



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

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

**Título de proyecto de investigación:**

Evaluación de la severidad de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.

**Autor:**

Nicole Andreina Conforme Anzules

**Director del proyecto de investigación:**

Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

**Quevedo- Los Ríos-Ecuador**

**2021**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **NICOLE ANDREINA CONFORME ANZULES**, 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;



---

**NICOLE ANDREINA CONFORME ANZULES**

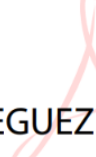
**AUTORA**

# 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 **NICOLE ANDREINA CONFORME ANZULES**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la severidad de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.**”, 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  
12:56:39 -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 “**Evaluación de la severidad de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.**”, perteneciente al estudiante de la carrera de agronomía **Nicole Andreina conforme Anzules**, 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 1%.

URKUND	
Documento	<a href="#">TESIS Urkund Conforme 03-08-2021.docx</a> (D110963149)
Presentado	2021-08-03 08:49 (-05:00)
Presentado por	Favio (fherrerae@uteq.edu.ec)
Recibido	fherrerae.uteq@analysis.orkund.com
	1% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

FAVIO  
EDUARDO  
HERRERA EGUEZ

Digitally signed by  
FAVIO EDUARDO  
HERRERA EGUEZ  
Date: 2021.08.05  
12:56:39 -05'00'

---

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



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGREPRCUARIAS  
CARRERA DE AGRONOMIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

“Evaluación de la severidad de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.”

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Autora:**

Nicole Andreina Conforme Anzules

Aprobado por:

---

Fabricio Canchignia Martínez, PhD

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Carlos Belezaca Pinargote

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Raquel Guerrero Chuez

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por darme sabiduría y entendimiento para llevar a cabo la realización de esta investigación.

A mi familia por su comprensión, motivación y apoyo que me han brindado a lo largo de este camino

Gracias al cuerpo de docentes por cada consejo, experiencias que compartieron conmigo.

De igual manera a mi director de tesis, Dr. Favio Herrera por la confianza que me brindo para que este proyecto de investigación se lleve a cabo.

Finalmente agradezco a mis amigos: Jenniffer Ramírez, Erika Cevallos, Henry Cárcamo, Ángel Macías que me ayudaron de manera desinteresada, por compartir tantos momentos y anécdotas especiales que han pasado a lo largo de nuestras vidas

**Nicole Andreina Conforme Anzules**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis de manera especial a mis padres por haberme ayudado en la construcción de mi vida profesional.

A mis hermanos por estar siempre pendiente en cada paso que doy y preocuparse para seguir con mis objetivos de alcanzar mis metas.

**Nicole Andreina Conforme Anzules**

## RESUMEN

La antracnosis del frejol causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*, es una de las enfermedades que afecta a casi todas las áreas productoras del frejol en el mundo. El trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Mocache en la Finca Experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en el Km. 7 de la Vía Quevedo - El Empalme. El objetivo general de la presente investigación fue evaluar la severidad de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio. Se utilizó la variedad fréjol cuarentón en un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. El fertilizante usado en el ensayo fue SILMAG Silicio 32% (SiO<sub>2</sub>) con dos aplicaciones a los 15 días después de la siembra (dds) y a los 45 dds. Se evaluó la severidad usando escalas visuales y un procesador de imágenes. Entre las variables que se evaluaron están severidad de antracnosis, rendimiento y análisis económico tipo beneficio/costo de cada tratamiento. Para validar el programa se realizó un análisis de correlación y para el resto de las variables se aplicó la prueba de Tukey al 95% con el fin de identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos. De los resultados obtenidos se demuestran, que la aplicación Leaf Doctor es una herramienta muy útil para medir y evaluar la severidad de la enfermedad de la antracnosis con una correlación de  $R^2 = 0.75-0.97$  (hojas y vainas) con la escala de evaluación visual. Además, la toma de muestra para la evaluación de antracnosis puede ser tomada en diferente altura de la planta ya que no hay diferencia estadística en ello. En referencia al rendimiento ningún tratamiento muestra diferencia estadística y ningún tratamiento es más rentable, en el análisis de B/C del control es superior con un valor de 1 mientras que de los demás tratamientos que llevan silicio el T3 supera a los demás con un valor de 0,77.

**Palabra claves:** Fertilización, manejo fitosanitario, LeafDoctor, fitopatógeno.

## ABSTRACT

Bean anthracnose caused by the fungus *Colletotrichum lindemuthianum* is one of the diseases that affects almost all bean producing areas in the world. The research work was carried out in the locality of Mocache in the Experimental Farm "La María", of the State Technical University of Quevedo located at Km. 7 of the Quevedo - El Empalme road. The general objective of this research was to evaluate the severity of anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) quarantine variety under the effect of silicon application. The quarantine bean variety was used in a randomized complete block design with seven treatments and three replications. The fertilizer used in the trial was SILMAG Silicium 32% (SiO<sub>2</sub>) with two applications at 15 days after sowing (dds) and at 45 dds. Severity was evaluated using visual scales and an image processor. Among the variables evaluated were anthracnose severity, yield and economic benefit/cost analysis of each treatment. To validate the program, a correlation analysis was performed and for the rest of the variables the Tukey test at 95% was applied to identify statistical differences between treatments. The results obtained show that the Leaf Doctor application is a very useful tool for measuring and evaluating the severity of the anthracnose disease with a correlation of  $R^2 = 0.75-0.97$  (leaves and pods) with the visual evaluation scale. In addition, sampling for anthracnose evaluation can be done at different plant heights as there is no statistical difference. In reference to yield no treatment shows statistical difference and no treatment is more profitable, in the B/C analysis the control is superior with a value of 1 while of the other treatments that carry silicon the T3 outperforms the others with a value of 0.77.

**Keywords:** Fertilization, phytosanitary management, LeafDoctor, phytopathogen.

# ÍNDICE

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
Certificado de aprobación por tribunal de sustentación.....	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Índice.....	x
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xv
Código Dublin.....	xvi
Introducción.....	1

## CAPÍTULO 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. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5

## CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.....	7
2.1.1. Generalidades del cultivo del fréjol.....	7
2.1.2. Taxonomía.....	7
2.1.3. Morfología.....	7
2.1.3.1. Raíz.....	7

2.1.3.2. Tallos y ramas.....	8
2.1.3.3. Hojas .....	8
2.1.3.4. Inflorescencia y flor .....	8
2.1.3.5. Fruto.....	9
2.1.3.6. Semilla.....	9
2.1.4. Requerimientos nutricionales.....	9
2.1.5. Antracnosis .....	10
2.1.5.1. Agente Causal.....	10
2.1.5.2. Taxonomía .....	10
2.1.5.3. Ciclo de vida.....	11
2.1.5.4. Sintomatología.....	12
2.1.6. Escala de evaluación de la enfermedad .....	12
2.1.7. Manejo de la enfermedad .....	13
2.1.7.1. Control cultural.....	13
2.1.7.2. Control químico.....	13
2.1.8. Silicio.....	13
2.1.8.1. Importancia del silicio en las plantas .....	14
2.1.8.2. Beneficios del silicio en los controles fitosanitarios .....	15
2.1.9. Relación beneficio / costo .....	15

### CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la Investigación.....	18
3.2. Método de Investigación.....	18
3.3. Fuentes de Recopilación de Información.....	18
3.4. Materiales.....	18
3.4.1. Materiales de campo .....	18
3.4.2. Insumos .....	19
3.4.3. Material de oficina .....	19
3.4.4. Material vegetal .....	19
3.5. Diseño de la investigación .....	19
3.5.1. Factores en estudio.....	19
3.5.2. Diseño experimental .....	19
3.5.3. Esquema del análisis de varianza .....	20

3.5.4.	Tratamientos .....	20
3.5.5.	Características de las parcelas experimentales.....	21
3.6.	Manejo del experimento .....	21
3.6.1.	Preparación del suelo y delimitación de parcelas .....	21
3.6.2.	Tratamiento a la semilla .....	22
3.6.3.	Siembra.....	22
3.6.4.	Raleo y riego.....	22
3.6.5.	Control de maleza.....	22
3.6.6.	Control de plagas.....	22
3.6.7.	Presencia de antracnosis .....	22
3.6.8.	Aplicación de los tratamientos.....	23
3.6.9.	Evaluación de los tratamientos .....	23
3.6.10.	Cosecha .....	23
3.7.	Variables evaluadas .....	23
3.7.1.	Severidad de antracnosis .....	23
3.7.2.	Rendimiento.....	25
3.7.3.	Análisis económico.....	25

#### CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Evaluación de la severidad de la antracnosis en el cultivo de frejol usando escalas de evaluación visual y procesador de imágenes Leaf Doctor .....	27
4.2.	Determinar el rendimiento que disminuye la enfermedad de la antracnosis .....	31
4.3.	Discusión.....	31

#### CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	35
5.2.	Recomendaciones .....	36

#### CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

6.1.	Bibliografía .....	38
------	--------------------	----

CAPITULO VII: ANEXOS.....	43
---------------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación taxonómica del frejol.....	7
<b>Tabla 2:</b> Clasificación taxonómica de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	11
<b>Tabla 3:</b> Esquema para el análisis de varianza. ....	20
<b>Tabla 4:</b> Tratamientos a realizarse en el presente ensayo.....	20
<b>Tabla 5.</b> Características de las parcelas experimentales. ....	21
<b>Tabla 6.</b> Escala de muestra para la evaluación de la enfermedad.....	24
<b>Tabla 7:</b> Análisis de los rendimientos con sus respectivas dosis de silicio. ....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Escala visual de severidad de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . .....	25
<b>Figura 2:</b> Correlación de la evaluación visual y Leaf Doctor sobre las vainas .....	27
<b>Figura 3:</b> Correlación de la evaluación visual y Leaf Doctor sobre las hojas .....	28
<b>Figura 4:</b> Análisis de la severidad de la antracnosis en las hojas .....	29
<b>Figura 5:</b> Análisis de la severidad de la antracnosis en las vainas .....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Preparación del terreno en la Finca Experimental “La María” .....	44
<b>Anexo 2.</b> Mapa del diseño del experimento (Bloques Completos al Azar) .....	44
<b>Anexo 3</b> Análisis de suelo de la finca experimental la “María” .....	45
<b>Anexo 4.</b> Establecimiento del cultivo de frejol de 15, 25,35 y 45 días. ....	45
<b>Anexo 5.</b> Recolección de datos de vainas y hojas .....	46
<b>Anexo 6.</b> Fotos tomadas por el programa Leaf Doctor en hojas y vainas.....	46
<b>Anexo 7:</b> Captura de la consulta de precio sobre el frejol en la página del SIPA. ....	47
<b>Anexo 8:</b> Cosecha de frejol.....	47
<b>Anexo 9:</b> Resultados del análisis económico del control .....	48

