



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: TRATAMIENTO DE SEMILLA MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR  
Y SU EFECTO EN LA INCIDENCIA DE ANTRACNOSIS  
(*Colletotrichum acutatum*) EN DOS ETAPAS FENOLÓGICAS DE  
CHOCHO DE DOS GENOTIPOS LOCALES (*Lupinus mutabilis*).**

**AUTOR: AYALA COLIMBA, JOSÉ IGNACIO**

**DIRECTOR: FALCONÍ SAÁ, CÉSAR EDUARDO PhD.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, ***“TRATAMIENTO DE SEMILLA MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR Y SU EFECTO EN LA INCIDENCIA DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) EN DOS ETAPAS FENOLÓGICAS DE CHOCHO DE DOS GENOTIPOS LOCALES (*Lupinus mutabilis*)”*** fue realizado por el señor ***Ayala Colimba José Ignacio***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente

**Sangolquí, 26 de febrero del 2018**

César Falconí Saá PhD.

0601556459

**DIRECTOR**



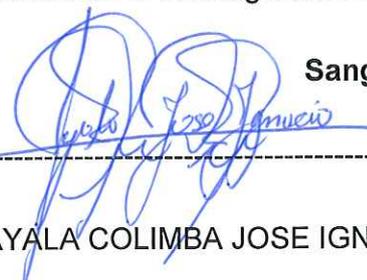
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ayala Colimba José Ignacio**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***Tratamiento de semilla mediante radiación solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (Colletotrichum acutatum) en dos etapas fenológicas de chocho de dos genotipos locales (Lupinus mutabilis)***, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 26 de febrero del 2018



---

AYALA COLIMBA JOSE IGNACIO

C.C 1003825385



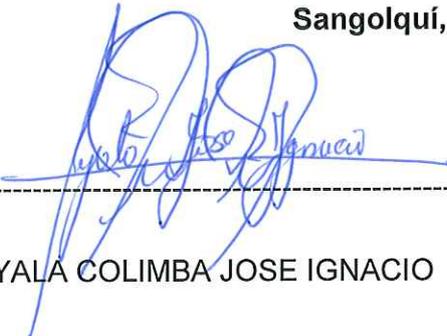
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ayala Colimba José Ignacio** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar trabajo de titulación: **Tratamiento de semilla mediante radiación solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en dos etapas fenológicas de chocho de dos genotipos locales (*Lupinus mutabilis*) en el repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.**

Sangolquí, 26 de febrero del 2018

  
-----  
AYALA COLIMBA JOSE IGNACIO

C.C 1003825385

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar a esta etapa importante en mi vida. Este trabajo lo dedico a mis padres que han brindado apoyo incondicional, a todos mis hermanos Pilar, Danilo, Galo, Anita, María José y Santiago a mis sobrinas Nayeli y Gabriela A mi madre por su amor y cariño incondicional, por ese apoyo en el día a día en todos la metas que me he trazado las mismas que han servido para mi formación académica y profesional.

**JOSE IGNACIO**

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente al Doctor César Falconí por abrirme las puertas para realizar este proyecto y quien me supo brindar el apoyo, su conocimiento y motivación para realizar el presente estudio.

Agradezco a la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, por la formación integral que he recibido en sus aulas, A cada uno de mis profesores por haberme brindado sus conocimientos, y haberme formado académicamente y obtener de cada uno de ellos una educación de valores, a mis compañeros de aula los que me permitieron compartir momentos gratos la cual formó parte de una etapa muy valiosa en mi vida.

Al proyecto “Mejora de la cadena productiva del chocho (*Lupinus mutabilis*) en Ecuador” financiado por la SENESCYT.

A mis compañeros y amigos Darwin, Karol, Juan Pablo quienes no dudaron en ayudarme en mi proyecto.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS****CARÁTULA****CERTIFICACIÓN ..... i****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD ..... ii****AUTORIZACIÓN ..... iii****DEDICATORIA ..... iv****AGRADECIMIENTO ..... v****ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... vi****ÍNDICE DE TABLAS ..... vii****ÍNDICE DE FIGURAS ..... viii****RESUMEN ..... ix****ABSTRACT ..... x****CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

