		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	Luis Beltran Tratamiento 2		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	Luis Beltran Tratamiento 3		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	Luis Beltran Tratamiento 4		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 4: Análisis de metales pesados (cadmio) de los cuatros tratamientos, después de la investigación.



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

Nombre del Propietario :	Beltrán Muñoz Luis Emilio	Telef :	0978796542	Reporte N° :	8217
Nombre de la Propiedad :	S/N	Cultivo :	Cacao	Fecha de muestreo :	05/04/2021
Localización :	Buena Fé	Los Rios		Fecha de ingreso :	09/04/2021
	Parroquia	Cantón	Provincia	Fecha salida resultados:	26/04/2021

RESULTADO DE ANÁLISIS DE CADMIO EN TEJIDO FOLIAR

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Cd mg kg ⁻¹
568	Luis Beltrán Tratamiento 1	1.28
569	Luis Beltrán Tratamiento 2	1.81
570	Luis Beltrán Tratamiento 3	1.73
571	Luis Beltrán Tratamiento 4	1.58

Instrumento de análisis: EAA (Espectrómetro de absorción atómica)

Método de extracción en tejido: Ácido nítrico-perclórico (HNO₃-HClO₄) relación 4:2

Límite de detección (LD): 3.44 ug L⁻¹ Cd

Límite de cuantificación (LC): 7.30 ug L⁻¹ Cd


RESPONSABLE DPTO.



La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Después de este tiempo reclamamos en el laboratorio.


LABORATORISTA

Anexo 5: Escala de severidad de *M. royeri* utilizada en la investigación.

Daño interno (%)	Síntoma	Daño interno (%)	Síntoma
0		41 – 60	
1 – 20		61 – 81	
21 – 40		>80	

(Barbedo, 2014).

Anexo 6: Escala de severidad de *Phytophthora sp.* utilizada en la investigación



(Paredes, 2003).

Anexo 7: Foto tomada con el programa Leaf Doctor marcando (azul) la severidad de la enfermedad Phytophthora sp



Anexo 8: Foto tomada con el programa Leaf Doctor mostrando el porcentaje de daño de la enfermedad Phytophthora sp.



Anexo 9: Primera fertilización



Anexo 10: Realización de corona en el cultivo de cacao.



Anexo 11: Cosecha de mazorcas de cacao de los cuatros tratamientos.



Anexo 12: Anova del análisis visual de *Phytophthora sp*, en las mazorca de cacao CCN-51

InfoStat/L - Phytophthora - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

C:\Users\HP\Documents\Tesis\Phytophthora.IDB2 : 30/6/2021 - 15:27:47 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
Visual	30	0.08	0.00	33.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	861.79	3	287.26	0.78	0.5136
Tratamiento	861.79	3	287.26	0.78	0.5136
Error	9525.71	26	366.37		
Total	10387.50	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=29.62133

Error: 366.3736 gl: 26

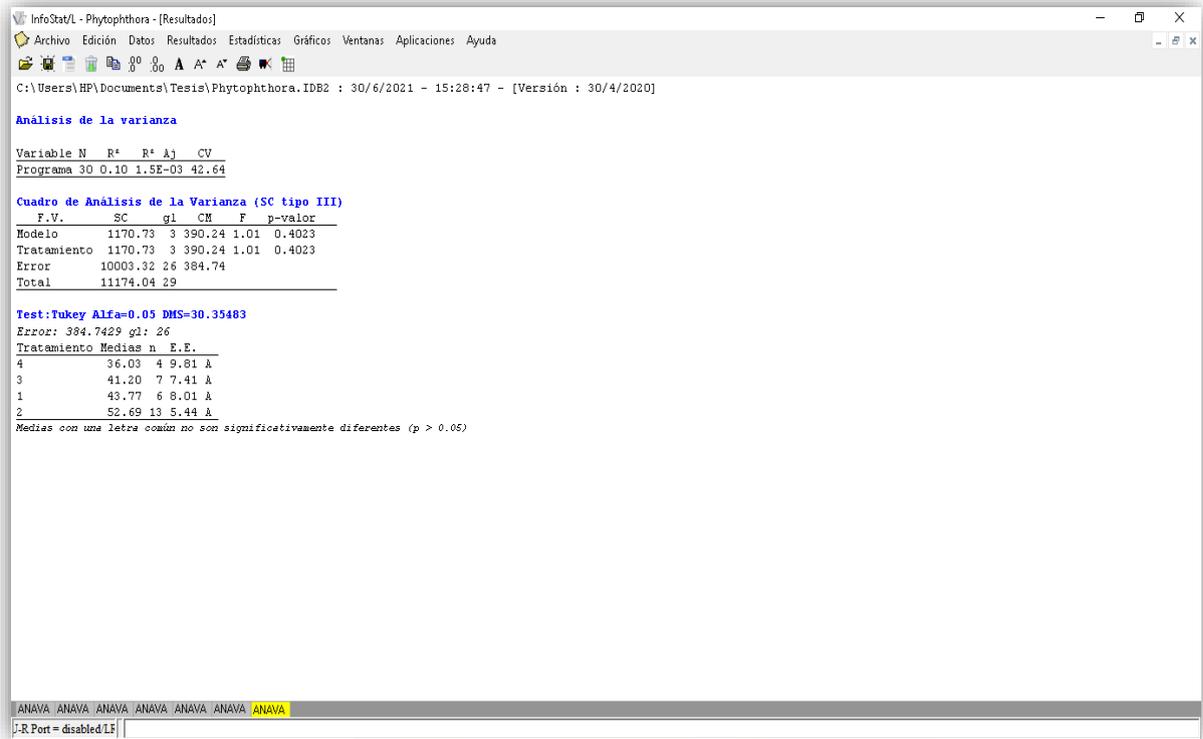
Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	46.75	4	9.57 A
3	52.14	7	7.23 A
1	58.33	6	7.81 A
2	62.69	13	5.31 A