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Evaluación de la severidad de antracnosis ( <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ) en el cultivo de frejol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) var. cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.
<b>Autor:</b>	Nicole Andreina Conforme Anzules
<b>Palabras claves:</b>	Frejol arbustivo. silicio, antracnosis, severidad, tratamientos
<b>Fecha de publicación:</b>	
<b>Editorial:</b>	
<b>Resumen:</b> (hasta 300 palabras)	<p>La antracnosis del frejol causada por el hongo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>, es una de las enfermedades que afecta a casi todas las áreas productoras del frejol en el mundo. El trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Mocache en la Finca Experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en el Km. 7 de la Vía Quevedo - El Empalme. El objetivo general de la presente investigación fue evaluar la severidad de la antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) en el cultivo de frejol arbustivo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) variedad cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio. Se utilizó la variedad fréjol cuarentón en un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. El fertilizante usado en el ensayo fue SILMAG Silicio 32% (SiO<sub>2</sub>) con dos aplicaciones a los 15 días después de la siembra (dds) y a los 45 dds. Se evaluó la severidad usando escalas visuales y un procesador de imágenes. Entre las variables que se evaluaron están severidad de antracnosis, rendimiento y análisis económico tipo beneficio/costo de cada tratamiento. Para validar el programa se realizó un análisis de correlación y para el resto de las variables se aplicó la prueba de Tukey al 95% con el fin de identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos. De los resultados obtenidos se demuestran, que la aplicación Leaf Doctor es una herramienta muy útil para medir y evaluar la severidad de la enfermedad de la antracnosis con una correlación de <math>R^2 = 0.75-0.97</math> (hojas y vainas) con la escala de evaluación visual. Además, la toma de muestra para la evaluación de antracnosis puede ser tomada en diferente altura de la planta ya que no hay diferencia estadística en ello. En referencia al rendimiento ningún tratamiento muestra diferencia estadística y ningún tratamiento es más rentable, en el análisis de B/C del control es superior con un valor de 1 mientras que de los demás tratamientos que llevan silicio el T3 supera a los demás con un valor de 0,77.</p>
<b>Descripción:</b>	
<b>URI:</b>	

## INTRODUCCIÓN

El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en muchas partes del Ecuador. Es relativamente económico para ingresos, empleo rural y un producto básico en la alimentación de la población, es conocido por su alto contenido en proteínas y minerales

Los principales problemas para la producción del cultivo de frejol están relacionados con la alta incidencia de enfermedades y plagas, que se agravan por el uso generalizado de semilla de variedades regionales susceptibles. Esto exige un alto uso de plaguicidas para su mando con consecuencias negativas como la alta exposición y riesgo de los trabajadores a intoxicaciones, contaminación del medio ambiente y los riesgos de que el frejol producido bajo estas condiciones pueda contener residuos tóxicos y bajar sus niveles rendimiento, adaptabilidad y resistencia Pinzón *et al.* (2017) indica que la aplicación de macro y micronutrientes ha sido documentada ampliamente para la obtención de cultivos altamente productivos y saludables. Actualmente, elementos como el silicio (Si), el segundo elemento más abundante en el suelo, después del oxígeno, están presentes en minerales de silicato (óxido de silicio) y aluminosilicatos.

El silicio representa aproximadamente el 90% de todos los minerales terrestres, no se considera esencial pero sí beneficioso en algunos cultivos importantes, siendo un elemento que contribuye significativamente a la productividad y cultivos saludables, debido a que promueve la síntesis de metabolitos de bajo peso molecular con actividad antifúngica como las fitoalexinas. También genera un mayor crecimiento en plantas en condiciones de estrés biótico y abiótico, con capacidad de disminuir el estrés oxidativo causado por la toxicidad de metales pesados.

En muchas investigaciones se señala al silicio como un 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 insectos, dañan su aparato bucal

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La antracnosis del frejol, causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*, es una de las enfermedades que afecta a casi todas las áreas productoras de frejol en el mundo. Produce pérdidas en términos tanto de rendimiento como en calidad en frejol seco y tierno. En Ecuador constituye la segunda enfermedad de importancia económica para el mencionado cultivo. Una de las estrategias de control utilizada por los productores es el uso de agroquímicos ante el menor indicio de presencia de esta enfermedad, afectando así el ecosistema de este cultivo al aplicarlos indiscriminadamente. El uso frecuente y prolongado de estos agroquímicos genera resistencia al patógeno, por lo cual cada vez se aplica mayor cantidad, afectando la economía del productor y la fertilidad del suelo, el cual con cada ciclo productivo se desgasta más, y al estar el suelo en ese estado es más proclive a que el cultivo establecido sea más susceptible a plagas y enfermedades. La elaboración de este trabajo investigativo propone el análisis de la epidemiología de la antracnosis en cultivo de frejol bajo la adición de silicio, y mediante el uso de software se permitirá evaluar el progreso de la enfermedad para de esta manera establecer momentos en los cuales es necesario el control con agroquímicos.

### **1.1.2. Formulación del problema**

La falta de información sobre la epidemiología de la enfermedad permite que los productores apliquen agroquímicos en grandes cantidades para su control en momentos que no son necesarios de acuerdo con umbrales económicos, disminuyendo la fertilidad del suelo y consecuentemente el rendimiento del cultivo.

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿El uso de Leaf Doctor como herramienta de evaluación de la antracnosis tiene relación con las escalas de evaluación establecidas en la literatura?

¿Qué dosis de aplicación de silicio en el cultivo de frejol disminuye la severidad de la antracnosis en el campo?

¿Qué dosis de aplicación de silicio es económicamente viable para el productor de frejol?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la severidad de la antracnosis (*C. lindemuthianum*) en el cultivo de frejol arbustivo (*P. vulgaris* L.) variedad cuarentón bajo el efecto de la aplicación de silicio.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la severidad de la antracnosis en el cultivo de frejol usando escalas de evaluación visual y el procesador de imágenes Leaf Doctor.
- Determinar la dosis de silicio que disminuye la severidad de la antracnosis en frejol.
- Realizar un análisis de beneficio-costeo de los tratamientos en estudio.

### 1.3. Justificación

El frejol (*P. vulgaris* L.) es consumido en el Ecuador y el mundo. Su grano es una fuente alimenticia muy importante para la población por su contenido de vitaminas, fósforo, vitamina B1, y hierro, por lo que es fundamental en el suministro alimenticio, sobre todo, en las zonas rurales de nuestra población donde es una alternativa para su producción. El frejol tiene un bajo costo de producción debido a la escasa disponibilidad de variedades mejoradas, lo que permite su accesibilidad y comercialización. Según el INEC en el Ecuador hasta el año 2013 la superficie sembrada del cultivo de frejol fue de 38,858 ha, de las cuales 27,682 ha, se sembraron con cultivos asociados y 11,176 ha, en monocultivo con una producción total de 10,774 Tm.

Teniendo presente dicha información se hace prioritario el cuidado de los procesos de producción para evitar al máximo la pérdida de este producto debido a la variedad de enfermedades y fitopatógenos que la puedan afectar y es de allí de donde surge la importancia de la presente propuesta de investigación, que trata de determinar el nivel de incidencia de la aplicación de diferentes dosis de silicio con respecto a la antracnosis (*C. lindemuthianum*), enfermedad de importancia económica para el cultivo.

Se considera al silicio como un elemento benéfico dentro de un sistema de fertilización, existiendo investigaciones en las cuales se utiliza este elemento y que generan resultados positivos en el control de patologías y consecuentemente aumento de rendimiento. Además, el uso de una aplicación (LeafDoctor) se propone como una nueva herramienta que permitirá a los productores determinar la severidad de la enfermedad en campo cuando se presente en su cultivo, de esta manera el productor podría realizar controles preventivos antes que la enfermedad disminuya sus rendimientos.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco teórico

### 2.1.1. Generalidades del cultivo del fréjol

El fréjol (*P. vulgaris*) dentro del grupo de las leguminosas comestibles, es considerado como el más importantes debido a su gran distribución dentro de los cinco continentes, por ser ampliamente nutricional e indispensable en la dieta alimenticia. Tradicionalmente es muy importante en América latina (IICA, 2009). Esta especie es afectada por el frío, la humedad y a cambio brusco del clima, es altamente sensible a enfermedades que afectan su productividad (Hernández, 2009).

### 2.1.2. Taxonomía

Según Valladares (2010), la clasificación taxonómica del fréjol es la siguiente:

**Tabla 1:** Clasificación taxonómica del fréjol.

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Tribu</b>	Phaseoleae
<b>Género</b>	<i>Phaseolus</i>
<b>Especie</b>	<i>vulgaris</i>

### 2.1.3. Morfología

#### 2.1.3.1. Raíz

En la primera etapa de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte en la raíz principal o primaria. Después de la aparición de la radícula se

puede distinguir las raíces secundarias, las cuales se desarrollan en la parte superior de la raíz principal. En general, el sistema radical es superficial, debido a que los mayores volúmenes de raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Presenta además nódulos que son muy importante ya que ayudan a colonizar por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales ayudan a fijar el nitrógeno que contribuyen a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (Arias *et al.*, 2007).

#### **2.1.3.2. Tallos y ramas**

Los tallos y las ramas muestran una forma cilíndrica con ligeros bordes, generalmente tienen un diámetro mayor que las ramas y pueden ser erectos según el ámbito del crecimiento de la variedad. Los tallos presentan diferente coloración de acuerdo a la especie. El número de entrenudos y guías o ramas laterales es variado y en los tipos indeterminados al crecer las ramas laterales tienden a enrollarse y entrelazarse. La ramificación se produce en la parte basal del tallo y se inicia a los 15 o 20 días después de la emergencia (ASPROMOR, 2012).

#### **2.1.3.3. Hojas**

Las hojas primarias o embrionarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta y las hojas verdaderas son trifoliadas. La forma de los folíolos puede ser lineal, lanceolada u ovalada. La orientación de las hojas es de tipo plano en las variedades cultivadas y erectas en las variedades silvestres. El área foliar se incrementa con la edad de la planta. En la etapa de fructificación las hojas caen (ASPROMOR, 2012).

#### **2.1.3.4. Inflorescencia y flor**

El primer tallo floral se origina en la axila, entre las hojas y el tallo, se desarrolla en la parte media de las plantas; a partir de esta, la floración progresa hacia arriba y hacia abajo. Las flores se dan en pequeños racimos y dependiendo de la variedad, son: blancas, blancas con manchas moradas, moradas o amarillas. Presentan cinco pétalos que reciben nombres específicos, un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados que forman la quilla. Las flores son hermafroditas, por lo que son preferentemente autógena. Sin embargo, existe un 5 % de polinización cruzada, principalmente por insectos (ASPROMOR, 2012).

#### **2.1.3.5. Fruto**

Es una vaina lineal o encorvada que consigue un tamaño de 10 a 25 cm de longitud y de 1.5 a 3.2 cm de diámetro. Contiene de 6 a 21 granos por vaina. Las vainas presentan un color verde o rojizos. Las valvas están adheridas al pedúnculo creando ángulos de 30 a 90°; son erectos o colgantes, dependiendo del ángulo que formen (ASPRMOR, 2012).

#### **2.1.3.6. Semilla**

Las semillas pueden llegar a tener diferentes formas y colores. Estos pueden ser: crema, marrón rojizo, negro y en algunas variedades muestran manchas pequeñas de diferente tamaño; y en forma de aspecto redondo, oval y cuadrada. Su textura es lisa, áspera o rugosa (ASPRMOR, 2012).

### **2.1.4. Requerimientos nutricionales**

El frejol tiene requerimientos relativamente altos en nitrógeno y medianos de fósforo, pero se menciona como una de las pocas especies con menor eficiencia relativa en la fijación de nitrógeno (comparado con otras leguminosas) (INIAP, 2002).

Una parte importante del abastecimiento de nitrógeno (65 a 70%), se manifiesta a través de la fijación simbiótica establecida entre las plantas de fréjol y las bacterias nitrificantes de la especie *Rhizobium phaseoli*. El nitrógeno que no alcanza a ser reemplazada por el transcurso de fijación simbiótica es absorbido desde el suelo por el sistema radicular de las plantas. Debido a esto, la aplicación de nitrógeno debe ser de 60 a 70 kg/ha, la misma que tiene que ser distribuida en dos fracciones; la primera, de 25 a 30 kg/ha al momento de la siembra, en tanto que la segunda, hay que aplicarla a comienzo de la floración, 35 a 40 kg restantes (Terranova, 2005).