1.1 Antecedentes ..... 1

1.2 Justificación ..... 2

1.3 Planteamiento del problema ..... 3

1.3.1 Causas ..... 3

1.3.2 Efectos ..... 4

1.4 Objetivos ..... 4

1.4.1 Objetivo general: ..... 4

1.4.2	Objetivos específicos:.....	4
1.5	Hipótesis .....	5

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1	El cultivar de chocho .....	6
2.1.1	Descripción Botánica.....	6
2.1.2	Requerimientos agroecológicos del cultivo.....	6
2.1.3	Etapas fenológicas del cultivo .....	7
2.1.4	Características del genotipo de chocho de la localidad Zuleta.....	7
2.1.5	Características del genotipo de chocho de la localidad San Pablo .....	7
2.1.6	Taxonomía .....	8
2.2	Antracnosis ( <i>Colletotrichum acutatum</i> ) .....	8
2.2.1	Clasificación Taxonómica .....	8
2.2.2	Sintomatología .....	9
2.2.3	Morfología y ciclo de vida .....	10
2.3	Uso de radiación solar para reducir infección de patógenos.....	11
2.3.1	Definición de radiación solar.....	11
2.3.2	Tipos de Radiación; Ionizante y no Ionizante.....	12
2.3.3	Términos relacionados con la radiación solar .....	14
2.3.4	El sol, benefactor de la producción .....	15
2.4	Leyes de la radiación solar .....	15
2.4.1	Ley de Planck.....	15
2.4.2	Ley del desplazamiento de Wien .....	17
2.4.3	Ley de Stefan-Boltzmann .....	17

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

3.1	Ubicación del lugar de la investigación .....	19
3.1.1	Ubicación Política .....	19
3.1.2	Ubicación Geográfica .....	19
3.1.3	Ubicación Ecológica .....	20
3.2	Materiales.....	21
3.2.1	Materiales para evaluar los tiempos de radiación en el campo. ....	21
3.2.2	Material para pruebas de laboratorio. ....	22
3.3	Métodos .....	22
3.3.1	Fase de Campo .....	22
3.3.2	Fase de laboratorio.....	24
3.3.3	Diseño Experimental .....	24

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1	Registro de datos del tratamiento de semilla mediante radiación solar de los genotipos locales San Pablo y Zuleta.....	31
4.2	Porcentaje de humedad, germinación y de infección de semillas en los dos genotipos locales bajo el efecto de temperatura y radiación solar que fueron sometidas en la estufa casera de radiación. ....	32
4.3	Efecto del tratamiento de semilla mediante radiación solar en el porcentaje de emergencia a los 17 días después de la siembra en la localidad el Carmelo, Ibarra-Ecuador.....	33

4.4	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de semillas tratadas por medio de radiación solar en los genotipos locales San Pablo y Zuleta en su ciclo de cultivo. ....	34
4.5	Efecto del nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup> de semilla sobre el número de vainas infectadas en el cultivo de chocho. ....	35
4.6	Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el número de vainas por planta .....	36
4.7	Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el peso por planta en gramos de los genotipos San Pablo y Zuleta. ....	37
4.8	Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el peso en gramos por tratamiento en dos genotipos diferentes. ....	38
4.9	Efecto del tratamiento de semillas de dos genotipos locales con radiación solar en el rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> ) .....	39
4.10	Análisis económico.....	41

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	49
6.2	Recomendaciones.....	50
6.3	Bibliografía .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Tratamientos de estudios a distribuirse en campo .....</i>	<i>25</i>
<b>Tabla 2</b>	<i>Porcentaje de Humedad, Germinación, e Infección en semillas de los genotipos locales bajo diferentes tiempos de exposición solar.....</i>	<i>32</i>
<b>Tabla 3</b>	<i>Porcentaje de emergencia en semillas tratadas con radiación solar .....</i>	<i>33</i>
<b>Tabla 4</b>	<i>Efecto del nivel de radiación acumulada sobre el número de vainas infectadas .....</i>	<i>35</i>
<b>Tabla 5</b>	<i>Efecto del tratamiento de semillas sometidas a radiación solar sobre el número de vainas por planta .....</i>	<i>36</i>
<b>Tabla 6</b>	<i>Efecto de la radiación acumulada en el peso de granos por planta en gramos.....</i>	<i>37</i>
<b>Tabla 7</b>	<i>Efecto de tratamiento de semilla de dos genotipos sobre el peso en gramos por tratamiento .....</i>	<i>38</i>
<b>Tabla 8</b>	<i>Efecto de la radiación solar en el rendimiento Kg/ha en dos genotipos locales.....</i>	<i>39</i>
<b>Tabla 9</b>	<i>Efecto del tratamiento de semillas por medio de radiación solar por genotipo .....</i>	<i>40</i>
<b>Tabla 10</b>	<i>Beneficio bruto, costo variable y beneficio neto de los tratamientos evaluados .....</i>	<i>41</i>
<b>Tabla 11</b>	<i>Análisis de dominancia de tratamientos evaluados .....</i>	<i>42</i>
<b>Tabla 12</b>	<i>Tasa de retorno marginal de los tratamientos no dominados .....</i>	<i>43</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ciclo de vida <i>C. acutatum</i> .....	10
<b>Figura 2</b>	Cuadro de división de radiación según la frecuencia .....	12
<b>Figura 3</b>	Longitud de onda de acuerdo a la ley de Planck .....	16
<b>Figura 4</b>	Ley del desplazamiento de Wien.....	17
<b>Figura 5</b>	Ley de Stefan Boltzmann .....	18
<b>Figura 6</b>	Lugar de la investigación en la fase de campo.....	19
<b>Figura 7</b>	Imagen del lugar de investigación fase de laboratorio.....	20
<b>Figura 8</b>	Distribución de tratamientos en campo .....	26
<b>Figura 9</b>	<i>Escala para evaluar la antracnosis resistencia/tolerancia en chocho ....</i>	<i>28</i>
<b>Figura 10</b>	Radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup> y temperatura promedio para .....	31
<b>Figura 11</b>	ABCPE genotipo San Pablo.....	34
<b>Figura 12</b>	ABCPE genotipo Zuleta .....	35
<b>Figura 13</b>	Efecto de la radiación solar en el rendimiento de los genotipos Kg/ha en la localidad el Carmelo, Ibarra-Ecuador .....	39
<b>Figura 14</b>	Efecto del tratamiento de semillas sobre el rendimiento Kg/ha .....	40