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

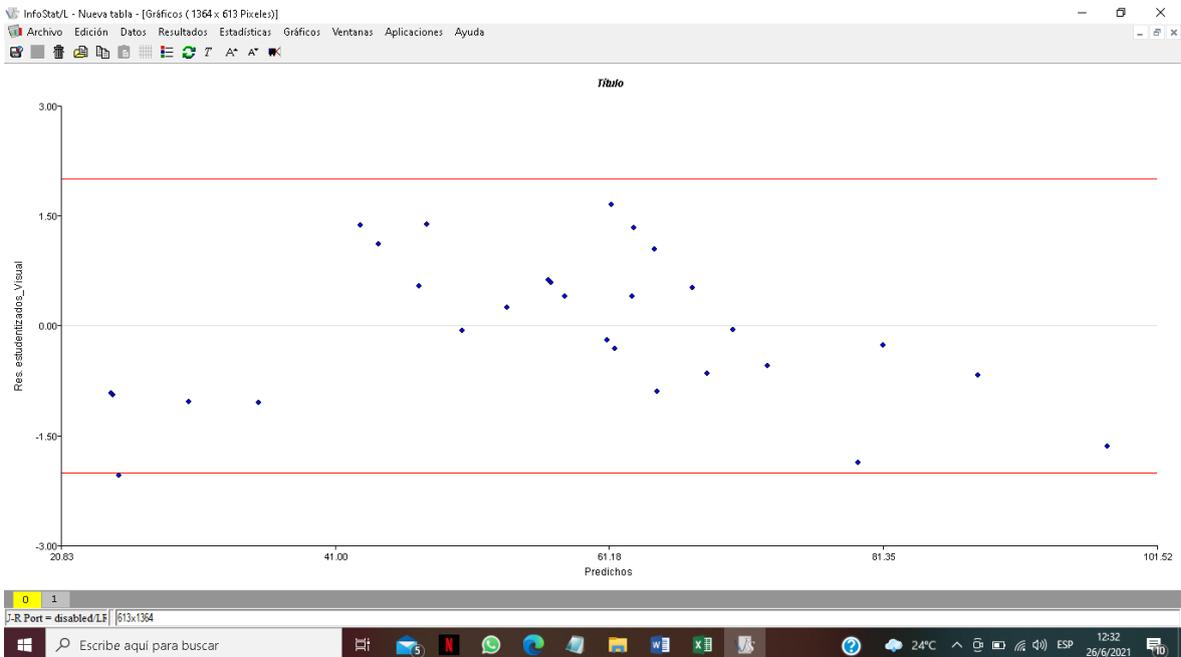
ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA

J-R Port = disabled LI

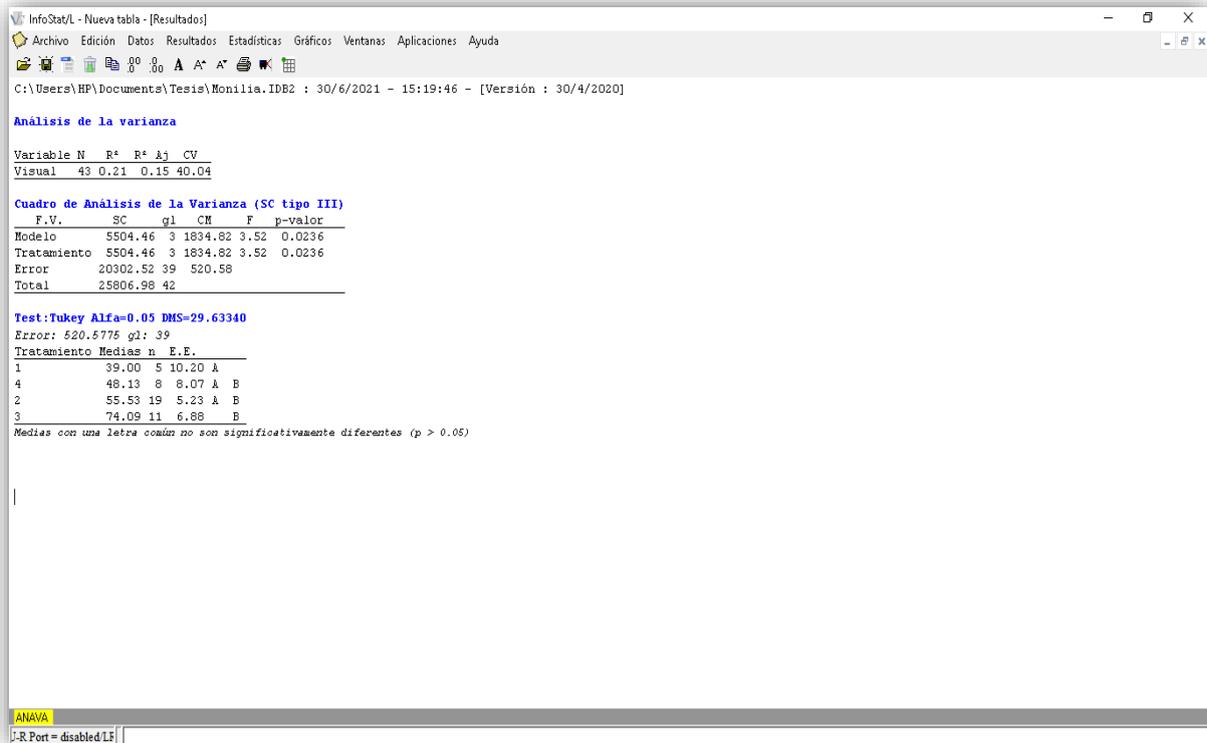
Anexo 13: Anova del análisis del programa Leaf Doctor de *Phytophthora sp*, en las mazorca de cacao CCN-51



