



**Respuesta de dos genotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*) a la aplicación de dos alternativas para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) Calderón, Pichincha**

Cusín Díaz, Edison Rolando

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

PhD. Falconi Saá, Cesar Eduardo

6 de Abril del 2021

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Título del trabajo de titulación  
RESPUESTA DE DOS GENOTIPOS DE CHOCHO (Lupinus mutabilis) A LA  
APLICACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS  
(Colletotrichum acutatum) CALDERÓN, PICHINCHA

aprobado.pdf (D54403984) Submitted: Fecha y hora: 9.03.2021;11.59

Submitted By: César E. Falconí Saá correo institucional cefalconi@espe.edu.ec

Significance: 7 %

### Sources included in the report:

Trabajo de titulación completa.....

<https://secure.orkund.com/view/93289242-520797-514012>

### Instances where selected sources appear:

7

Firma:



Verificado electrónicamente por:  
**CESAR EDUARDO  
FALCONI SAA**

.....  
**PhD. Falconi Saá, César Eduardo**  
C. C. 06015564594  
**DIRECTOR**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**RESPUESTA DE DOS GENOTIPOS DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*) A LA APLICACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) CALDERÓN, PICHINCHA**” fue realizado por el señor **Cusín Díaz, Edison Rolando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 09 de marzo de 2021



Firmado electrónicamente por:  
**CESAR EDUARDO  
FALCONI SAA**

**PhD. Falconi Saá, César Eduardo**  
C. C. 06015564594



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Cusín Díaz, Edison Rolando**, con cédula de ciudadanía n°1004037295, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Respuesta de dos genotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*) a la aplicación de dos alternativas para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) Calderón, Pichincha”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 04 de marzo de 2021**

Firma

**Cusín Díaz, Edison Rolando**

C.C.: 1004037295



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Cusín Díaz, Edison Rolando**, con cédula de ciudadanía n°1004037295, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Respuesta de dos genotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*) a la aplicación de dos alternativas para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) Calderón, Pichincha”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 04 de marzo de 2021**

Firma

**Cusín Díaz, Edison Rolando**

C.C 1004037295

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Carmen e Ignacio por su mutuo apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, comprensión, motivación, les doy infinitas gracias por sus enseñanzas mediante la cual alcance mis objetivos, los amo demasiado gracias por toda su entrega.

A mi hermano Bryan por esta siempre presente cuando más lo necesitada, gracias por confiar en mí.

A mis amigos y amigas con quien compartí momentos únicos que nunca los olvidare Bryan, Víctor, Byron, Belén, Doris.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA por permitirme ser parte de esta grandiosa institución, conformada por maestros de excelente calidad, quienes me guiaron en este proceso hasta llegar a mi meta.

Al Dr. Cesar Falconi, director de tesis por su comprensión, ayuda, paciencia, aporte de conocimientos y sugerencias, que me ayudaron en el desarrollo de mi proyecto de tesis, y al igual al Ing. Darwin Claudio por su predisposición y apoyo que fueron de gran ayuda en la realización de mi proyecto de tesis.

A mi familia por su amor, comprensión, respaldo en toda mi formación a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis amigos por su apoyo, por su amistad, por las vivencias inolvidables que compartimos en estos años en la universidad.

## Índice de contenidos

<b>Carátula</b> .....	<b>1</b>
<b>Análisis Urkund</b> .....	<b>2</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de auditoría</b> .....	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación</b> .....	<b>5</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>6</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>8</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>13</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>14</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>15</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>16</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>17</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>17</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>17</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>19</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>20</b>
<b>Causas</b> .....	<b>20</b>

<i>Efectos</i> .....	21
<b>Objetivos</b> .....	21
<i>Objetivo General</i> .....	21
<i>Objetivos Específicos</i> .....	21
<b>Hipótesis</b> .....	22
<i>Hipótesis nulas</i> .....	22
<i>Hipótesis alternativas</i> .....	22
<b>Capítulo II</b> .....	23
<b>Revisión de Literatura</b> .....	23
<b>Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)</b> .....	23
<i>Origen</i> .....	23
<b>Descripción botánica</b> .....	24
<b>Aplicaciones del chocho</b> .....	24
<i>Usos</i> .....	24
<b>Manejo del cultivo</b> .....	25
<i>Preparación del suelo</i> .....	25
<i>Siembra</i> .....	26
<i>Requerimiento del cultivo</i> .....	26
<i>Labores culturales</i> .....	26

	10
<b>Etapas fenológicas del cultivo .....</b>	<b>27</b>
<b>Caracterización de los genotipos .....</b>	<b>27</b>
<i>Genotipo I-451 Guaranguito .....</i>	<i>27</i>
<i>Genotipo F3 (ECU 2658 x ECU 8415) .....</i>	<i>28</i>
<b>Principales enfermedades .....</b>	<b>28</b>
<i>Antracnosis .....</i>	<i>28</i>
<b>Ciclo de Colletotrichum en lupino.....</b>	<b>29</b>
<b>Métodos de control físico .....</b>	<b>30</b>
<i>Radiación solar .....</i>	<i>30</i>
<i>Calor seco .....</i>	<i>30</i>
<b>Método de control biológico.....</b>	<b>31</b>
<i>Bacillus subtilis .....</i>	<i>31</i>
<b>Agricultura de precisión .....</b>	<b>32</b>
<b>Índice de vegetación .....</b>	<b>32</b>
<b>Índice de Clorofila.....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo III.....</b>	<b>34</b>
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>34</b>
<b>Ubicación del lugar de investigación .....</b>	<b>34</b>
<i>Ubicación política de Calderón .....</i>	<i>34</i>

<i>Ubicación geográfica de Calderón</i> .....	35
<i>Ubicación ecológica de Calderón</i> .....	35
<i>Ubicación política del IASA</i> .....	35
<i>Ubicación geográfica del IASA</i> .....	36
<i>Ubicación ecológica en el IASA</i> .....	36
<b>Materiales</b> .....	37
<b>Métodos</b> .....	37
<i>Aplicación del tratamiento con radiación solar en semilla</i> .....	37
<i>Aplicación del tratamiento con B. subtilis CtpxS2-1 en planta</i> .....	38
<b>Fase de campo</b> .....	38
<b>Variables de estudio</b> .....	43
<b>Diseño experimental</b> .....	46
<i>Factores</i> .....	46
<i>Tratamientos</i> .....	47
<i>Tipo de diseño</i> .....	47
<i>Características (unidades experimentales)</i> .....	47
<i>Croquis del diseño experimental</i> .....	48
<i>Modelo matemático</i> .....	48
<i>Análisis estadístico</i> .....	49

	12
<i>Análisis funcional</i> .....	49
<b>Capítulo IV</b> .....	50
<b>Resultados y Discusión</b> .....	50
<b>Variables agronómicas</b> .....	50
<b>Variables patológicas</b> .....	57
<b>Correlación entre las variables</b> .....	59
<b>Índice de clorofila</b> .....	60
<b>Capítulo V</b> .....	63
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	63
<b>Conclusiones</b> .....	63
<b>Recomendaciones</b> .....	63
<b>Bibliografía</b> .....	65

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Muestreo para la medición de la clorofila en el cultivo de chocho</i> .....	40
<b>Tabla 2</b>	<i>Ecuación para la obtención de clorofila en laboratorio medidas en <math>\mu\text{g/ml}</math></i> .....	43
<b>Tabla 3</b>	<i>Descripción de la escala de severidad en <i>lupinus mutabilis</i></i> .....	45
<b>Tabla 4</b>	<i>Factores y niveles de investigación en fase de campo</i> .....	46
<b>Tabla 5</b>	<i>Tratamientos utilizados en los genotipos de chocho</i> .....	47
<b>Tabla 6</b>	<i>Porcentaje de emergencia, número de botres, número de vainas por planta</i> .....	50
<b>Tabla 7</b>	<i>Número de semillas por vaina, semilla no comercial, rendimiento en chocho</i> .....	53
<b>Tabla 8</b>	<i>Porcentaje de severidad e incidencia en los genotipos de chocho</i> .....	57
<b>Tabla 9</b>	<i>Coficiente de correlación de Pearson entre algunas variables</i> .....	60

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Ciclo de vida de Colletotrichum en lupino..</i>	29
<b>Figura 2</b>	<i>Ubicación del terreno de Calderón.</i>	34
<b>Figura 3</b>	<i>Ubicación de los laboratorios de Fitopatología, Control Biológico</i>	36
<b>Figura 4</b>	<i>Medición de clorofila en campo en el flurómetro Opti-Sciences CCM-200</i>	41
<b>Figura 5</b>	<i>Hojas de chocho de cada planta seleccionada</i>	42
<b>Figura 6</b>	<i>Procedimiento de extracción de clorofila de L. mutabilis</i>	43
<b>Figura 7</b>	<i>Escala de severidad de antracnosis (Colletotrichum acutatum)</i>	45
<b>Figura 8</b>	<i>Croquis experimental</i>	48
<b>Figura 9</b>	<i>Índice de clorofila aplicando radiación solar o con B. subtilis</i>	61

## Resumen

El presente estudio se realizó con el propósito de evaluar parámetros agronómicos y patológicos en dos genotipos de chocho mediante la aplicación de radiación solar en semilla y *B. subtilis* en planta, para el control de antracnosis. Semillas de chocho del genotipo I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) fueron pre tratadas con radiación solar en una estufa casera por 45 minutos y en otro tratamiento plantas de los dos genotipos recibieron suspensiones de *B. subtilis*. Para esto se sembraron los dos genotipos en la localidad de Calderón, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. La aplicación de *B. subtilis* en planta presentó mejores resultados en los parámetros agronómicos (número de brotes, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, semilla no comercial, rendimiento), patológicos (severidad e incidencia) e índice de clorofila. El pre tratamiento de semilla con radiación solar afectó significativamente la emergencia de plántulas en ambos genotipos; sin embargo el número de brotes, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, semilla no comercial, rendimiento, incidencia, severidad e índice de clorofila fueron superiores con relación al testigo.