Dosis mayores a las señaladas para el momento de la siembra pueden frenar la actividad simbiótica de las bacterias. En general suelos con más de 10 ppm de fósforo no presentan respuesta a la aplicación de este elemento. Las dosis máximas de fósforo recomendadas no superan 60 a 70 kg/ha, exceptuando los suelos trumao (tierra arenisca muy fina), en los

cuales puede ser necesario aplicar cantidades superiores a 120 kg/ha. El nivel crítico de potasio se estima en 80 ppm en el suelo, por lo tanto, sólo se debe aplicar en suelos con bajas cantidades de este nutriente a razón de 40 kg/ha. En cuanto a los micros elementos, el frejol es particularmente sensible a las carencias de zinc, molibdeno, manganeso y cobre (Khadri *et al.*, 2000).

## **2.1.5. Antracnosis**

### **2.1.5.1. Agente Causal**

Esta enfermedad es causada por un hongo cuyo nombre es *Colletotrichum lindemuthianum*, se le encuentra en la mayoría de las áreas productoras de frejol del mundo (Mena y Velásquez, 2010).

*C. lindemuthianum* es un hongo el cual no se ha reportado que lleve a cabo la reproducción sexual en la naturaleza. Es un fitopatógeno que causa las antracnosis en el cultivo de frejol y otras leguminosas. Se han reportado pérdidas de hasta el 95% de la cosecha en cultivares susceptibles de frejol cuando el hongo encuentra las condiciones ambientales favorables para desarrollarse: alta humedad relativa, precipitación frecuente y temperatura entre 18 y 22 °C (Melotto *et al.*, 2000).

*Colletotrichum* comprende el estado asexual (anamorfo) de *Glomerella* (teleomorfo), el cual pertenece al phylum Ascomycota, clase Hypocreomycetidae, orden Glomerellales, familia Glomerellaceae (Réblová *et al.*, 2011).

Glomerellaceae es una familia monotípica caracterizada por peritecios oscuros no estromáticos, ostiolos perifisados bien desarrollados, abundantes paráfisis de pared delgada. *Glomerella* inicialmente se ubicó en el orden Phylacorales, pero algunas de sus características son claramente distintas a la de otros miembros: por ejemplo, su falta de tejido estromático y sus anamorfos exclusivos de *Colletotrichum* (Zhang *et al.*, 2006).

### **2.1.5.2. Taxonomía**

*Colletotrichum* es un género confuso taxonómicamente, debido a que existe variación del nombre del género de acuerdo con su estado sexual; en el año 2012, los miembros de la

Subcomisión Internacional de Taxonomía de *Colletotrichum* (ISTC) apoyaron el uso del término *Colletotrichum* sobre el de *Glomerella* derivado de su mayor uso en ciencias aplicadas; lo que dio la expectativa de generar menores cambios taxonómicos en las especies de ese género (Damm *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2013).

De acuerdo con Mycobank (2017) y UniProt (2002) la clasificación taxonómica del agente causal de la antracnosis es la mostrada en la tabla 2.

**Tabla 2:** Clasificación taxonómica de *Colletotrichum lindemuthianum*.

<b>Dominio</b>	Eucaryota
<b>Reino</b>	Fungi
<b>Subreino</b>	Dikarya
<b>Phylum</b>	Ascomycota,
<b>Subphylum</b>	Pezizomycotina
<b>Clase</b>	Sordariomycetes
<b>Subclase</b>	Hypocreomycetidae
<b>Orden</b>	Glomerellales
<b>Familia</b>	Glomerellaceae
<b>Género</b>	<i>Colletotrichum</i>
<b>Especie</b>	<i>lindemuthianum</i>

### 2.1.5.3. Ciclo de vida

Las conidias, en condiciones de elevada humedad (> 70%) y temperatura moderada (15 – 22 °C), al entrar en contacto con la parte aérea de la planta pueden germinar y producir una estructura para el anclaje y penetración del hongo en el tejido de la planta (apresorio). Posteriormente, comienzan a desarrollarse las hifas y forman un micelio compacto que se alimenta de células del huésped (planta de frejol) apareciendo las lesiones características.

Los primeros ataques suelen ocurrir en zonas de baja exposición a la radiación solar, como el envés de las hojas, o en zonas próximas al suelo. Con el tiempo, en el centro de las lesiones pueden desarrollarse unas masas de un color salmón característico, en cuyo interior se forman las conidioesporas (acérvulos o cuerpo fructífero asexual). Cuando los acérvulos se rompen, se dispersan las conidias con la ayuda de gotas de agua y del viento principalmente (Pérez *et al.*, 2010).

Este proceso, produce nuevas infecciones de plantas colindantes, re-infecciones en la planta o simplemente facilita la conservación en el medio a la espera de una oportunidad para germinar. Las conidias pueden sobrevivir varios años en el suelo, en los restos de la cosecha (hojas, vainas, tallos infectados) y en los materiales usados para el tutorado del cultivo. Además, las hifas pueden sobrevivir en forma latente dentro de la testa de la semilla (piel) aun-que no se manifiesten síntomas claros. De ese modo, las semillas constituyen un mecanismo importante de propagación de la enfermedad en el espacio y el tiempo (Pérez *et al.*, 2010).

#### **2.1.5.4. Sintomatología**

Es común que las primeras lesiones se puedan descubrir en hojas y tallos como lesiones angulares o lineales de color oscuro o rojo ladrillo o bien como pequeños cánceres hundidos. El desarrollo de las plantas se ve comprometido ya que estas pueden morir prematuramente o presentar un crecimiento retardado. Si las condiciones ambientales favorables para el hongo se mantienen por periodos largos entonces se presentarán lesiones por el haz (por arriba) de la hoja (Mena y Velásquez, 2010).

La enfermedad es más notoria en las vainas; aparecen lesiones circulares de color café claro a rojizo, rodeada con un margen o anillo. En el centro de esas lesiones puede observarse el crecimiento del hongo de color anaranjado a rosa durante periodos muy húmedos. Las vainas jóvenes gravemente afectadas pueden “chuparse” o marchitarse si el ataque del hongo es severo ya que son susceptible (ASPROMOR, 2012).

#### **2.1.6. Escala de evaluación de la enfermedad**

Es importante tener en cuenta la etapa de cultivo en donde la enfermedad es más severa para determinar la evaluación del nivel de daño que esta ocasiona, dado que el desarrollo de la

antracnosis en el cultivo varía con las condiciones ambientales, la variedad y las prácticas culturales que se realicen. La frecuencia de toma de datos para las variables antes mencionadas se realiza teniendo en cuenta los estados de desarrollo de la planta de frejol (Ibagón y Perafán).

De acuerdo con la escala propuesta por Tamayo (1995), se evalúa la enfermedad en las etapas V2, V4, R6, R7 y R8. En las etapas V2, V4 y R6 se utiliza la escala para hojas y en las etapas R7 y R8, la escala para vainas.

## **2.1.7. Manejo de la enfermedad**

### **2.1.7.1. Control cultural**

Debe emplearse semilla libre de la enfermedad, producida en áreas con riego de superficie donde las altas temperaturas y baja humedad relativa hacen imposible el desarrollo de la antracnosis. En algunos lugares se utiliza exitosamente el tratamiento con agua caliente (50 – 60 °C) para eliminar el hongo de semilla contaminada, sin embargo, la viabilidad de la semilla es reducida significativamente. Se recomienda la rotación de cultivos cada dos a tres años con cereales como avena, trigo o maíz, así como eliminar las plantas voluntarias de frejol en el siguiente ciclo: las plantas voluntarias son aquellas que nacen de la semilla que se queda en el campo después de la cosecha. Además, se sugiere incorporar los residuos de plantas infectadas en el suelo inmediatamente después de la cosecha (Mena y Velásquez, 2010).

### **2.1.7.2. Control químico**

La aspersión de fungicidas protectores o sistémicos como benomil, clorotalonil, carbendazim o captafol ha sido de limitada efectividad debido principalmente a que tienen que ser aplicados al inicio de la epidemia y a que el follaje debe ser totalmente cubierto. La semilla infectada con este hongo puede ser tratada con fungicidas como benomil o tiofanato metílico, pero de preferencia, es mejor no usarla (Mena y Velásquez, 2010).

## **2.1.8. Silicio**

El silicio no se encuentra libre en la naturaleza y debido a su fuerte afinidad con el oxígeno produce varias formas de SiO<sub>2</sub> u otros silicatos, los cuales están combinados con varios

metales (Al, Fe, Mn, Mg, etc.) (Álvarez y Osorio, 2014). SEPHU (2009) indica que existen recientes que señalan al silicio como un elemento benéfico en la agricultura, , han alcanzando buenos resultados en cultivos como arroz, caña de azúcar y demás gramíneas.

### **2.1.8.1. Importancia del silicio en las plantas**

En la actualidad, se han estudiado sus efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de muchas plantas, particularmente Poaceae y algunas Cyperaceae, con la aplicación de fuentes minerales, especialmente silicatos de magnesio o calcio (Álvarez y Osorio, 2014). Asimismo, la investigación debe enfocarse en cultivos necesarios para la seguridad alimentaria global para asegurar un aumento en su producción y observar sus efectos beneficiosos en cuanto al control de enfermedades, diferentes tipos de estrés y mitigación de metales pesados (Castellanos *et al.*, 2015).

El silicio es absorbido por las raíces en forma de ácido ortosilícico ( $H_4SiO_4$ ) y es transportado por el apoplasto hacia el xilema y la parte aérea de las plantas, para ser acumulado en las células epidérmicas (Mitani y Ma, 2005). En condiciones de campo, puede estimular el crecimiento y la productividad, pues aumenta la disponibilidad de elementos como P, Ca, Mg, K y B, contrarrestando los efectos antagónicos generados en suelos con alta saturación de Al y Fe (Epstein y Bloom, 2005).

Uno de los efectos más importantes en la aplicación de fertilizantes de silicato es el de mejorar la disponibilidad de fósforo en el suelo y beneficiar la absorción del mismo por parte de las plantas cultivadas y, como resultado, el rendimiento de los cultivos, dando como resultado sus más evidentes y efectos valiosos en suelos tropicales donde la fijación de fósforo limita la efectividad de los fertilizantes (Álvarez y Osorio, 2014).

Se sabe que el gel de sílice se deposita entre las paredes celulares de las plantas y contribuye a los efectos beneficiosos del elemento (Álvarez y Osorio, 2014), formando una doble capa cuticular para proteger y reforzar mecánicamente todas las plantas. 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 silificadas” y como “cuerpos de silicio” (Snyder *et al.*, 2001).

### **2.1.8.2. Beneficios del silicio en los controles fitosanitarios**

Se han demostrado los efectos benéficos del silicio en varias especies de plantas y, problemas fitosanitarios, es capaz de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de insectos y patógenos. El silicio puede conferir resistencia a las plantas por su deposición, formando una barrera mecánica, y por su acción como inductor de los distintos procesos de resistencia en las plantas (Castellanos *et al.*, 2015).

Cuando se inicia una enfermedad, la planta dirige todo el silicio disponible al sitio de ataque para reforzar las células circundantes, pero el silicio es inmóvil una vez que se incorpora a la pared celular, puesto que debe existir un suministro constante de Si asimilable para las plantas. La mayor 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).

### **2.1.9. Relación beneficio / costo**

Es una técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos, de tipo económico, social y medio ambiental, que son considerados en la evaluación puramente financiera (Arévalo *et al.*, 2016). Se utiliza para comparar los costos y beneficios de diferentes decisiones. Para efectos de una investigación se puede realizar una evaluación beneficio- costo empleando el método (ACB), que consiste en comparar los beneficios y costos de un proyecto específico y si los primeros superan a los segundos proporciona datos para la toma de decisiones y que tienden a la aceptación del proyecto. En caso contrario se considera que se trata de una inversión no conveniente (Arévalo *et al.*, 2016).