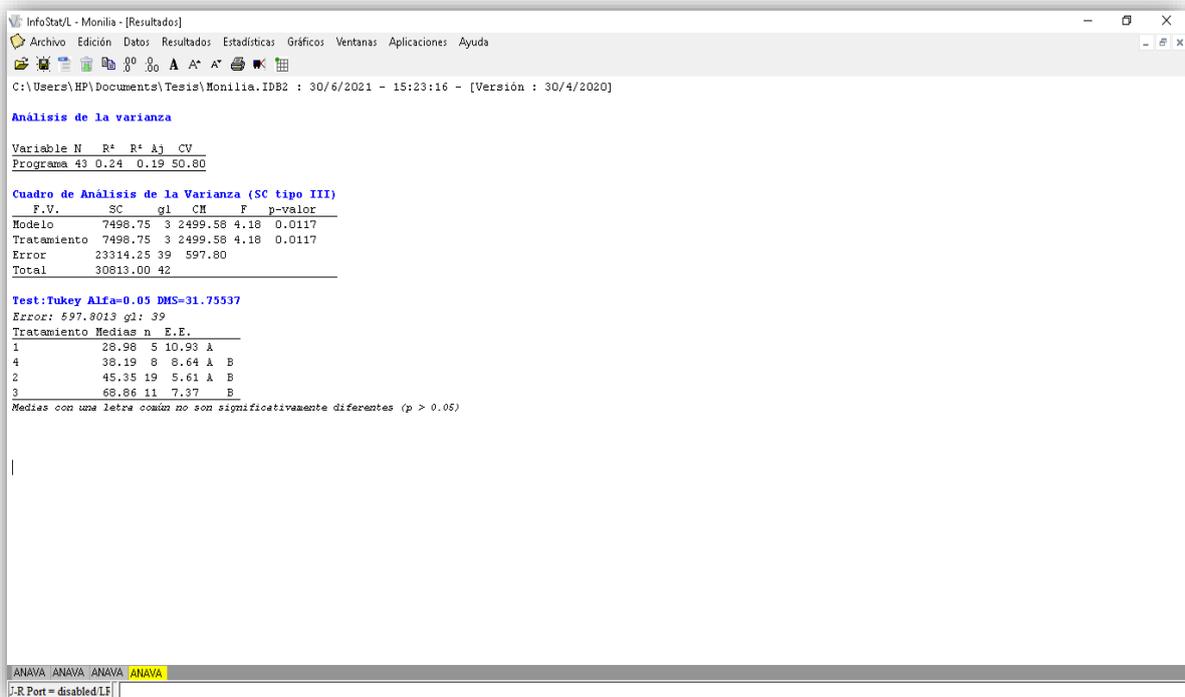
Anexo 14: Coeficiente de regresión de *Phytophthora sp*.