**Palabras claves:** *Radiación solar, Bacillus subtilis, Chocho, Antracnosis,*

### **Abstract**

The present study was carried out with the purpose of evaluating agronomic and pathological parameters in two genotypes of lupin through the application of solar radiation in seed and *B. subtilis* in plant for the control of anthracnose. Lupin seeds of the I-451 Guaranguito genotype and the F3 cross (ECU 2658 x ECU 8415) were pre-treated with solar radiation in a home oven for 45 minutes, in another treatment were applied to the two genotypes. For this the two lupin genotypes were sown in the town of Calderón in a completely randomized design with three repetitions. The application of *B. subtilis* in plant presented better results in agronomic parameters (number of shoots, number of pods per plant, number of seeds per pod, non-commercial seed, yield), pathological (severity and incidence) and chlorophyll index. The pre-treatment of seed with solar radiation significantly affected the emergence of the seedlings in both genotypes, however number of shoots, number of pods per plant, number of seeds per pod, non-commercial seed, yield, incidence, severity and chlorophyll index were higher than the control.

**Keywords:** *Solar radiation, Bacillus subtilis, Cunt, Lupin*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

El chocho (*Lupinus mutabilis*) conocido también como tauri, tarwi o lupino es una leguminosa propia de los Andes Centrales, la cual está distribuida en Perú, Bolivia, Chile, Colombia y Ecuador, donde se consume en forma de grano desamargado fresco (Caicedo & Peralta, 2001), debido a que su semilla contiene alto contenido de proteína (44,3 %), grasa (16,5 %), carbohidratos, minerales y fibra por lo que el chocho es considerado un alimento útil para la alimentación del ser humano.

En nuestro país existen pequeños agricultores que se dedican a su cultivo, quienes utilizan técnicas tradicionales para su producción, pero a pesar de usar estas técnicas no se ha podido explotar al máximo, generando un bajo rendimiento (Tapia, 2015). La baja producción en el cultivo suele deberse a algunos factores como: el uso de semilla infectada y el ataque de plagas y enfermedades.

La enfermedad más devastadora del chocho es la antracnosis, causada por el patógeno *Colletotrichum acutatum*, que es un hongo que ataca especialmente a semillas, tallos, hojas y vainas, provocando lesiones oscuras que se secan y toman la apariencia de quemadura. Este hongo puede sobrevivir más de dos años dentro de la semilla, donde las plántulas que emergen pueden presentar lesiones en el tallo, cotiledones y el peciolo de las hojas, luego de algunos días estas lesiones generan esporas que son diseminadas

fácilmente por medio de la lluvia, viento, animales e insectos, logrando infectar a todo el cultivo (Falconí, Viser, & Heusden, 2013).

En la actualidad se ha venido combatiendo a este patógeno, sin embargo su control no ha sido muy efectivo debido a su alta virulencia en el hospedero y a que no existe ningún producto químico que logre erradicar al patógeno de la semilla, por tanto es necesario implementar nuevas tecnologías que ayuden con su control, para de esta forma mejorar el rendimiento del cultivo.

Una alternativa viable es el uso de radiación solar UV-B, que en aplicación moderada genera algunos beneficios como: mejora el funcionamiento de las estructuras proteicas de la semilla, reduce microorganismos fúngicos y activa el mecanismo de defensa en el tejido vegetal (Falconi & Yanez-Mendizabal, 2019). Para hacer uso de la radiación solar Falconí (2012), construyó una estufa solar casera, la cual emplea el poder combinado de la radiación solar y temperatura, que reduce la viabilidad del patógeno; además Terán (2016) mencionando que usando esta tecnología se incrementa el peso y número de vainas por planta en aquellas que provienen de semillas tratadas con radiación solar comparado con las que no fueron tratadas. Por otro lado, según Yanéz-Mendizabal & Falconi (2018) *Bacillus subtilis* posee un fuerte efecto antifúngico que reduce significativamente la infección por antracnosis en la planta, sin embargo se necesita hacer más investigación sobre esta cepa, para implementar un programa de control biológico de esta enfermedad.

El chocho es un producto nativo que constituye parte de la alimentación soberana de nuestro país, por lo tanto es necesario implementar nuevas tecnológicas que garanticen

su sostenibilidad, para esto se utiliza la agricultura de precisión cuyo propósito es optimizar el manejo de la producción agrícola teniendo en cuenta la variabilidad del agroecosistema (Leiva, 2003). Esta información es obtenida a través de datos numéricos como: índices de vegetación e índice de clorofila.

### **Justificación**

La antracnosis es la principal enfermedad del chocho, este es un hongo saprofito facultativo que puede sobrevivir durante algún tiempo en el suelo, así como también en residuos de plantas infectadas (Tapia, 2015). Por lo tanto, es aconsejable quemar los residuos de plantas infectadas y realizar rotación de cultivos.

Este hongo tiene fundamentalmente la capacidad de vivir dentro de la semilla durante un periodo de dos años, así plantas que emergen de esta semilla infectada, pueden generar lesiones de color oscuro, retorcimiento del peciolo y tallo, sin olvidar que estas semillas pueden estar mal formadas (Galdames, 2017), al poco tiempo de las lesiones que se generan emergen esporas en abundancia, que pueden ser propagadas por los animales, insectos y maquinaria agrícola (Falconí, Viser, & Heusden, 2013). En la mayoría de casos a nivel de campo bajo condiciones conductivas esta enfermedad genera pérdidas de hasta el 100 %.

Existen algunos métodos promisorios para el control de la antracnosis, los cuales son: radiación solar (Falconi & Yanéz-Mendizabal, 2019) y *Bacillus subtilis*, (Yanez-Mendizabal & Falconi, 2018) que en estudios previos han demostrado disminuir la

viabilidad del hongo en semilla y en planta. Dada esta situación es necesario evaluar su impacto en características agronómicas y en la producción.

La agricultura de precisión puede ayudar en el monitoreo del cultivo, a través de nuevas tecnologías como: teledetección e índices de vegetación, los cuales constituyen herramientas eficaces para el manejo de recursos ambientales y toma de decisiones (Díaz, 2015).

### **Planteamiento del problema**

La antracnosis es generada por el hongo *Colletotrichum acutatum*, el cual disminuye considerablemente la producción y en algunos casos devasta por completo el cultivo del chocho. No existe ninguna técnica que erradique por completo a este patógeno, así mismo tampoco existe un producto químico que erradique al patógeno; sin embargo existen técnicas que han logrado controlar eficientemente a este patógeno: la radiación solar y el control biológico con *Bacillus subtilis*. La radiación solar consiste en exponer las semillas durante un determinado tiempo a los rayos del sol más temperatura en una estufa solar para la disminución o erradicación al patógeno; *Bacillus subtilis* tiene fuerte efecto antifúngico que suprime infecciones por antracnosis en planta (Falconi & Yáñez-Mendizábal, 2021).

### **Causas**

Las causas más comunes para el desarrollo de la antracnosis son: uso de variedades no mejoradas, variedades con susceptibilidad a esta enfermedad, poco

conocimiento de nuevas técnicas empleadas en la desinfección de la semilla y uso inadecuado de fungicidas sintéticos.

### ***Efectos***

La antracnosis afecta al cultivo de chocho causando efectos negativos como: baja productividad ya que reduce el número de vainas y semillas, pérdidas a la poscosecha ya que se ve afecta la calidad del grano y bajos ingresos económicos que son producto del bajo rendimiento ocasionado por la antracnosis.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Evaluar el comportamiento agronómico de dos genotipos de chocho con la aplicación de dos alternativas (radiación solar en semilla y *Bacillus subtilis* en planta) para el control de antracnosis, Provincia de Pichincha.

#### ***Objetivos Específicos***

Evaluar parámetros agronómicos y patológicos en dos genotipos de chocho con semilla pre tratada con radiación solar

Evaluar parámetros agronómicos y patológicos en dos genotipos de chocho por efecto de aplicaciones de *Bacillus subtilis*

Determinar el contenido de clorofila en el cultivo del chocho para confirmar el grado estrés de la planta

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis nulas***

Los parámetros agronómicos y patológicos en la planta no son afectados por el pre tratamiento físico de semilla con radiación solar

Los parámetros agronómicos y patológicos no son afectados por el tratamiento con *Bacillus subtilis*

El nivel de clorofila no se relaciona con el grado de estrés de la planta de chocho

### ***Hipótesis alternativas***

Los parámetros agronómicos y patológicos en la planta son afectados por el pre tratamiento físico de semilla con radiación solar

Los parámetros agronómicos y patológicos son afectados por el tratamiento con *Bacillus subtilis*

El nivel de clorofila se relaciona con el grado de estrés de la planta de chocho

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### Chocho (*Lupinus mutabilis*)

##### *Origen*

El chocho (*Lupinus mutabilis*) también conocido como lupino andino es un grano originario de la zona andina sudamericana, que ha sido cultivado desde hace aproximadamente cuatro mil años por la cultura egipcia y andina quienes fueron los primeros en domesticarlo y utilizarlo en su dieta, cada cultura utilizó su propia variedad e hizo el proceso de maceración y lavado para eliminar los alcaloides existentes en la semilla (Tapia, 2015).

Este cultivo crece entre los 2000 a 3800 msnm, se adapta a diferentes tipos de suelo y climas, posee un alto valor nutricional y tiene propiedades medicinales (Caicedo & Peralta, 2001). El chocho es una planta leguminosa que se encuentra distribuida por diferentes países como: Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, Chile, Argentina y Venezuela, donde sus semillas ocupan los primeros lugares entre los alimentos ideales para la alimentación humana, debido a su elevado contenido de proteínas y aceites (Castañeda y otros, 2008).

## **Descripción botánica**

El chocho es una planta anual que puede alcanzar una altura entre 1,8 a 2,0 m, cada planta puede llegar a producir de 91 a 121 vainas que contienen de 3 a 6 granos en forma ovalada (Tapia, 2015). Su tallo es semileñoso de aspecto cilíndrico, cuyas hojas son compuestas teniendo cinco o más folíolos unidos a la base (Caicedo & Peralta, 2001); sus flores son de color violeta con una estructura central de color amarillo a la que denominamos quilla; además sus semillas son de color blanco de forma redonda, y su fruto es una vaina de color verde pálido cuando esta tierna, de color gris cuando hasta maduro y de color café oscura listo para la cosecha (Villacres, 2006).