El análisis beneficio - costo permite formular y evaluar proyectos relacionándolos y plantear una propuesta, cuantificándola en términos monetarios, sociales, directos o indirectos con la finalidad de que los beneficios sean mayores a los costos (Harvard Business Press, 2009).

Con la relación beneficio - costo se determinaron en porcentajes el beneficio de cada una de ellas, en su interpretación es: si el resultado es mayor a 1 es aceptable o rentable, si su resultado es igual a 1 no tiene beneficio de lucro ni pérdida y si su resultado es menor a 1 no

es rentable por lo cual el proyecto es rechazado (Arévalo *et al.*, 2016). Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Beneficio Costo} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costo neto}} \times 100$$

**CAPITULO III**  
**METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Localización de la Investigación**

La investigación se realizó en las instalaciones de la Finca 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 altitud Sur a una altitud de 67 m.s.n.m.

### **3.2. Método de 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 fréjol variedad Cuarentón.

### **3.3. Fuentes de Recopilación de Información**

Las fuentes que se utilizaron para la obtención de información fueron artículos de revistas científicas, publicaciones, libros e internet.

### **3.4. Materiales**

#### **3.4.1. Materiales de campo**

- Machete
- Moto guadaña
- Cintas de color
- Estacas
- Balanza y Saquillos
- Carretilla
- Azadón
- Equipo de protección personal (EPP)
- Vaso dosificador
- Bomba de mochila
- Flexómetro y piola

### **3.4.2. Insumos**

- SILMAG Silicio 32% ( $\text{SiO}_2$ ), 4% ( $\text{P}_2\text{O}_3$ ), 17% ( $\text{CaO}$ ) y 5% ( $\text{MgO}$ )
- Fertilizantes (NPK 10-30-10).
- Herbicida (Glifosato 48% SL).
- Fungicida protectante para las semillas (Vitavax).
- Insecticida (Benfurool).

### **3.4.3. Material de oficina**

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Computadora
- Memoria USB
- Impresora
- Hojas de papel

### **3.4.4. Material vegetal**

- Semillas de fréjol variedad cuarentón

## **3.5. Diseño de la investigación**

### **3.5.1. Factores en estudio**

En el presente trabajo de investigación se utilizó como factor en estudio el fertilizante SILMAG (Silicio 32% ( $\text{SiO}_2$ ), 4% ( $\text{P}_2\text{O}_3$ ), 17% ( $\text{CaO}$ ) y 5% ( $\text{MgO}$ )), en el cultivo de fréjol var. cuarentón, con dos dosis de aplicaciones las cuales se realizó la primera a los 15 días después de la siembra (dds), la segunda a los 45 dds, de iniciada la investigación.

### **3.5.2. Diseño experimental**

Para el diseño estadístico de la investigación, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con siete tratamientos y tres repeticiones cada uno. La información se procesó

en el programa estadístico InfoStat, cada tratamiento evaluado fue 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 4 se muestra el esquema de análisis de varianza (ANOVA) que se utilizó.

**Tabla 3:** Esquema para el análisis de varianza.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Bloques	2
Tratamiento	6
Error experimental	12
Total	20

### 3.5.4. Tratamientos

En la tabla 5 se muestran los tratamientos que se llevó a cabo en la investigación, para la determinación de las dosis requeridas de silicio se tomó referencia las utilizadas por Quintana (2016) en su investigación. Se tomó en consideración un control de fertilización convencional.

**Tabla 4:** Tratamientos a realizarse en el presente ensayo

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
T <sub>1</sub>	Control
T <sub>2</sub>	N-P-K (70 - 60 - 40 Kg/ha)
T <sub>3</sub>	Si (90 Kg/ha)
T <sub>4</sub>	Si (45 Kg/ha)
T <sub>5</sub>	Si (67.5 Kg/ha)
T <sub>6</sub>	Si (112.5 Kg/ha)
T <sub>7</sub>	Si (135 Kg/ha)

### 3.5.5. Características de las parcelas experimentales

En la tabla 6 se indican las características de las parcelas experimentales.

**Tabla 5.** Características de las parcelas experimentales.

<b>Características</b>	<b>Dimensión</b>
Separación entre plantas	0.20 m
Separación entre hileras	0.50 m
Plantas por parcela	80
Número de hileras por parcela	4
Número de plantas por hilera	20
Dimensiones de parcela	Ancho 2.5 m y Largo 4 m
Número de hileras útiles por parcela	2
Número de plantas útiles por parcela	40
Área de la parcela experimental	10 m <sup>2</sup>
Separación entre repeticiones	0.5 m
Longitud de bloque	31.5 m
Ancho de bloque	2.5 m
Separación entre bloques	1 m
Área de bloque	78.75 m <sup>2</sup>
Total de plantas en el ensayo	1680 plantas
Total de plantas útiles en el ensayo	840 plantas
Separación entre repeticiones	1 m
<b>Área total del ensayo</b>	<b>236.25<sup>2</sup></b>

### 3.6. Manejo del experimento

#### 3.6.1. Preparación del suelo y delimitación de parcelas

La preparación del terreno se efectuó de manera mecanizada con un pase de arada y dos de rastra, con el propósito de que el suelo quede suelto para depositar la semilla. Previo a la

instalación del proyecto de investigación se realizó control químico post-emergente, para esto se utilizó Glifosato, con dosis de 2 L/ha en 200 L de agua. Una vez preparada el área de investigación se procedió a delimitar las parcelas netas para cada tratamiento con sus repeticiones respectivas de acuerdo con lo establecido anteriormente en la tabla 6.

### **3.6.2. Tratamiento a la semilla**

Previo a la siembra se desinfectó la semilla con Vitavax 300 en dosis de 1 g/kg de semilla para evitar la presencia de enfermedades fungosas.

### **3.6.3. Siembra**

La siembra se efectuó en forma manual depositando dos semillas por sitio o golpe, con una distancia de 0.20 m entre plantas x 0.50 m entre hileras y 3 cm de profundidad.

### **3.6.4. Raleo y riego**

El raleo se realizó a los 10 días después de la siembra con la finalidad de dejar una planta por sitio. El riego se efectuó una vez a la semana mediante aspersion

### **3.6.5. Control de maleza**

Se realizó deshierbas manuales utilizando machete a fin de mantener el cultivo libre de malezas a los 10 y 25 días después de la siembra.

### **3.6.6. Control de plagas**

Con la finalidad de mantener los niveles poblacionales de los insectos plagas se realizó controles con el insecticida de amplio espectro BENFUROL a dosis de 4 ml/L. La primera aplicación a los 15 días después de la siembra (dds) y la segunda a los 45 días.

### **3.6.7. Presencia de antracnosis**

Para la determinación de la presencia de antracnosis se utilizó la sintomatología característica de esta enfermedad, la cual consiste en lesiones angulares o lineales de color

oscuro o rojo ladrillo en las hojas, en las vainas aparecen lesiones circulares de color café claro a rojizo, rodeada con anillo. En el centro de esas lesiones se observó el crecimiento del hongo de color anaranjado.

### **3.6.8. Aplicación de los tratamientos**

Los tratamientos que se estudiaron fueron descritos en la tabla 5. La dosis de aplicación fue fraccionada, al 50% a la primera aplicación y 50% en la segunda que se realizó a los 15 y 45 dds. La fertilización fue edáfica, para fertilizar se realizó un agujero a aproximadamente 5 cm de la planta y se colocó el fertilizante dentro.

### **3.6.9. Evaluación de los tratamientos**

Una vez iniciada la investigación se realizó la medición de las variables cuando el cultivo llegue a época de cosecha (entre 60 a 70 dds). Primeramente, se evaluó las variables que requieran que la planta esté en su sitio y posteriormente se evaluó las variables de rendimiento. Los datos se registrarán usando libreta de campo y registros fotográficos.

### **3.6.10. Cosecha**

La cosecha se la realizó de forma manual cuando las vainas de la planta alcancen su madurez fisiológica terminando su ciclo vegetativo.

## **3.7. Variables evaluadas**

Con la finalidad de estimar los efectos de los tratamientos, se registraron las siguientes variables dentro del área útil en cada parcela experimental.

### **3.7.1. Severidad de antracnosis**

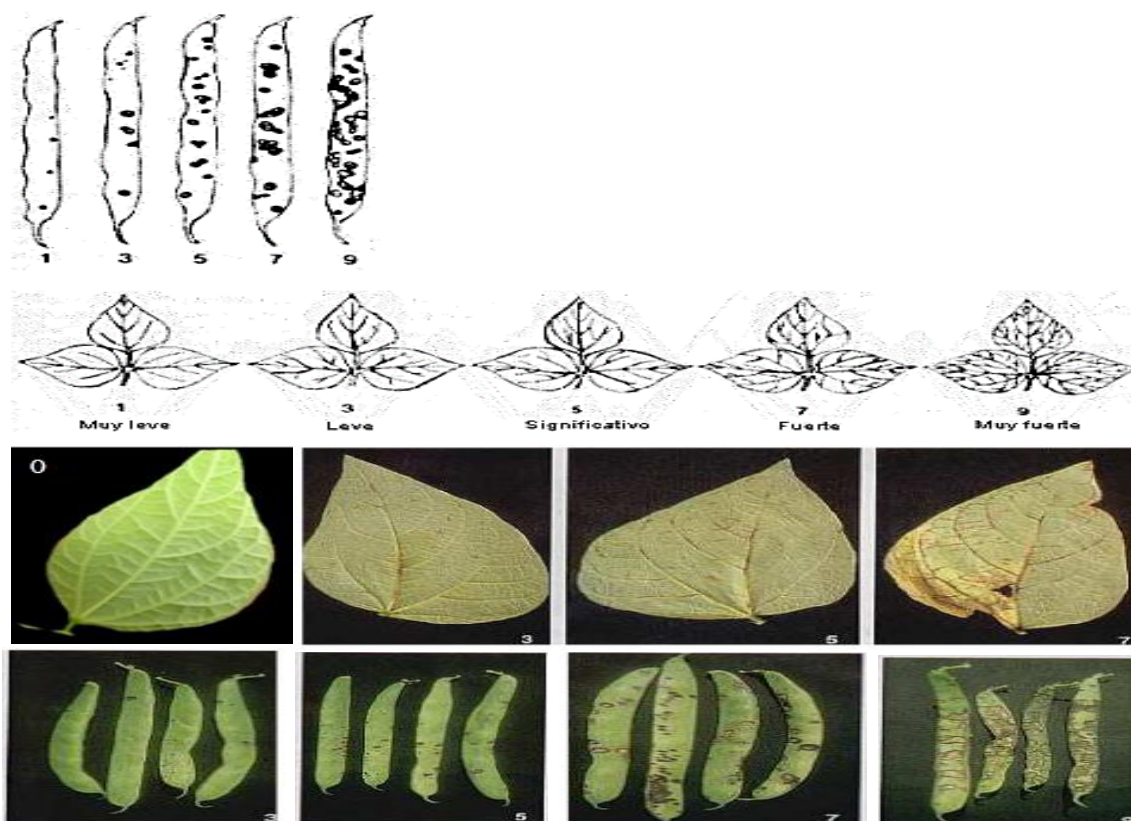
Se utilizó la aplicación Leaf Doctor para la determinación del nivel de incidencia de antracnosis en el cultivo de fréjol y la escala visual usada por Tamayo (1995), la cual se indica en la tabla 6.