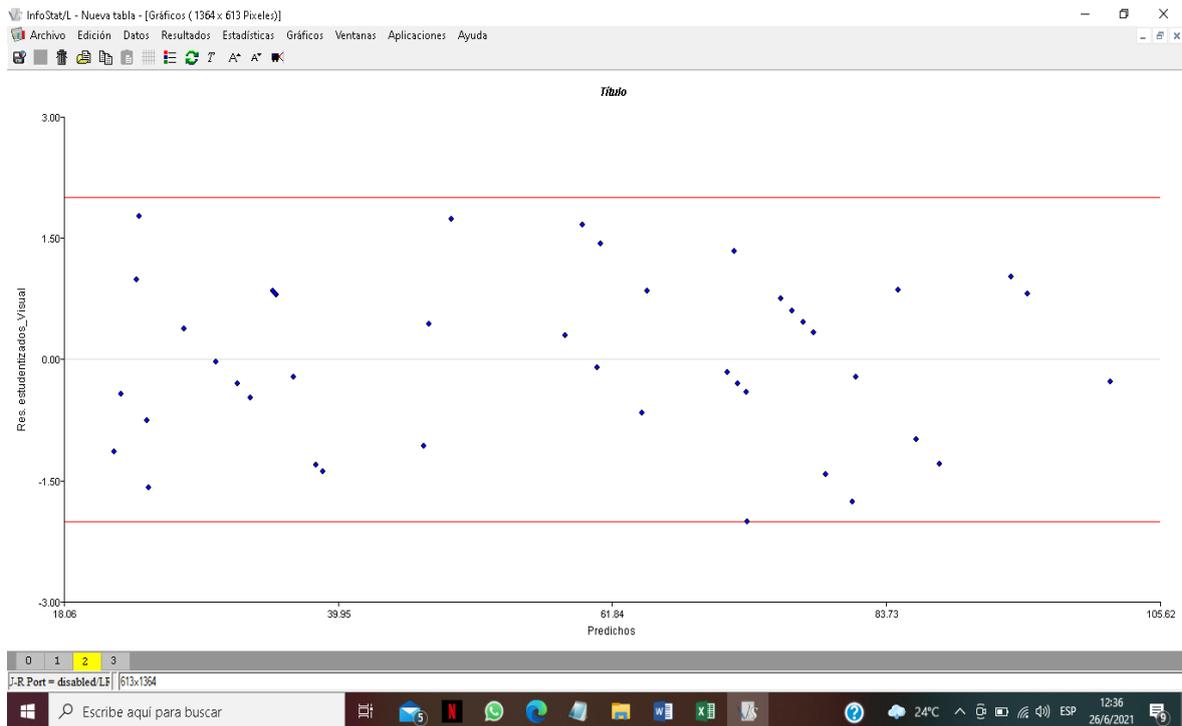
Anexo 15: Anova del análisis visual de *M. royeri*, en las mazorca de cacao CCN-51.



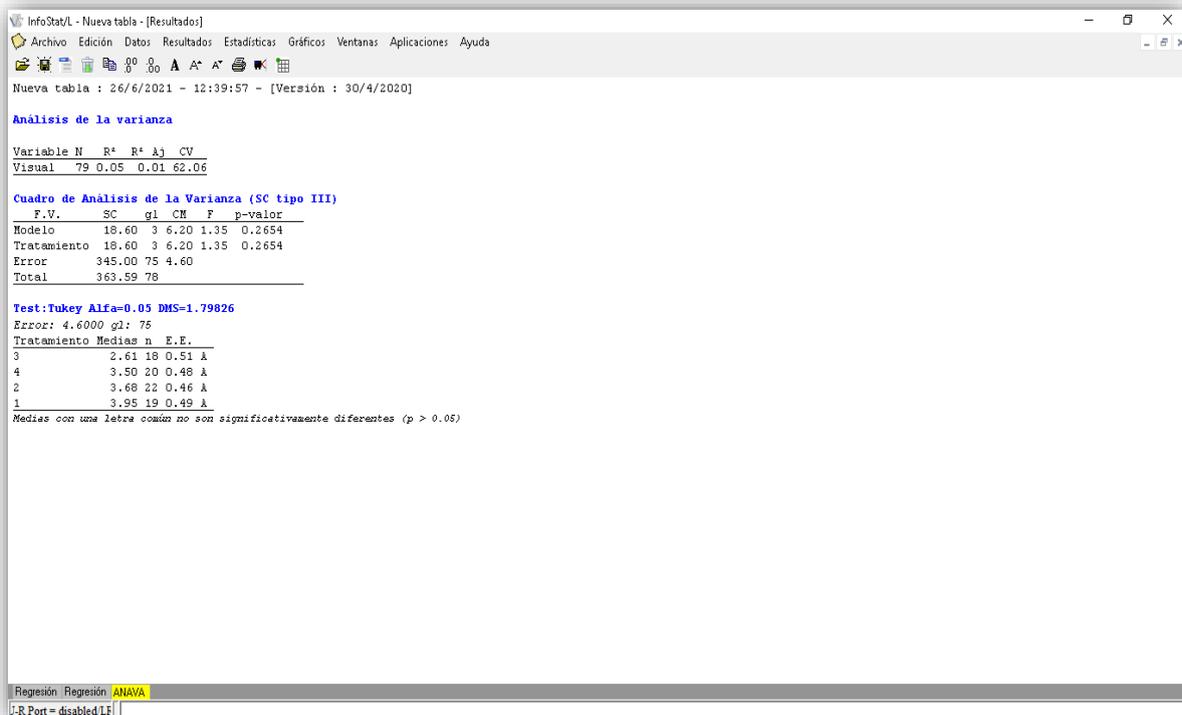
Anexo 16: Anova del análisis del programa Leaf Doctor de *M. royeri*, en las mazorca de cacao CCN-51.