## **Aplicaciones del chocho**

### *Usos*

La semilla de chocho debe pasar por un proceso de desamargado, debido a que posee elementos que no son aptos para el consumo del ser humano. Una vez desamargado la semilla, se puede dar los siguientes usos:

- **Medicinal:** la planta de chocho posee dos compuestos los isoflavonoides y quinolizidinicos, que son compuestos utilizados en la industria farmacéutica para la elaboración de sedantes y antiespasmódicos; además su semilla se puede utilizar como desparasitante, para el estreñimiento, el reumatismo, artritis y para tratar la tuberculosis (Loja & Orellana, 2019).

- Alimenticio: el chocho es una leguminosa propicia para los niños en crecimiento, mujeres embarazadas o que están dando de lactar, debido a su alto contenido de proteína, vitaminas y minerales; otro uso que se le puede dar en diversos platos como cevichochos, crema, lasaña de carne, tacos de carne, mayonesa, pizza y tamales; agregando a esto que también se lo puede usar en la elaboración de queso, galletas, budín, flan, manjar, pastel, natilla y pastelillos (Falconi, 2016).
- Agronómico: varios agricultores utilizan el agua de chocho ya cocinada como laxante y en el control de plagas para sus cultivos, además la planta de chocho en estado de floración puede ser utilizada como abono verde, la cual mejorará el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua (Loja & Orellana, 2019).

## **Manejo del cultivo**

### ***Preparación del suelo***

El suelo se puede preparar con maquinaria agrícola, yunta o las herramientas agrícolas, para el caso del chocho cuando se cultiva en suelos arenosos es necesario dar una o dos pasadas de rastra y un surcado; en cambio cuando se cultiva en otros suelos que son arenosos se debe realizar un arado, una cruz y un surcado (Guzman, Gusqui, Moran, & Harunobu, 2015). Después se realiza un deshierbe entre los 30 a 45 días y un aporque a los 60 días.

### ***Siembra***

La siembra varía en función del clima, la presencia de lluvias y las variedades, para el chocho lo recomendable es una separación entre hileras de 60 a 80 cm y distanciamiento entre plantas de 30 a 35 cm, donde se deposita de 3 a 4 semillas por golpe, a una profundidad de 1,5 cm (Peralta, Marzon, Murillo, Rivera, & Monar, 2008).

### ***Requerimiento del cultivo***

El chocho se cultiva en zonas templadas y frías de los valles interandinos a una altura entre 2000 a 3850 msnm, requiere una precipitación de 350 a 850 mm durante el ciclo del cultivo, por el contrario no requiere excesiva humedad debido a que es muy susceptible, además no soporta heladas en las fases iniciales y también en la formación de vainas, aunque en la actualidad existen genotipos que poseen cierta tolerancia (Jacobsen & Mujica, 2006). Los suelos en los que mejor se desarrolla son sueltos, aireados, con un adecuado balance de nutrientes donde predomine el fósforo y potasio, además de un buen drenaje y pH entre 5,6 a 6,8 (Villacres, 2006).

### ***Labores culturales***

Según (Falconí, 2012) durante la siembra y cada 3 semanas hasta que lignifique la raíz es recomendable aplicar en los surcos el insecticida endosulfán a una dosis de 2-3 ml l<sup>-1</sup> de agua para el control de plagas, y también 175 kg ha<sup>-1</sup> de 10-30-10 en la etapa de crecimiento, adicional a los 60 días se puede utilizar biol 1-1,5 ml l<sup>-1</sup> para estimular el crecimiento y la floración.

## **Etapas fenológicas del cultivo**

Según (Caicedo & Peralta, 2001) las etapas fenológicas del cultivo son aquellas que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta de chocho que van desde la siembra hasta la cosecha, así:

- Emergencia: aparecen los cotiledones que emergen del suelo.
- Cotiledonar: los cotiledones se abren horizontalmente a ambos lados, aparecen los primeros folíolos que se encuentran enrollados en el eje central.
- Desarrollo: comienza desde la visualización de las hojas verdaderas hasta la inflorescencia.
- Floración: inicia cuando hay la apertura de las flores.
- Reproductivo: va desde la floración hasta la emergencia completa de la vaina.
- Envainamiento: hay formación de las vainas, cuya longitud es de 12 cm.
- Cosecha: Es la etapa donde la vaina está listo para ser cosecha, suele tener un color café oscuro.

## **Caracterización de los genotipos**

### ***Genotipo I-451 Guaranguito***

Es una variedad de chocho cuyo crecimiento es erecto, esta variedad proviene de la línea ECU 2658 proveniente del Perú, posee un buen vigor de carga, una alta tolerancia a enfermedades foliares, un ciclo mediamente precoz equivalente a 171 días, un grano de

buena calidad de mediano a grande, y un rendimiento promedio de grano seco de 1.2 T. ha<sup>-1</sup> (Peralta, Mazon, Villacres, & Rivera, 2013).

### ***Genotipo F3 (ECU 2658 x ECU 8415)***

Es una línea de mejora, donde las plantas de la F3 pueden llegar a medir 1,40 m de altura, posee un promedio de 44 flores en su eje central, produce tres granos por vaina y tiene un rendimiento de 1.1 T. ha<sup>-1</sup> (Falconi, 2012).

### **Principales enfermedades**

Las enfermedades foliares más comunes que atacan al cultivo de chocho son: antracnosis, roya, ovularia, fusarium y cercospora, las cuales son limitantes en el desarrollo vegetativo del cultivo, sin olvidar que pueden atacar en la floración o después de ella (Peralta y otros, 2012).

#### ***Antracnosis***

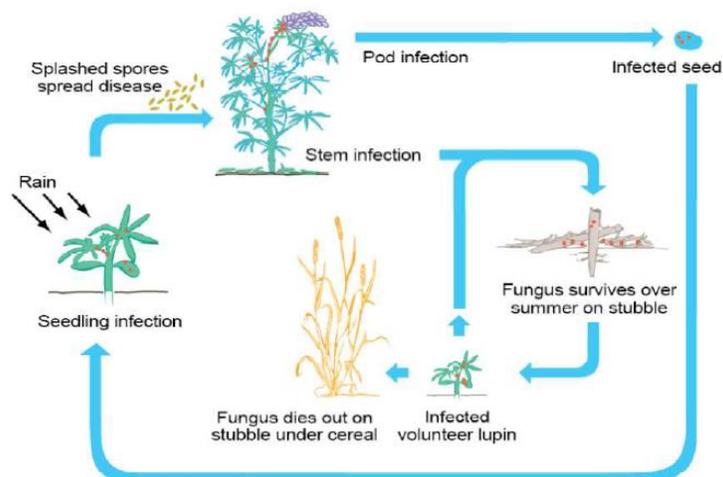
Es una enfermedad causada por el hongo *Colletrotichum acutatum* que ataca principalmente a las hojas, tallos, semillas y vainas del cultivo (Falconí, Viser, & Heusden, 2013); el chocho por su parte es un cultivo altamente susceptible, que al presentar dicha enfermedad puede llegar a tener pérdidas de hasta el 100 % en su producción, debido a la fugaz propagación del hongo (Caicedo & Peralta, 2001). Sus colonias son de color blanco cubiertas con conidios que van de color rosa a naranja, aunque la infección puede ocurrirse en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, este

hongo posee la factibilidad de causar infecciones en frutos tiernos en el campo (Falconí, Viser & Heusden, 2013)

**Ciclo de *Colletotrichum* en lupino.** Dado que este hongo puede sobrevivir en las semillas, por un periodo de dos años las plantas que emergen de estas semillas infectadas van a presentar lesiones en el tallo, los cotiledones y los peciolo de la hoja, luego de unos pocos días en estas lesiones se producen esporas que son diseminadas a través de la lluvia, el viento, la maquinaria agrícola y los animales (Figura 1). Si las condiciones son favorables, es decir que hay más humedad o temperatura los síntomas y la producción de esporas se incrementan, pero en el caso que no existan estos factores las esporas del hongo se protegen en una matriz, hasta que las condiciones climáticas sean factibles (Thomas, 2003).

**Figura 1**

*Ciclo de vida de *Colletotrichum* en lupino*



*Nota.* El grafico muestra el ciclo de vida de *Colletotrichum* en lupino. Tomada de (Thomas, 2003)

## **Métodos de control físico**

### ***Radiación solar***

La radiación solar es un proceso natural que es originado por el sol, la cual constituye una parte fundamental para el buen funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Eduardo, y otros, 2017). Esta puede dividirse en tres rangos de longitud de onda los cuales son: radiación solar UV, luz infrarroja y radiación infrarroja.

La radiación solar UV es un componente natural de la luz solar, que se encuentra dividido en tres componentes que son: radiación solar UV-A cuya longitud de onda es 320 a 400 nm, radiación solar UV-B de 280 a 320 nm y radiación solar UV-C de 200 a 280 nm (Falconi & Yanéz-Mendizabal, 2017). La radiación solar UV-B puede alterar el crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas si se aplica por un tiempo prolongado, pero si la radiación, es decir la energía térmica transformada en calor se acumula en una estufa solar y el tiempo de exposición es correcto se genera algunos efectos benéficos en la semilla como: mejora sus procesos bioquímicos y fisiológicos, reduce la incidencia de microorganismos fúngicos, aumenta las concentraciones de clorofila, proteína y actividad de peroxidasa en planta (Falconi & Yanez-Mendizabal, 2019).