**Tabla 6.** Escala de muestra para la evaluación de la enfermedad

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	
	<b>HOJAS</b>	<b>VAINAS</b>
<b>1</b>	Sin síntomas visibles de la enfermedad.	Sin síntomas visibles de la enfermedad.
<b>3</b>	Presencia de lesiones ya sean pequeñas o pocas que se generan en la vena primaria de la hoja del envés de la hoja, las cuales cubren aproximadamente el 1% del área foliar.	Presencia de muy pocas y pequeñas lesiones, generalmente en la vaina, las cuales cubren aproximadamente el 1% del área.
<b>5</b>	Presencia de varias lesiones pequeñas en el pecíolo o en las venas primarias y secundarias del envés de las hojas.	En las vainas, las lesiones redondas y pequeñas color café (menos de 2 mm de diámetro, cubren aproximadamente el 5% de la superficie de la vaina.
<b>7</b>	Presencia de numerosas lesiones grandes en el envés de la hoja con lesiones necróticas en el haz de las hojas y en los peciolos.	En las vainas, presencia de lesiones de tamaño grande, mediano y pequeño, generalmente con esporulación, que cubren aproximadamente el 10% de la superficie de las vainas.
<b>9</b>	Necrosis severa evidente en el 25% o más del tejido de la planta como consecuencia de lesiones en hojas, pecíolos, tallo, ramas e incluso en el punto de crecimiento.	La presencia de chancros cóncavos y con esporulación puede ocasionar la deformación de las vainas, un bajo número de semillas, y posteriormente la muerte de las vainas.

**Fuente:** (Tamayo, 1995).

La evaluación del daño se medirá con base a la escala 1-9 que aparece en la figura 1



**Figura 1:** Escala visual de severidad de *Colletotrichum lindemuthianum*.

**Fuente:** (Tamayo, 1995).

Para el uso de Leaf Doctor se tomaron fotografías de las hojas y vainas del fréjol y se obtienen porcentajes. Para el uso de evaluación visual se tuvo en consideración la tabla 3. En ambos métodos se evaluó las plantas en pie.

### 3.7.2. Rendimiento

Se determinó por el peso del grano fresco extraídos de cada parcela útil, transformándose su valor en kg/ha.

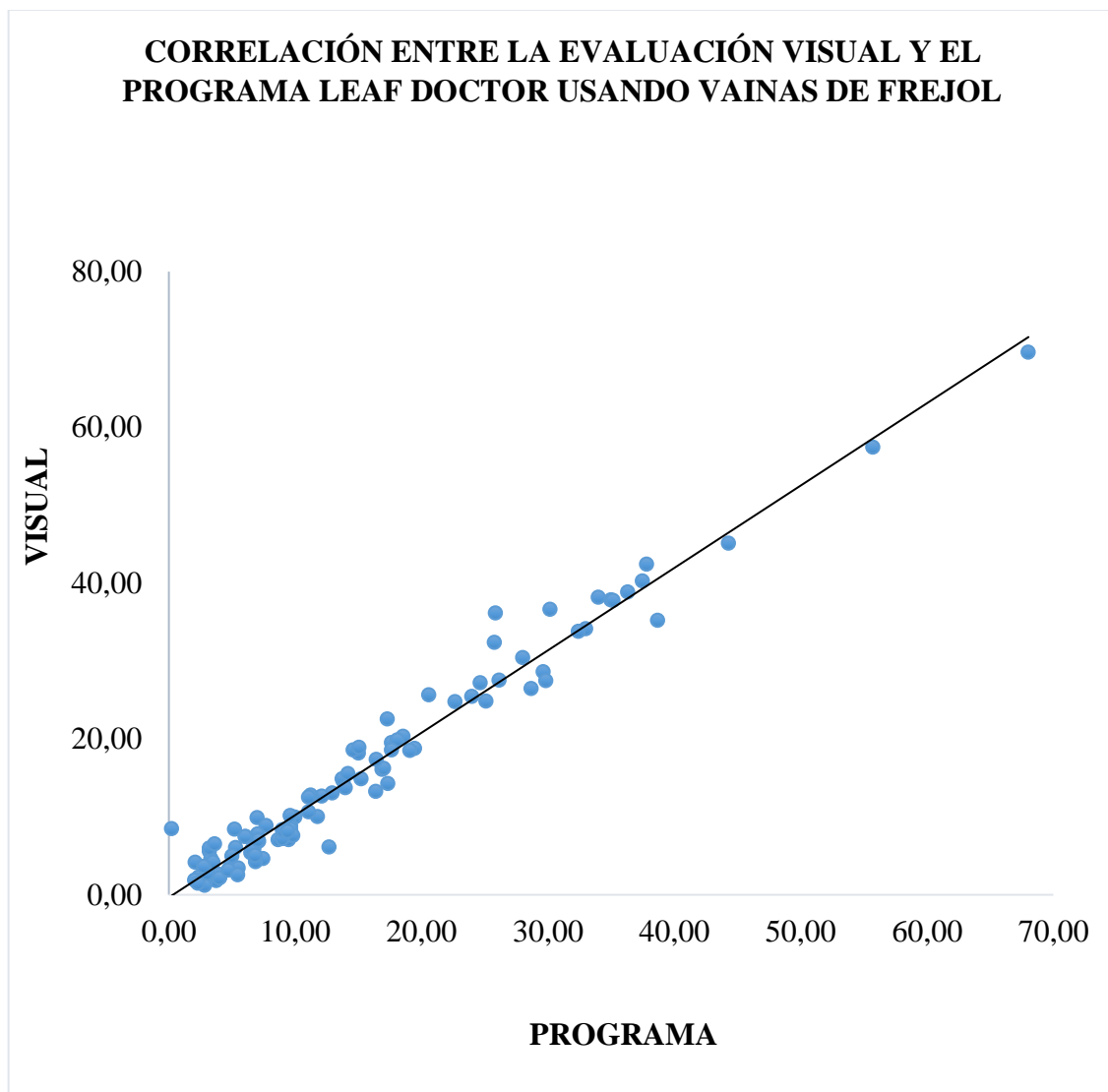
### 3.7.3. Análisis económico

Se realizó en función de los costos fijos y variables de cada uno de los tratamientos y se determinó el beneficio en relación con el control.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Evaluación de la severidad de la antracnosis en el cultivo de frejol usando escalas de evaluación visual y el procesador de imágenes Leaf Doctor

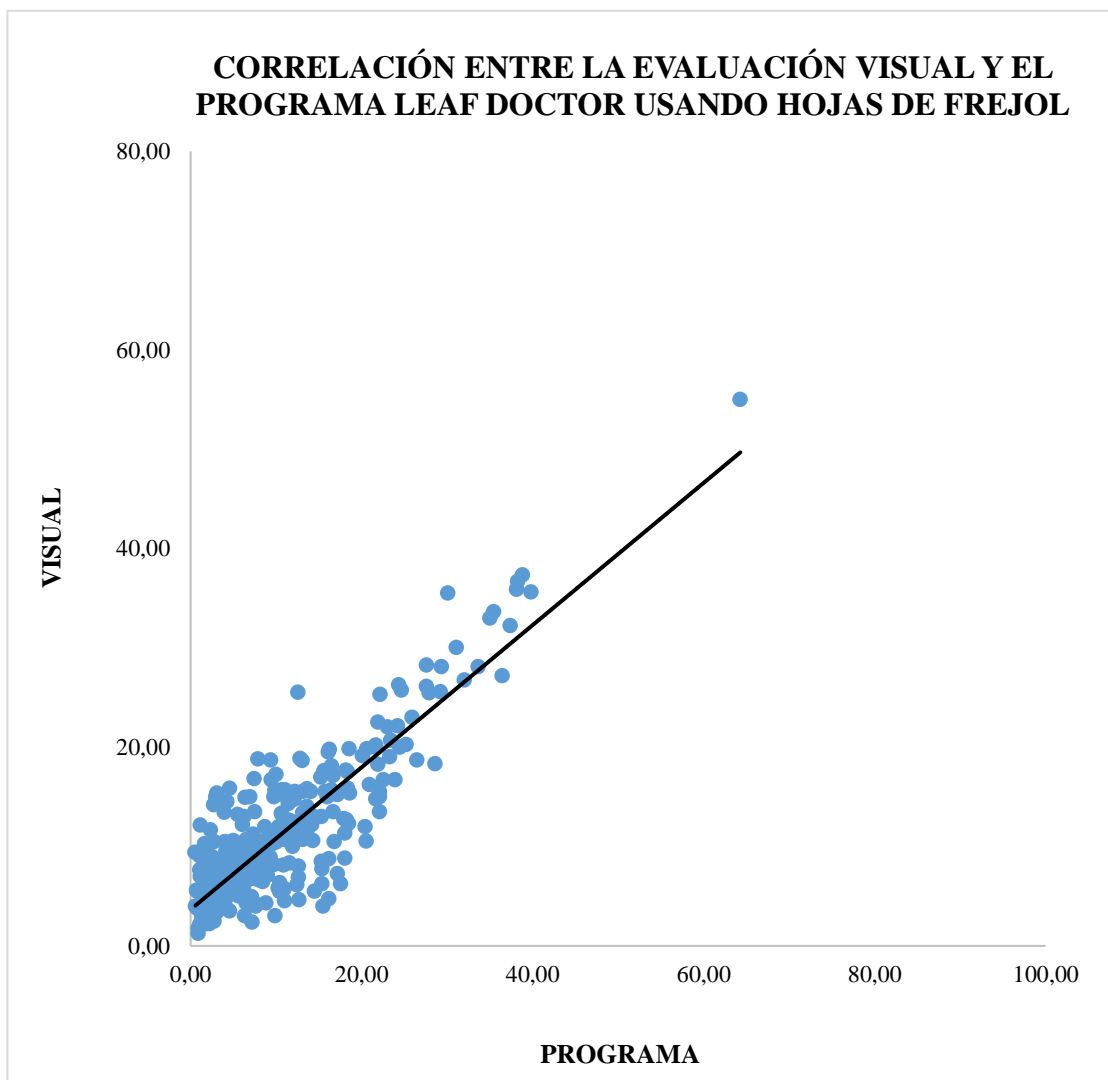
Para determinar la severidad de la antracnosis en las vainas de frejol con sintomatología características de la enfermedad, se realizó una correlación entre el nivel de daño evaluado de forma visual y mediante el uso del programa informático Leaf Doctor. Se determinó que existe una correlación positiva y alta entre la evaluación visual frente a la arrojada por el programa Leaf Doctor, el factor R o factor de Pearson fue de  $R^2= 0.97$ , en la figura 2; se puede observar la correlación existente.



**Figura 2:** Correlación de la evaluación visual y Leaf Doctor sobre las vainas

Se empleó dos métodos diferentes de evaluación sobre la severidad de la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en las vainas de frejol (*Phaseolus vulgaris*), la correlación presente en ambos métodos dio un valor de  $R^2 = 0.97$ .