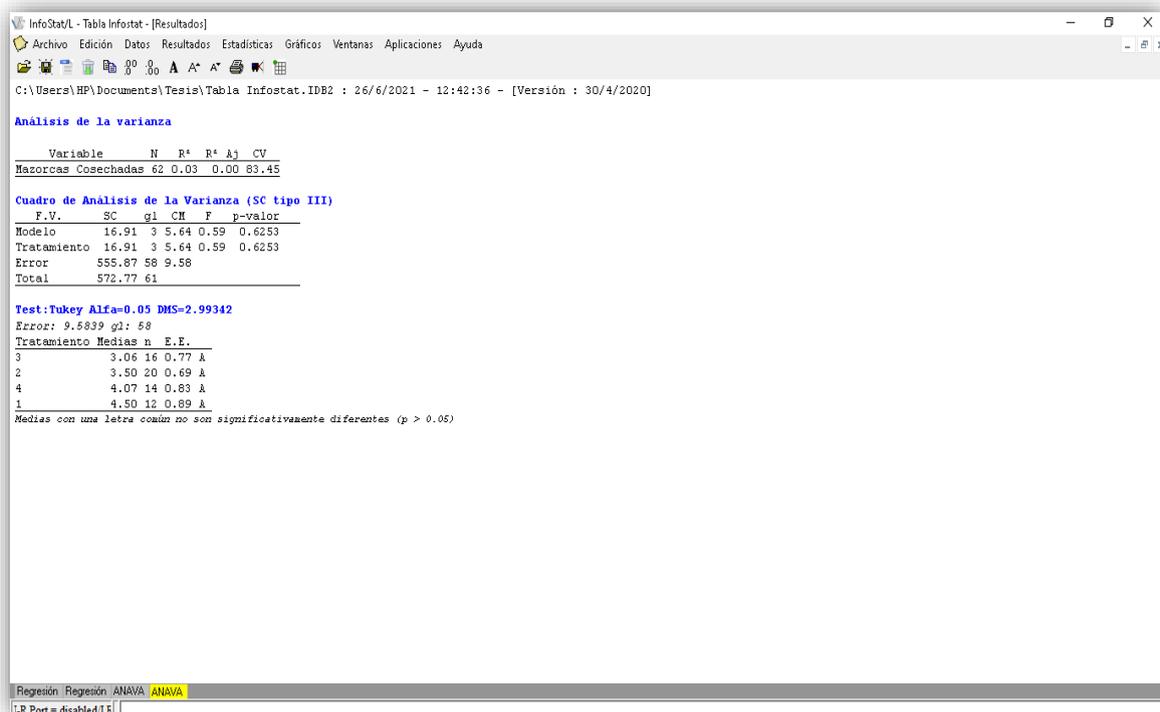
Anexo 17: Coeficiente de regresión de *M. royeri*.



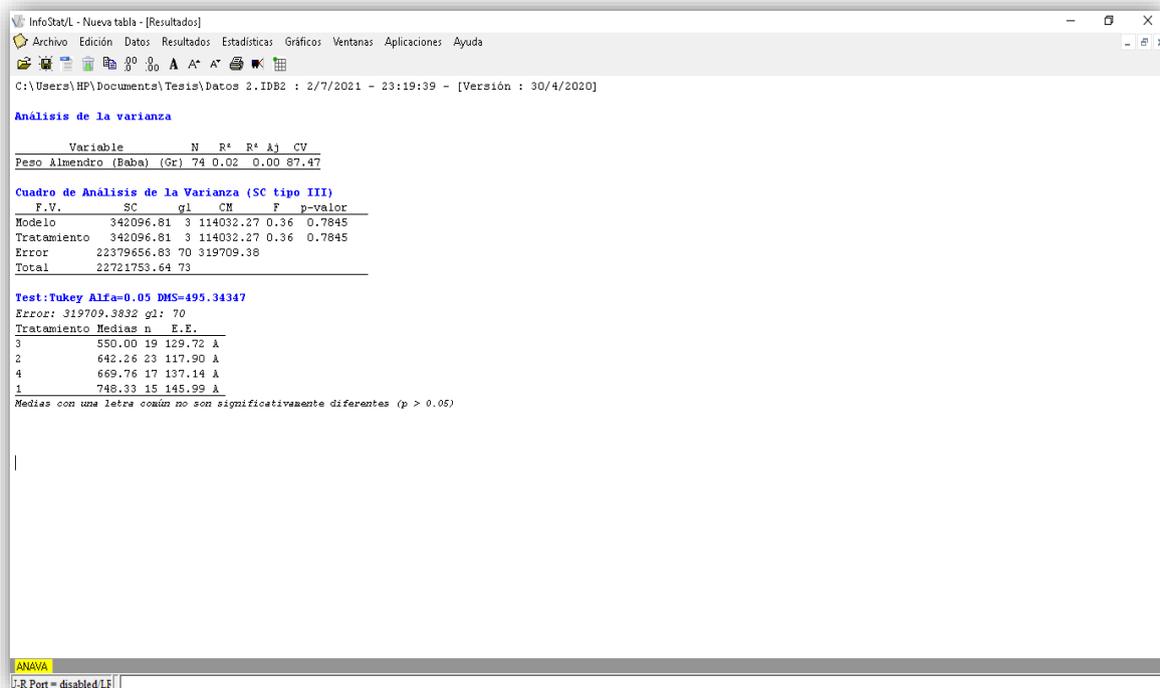
Anexo 18: Anova de *M. pernicioso*.



Anexo 19: Anova de las mazorcas cosechadas.



Anexo 20: Anova del peso de almendro baba (Gramos).