### ***Calor seco***

El calor seco es un método de desinfección físico que se utiliza en la semilla para la eliminación de patógenos, este método consiste en aplicar en la semilla calor seco a

una temperatura de 65 °C, donde se disminuye la presencia de patógenos, pero a su vez también exposiciones prolongadas afectan la germinación de la semilla. Para el caso de las semillas de *L. mutabilis* se ha demostrado que de calor seco a una temperatura de 65 °C durante un tiempo de 8 a 12 horas redujo eficazmente la transmisión de *C. acutatum* hasta en un 85% en semilla (Falconí & Yáñez-Mendizábal, 2016).

### **Método de control biológico**

#### ***Bacillus subtilis***

Las bacterias del género *Bacillus* son microorganismos Gram positivos, potencialmente controladores biológicos de patógenos, los cuales han desarrollado mecanismos de competencia que forman sustancias de tipo biocontroladoras, que inhiben el crecimiento de otros microorganismos, debido a su competencia de espacio entre patógeno – antagonista (Ongena, Henry, & Thonart, 2009). Dentro del género *Bacillus* existen algunas especies como *Bacillus subtilis* cepa CtpxS2-1 del banco de microorganismos de los laboratorios de Fitopatología y Control Biológico de la ESPE que ha demostrado inhibir satisfactoriamente el crecimiento de *Colletotrichum acutatum* y otros hongos fitopatógenos de *Lupinus mutabilis* en semillas (Yanez-Mendizabal & Falconi, 2018).

Algunas de las aplicaciones de *B. subtilis* se han obtenido gracias a las características de sus metabolitos, según (Ongena, Henry, & Thonart, 2009) son:

- Control biológico de patógenos: los productos que se producen por sus antibióticos son biodegradables y eficaces para el control de enfermedades.

- Control de enfermedades zoonóticas: se utiliza esta bacteria para contrarlar la Salmonella.
- Producción de surfactantes: se usa el lipopeptido surfactina que la bacteria produce para ayudar a la inhibición en medios acuáticos.

### **Agricultura de precisión**

La agricultura de precisión es un sistema que busca optimizar el manejo de la producción agrícola, teniendo en cuenta que tipo de variabilidad existe en el agroecosistema (Leiva, 2003), de esta forma se puede establecer estrategias para aplicar la cantidad correcta de insumos en el momento y lugar más adecuado. Según (Castaño, 2013) la agricultura de precisión se define como un sistema que es empleado para analizar y controlar la variación espacio- temporal del terreno y el cultivo, para el caso de variación espacial esta comprende qué diferencias hay en la fertilidad de las diferentes secciones del terreno y para la variación temporal en cambio son observadas las diferentes producciones de un mismo terreno pero entre una temporada a otra.

### **Índice de vegetación**

Son medidas cuantitativas, que se basan en datos digitales los cuales miden el contenido de clorofila, biomasa o vigor vegetal, donde gracias a la combinación de las bandas espectrales mediante un pixelado se puede estimar y evaluar el estado de salud de la planta (Munoz, 2013).

## **Índice de Clorofila**

Juega un papel muy importante debido a que esta correlacionado con la fotosíntesis, esto nos permite comprender el estado fisiológico de la planta, sus niveles de nitrógeno, fosforo y boro que se encuentran presentes en la hoja; por lo tanto si hay una reducción en este contenido puede considerarse como una respuesta al estrés de la planta (González, 2009).

## Capítulo III

### Materiales y Métodos

#### Ubicación del lugar de investigación

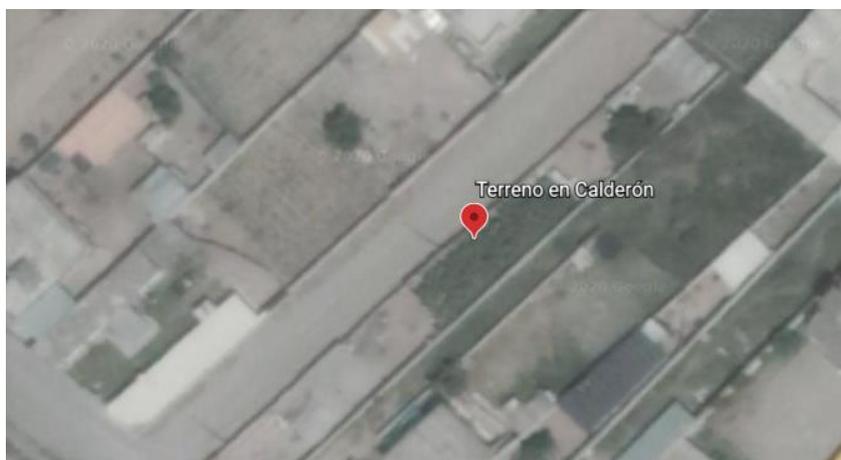
El estudio se llevó a cabo en localidad de Calderón para la fase de campo y con la respecto a fase de laboratorio se lo realizo en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1.

#### *Ubicación política de Calderón*

La investigación en su fase de campo se llevó a cabo en un terreno ubicado en la parroquia de Calderón, Cantón Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha.

#### **Figura 2**

##### *Ubicación del terreno en Calderón*



*Nota.* El gráfico muestra la ubicación del terreno en Calderón. Tomada de Google maps, 2020.

### ***Ubicación geográfica de Calderón***

El presente estudio se llevó a cabo en la parroquia de Calderón localizado en las coordenadas geográficas: longitud 78°25'21"O, latitud 0°5'50"S.

### ***Ubicación ecológica de Calderón***

El terreno se localiza a una altura 2610 msnm, con una humedad relativa de 23% y una temperatura media de 15 °C (Accuweather, 2019).

### ***Ubicación política del IASA***

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios Fitopatología, Control Biológico y Fisiología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, ubicados en la Hacienda el Prado perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, parroquia de San Fernando, Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

### Figura 3

#### *Ubicación de los laboratorios de Fitopatología, Control Biológico y Fisiología Vegetal*



*Nota.* El gráfico muestra la ubicación de los laboratorios de Fitopatología, Control Biológico y Fisiología Vegetal en el IASA. Tomada de Google maps, 2020.

#### *Ubicación geográfica del IASA*

El presente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Fitopatología, Control Biológico y Fisiología Vegetal, que se encuentran ubicados en los Bloques 4, 7 y 2 respectivamente del IASA 1, localizado en las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 78°24'44"O, latitud 0°23'20"S.

#### *Ubicación ecológica en el IASA*

Los laboratorios se encuentran localizados a una altura de 2748 msnm, con una humedad relativa del 69,03% y una temperatura media de 14°C. (Arce, 2009).

## **Materiales**

Semillas de chocho variedad I-451 Guaranguito y F3 (ECU 2658 x ECU 8415), fundas ziploc, estacas, piola, bomba de mochila, marcador permanente, libreta de campo, guantes, azadilla, costalillos, estufa casera, cinta para identificación, manguera de riego.

- Controles sanitarios: Profenofos ( $1,5 \text{ ml. L}^{-1}$ ), Deltamethrin ( $1,75 \text{ ml. L}^{-1}$ ), Azoxistrobina ( $1,5 \text{ g. L}^{-1}$ );
- Fertilizantes: 18-46-0 Nitrato de calcio; Biol:  $1 \text{ ml. L}^{-1}$

Materiales de laboratorio y materiales biológicos: tubos de ensayo de 10 ml, gradilla, mortero, papel aluminio, reloj de vidrio, pipeta de  $1000 \mu\text{l}$ , toallas absorbentes, pinzas, alcohol etílico al 95%, agua destilada, *Bacillus subtilis* cepa CtpxS2-1, hojas de chocho

Equipos y programas: balanza electrónica (M-220D), computador, Fluorómetro Opti-Sciences CCM-200 plus, espectrofotómetro (spectroflex 6600), centrifuga MX 8624, cámara digital, refrigerador.

## **Métodos**

### ***Aplicación del tratamiento con radiación solar en semilla***

Las semillas se colocaron en cajas petri plásticas previamente etiquetadas, luego se colocaron en la estufa casera junto al termómetro y el piranómetro que estaba conectado a un data logger, después la estufa se cerró herméticamente para exponerla al sol durante 45 minutos, al medio día en un día soleado.

### ***Aplicación del tratamiento con B. subtilis CtpxS2-1 en planta***

Para la aplicación de *B. subtilis* cepa CtpxS2-1 se inoculó bacterias reaisladas de la cepa Bs-CtpxS2-1, las cuales fueron refrescadas en un medio agar nutritivo a una temperatura de 30 °C, luego se hizo pruebas de antibiosis, para verificar su efectividad en el control del hongo, después se purifico estas cepas y se elaboró medios líquidos para su atomización, cuya concentración es  $5 \times 10^9$  UFC/ ml. A continuación se aplicó en plantas de los genotipos I-451 Guaranguito y el cruce F3 (ECU 2658 x ECU 8415) a una dosis de 0,5 g/l, por unidad experimental.

La investigación se realizó en dos fases:

#### **Fase de campo**

El terreno que se utilizó tiene una pendiente de 4%, situada en el cantón del Distrito Metropolitano de Quito, Parroquia: Calderón. La preparación del terreno se realizó con dos pasadas de rastra, luego se formaron las parcelas delimitándolo con estacas y piolas cuya área fue  $6,25 \text{ m}^2$ , en cada parcela se realizaron 5 surcos con ancho de 0,80 m, para la siembra se colocaron 4 semillas por golpe, a una distancia de 0,30 m entre golpe y una profundidad de 0,5 m, seguidamente se regó todo el terreno mediante riego por goteo. El riego se lo hizo para facilitar la disponibilidad de agua en el cultivo de chocho, para esto se regó pasando 2 días por 3 horas debido a que el chocho no necesita excesiva cantidad de agua. Luego de 17 días de la siembra se evaluó el porcentaje de emergencia de la planta, donde se contabilizó el número total de semillas germinadas de todas las unidades experimentales, posteriormente luego de 37 días se realizó el muestreo

para la medición de clorofila en hojas de chocho, aquí también se contabilizó el número de brotes por cada planta marcada de cada unidad experimental; después se realizaron deshierbas cada 15 días y aporque a los 60 días; el marcaje se realizó a 10 plantas por unidad experimental mediante cintas de colores acorde con cada tratamiento que se colocaron en el tallo principal.