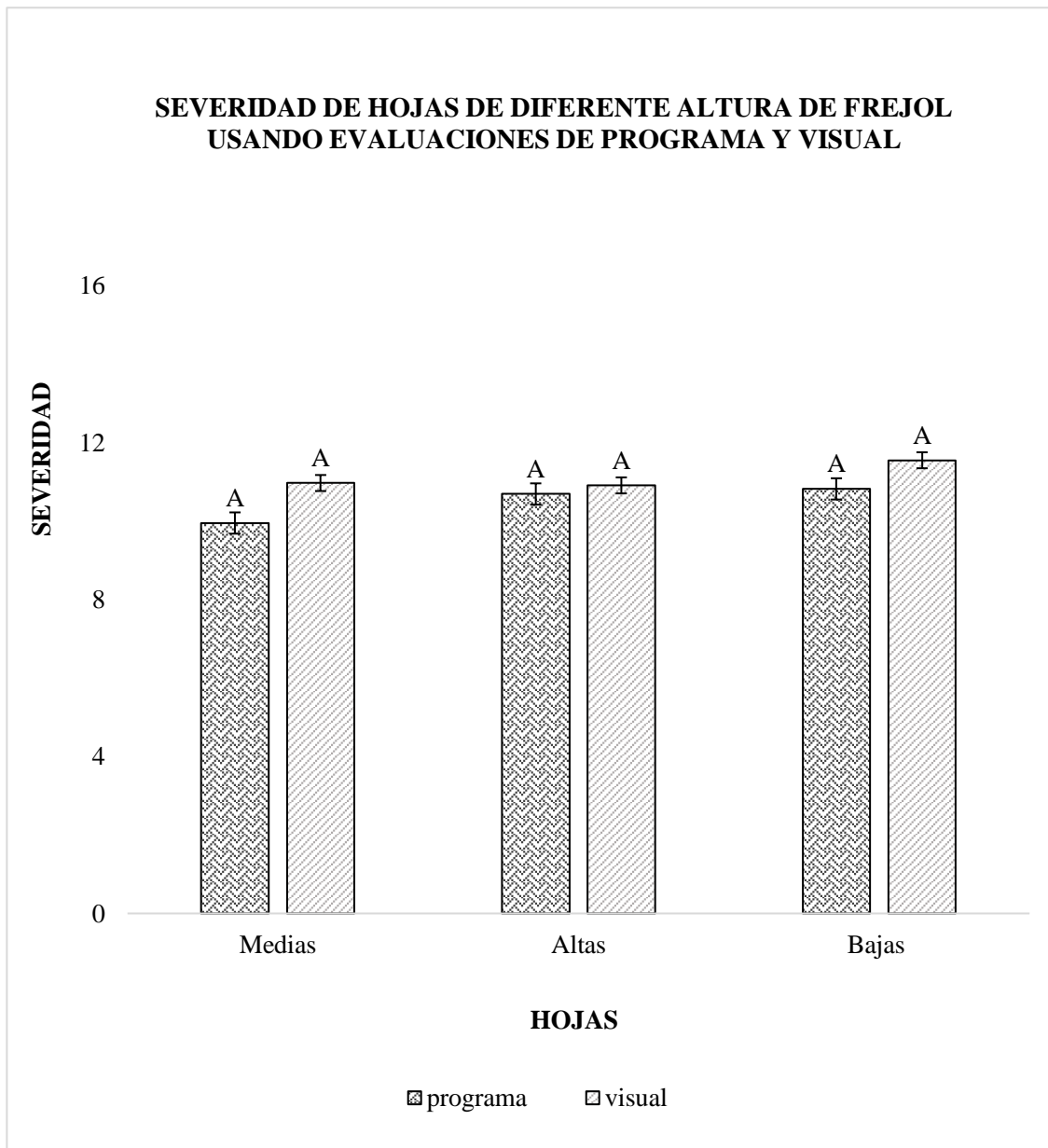
En la evaluación de hojas con antracnosis se determinó que el factor R o factor de Pearson fue de  $R^2 = 0.75$ . Siendo un índice más bajo en comparación al realizar la evaluación en vainas. el análisis de correlación entre la evaluación visual y mediante LeafDoctor se indica en la figura 3.



**Figura 3:** Correlación de la evaluación visual y Leaf Doctor sobre las hojas

Se empleó dos métodos diferentes de evaluación sobre la severidad de la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en las hojas de frejol (*Phaseolus vulgaris*), la correlación presente en ambos métodos dio un valor de  $R^2 = 0.75$ .

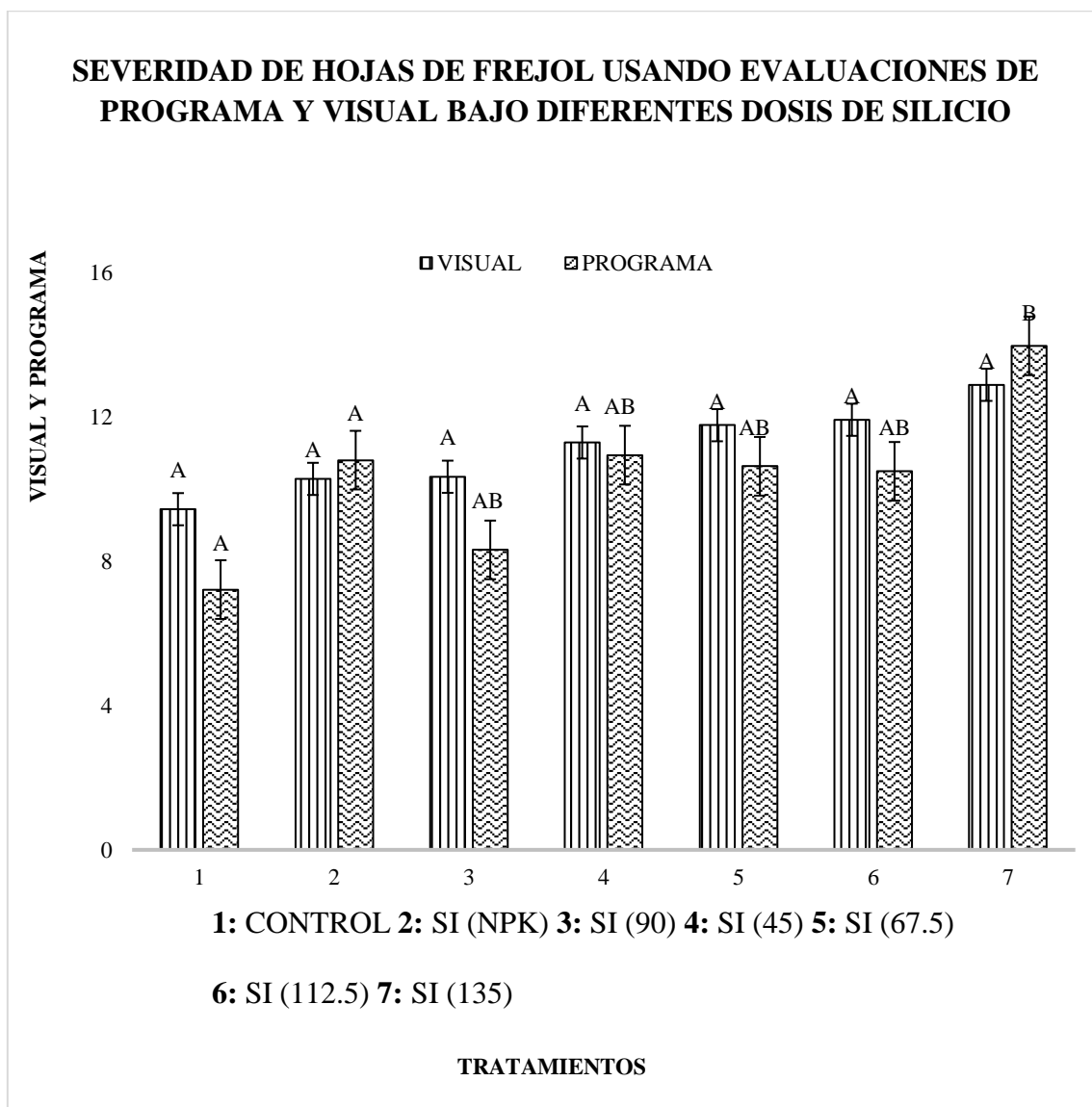
La evaluación de la severidad de hojas antracnosis se realizó a distintas alturas, esto por la dispersión del patógeno en el cultivo, al utilizarse escala de evaluación visual y el programa LeafDoctor se determinó que no existían diferencias estadísticas entre los métodos de evaluación de la severidad, como se indica en la figura 4.



**Figura 4:** Análisis de la severidad de la antracnosis en las hojas

Aplicación de diferentes dosis de silicio para el control de *Colletotrichum lindemuthianum* en hojas de frejol (*Phaseolus vulgaris*) a diferente altura de la planta. Las barras indican la desviación estándar, las letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos (Tukey=  $p < 0.05$ ).

La aplicación de SILGMA en distintas dosis para el manejo fitosanitario de la antracnosis en las vainas del frejol no pudo controlar la presencia de la enfermedad, no existió diferencia estadística entre los tratamientos evaluados mediante el empleo de escalas visuales, sin embargo, la evaluación mediante LeafDoctor indicó diferencia estadística en el tratamiento 7 (135 Kg/ha de silicio).



**Figura 5:** Análisis de la severidad de la antracnosis en las vainas

Aplicación de diferentes dosis de silicio para el control de *Colletotrichum lindemuthianum* en las vainas de la planta de frejol (*Phaseolus vulgaris*). Las barras indican la desviación estándar, las letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos (Tukey=  $p < 0.05$ ).

## 4.2. Determinar el rendimiento que disminuye la enfermedad de la antracnosis

En la evaluación del rendimiento total de los cultivos se determinó que no existían diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, sin embargo, bajo la aplicación de 90 Kg /ha de silicio se obtiene un rendimiento de 0.91 Kg por planta, siendo superior numéricamente en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, al realizar el análisis de la relación beneficio/costo entre los tratamientos se determinó que el control sin aplicación de silicio presentó 1.00, siendo superior a los tratamientos con silicio (el precio del frejol fue de \$1.03 al momento de la investigación) (Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador, 2021) lo que no sustenta el uso del silicio, en la tabla se indica el análisis de los rendimientos.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO TOTAL (KG)	B/C
1	0.66 a	1.00
2	0.49 a	0.66
3	0.91 a	0.77
4	0.76 a	0.68
5	0.70 a	0.65
6	0.52 a	0.53
7	0.90 a	0.76

**Tabla 7:** Análisis de los rendimientos con sus respectivas dosis de silicio. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey=  $p < 0.05$ ).

## 4.3. Discusión

Para determinar el nivel de incidencia de la enfermedad antracnosis en el cultivo del frejol se utilizó la evaluación visual con la escala usada por Tamayo (1995) y el programa Leaf Doctor. La primera fue menos sencilla, un poco subjetiva y permitió evaluar las alteraciones que ocasionó la antracnosis. El programa permite la toma fotografías de las hojas y vainas del fréjol y se obtuvieron directamente porcentajes de acuerdo con el nivel de daño ocasionado por la enfermedad, ambas consideradas óptimas para este tipo de evaluaciones.

Estos resultados coinciden con los autores Ivancovich y Lavilla (2016) en su proyecto de investigación “Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por *Cercopora kikuchii*, en soja” donde manifiestan que la evaluación visual tiene una desventaja por ser un método que a diferencia de otros programas se basa solo en una valoración visual no tan exacta y por ende es subjetiva.

En los estudios realizados para evaluar la severidad del daño en las hojas del cultivo de frejol de diferente altura se determinó que no existen diferencias estadísticas en ninguno de los casos, ni en la escala de evaluación visual y ni en el programa Leaf Doctor. A diferencia en la investigación de Ilaquiche (2018) titulada “Descripción cuantitativa de roya (*Uromyces appendiculatus*) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en dos variedades de fréjol con diferentes resistencia” donde manifiesta que entre sus modelos de evaluación si existieron diferencias significativas, indicando que en el estrato medio fue donde se presentó mayormente la enfermedad con un valor máximo de crecimiento de 1.00 %, mientras que el estrato alto la enfermedad tuvo mayor tasa de crecimiento de 0.56 %, posiblemente esto se debe a las condiciones climáticas que propiciaron la aparición de la enfermedad, de tal manera que su propagación fue acelerada, otro factor es la resistencia del frejol cuarentón a la enfermedad.