Anexo 21: Anova del peso de almendro seco (Gramos)

InfoStat/L - Datos 2 - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

C:\Users\HP\Documents\Tesis\Datos 2.IDB2 : 2/7/2021 - 23:20:18 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Peso Almendro Seco (Gr)	74	0.02	0.00	88.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99863.27	3	33287.76	0.44	0.7263
Tratamiento	99863.27	3	33287.76	0.44	0.7263
Error	5315748.58	70	75939.27		
Total	5415611.85	73			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=241.41372
 Error: 75939.2654 gl: 70

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3	270.95	19	63.22 A
2	285.91	23	67.46 A
4	347.18	17	66.84 A
1	357.67	15	71.15 A

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

ANAVA ANAVA

J-R Port = disabled LI

Anexo 22: Anova del número de semilla por mazorca.

InfoStat/L - Datos 2 - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

C:\Users\HP\Documents\Tesis\Datos 2.IDB2 : 2/7/2021 - 23:21:16 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Numero de Semillas por Maz..	74	0.01	0.00	80.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10623.91	3	3541.30	0.16	0.9256
Tratamiento	10623.91	3	3541.30	0.16	0.9256
Error	1590101.50	70	22715.74		
Total	1600725.41	73			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=132.03594
 Error: 22715.7357 gl: 70

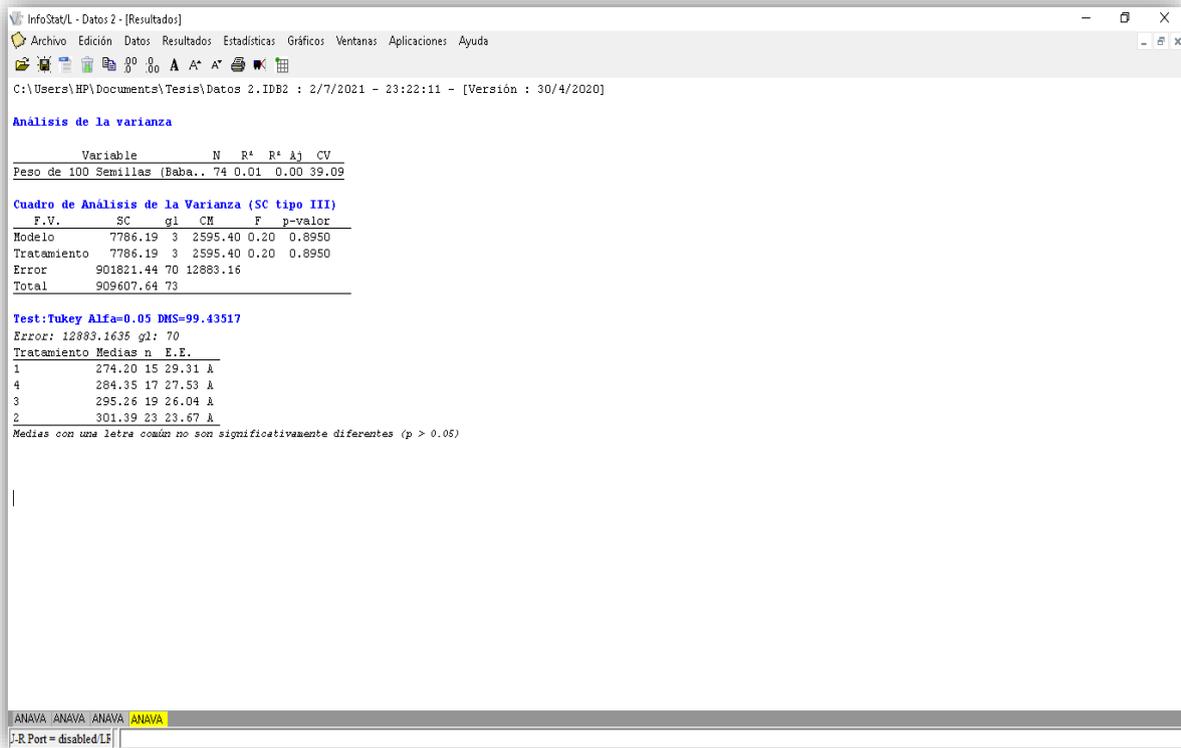
Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	178.52	23	31.43 A
4	179.53	17	36.55 A
3	188.11	19	34.58 A
1	210.13	15	38.92 A