Luego de 18 días de la siembra se procedió a la aplicación de un control preventivo para insectos con profenofos  $1,5 \text{ ml. L}^{-1}$ , después de 7 días se aplicó deltamethrin  $1,75 \text{ ml. L}^{-1}$ , para hacer una rotación de insecticidas y evitar que las plagas no sean resistentes a estos productos, este tratamiento se repitió cada 15 días hasta el momento de la floración. Para controlar hongos fitopatógenos se aplicó Azoxistrobina a una dosis de  $1,5 \text{ g. L}^{-1}$  cada 10 días después de aplicar los insecticidas.

A los 45 y 70 días se realizó la fertilización, aplicando nitrato de calcio a dosis de 6 kg en todas las unidades experimentales, con un distanciamiento de las plantas de 0,02 m y una profundidad de 0,04 m. Adicionalmente a los 85 días se aplicó biol a una dosis de  $1 \text{ ml. L}^{-1}$  a todas las unidades experimentales.

A continuación se realizaron aplicaciones de *Bacillus subtilis* al follaje  $0,5 \text{ g. L}^{-1}$ , a los 80 y 95 días en las siguientes etapas de crecimiento y de floración.

Luego a los 120 días después de la siembra del cultivo, cuando se encuentra el 50 % de su floración se procedió a evaluar la severidad, mediante su escala de menor a mayor respectivamente (Falconí, 2012).

Finalmente, a los 160 días se realizó la cosecha de las vainas secas del cultivo, es decir cuando los granos soportaron la presión de las uñas; las vainas se colocaron en costales que se encontraban identificados con su respectivo tratamiento y repetición. Luego se tomaron datos como el número de vainas por planta, número semilla por vaina, semilla no comercial y rendimiento de semilla por hectárea.

### **Medición de clorofila en campo en hojas de chocho (*L. mutabilis*)**

En el campo mediante el Fluorómetro Opti-Sciences CCM-200 plus se midió el contenido de clorofila de cada foliolo de una hoja compuesta por cada planta muestreada (Figura 4). Para esto se seleccionaron 10 plantas en forma aleatoria por unidad experimental y con una cinta de color se marcó cada planta, dando un total de 30 plantas por tratamiento. La medición de clorofila se realizó cada 15 días, a partir del estado fenológico cotiledonar, dando un total de 6 muestreos (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Planificación del muestreo según el ciclo vegetativo del cultivo de chocho*

<b>Muestreo</b>	<b>Estado Fenológico</b>	<b>Días después de la siembra</b>
Primer muestreo	Cotiledonar	37
Segundo muestreo	Desarrollo vegetativo	58
Tercer muestreo	Desarrollo vegetativo	79
Cuarto muestreo	Floración	100
Quinto muestreo	Reproductivo	115
Sexto muestreo	Envainamiento	130

*Nota.* Esta tabla muestra la planificación del muestreo para la medición de clorofila según el ciclo vegetativo del cultivo de chocho que se realizó en el ensayo.

**Figura 4**

*Medición de clorofila en campo con el fluorómetro Opti-Sciences CCM-200 plus*



*Nota.* El gráfico muestra la medición de la clorofila en campo con el fluorómetro Opti-Sciences CCM-200 plus.

**Fase de laboratorio****Obtención del material vegetal de *Lupinus mutabilis***

El material vegetal fue recolectado en la localidad de Calderón, seleccionando las hojas más tiernas de cada planta marcada por unidad experimental, luego cada muestra por planta seleccionada se colocó en fundas ziploc y se etiquetó (Figura 5).

**Figura 5**

*Hojas de chocho de cada planta seleccionada*



*Nota.* En la imagen se puede observar las hojas de chocho de cada planta por unidad experimental, ya etiquetada.

**Extracción de clorofila de hojas de chocho**

Para la extracción de la clorofila se pesó 0,25 g de material vegetal de *L. mutabilis*, luego se llevó al congelador por 15 minutos; después se trituró este material en el mortero y se colocó 2,5 ml de alcohol etílico al 95%, este macerado se lo puso en tubos de ensayo de 10 ml, dejando reposar en el congelador por 24 horas. Al siguiente día se sacó de refrigeración, se transfirió las muestras a un mortero para moler y aforar a 6,5 ml con alcohol etílico al 95%, después se colocaron en tubos y se centrifugó durante 15 minutos; de esta solución se extrajo la parte líquida de la clorofila con una pipeta y se colocó en el espectrofotómetro para leer su absorbancia a 645 y 663 nm (Sumanta *et al.*, 2014) (Figura 6). La medición de clorofila se realizó empleando la siguiente ecuación, que se muestra en la tabla 2:

**Tabla 2**

*Ecuación para la obtención de clorofila en laboratorio medidas en  $\mu\text{g/ml}$*

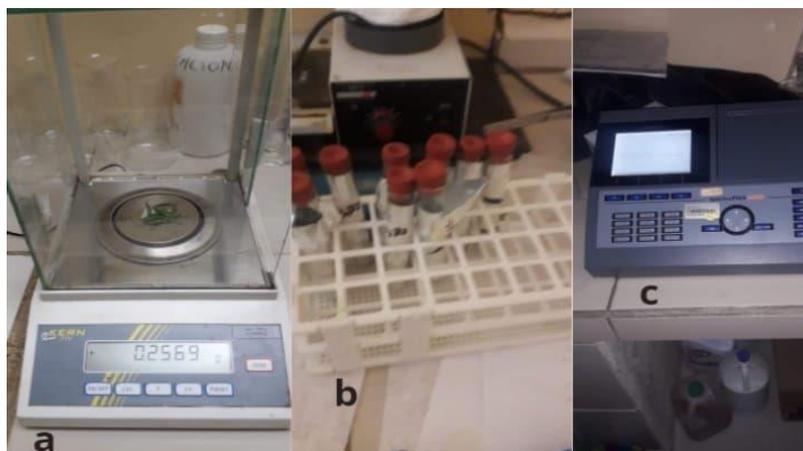
<b>Solvente</b>	<b>Ecuaciones</b>
95 % Etanol	Ch-a= $13,36^a_{664}-5,19^a_{649}$ Ch-b= $27,43^a_{649}-8,12^a_{664}$

*Nota.* Esta tabla muestra la ecuación para la obtención de la clorofila en laboratorio.

Donde a=Absorción, Ch-a=Clorofila a, Ch-b=Clorofila b, (Sumanta *et al.*, 2014).

**Figura 6**

*Procedimiento de extracción de clorofila de *L. mutabilis**



*Nota.* En esta imagen se observa el procedimiento de la extracción de clorofila de *L. mutabilis*. Donde a. pesaje de la muestra, b. extracción de clorofila, c. lectura en el espectrofotómetro

### **Variables de estudio**

En el presente estudio se evaluaron las siguientes variables considerando dos parámetros:

### **Parámetros agronómicos**

- Porcentaje de emergencia: se contabilizó el número de plantas germinadas de cada unidad experimental, a los 17 días después de la siembra.
- Número de brotes: se contabilizó de 10 plantas, que fueron seleccionadas al azar por cada unidad experimental.
- Número de vainas por planta: se contó el total de vainas de 10 plantas seleccionadas al azar por cada unidad experimental.
- Número de semillas por vaina: se obtuvo trillando el total vainas de 10 plantas seleccionadas al azar por cada unidad experimental y calculando su promedio.
- Semilla no comercial: se calculó dividiendo el peso de las semillas dañadas, para el peso total de las semillas, y esto multiplicado por cien (Falconí, 2012).
- Rendimiento por hectárea: se obtuvo pesando el total de la semilla de cada unidad experimental, después se extrapoló y luego se expresó en quintales por hectárea.

### **Parámetros patológicos**

#### **Severidad**

Se evaluó en las etapas de crecimiento, floración, utilizando la escala propuesta por (Falconí, 2012) (Tabla 3) (Figura 7), la cual señala:

**Tabla 3**

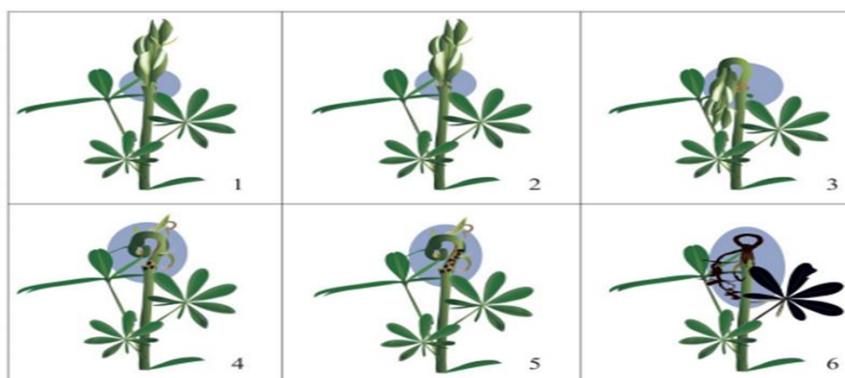
*Descripción de la escala de severidad en lupinus mutabilis*

<b>Escala de severidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Planta que no contenga ninguna lesión
2	Pequeñas lesiones menores a 5 mm, en hojas y el tallo central, con arrugas en hojas y ausencia de esporulación
3	Doblamiento de la yema apical del tallo central, ocasionada por la infección, con numerosas arrugas en hojas y lesiones de 0,5 cm a 1 cm
4	Presencia de lesiones de tamaño mediano entre 1 a 3 cm, en los tallos y las ramas, con tejido necrótico y esporulación
5	Presencia de lesiones de gran tamaño cuyo ancho es más 3 cm, presente en tallos, ramas y vainas con tejido necrótico y colapso de ellos, abunda esporulación
6	Planta necrótica completamente afecta, presencia de plantas muertas, forma pequeña de las vainas y esporulación del tejido necrótico cuyo color es salmón

*Nota.* La tabla muestra la escala de severidad de antracnosis (*Colletotricum acutatum*) en chocho. Tomada de Falconí, (2012).