Luego de la aplicación de los tratamientos con sus respectivas dosis de silicio para controlar la antracnosis (*C. lindemuthianum*), el control presentó menor severidad cuando fue evaluado con el programa Leaf Doctor, pero no hubo diferencia estadística entre los tratamientos usando escalas visuales. De igual manera en una investigación realizada por Unigarro (2013) se logró determinar que el cultivo de frejol presentó un comportamiento agronómico aceptable gracias a la aplicación de los fungicidas químicos aplicados. De los 6 fungicidas utilizados, el mayor control de la enfermedad de la antracnosis se obtuvo con el fungicida Bellis WG en dosis de 1 g/L. Por otro lado, los fungicidas Antracol 70 PM y Alto 100 SL también demostraron alta eficiencia en el control del hongo *C. lindemuthianum*. Esto sugiere que diferentes métodos de control pueden reportar resultados variados que pueden ser implementados en un ensayo futuro. En el ensayo realizado se aplicó un fungicida protectante a la semilla durante su germinación, el silicio aplicado no tuvo los efectos deseados, posiblemente porque el ciclo del cultivo fue corto y no permitió la óptima fijación del silicio.

En este experimento el mejor tratamiento económico es el control, por lo que no resulta beneficioso aplicar los tratamientos en ninguno de los casos. Esto se debe a que el costo del silicio es muy elevado para el nivel de producción obteniendo el rendimiento en algunos casos adversos, aunque no de manera significativa en la estadística. El T6 (Si: 112.5 kg/ha) fue el que menor costo beneficio logró con 0.53. Concordando con Gusqui (2014) y su proyecto “Evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de soya (*Glycine max*) en dos densidades de siembra, en la parroquia nueva Loja, provincia de Sucumbíos”. Este autor realizó un análisis económico donde determinó que, ninguno de los tratamientos utilizados en el cultivo de soya, puede contrarrestar con enfermedades como la antracnosis, seguramente por lo agresivo del patógeno. El tratamiento T5 fue el que tuvo menor costo/beneficio con 0.87, debido a que se obtuvo un ingreso bajo de \$443.17 por que su bajo rendimiento (1358.33 kg/ha). Esto incentiva a buscar fuentes alternas de silicio de menor costo o regular el precio oficial del producto que es bajo.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- Existe una correlación de  $R^2 = 0.75-0.97$  (hojas y vainas) entre la aplicación Leaf Doctor y la evaluación visual, lo que indica que el programa es apto para medir la severidad de la antracnosis en las hojas y vainas del frejol.
- La probabilidad de reducir la severidad de antracnosis con silicio (Si) en plantas no existe, por motivo que no muestra diferencia estadística con el control, el B/C del control es superior con un valor de 1 mientras que de los demás tratamientos que llevan silicio el T3 supera a los demás con un valor de 0,77.
- De igual manera, en la relación b/c comparadas con el control, ningún tratamiento es más rentable debido a que el incremento del rendimiento (el precio del frejol fue de \$1.03 al momento de la investigación) no sustenta el uso del silicio

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios con la aplicación Leaf Doctor en referencia a la severidad de la antracnosis en otros cultivos para determinar si aumenta o disminuye la correlación.
- Se recomienda utilizar nuevas dosis con mayor cantidad de Si de los tratamientos utilizados, como en el caso de 100 kg/ha de SiO<sub>2</sub>, en el caso silicio foliar sea de 40% SiO<sub>2</sub>.
- Utilizar otras alternativas de silicio de menor costo para mejorar la rentabilidad en el cultivo.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFIA**

## 6.1. Bibliografía

- Álvarez, C., y Osorio, W. (2014). Silicio agrónomicamente esencial. Mejisulfatos S.A.S. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Arévalo, K., Pastrano, E., y Armijos, V. (2016). Relación beneficio – costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados. *Revista Publicando*, 3(7), 503-528.
- Arias, J. H., Rengifo, T., y Jaramillo, M. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de frijól voluble. Antioquía, Medellín, Colombia: CORPOICA - MANA - FAO - Centro de Investigación “La Selva”.
- ASPROMOR. (2012). Manual del cultivo de frijol caupi. Lima, Perú: Proyecto Norte Emprendedor Swisscontact ; Fundación Suiza para la Cooperación del Desarrollo Técnico.
- Castellanos, L., De Mello, R., y Silva, C.. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36(Suplemento 1), 16-24.
- Córdova, J. (2015). Evaluación en estado tierno de materiales de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) a través de poblaciones de plantas. Tesis. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad De Ciencias Agrarias.
- Damm, U., Baroncelli, R., Cai, L., Kubo, Y., O’Connell, R., Weir, B., . . . Cannon, P. (2010). *Colletotrichum*: species, ecology and interactions. *International Mycological Association Fungus*, 1(2), 161-165. doi:10.5598/imafungus.2010.01.02.08
- Epstein, E. (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 155–160. doi:10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x
- Epstein, E., y Bloom, A. (2005). *Mineral Nutrition of Plants Principles and Perspectives*. Sunderland, United States: Sinauer Associates.
- FAO. (2007). Manual técnico buenas prácticas agrícolas en la producción de frijól voluble. Antioquia, Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Centro de Investigación La Selva.

- Harvard Business Press. (2009). Entendiendo las Finanzas (Primera traducida ed.). Santiago de Chile, Chile: Impact Media Comercial S.A.
- Hernández, J. (2009). Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de fréjol. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de en Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Ibagón, A., y Perafán, F. (2009). Manejo integrado de la antracosis *Colletotrichum lindemuthianum* en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* de las variedades, Diacol Calima y AFR 612, en la vereda El Retiro Municipio de Timbio departamento del Cauca. Tesis. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca.
- IICA. (2009). Guía técnica para el cultivo de fréjol. Santa Lucia - Boacao, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ilaquiche, M. (2018). Descripción cuantitativa de roya (*Uromyces appendiculatus*) y antracosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en dos variedades de fréjol con diferente nivel de resistencia. Tesis. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Infoagro. (2015). El cultivo de la judía, habichuela o frijol (Parte I). Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de Infoagro: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_judia\\_habichuela\\_o\\_frijol\\_parte\\_i.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_judia_habichuela_o_frijol_parte_i.asp)
- INIAP. (2002). Producción de semilla de Fréjol INIAP 430. Boletín Informativo. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Khadri, M., Soussi, M., Zúñiga, D., y Ocaña, B. (2000). Requerimientos del cultivo/Evolución de la fijación de nitrógeno y metabolismo de ureidos en plantas de *Phaseolus vulgaris*. Tesis. Córdoba, Argentina: Universidad Agropecuaria de Córdoba.
- Ivancovich, A., & Lavilla, M. (2016). Propuestas de escalas para la evaluación a campo y en laboratorio del tizón foliar y la mancha púrpura de la semilla, causadas por *Cercospora kikuchii* en soja. Informe Técnico. Buenos Aires, Argentina: EEA Pergamino, INTA.

- Mejisulfatos. (2010). Silicio. El costo oculto de los químicos. Primera ed.. Itaguí, Colombia: Mejisulfatos S.A.
- Melotto, M., Balardin, R., y Kelly, J. (2000). Host-pathogen interaction and variability of *Colletotrichum lindemuthianum*. En D. Prusky, S. Freeman, y M. Dickman (Edits.), *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology and Host-Pathogen Interactions* (págs. 346 - 361). St. Paul, United State of America. Elsevier.
- Mena, J., y Velásquez, R. (2010). Manejo integrado de plagas y enfermedades del frijol en Zacatecas. Folleto Técnico No. 24. Campo Experimental Zacatecas: CIRNOC - INIFAP.
- Mitani, N., & Ma, J. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany*, 56(414), 1255–1261. doi:10.1093/jxb/eri121
- Mycobank. (2017). *Colletotrichum lindemuthianum*. Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de Mycobank.org: [http://www.mycobank.org/BioloMICS\\_Details.aspx?Rec=6011](http://www.mycobank.org/BioloMICS_Details.aspx?Rec=6011)
- Pérez, E., Campa, A., y Ferreira, J. (2010). Control de la antracnosis en el cultivo de faba granja asturiana. *Tecnología Agroalimentaria*(7), 7-11. Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de <http://www.serida.org/pdfs/4179.pdf>
- Pinzón, E, Quintana, W., y Cely, G. (2017). Effect of magnesium silicate in cv. ‘ICA Cerinza’ common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(3), 8285-8293.
- Quintana, W. (2016). Efecto del silicio sobre el crecimiento y producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. - cv. Ica cerinza”) en Tunja – Boyacá. Tesis. Tunja, Boyacá, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Réblová, M., Gams, W., y Seifert, K. (2011). Monilochaetes and allied genera of the Glomerellales, and a reconsideration of families in the Microascales. *Studies in Mycology*, 68, 163–191. doi:10.3114/sim.2011.68.07
- Ríos, M., y Quirós, J. (2002). El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) cultivo, beneficio y variedades (Primera ed.). Medellín, Colombia: Produmedios.

- Ríos, M., Quirós, J., y Arias, J. (2003). Fríjol: Recomendaciones generales para su siembra y manejo. Río Negro, Antioquía, Colombia: CORPOICA Regional cuatro Centro de investigación "La Selva".
- Ruíz, J. M. (24 de Abril de 2014). Importancia del silicio en la fertilización de cultivos agrícolas. Recuperado el 20 de Febrero de 2020, de El Productor: <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas-y-en-particular-en-la-produccion-bananera/>
- 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.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador. (2021). Precio del pepino en Babahoyo. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de <http://sipa.agricultura.gob.ec/>
- Snyder , G, Datnoff, L., y Korndörfer, G. (2001). Silicon in Agriculture (First ed., Vol. 8). (U. o. –IFAS, Ed.) Florida, United States: Elsevier Science.
- Tamayo, P. (1995). Manejo y control de las enfermedades del fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Rionegro, Antioquía, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Regional N° 4. Centro de Investigación "La Selva".
- Terranova. (2005). Enciclopedia agropecuaria (Segunda ed.). Barcelona, España: Terranova Editores, Ltda.
- Treviño, C., y Rosas, R. (2013). El frijol común: factores que merman su producción. Revista La Ciencia y el Hombre, 26(1). Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num1/articulos/el-frijol.html>
- Tutiven, J. (2016). Comportamiento agronómico de siete cultivares de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) introducidos y nacionales bajo condiciones urbanas. Tesis. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Unigarro, M. (2013). Evaluación del control químico de la Antracnosis (*Colletotrichum lindenuthianum*) en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad–Toa en la

zona de Cahuasquí Provincia de Imbabura. Tesis. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.