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

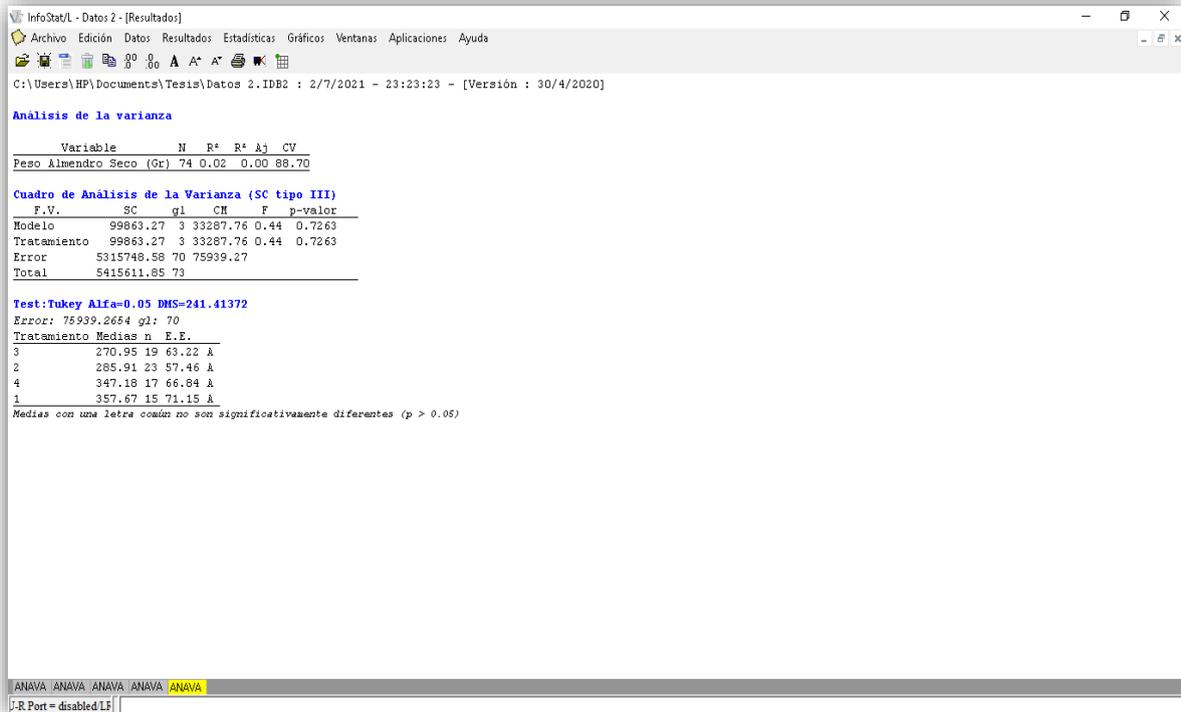
ANAVA ANAVA ANAVA

J-R Port = disabled LI

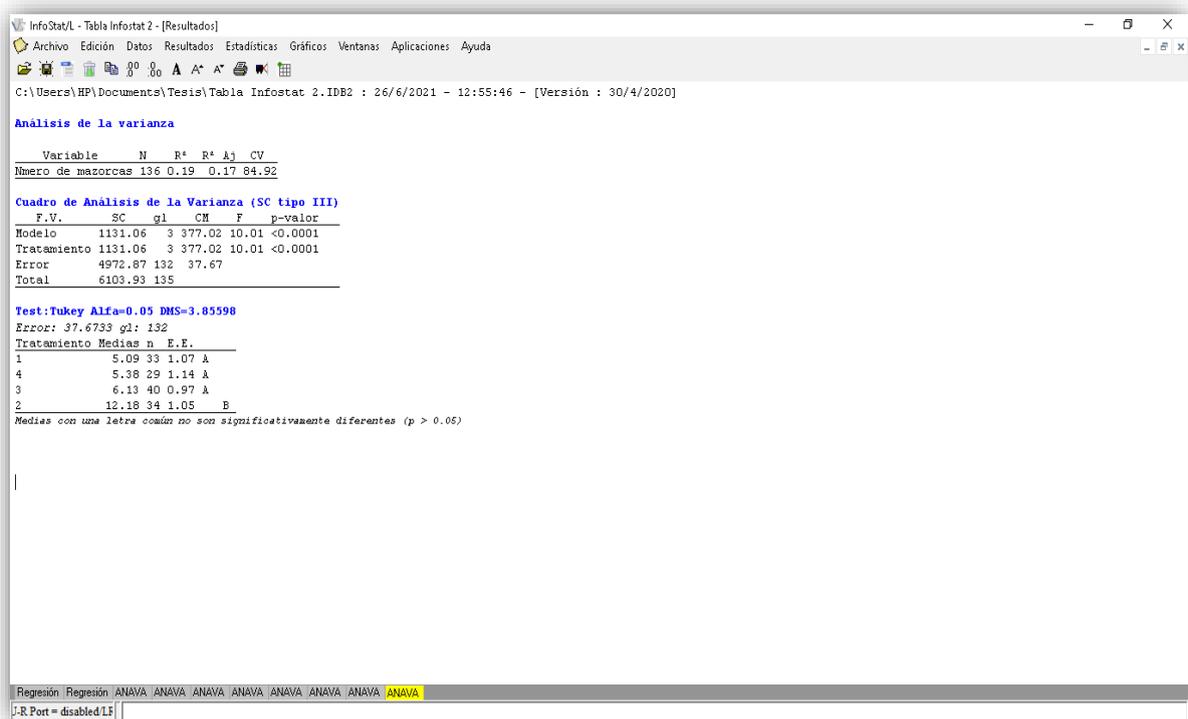
Anexo 23: Anova del peso de 100 semillas en baba.