**Figura 7**

*Escala de severidad de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*)*



*Nota.* El gráfico muestra la escala de severidad de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en chocho. Tomada de Falconí, (2012).

## **Incidencia**

Se evaluó la incidencia a los 160 días después de la siembra contando el número de plantas enfermas cuya muestra fue de 10 plantas al azar por unidad experimental, aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{(\text{número de plantas enfermas})}{(\text{número total de plantas})} \times 100$$

## **Diseño experimental**

### ***Factores***

Los factores a evaluar fueron 2 métodos de desinfección (radiación solar en semilla y *Bacillus subtilis* en planta) y 2 variedades de chocho (I -451 Guaranguito y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) y un testigo (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Factores y niveles de investigación en fase de campo*

<b>Código</b>	<b>Genotipo/cruzamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Método de desinfección</b>
G1	I -451 Guaranguito	M1	Ninguno
G1	I -451 Guaranguito	M2	Radiación solar
G1	I -451 Guaranguito	M3	<i>Bacillus subtilis</i>
G2	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	M1	Ninguno
G2	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	M2	Radiación solar
G2	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	M3	<i>Bacillus subtilis</i>

*Nota.* Esta tabla muestra los factores y niveles de investigación en la fase de campo.

### ***Tratamientos***

En la fase experimental se evaluaron 3 tratamientos (radiación solar en semilla, *Bacillus subtilis* en planta) y el testigo (sin ninguna aplicación) en cada genotipo de chocho I -451 Guaranguito y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) como se puede indicar en la Tabla 5.

### **Tabla 5**

*Tratamientos utilizados en los genotipos de chocho I -451 Guaranguito y F3 (ECU 2658 x ECU 8415)*

<b>Tratamientos</b>	<b>Códigos</b>	<b>Método de desinfección</b>
T1	G1M1	Ninguno
T2	G1M2	Radiación solar
T3	G1M3	<i>Bacillus subtilis</i>
T4	G2M1	Ninguno
T5	G2M2	Radiación solar
T6	G2M3	<i>Bacillus subtilis</i>

*Nota.* Esta tabla muestra los tratamientos aplicados en los genotipos de chocho.

### ***Tipo de diseño***

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) de 6 tratamientos con 3 repeticiones.

### ***Características (unidades experimentales)***

Se utilizaron 18 unidades experimentales en la localidad de Calderón, dispuestas de forma rectangular, cuya dimensiones son: 2,5 m de largo x 2,5 m de ancho, obteniendo un área de 6,25 m<sup>2</sup>, donde dentro de la parcela se elaboró 5 surcos a una distancia entre

surcos de 0,80 m. El distanciamiento entre plantas es de 0,30 m, encontrando por sitio 4 plantas, cuya área total del ensayo fue 150 m<sup>2</sup>.

### ***Croquis del diseño experimental***

El croquis experimental contó con una distribución aleatoria de tratamientos (Figura 8).

### **Figura 8**

#### ***Croquis experimental***

T2	T1	T3
T6	T5	T1
T5	T2	T4
T4	T3	T6
T1	T6	T2
T3	T4	T5

**Nota.** El gráfico muestra el croquis experimental del ensayo

#### ***Modelo matemático***

Se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = u + Gi + M_j + (GM)_{ij} + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Incidencia de la antracnosis en el cultivo de chocho

$u$  = media poblacional

$Gi$  = efecto del i-ésimo genotipo de chocho

$M_j$  = efecto del j-ésimo método de desinfección para el cultivo de chocho

$GM_{ij}$  = efecto de la interacción del i-ésimo genotipo de chocho y el j-ésimo método de desinfección

$e_{ijk}$  = error experimental

### ***Análisis estadístico***

El análisis de datos obtenidos en la investigación se realizó mediante el software estadístico Infostat (Rienzo et al., 2018).

### ***Análisis funcional***

Se realizó el análisis de varianza para evaluar el efecto de los tratamientos y cuando hubo diferencias significativas, se realizaron pruebas de comparación de medias de los tratamientos empleando un test de comparación múltiple LSD Fisher a un nivel de significancia del 5%.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### VARIABLES AGRONÓMICAS

La tabla 6, indica los resultados que se obtuvieron de: porcentaje de emergencia, número de brotes, número de vainas por planta.

**Tabla 6**

*Porcentaje de emergencia, número de brotes, número de vainas por planta, del genotipo I -451 Guaranguito y del cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)*

Genotipo	MD	PE	NB	NV
		**	**	**
I -451 Guaranguito	Ninguno	86,51a	8,37d	32,45d
I -451 Guaranguito	Radiación solar	40,91e	10,98c	37,34c
I -451 Guaranguito	<i>B. subtilis</i>	84,60b	11,85b	41,26b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	CtpxS2-1			
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ninguno	85,62ab	9,80d	23,41e
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Radiación solar	48,58d	11,50c	38,09c
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	<i>B. subtilis</i>	81,43c	12,30a	44,22a
	CtpxS2-1			

*MD = Método de desinfección, PE= Porcentaje de emergencia, NB= Número de brotes, NV= Número de vainas por planta, \*\*= diferencia significativa, Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD Fisher  $p>0,05$ )*

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje de emergencia, número de brotes y número de vainas por planta de los dos genotipos.

Para el porcentaje de emergencia se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=51,65$ ;  $p<0,0001$ ). Los porcentajes de emergencia mayores se lograron en semillas I- 451 Guaranguito y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) de los testigos correspondiente a 86,51% y 85,62% respectivamente, mientras que los menores porcentajes de emergencia fueron en semillas tratadas por 45 minutos de radiación solar en estufa casera de ambos genotipos donde se obtuvo 40,91 % y 48,58 % de emergencia respectivamente, con relación a los otros tratamientos evaluados (Tabla 6). Esto concuerda con Falconi & Yáñez, (2017) quienes irradiaron semillas de chocho reduciendo progresivamente la germinación de semillas, pero minimizaron la infección por *C. acutatum*. En otros estudios Carrasco, (2009) indica que semillas de soya expuestas a altas intensidades de radiación solar mostraron disminución en la germinación de semillas, del mismo modo Meneses & Montaluisa, (2018) determinaron que el pretratamiento de semillas con radiación solar por 30 minutos estimuló el crecimiento, pero semillas expuestas a 45 minutos en estufa casera presentaron bajo porcentaje de emergencia.

En el caso del número de brotes se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=24,63$ ;  $p<0,0001$ ). Se observó que la aplicación de *B. subtilis* cepa CtpxS2-1 en planta presentó el mayor número de brotes tanto en el genotipo de chocho I- 451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obteniendo 11 y 12 brotes respectivamente, seguido del pretratamiento de semilla con radiación solar en estufa casera equivalente a 10 y 11 brotes respectivamente en comparación con el testigo (tabla 6). Rojas *et al.*, (2013) menciona que bacterias del genero *Bacillus* aumentaron el

contenido de citocininas, lo que estimula a una mayor producción de brotes en planta. Alcántara *et al.*, (2019) manifiesta que diversos estudios han descrito la capacidad que tiene *B. subtilis* de producir y excretar citocininas, lo cual induce a una mayor generación de brotes. Además, Yáñez & Falconi, (2021) demuestran que las aplicaciones de *B. subtilis* y sus lipopéptidos estimulan el crecimiento de raíces, brotes y el contenido de proteína en *L. mutabilis*. Por otro lado, el estudio de Arboleda, (2011), sugiere que una menor exposición a radiación solar, estimula un menor número de brotes, debido a la baja intensidad lumínica, hecho que reduce la fotosíntesis lo que afectara en el desarrollo y en la producción de la planta.

Con respecto al número de vainas por planta tanto del genotipo I-451 Guaranguito, como en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=90,49$ ;  $p<0,0001$ ). La aplicación de *B. subtilis* cepa CtpxS2-1 en planta aumentó significativamente el número de vainas por planta en ambos genotipos obteniendo 41,26 vainas y 44,22 vainas respectivamente, seguido del pretratamiento con radiación solar en estufa casera donde se obtuvo 37,34 y 38,09 vainas por planta, respectivamente en relación con el testigo (Tabla 6). Esto concuerda con el estudio de Barreto *et al.*, (2020) quienes mencionan que el aumento del número de vainas por planta es debido a la aplicación de *B. subtilis* en planta, ya que al generar fitohormonas como las auxinas se aumenta la longitud y densidad de las raíces, la cual estimula una mayor cantidad de vainas por planta. Calero *et al.*, (2019) muestran la misma tendencia del incremento de número de vainas por planta en frejol, mediante la aplicación de microorganismos eficientes como *B. subtilis*. Por otra parte Liu *et al.*,

(2013), demostraron que el número de vainas de soja se vio afectado al aplicar radiación UV-B, lo que influyó claramente en la producción del cultivo.

En la tabla 7, se indica los resultados que se obtuvieron de: número de semillas por vaina, semilla no comercial, rendimiento.