Uniprot. (2002). Taxonomy - *Colletotrichum lindemuthianum* (Bean anthracnose fungus) (*Glomerella lindemuthiana*). Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de Uniprot.org: <https://www.uniprot.org/taxonomy/290576>

Valladares. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Segunda. Tegucigalpa, Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Zhang, N., Castlebury, L., Miller, A., Huhndorf, S., Schoch, C., Seifert, K., y Sung, G.-H. (2006). An overview of the systematics of the Sordariomycetes based on a four-gene phylogeny. *Mycologia*, 98, 1076-1087. doi:10.3852/ mycologia.98.6.1076

Zhang, N., Rossman, A., Seifert, K., Bennett, J., Cai, G., Hillman, B., y Schoch, C. (2013). Impacts of the International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants (Melbourne Code) on the Scientific Names of Plant Pathogenic Fungi. APSnet Feature. American Phytopathological Society, St. Paul, MN., Online. Obtenido de <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/Melbourne.aspx>

## **CAPITULO VII**

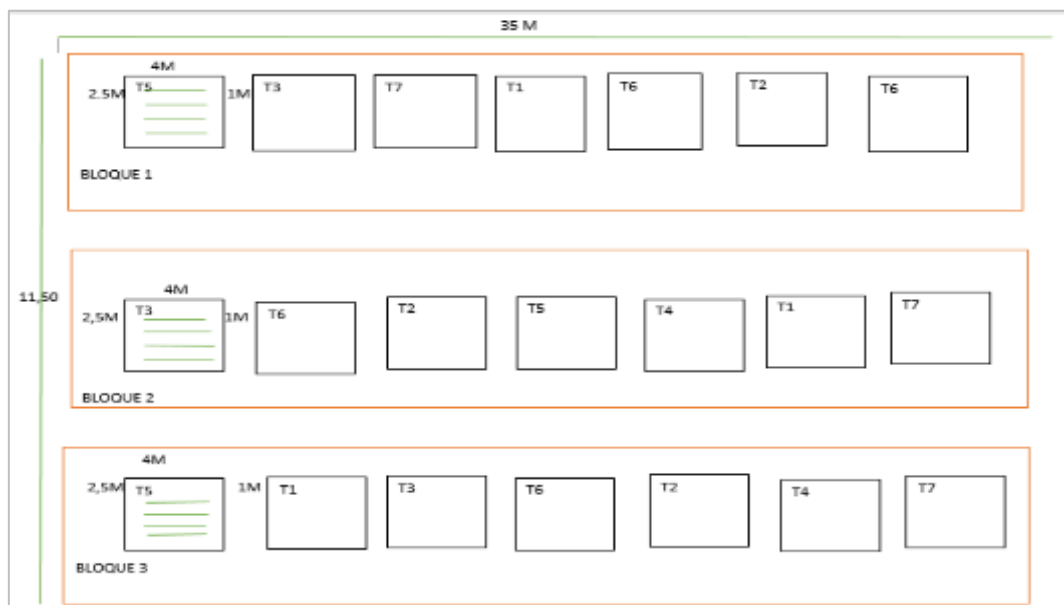
### **ANEXOS**

## 7.1. Anexos

### Anexo 1: Preparación del terreno en la Finca Experimental “La María”



### Anexo 2. Mapa del diseño del experimento (Bloques Completos al Azar)



### Anexo 3 Análisis de suelo de la finca experimental la “María”

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PUEBLO NUEVO"**  
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGRIPECUARIOS  
Km. 7 Carretera Quito - El Encano, Quito, Ecuador  
Teléfono: (02) 225 19000 Fax: (02) 225 19000

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO:**  
Nombre: Delfino Cruz  
Dirección: Quito  
Cuidado: Quito  
Teléfono: Quito  
Fax: Quito

**DATOS DE LA PROPIEDAD:**  
Nombre: La María  
Pueblo: La María  
Cantón: Quito  
Parroquia: Quito

**DATOS DEL LABORATORIO:**  
Código Suelo: 482  
V. de Reporte: 1:100000  
Fecha de Muestreo: 11/05/2018  
Fecha de Reporte: 22/05/2018  
Fecha de Validación: 22/05/2018

N° Muestra	Profundidad	pH	Ca	Mg	K	N	P	S	C	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT
0001	0-10	5.8	1.8	0.8	0.1	0.05	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PUEBLO NUEVO"**  
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGRIPECUARIOS  
Km. 7 Carretera Quito - El Encano, Quito, Ecuador  
Teléfono: (02) 225 19000 Fax: (02) 225 19000

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO:**  
Nombre: Delfino Cruz  
Dirección: Quito  
Cuidado: Quito  
Teléfono: Quito  
Fax: Quito

**DATOS DE LA PROPIEDAD:**  
Nombre: La María  
Pueblo: La María  
Cantón: Quito  
Parroquia: Quito

**DATOS DEL LABORATORIO:**  
Código Suelo: 482  
V. de Reporte: 1:100000  
Fecha de Muestreo: 11/05/2018  
Fecha de Reporte: 22/05/2018  
Fecha de Validación: 22/05/2018

N° Muestra	Profundidad	pH	Ca	Mg	K	N	P	S	C	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT
0001	0-10	5.8	1.8	0.8	0.1	0.05	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

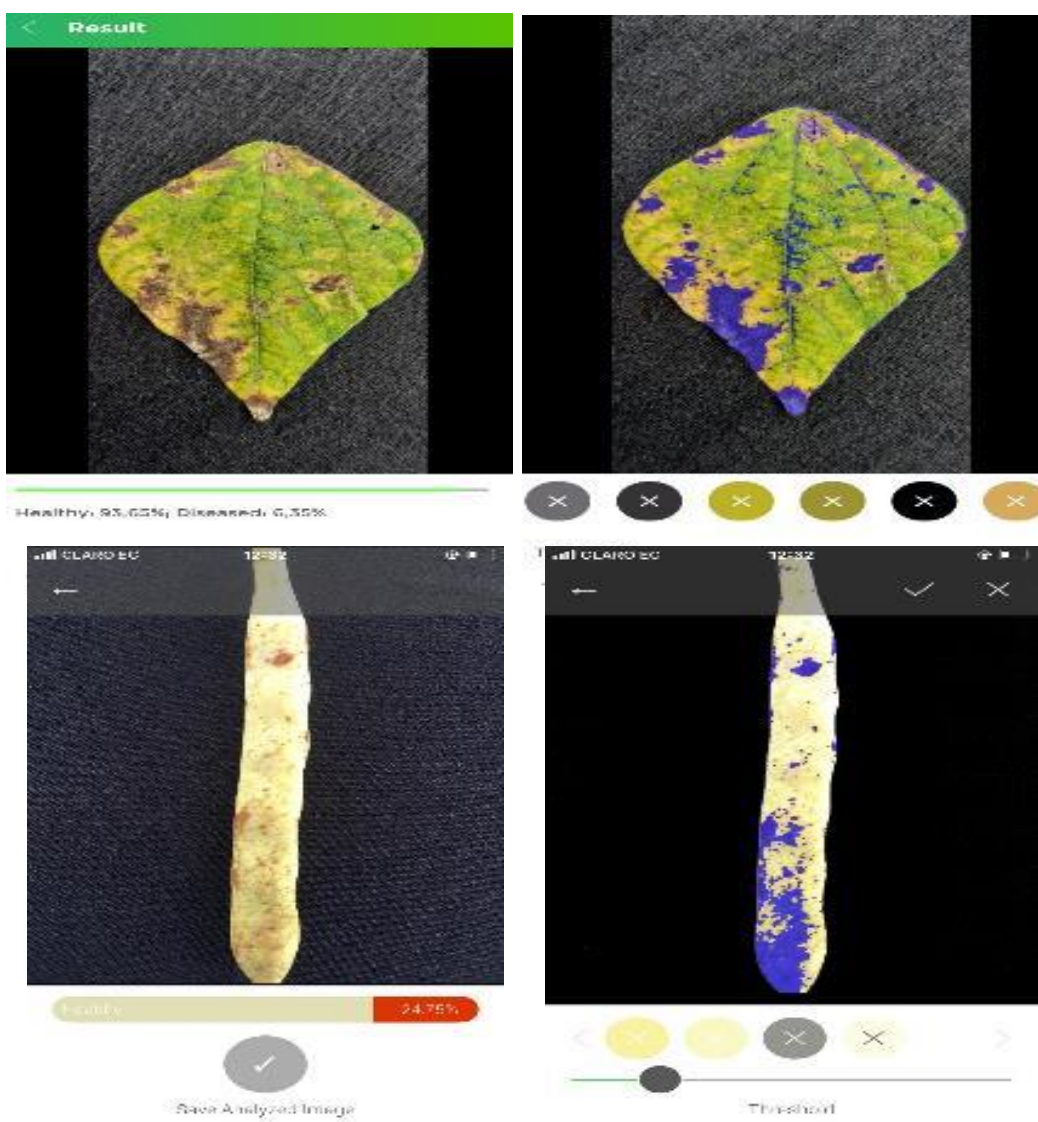
### Anexo 4. Establecimiento del cultivo de frejol de 15, 25,35 y 45 días.



## Anexo 5. Recolección de datos de vainas y hojas



## Anexo 6. Fotos tomadas por el programa Leaf Doctor en hojas y vainas.



**Anexo 7:** Captura de la consulta de precio sobre el frejol en la página del SIPA.

Nota: Para un correcto funcionamiento de este apartado se recomienda el uso del navegador Mozilla Firefox

Consulta por Producto   Consulta por Mercado   Consulta Personalizada

Para el presente módulo de consulta de precios se le informa que se tiene información desde Junio 2011

Producto:    Seleccione la frecuencia:

Mercado	Fecha (*)	Precio \$/kg
Ambato EP-EMA	23/06/2021	1.11
Batahoyo - 4 de Mayo	24/06/2021	1.03
Guayaquil - TTV	24/06/2021	0.99
Ibarrá - COMERCIBARRA	24/06/2021	0.76
La Libertad - ASOPROCOMPRA	24/06/2021	0.90
Milagro - Mercado de Transferencia	10/06/2021	0.79
Quito MMQ-EP	22/06/2021	0.00

\* Fecha de la última toma registrada en el sistema, recordándole que cada mercado tiene su propia frecuencia de recolección de precios

Calendarización de monitoreo:

Localidad	Precio_1	Precio_2	Precio_3	Precio_4	Precio_5	Precio_6
Ambato EP-EMA	0.00	0.83	0.85	0.94	1.11	1.13
Batahoyo - 4 de Mayo	0.00	1.16	1.03	1.03	1.03	1.03
Guayaquil - TTV	0.00	0.75	0.75	0.85	0.95	0.99
Ibarrá - COMERCIBARRA	0.00	0.59	0.59	0.62	0.76	0.76
La Libertad - ASOPROCOMPRA	0.00	0.90	0.90	0.79	0.90	0.90
Milagro - Mercado de Transferencia	0.00	0.78	0.77	0.79	0.79	0.00
Quito MMQ-EP	0.00	0.75	0.71	0.73	0.84	0.00

**Frejol en Vaina - Gema**

Registro de los precios obtenidos en los últimos 10 días, si desea puede cambiar dicho rango y luego debe presionar el botón que dice BUSCAR.

Desde:      

Hasta:

Mercado	Precio Mínimo	Precio Promedio	Precio Máximo	Penúltimo Precio	Último Precio	Tendencia	% Variación
Ambato EP-EMA	1.08	1.12	1.14	1.14 21/06/2021	1.11 23/06/2021	BAJO	-2.70

**Anexo 8:** Cosecha de frejol.



**Anexo 9:** Resultados del análisis económico del control .

<b>Estado de resultado del cultivo</b>		
<b>Ingresos</b>	<b>Total (\$)</b>	<b>Unitario (\$)</b>
kg. Vendidas	1,97	
Precio Venta lb.	\$ 1,03	
<b>Ingresos totales</b>	<b>\$ 2,03</b>	<b>\$ 1,03</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>		
Mano de obra	\$ -	
Insumos	\$ 61,20	
<b>Costos variables totales</b>	<b>\$ 61,20</b>	<b>\$ 31,07</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>		
Costos fijos totales	\$ 15,00	
<b>Costos fijos totales</b>	<b>\$ 15,00</b>	<b>\$ 7,61</b>
<b>Otros gastos</b>	<b>\$ 18,70</b>	<b>\$ 9,49</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 81,93</b>	<b>\$ 41,59</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>\$ (79,90)</b>	<b>\$ (40,56)</b>