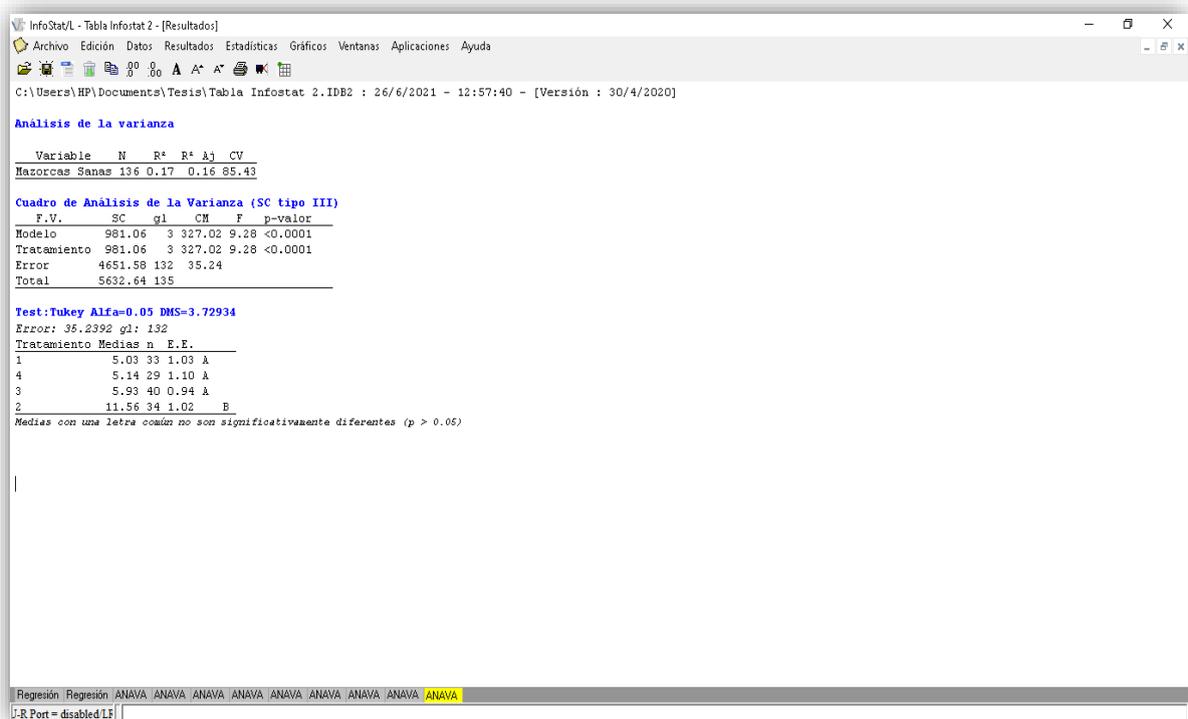
Anexo 24: Anova del peso 100 semillas en seco.



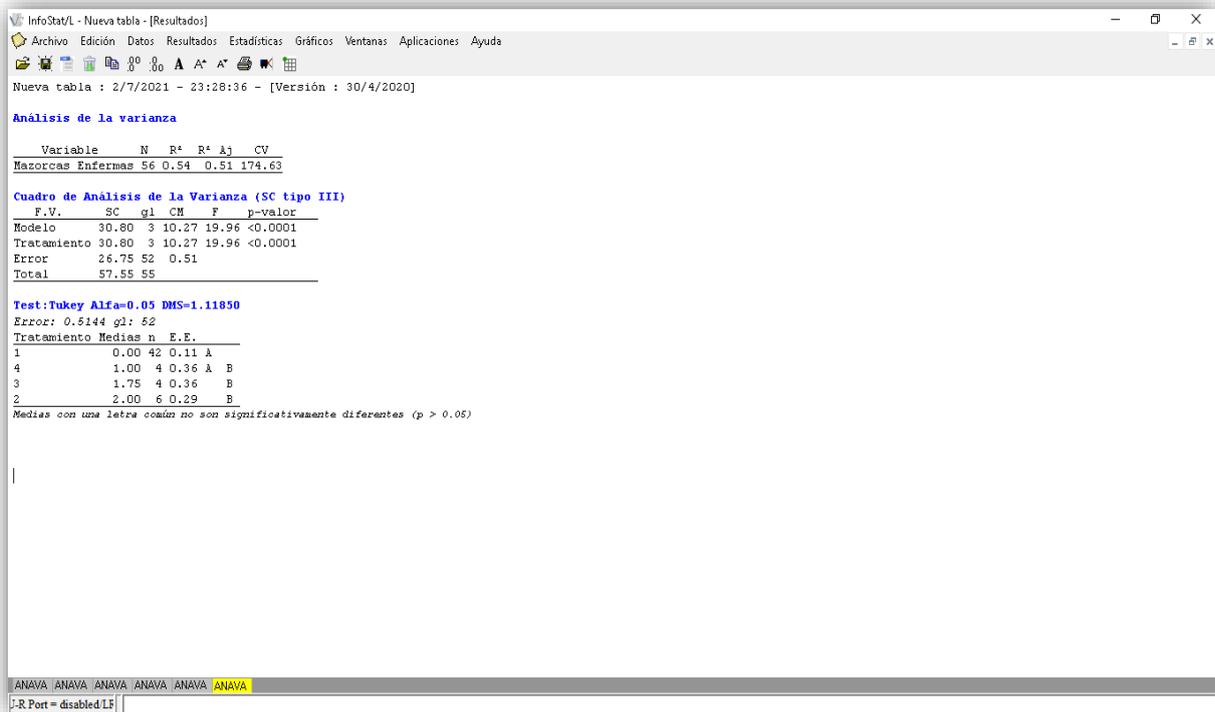
Anexo 25: Anova del número de mazorca



Anexo 26: Anova de las mazorcas sanas



Anexo 27: Anova de las mazorcas enfermas.



Anexo 28: Anova de las mazorca descartes.