**Tabla 7**

*Número de semillas por vaina, semilla no comercial, rendimiento del genotipo I -451 Guaranguito y del cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)*

<b>Genotipo</b>	<b>MD</b>	<b>NSV</b>	<b>SNC</b>	<b>R</b>
		**	**	**
I -451	Ninguno	5,24d	5,73a	27,02d
Guaranguito				
I -451	Radiación	5,35c	4,08c	30,53c
Guaranguito	solar			
I -451	<i>B. subtilis</i>	6,08a	3,08e	33,95a
Guaranguito	CtpxS2-1			
F3 (ECU 2658	Ninguno	3,81f	4,42b	30,17c
x ECU 8415)				
F3 (ECU 2658	Radiación	4,05e	3,14d	32,72b
x ECU 8415)	solar			
F3 (ECU 2658	<i>B. subtilis</i>	5,39b	2,85e	37,74a
x ECU 8415)	CtpxS2-1			

*MD = Método de desinfección, NSV= Número de semilla por vaina, SNC= Semilla no comercial, R= Rendimiento, \*\*= diferencia significativa, Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD Fisher  $p>0,05$ )*

*Nota.* Esta tabla representa el número de semilla por vaina, semilla no comercial y el rendimiento proveniente del pretratamiento de semilla con radiación solar o con *B. subtilis* en los dos genotipos de chocho.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el número de semilla por vaina ( $F=62,23$ ;  $p<0,0001$ ). La aplicación de *B. subtilis* cepa CtpxS2-1 en planta aumento significativamente el número de semillas por vaina tanto para el genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obteniendo 6,08 y 5,39 semillas respectivamente, seguido de radiación solar en estufa casera donde se obtuvo 5,35 y 4,05 semillas respectivamente con relación al testigo (Tabla 7). Martínez *et al.*, (2017), determinaron que la utilización de los bioestimulantes como *B. subtilis* favorecen el incremento en número de semillas por vaina en plantas de frejol, donde el número de semillas por vaina influye en el rendimiento del cultivo. Otro estudio realizado por Ávila *et al.*, (2015), mostró diferencias significativas en número semillas por vaina con respecto al testigo cuando se aplicó *B. subtilis* en el cultivo de garbanzo. Por otra lado, Kacharava *et al.*, (2009) irradiaron semillas de frijol por 30 minutos y encontraron un incremento en el vigor de las plantas, lo que estimula a una mayor producción de vainas y consecuentemente habrá un mayor número de semillas por vaina. Sin embargo, Carrasco, (2009), menciona que altos niveles de exposición de radiación UV-B en plantas disminuyen la tasa fotosintética, lo que genera alteraciones en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Con referencia al porcentaje de semilla no comercial se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 17,32$ ;  $p=0,0003$ ). Los tratamientos aplicados *B. subtilis* CtpxS2-1 presentaron el menor porcentaje de semilla no comercial, en el genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obteniendo 3,08% y 2,85% respectivamente, seguido del pretratamiento de semilla con

radiación solar en estufa casera que tuvo 4,08% y 3,14% respectivamente, en comparación con el testigo (Tabla 7). Junges *et al.*, (2013), manifiestan que *B. subtilis* produce un recubrimiento en forma de película que protege a las semillas manteniéndolas sanas y vigorosas, evitando de esta manera algún daño en la semilla. Otro estudio, según Caicedo & Chacón, (2017), *B. subtilis* genera un recubrimiento en las semillas que ayuda en su protección contra plagas y enfermedades. Sin embargo Ayala, (2019), determinó que semillas de chocho tratadas con radiación solar en estufa casera por 90 minutos mostraron un efecto favorable en control de *C. acutatum*, obteniendo el menor número de vainas infectadas por *C. acutatum*, un factor importante ya que habrá menor semilla no comercial

En el rendimiento del cultivo de chocho se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=20,67$ ;  $p<0,0001$ ). La aplicación de *B. subtilis* CtpxS2-1 incrementó la producción en plantas de chocho, en este presente estudio plantas del genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obtuvieron los mayores rendimientos teniendo 33,95 y 37,74 qq.ha<sup>-1</sup> respectivamente, seguido de radiación solar en estufa casera obteniendo 32,72 y 30,53 qq.ha<sup>-1</sup> respectivamente con respecto al testigo (Tabla 7). Prashar *et al.*, (2014), mencionan que el cultivo de frejol aumentó su rendimiento debido a la aplicación de *B. subtilis*, ya que estas rizobacterias poseen la capacidad de estimular la captación de nutrientes, los cuales son benéficos para la planta. Mena *et al.*, (2009), manifiesta que *B. subtilis* ha mostrado efectos positivos con respecto a la calidad y desarrollo de los frutos como el melón y tomate, algunos de estos efectos positivos son: aumento en el tamaño, peso y mayor

rendimiento del cultivo. Martínez *et al.*, (2017), señala que la aplicación de *B. subtilis* estimula la producción de fitohormonas que incrementan el crecimiento y productividad vegetal, logrando así un mayor rendimiento en el cultivo. Por otra parte Jacobsen & Mujica, (2006), manifiestan que la radiación solar influye positivamente el rendimiento del cultivo de chocho obteniendo entre 70 y 100 qq.ha<sup>-1</sup>, además Neelamegan & Sutha, (2015), demostraron que la exposición de radiación solar a 60 minutos en semillas de soja generaron un mayor incremento en el vigor las plantas y la producción de biomasa.

## Variables patológicas

La tabla 8, indica los resultados que se obtuvieron de la severidad e incidencia.

**Tabla 8**

*Porcentaje de severidad e incidencia en plantas procedentes del pretratamiento de semilla con radiación solar en estufa casera o con Bacillus subtilis en el genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)*

Genotipo	MD	S	I
		**	**
I -451 Guaranguito	Ninguno	1,80a	68,2a
I -451 Guaranguito	Radiación solar	1,37b	41,35b
I -451 Guaranguito	<i>B. subtilis</i> CtpxS2-1	1,17b	36,35c
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ninguno	1,78a	60,51a
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Radiación solar	1,30b	32,18c
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	<i>B. subtilis</i> CtpxS2-1	1,13b	27,18d

*MD = Método de desinfección, S= Severidad, I=Incidencia, \*\*= diferencia significativa, Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD Fisher  $p>0,05$ )*

*Nota.* Esta tabla representa el porcentaje de severidad e incidencia proveniente del pretratamiento de semilla con radiación solar o con *B. subtilis* en los dos genotipos de chocho.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la severidad en plantas de chocho (*L. mutabilis*) ( $F=3,83$ ;  $p=0,0263$ ). Los tratamientos aplicados *B. subtilis* cepa CtpxS2-1 en planta presentaron índices de severidad menores para *C. acutatum* tanto para el genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obteniendo 1,13 y 1,17 respectivamente, seguido de radiación solar en estufa casera donde se obtuvo 1,37 y 1,30 respectivamente, con relación al testigo (Tabla 8). Carrillo *et al.*, (2005), reporta que la aplicación de *B. subtilis* reduce positivamente el efecto de *C. acutatum*, mostrando niveles de severidad bajos. Otro estudios consideran que la aplicación de *B. subtilis* mejora el crecimiento de la planta y causa la destrucción del micelio fúngico, lo cual ocasiona una baja severidad de la enfermedad en el cultivo (Ashwini, 2013). Además, Yáñez & Falconi, (2021), demostraron que aplicaciones de *B. subtilis* inducen la resistencia sistemática en plantas de chocho andino. Por otra lado Ayala, (2019), indica que semillas tratadas con radiación solar en estufa casera mostraron un índice de severidad menor equivalente a 1,70 en relación con el testigo que obtuvo una severidad de 4,33. No obstante Thomas *et al.*, (2008), señala que *Colletotrichum lupini* inhibe su crecimiento a una temperatura de 35 °C, presentando índice de severidad de 1, es decir lesiones de 1mm generadas por el hongo en el cultivo de chocho.

Con respecto a la incidencia de *C. acutatum* se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=7,60$ ;  $p=0,0017$ ). La aplicación de *B. subtilis* CtpxS2-1 en planta presentó menor incidencia de *C. acutatum* tanto para el genotipo de chocho I-451 Guaranguito, como en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) equivalente al 36,35% y 27,18% respectivamente, seguido de radiación solar en estufa casera

obteniendo 41,32 % y 32,15 % respectivamente con relación al testigo (Tabla 8).

Hernández *et al.*, (2010), menciona que al aplicar *B. subtilis* en plantas de frejol se registró bajos porcentajes de incidencia del hongo *C. acutatum*. Morales *et al.*, (2009), considera que plantas de frejol tratadas con *B. subtilis* mejoran el desarrollo de planta y reducen hasta un 80% en la incidencia del hongo *C. acutatum*. Por otra parte Thomas & Sweetingham, (2004), manifiestan que el tratamiento de radiación solar en semillas puede reducir significativamente la presencia del hongo *C. acutatum*, debido a que el hongo se reduce a una temperatura de 30 °C y se elimina casi es su totalidad a una temperatura sobre los 40 °C. Estudios realizados por Falconi & Yáñez, (2019), mencionan que la disminución de la infección de *C. acutatum* depende de la dosis aplicada de radiación, por lo tanto semillas de chocho infectadas por *C. acutatum* fueron expuestas durante 45 minutos en horno solar logrando una reducción del 80% de la enfermedad en comparación con semilla mantenida a temperatura ambiente.

### **Correlación entre las variables**

El porcentaje de emergencia ( $r= 0,96$ ;  $p<0,0001$ ), número de vainas por planta ( $r=0,90$ ;  $p<0,0001$ ), número de semillas por vaina ( $r=0,72$ ;  $p<0,0001$ ), y semilla no comercial ( $r=0,85$ ;  $p<0,0001$ ) se correlacionaron positivamente con el rendimiento del cultivo del chocho (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Coefficiente de correlación de Pearson entre algunas variables*

	<b>PE</b>	<b>NV</b>	<b>NSV</b>	<b>SNC</b>	<b>R</b>
<b>PE</b>	1,00	0,47	0,64	0,67	0,89**
<b>NV</b>		1,00	0,35	0,14	0,78**
<b>NSV</b>			1,00	0,68	0,83**
<b>SNC</b>				1,00	0,75**
<b>R</b>					1,00

*PE= Porcentaje de emergencia, NV= Número de vainas por planta, NSV= Número de semilla por vaina, SNC= Semilla no comercial, R= Rendimiento*

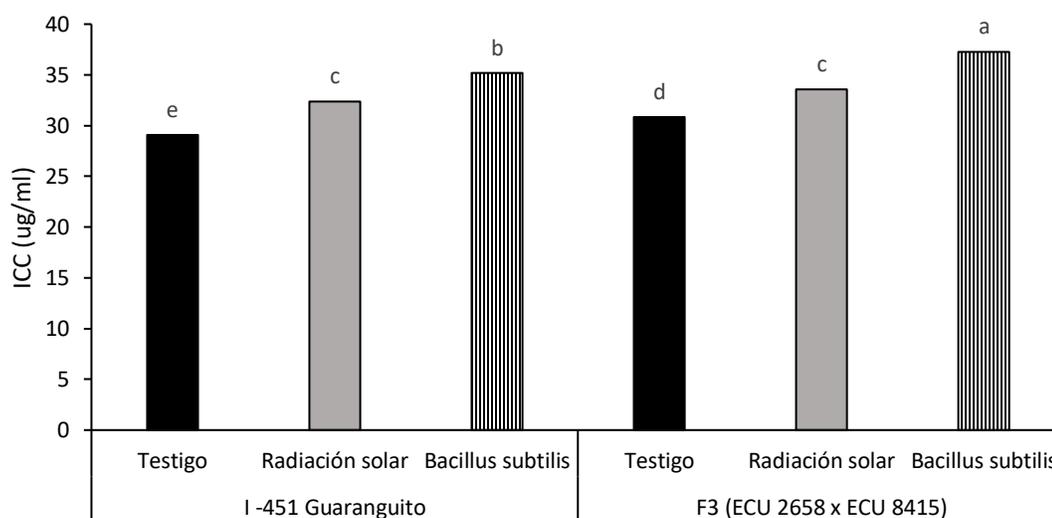
*Nota.* Esta tabla representa el coeficiente de correlación de Pearson entre algunas variables del cultivo de chocho.

### **Índice de clorofila**

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el índice de clorofila en las plantas de chocho ( $F=52,64$ ;  $p<0,0001$ ). La aplicación de *B. subtilis* CtpxS2-1 y la radiación solar en estufa casera, en el genotipo I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) presentaron mayor contenido de clorofila, con relación al testigo (Figura 9).

### Figura 9

Índice de clorofila proveniente del pretratamiento de semilla con radiación solar en estufa casera o con *B. subtilis* CtpxS2-1 en el genotipo de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)



Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD Fisher  $p > 0,05$ )

*Nota.* El gráfico representa el Índice de clorofila proveniente del pretratamiento de semilla con radiación solar en estufa casera o con *B. subtilis* CtpxS2-1 en los dos genotipos de chocho.  $n=30$

En el presente estudio la aplicación de *B. subtilis* CtpxS2-1 en planta presentó mayor contenido de clorofila para ambos genotipos de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obteniendo 35,19 ICC (µg/ml) y 37,26 ICC (µg/ml) respectivamente, seguido de radiación solar en estufa casera equivalente a 32,37 y 33,57 respectivamente, con relación al testigo. Schlichting *et al.*, (2015), mencionan que la incorporación de bacterias fijadoras de nitrógeno como *B. subtilis* aumentaron el

contenido de clorofila en plantas de trigo, lo cual ayuda en su crecimiento vegetal y mejora su capacidad fotosintética. Por otra parte, Falconi y Yáñez, (2019), mencionan que el pretratamiento de semilla expuesta a radiación UV-B durante 45 minutos, mejoró el contenido de clorofila en comparación con las plántulas que crecieron a partir de semillas infectadas sin tratar. Neelamegam & Sutha, (2015), manifiestan que el contenido de clorofila en las plantas provenientes de semillas pre tratadas con radiación solar elevan el índice de vigor en plantas que crecieron a partir de semillas que sin tratar.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Semillas pre tratadas con radiación solar en una estufa casera mostraron un efecto positivo en los parámetros agronómicos y patológicos tanto en el genotipo de chocho I-451 Guaranguito, como en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415).

La aplicación de *B. subtilis* CtpxS2-1 en planta mostró mejores resultados para ambos genotipos de chocho I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) en los parámetros agronómicos y patológicos con respecto al pre tratamiento de semilla con radiación solar y mucho más con respecto al control.

El nivel de clorofila si se relaciona con el grado de estrés de la planta, debido a que su contenido indica la vigorosidad de la planta y su capacidad fotosintética, la cual suele cambiar por factores causantes de estrés o su estado de desarrollo.

#### Recomendaciones

Realizar nuevos estudios en época o zona húmeda para comparar los resultados en cuanto a parámetros agronómicos y patológicos del cultivo.

Para obtener mayor número de brotes, número de vainas por planta, número semilla de por vaina, rendimiento y índice de clorofila se recomienda utilizar la aplicación del *B. subtilis* CtpxS2-1 en planta.

Evaluar el pretratamiento de semilla de chocho usando menores tiempos de exposición con radiación UV-B en estufa casera.

Realizar otros estudios con diferentes dosis de *B. subtilis* CtpxS2-1 o biopesticidas formulados mediante atomización aplicados en planta en diferentes genotipos de chocho.

## Bibliografía

- Alcántara, J., Acero, J., & Cortés, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 116-118.
- Arboleda, M. E. (2011). Efecto de la irradiancia en el crecimiento Y desarrollo de *Aptenia cordifolia* (L.f.) Schwantes Como cobertura ornamental. *Bioagro*, 23(3), 4-5.
- Ashwini, N., & Srividya, S. (2013). Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent for management of anthracnose disease of chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. *Biotech*, 4(2), 4-6.
- Avila, J., Padila, G., Martinez, D., Rivas, F., Coronado, M., & Ortega, P. (2015). Respuesta de algunos componentes del rendimiento del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación de *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la Región Agrícola de la costa de Hermosillo. *Biotecnia*, 17(3), 3-8.
- Ayala, J. (2019). *Tratamiento de semilla mediante radiacion solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (Colletotrichum acutatum)*. Carrera de Ingenieria de Ciencias Agropecuarias. Sangolquí: Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE.
- Barreto, V., Seldin, L., & Araujo, F. (2011). Plant Growth and Health Promoting Bacteria D. K. Maheshwari, *Microbiology Monographs*. 18, 21-44.
- Caicedo, S., & Chacon, J. (2017). *Pruebas bajo invernadero de cepas de Bacillus subtilis como agente de biocontrol de Alternaria spp. en Brassica oleracea varitalica y*

*tecnicas de conservacion de cepas* (Tesis de grado). Universidad Politecnica Salesiana, Quito, Ecuador.

Calero, A., Quintero, E., Perez, Y., Olivera, D., Peña, K., & Jimenez, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial*, 17(1), 25-33.

Carrasco, L. (2009). EFECTO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA-B EN PLANTAS. *IDESIA*, 27(3), 69-70.

Carillo, J., Garcia, R., Rangel, M., Sañudo, A., Marquez, I., & Allende, R. (2005). Control Biologico de Antracnosis y su efecto en la calidad poscosecha del mango( *Manguifera indica*) en Sinaloa, Mexico. *Mexical Journal of Phytopatology*, 23(1), 26-29.

Diaz, J. (Junio de 2015). *Universidad Computense de Madrid*. Obtenido de [https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM\\_Juan\\_Diaz\\_Cervignon.pdf](https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf).

Falconi, C., & Yáñez-Mendizábal, V. (2019). Dry heat treatment of Andean lupin seed to reduce anthracnose infection. *Crop Protection*, 89, 178-183.

Falconi, C., & Yanez, V. (2019). Solar UV-B radiation limits seedborne anthracnose infection and induces physiological and biochemical responses in *Lupinus mutabilis*. *Plant Pathology*, 3-5.

- Hernandez, B., Rojas, M., & Heydrich, P. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 42, 131-138.
- Hernandez, F., Hernandez, M., Lira, R., & Gallegos, G. (2010). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. con microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Agraria Nueva Epoca*, 7(1), 17-25.
- Liu, B., Lui, X.-b., Li, Y.-S., & Herbert, S. (2013). Effects of enhanced uv-b radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. *Field Crops Research*, 154, 158-163.
- Junges, E., Toebe, M., Santos, R. d., Finger, G., & Muniz, M. (2013). Efecto de imprimación y recubrimiento de semillas cuando se asocia con *Bacillus subtilis* en semillas de maíz. *Ciencia Agronómica*, 44(3), 4-6.
- Kacharava, N., Chanishvili, S., Badridze, G., Chkhubianish, E., & Janukashvili, N. (2009). Effect of seed irradiation on the content of antioxidants in leaves of Kidney bean, Cabbage and Beet cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 3(3), 138-140.
- NOA, G. (2020). *Ficha técnica NITO*, Inoculante biológico-biofertilizante a base de microorganismos: Registro No.-501-F-AGR-P.

- Martinez, L., Lopez, L., Napoles, M., & Nuñez, M. (2017). Biostimulant effect on yield of two biofertilized bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Cultivos tropicales*, 38(2), 113-118.
- Mena, H., Cruz, A., Paredes, O., Gomez, M., & Olalde, V. (2009). Fruit texture related changes and enhanced shelf-life through tomato root inoculation with *Bacillus subtilis* BEB-13BS. *Agrociencia*, 43(6), 559-567.
- Meneses, A., & Montaluisa, P. (2018). *Valoracion de la radiación solar en la erradicación de antracnosis (Colletotrichum acutatum) de dos genotipos de chocho en dos localidades*. Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Morales, J., Rodriguez, R., & Aguilar, C. (2006). *Bacillus* spp. como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). *Mexican Journal Phytopathology*, 24(2), 105-114.
- Prashar, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2013). Rhizosphere: Its structure, bacterial diversity and significance. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology. Environ Sci Biotechnol*, 13(1), 63-77.
- Rojas, D., Contreras, M., & Santoyo, G. (2013). Mecanismos de estimulación del crecimiento vegetal en bacterias del genero *Bacillus*. *Biológicas*, 15(2), 37-38.
- Schlichting, A., Bonfim, E., Silva, M., Pietro, W., Silva, T. d., & Farias, L. (2015). Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of

wheat plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(12), 1148-1151.

Thomas, G., Sweetingham, M., & Adcock, K. (2008). Application of fungicides to reduce yield loss in anthracnose-infected lupins. *Crop Protection*, 27(7), 1071-1077.

Thomas, G., & Sweetingham, M. (2004). Cultivar and environment influence the development of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum lupini*. *Australasian Plant Pathology*, 33, 572-575.

Yanez-Mendizábal, V., & Falconi, C.E. (2021). *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 induces systemic resistance against anthracnose in Andean lupin by lipopeptide production. *Biotechnol Lett*. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s10529-020-03066-x>.