## RESUMEN

En el estudio del efecto de la radiación solar sobre la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en la etapa de floración y llenado de vaina en genotipos locales de chocho San Pablo y Zuleta (*Lupinus mutabilis*), sus semillas se irradiaron en tiempos de 30, 45 y 60 minutos, usando una estufa de radiación casera. La temperatura y la irradiación emitida por el sol se monitorearon con un termómetro, dataloger y piranometro. La radiación solar acumulada fue de 1.3, 2.1, y 2.7 MJ/m<sup>2</sup> correspondiente a tiempos de 30, 45 y 60 minutos respectivamente, dosis que disminuyeron el porcentaje de infección de antracnosis en comparación con el testigo absoluto cero minutos y el tratamiento químico Vitavax; Siendo 2,1 MJ/m<sup>2</sup> una radiación que tuvo mayor porcentaje de germinación comparado con los otros tratamientos. Las semillas pre tratadas bajo una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> disminuyó la incidencia de *C. acutatum*, radiación que dio como resultado una menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo. Las plantas que provinieron de semillas irradiadas presentaron severidades inferiores en comparación con semillas sin tratamiento y con tratamiento químico. Las semillas aplicadas una radiación de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> obtuvieron un menor número de vainas infectadas y un mayor número de vainas por planta en comparación con el testigo y el tratamiento químico. Se obtuvo un mayor rendimiento, en semillas irradiadas a 2,1 MJ/m<sup>2</sup> en el genotipo Zuleta y San Pablo siendo este último el más productivo con TIR de 1642,62%

### **PALABRAS CLAVES:**

- **TRATAMIENTO DE SEMILLAS**
- **RADIACIÓN SOLAR**
- **RADIACIÓN ACUMULADA**
- *Colletotrichum acutatum.*
- *Lupinus mutabilis*

## ABSTRACT

This research determined the effect of solar radiation on the incidence of anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) in the stage of flowering and pod filling in local genotypes of the snout San Pablo and Zuleta (*Lupinus mutabilis*), their seeds were irradiated in times of 30, 45 and 60 minutes, using a homemade radiation heater. The temperature and the irradiation emitted by the sun in the previous times were monitored with a thermometer, dataloger and pyranometer. The accumulated solar radiation was 1.3, 2.1, and 2.7 MJ/m<sup>2</sup>, a time of 30.45 and 60 minutes respectively, the dose that decreased the percentage of anthracnose infection compared to the absolute zero control and the Vitavax chemical treatment; Being 2.1 MJ/m<sup>2</sup> a radiation that had higher percentage of germination than other treatments. The seeds pretreated under a cumulative radiation of 2.7 MJ/m<sup>2</sup> were reduced to the incidence of *C. acutatum*, the radiation that resulted in a smaller area in the curve of the progress of the disease throughout the crop cycle. of the plants that came from irradiated seeds in lower severities compared to seeds and with chemical treatment. The seeds applied a radiation of 2.7MJ/m<sup>2</sup> obtained a lower number of infected pods and a greater number of pods per plant compared to the control and chemical treatment. A higher yield was obtained, in seeds irradiated at 2.1MJ/m<sup>2</sup> in the genotype Zuleta and San Pablo being the last most productive product with TIR of 1642.62%

- **KEYWORDS:**
- **TREATMENT OF SEEDS**
- **SOLAR RADIATION**
- **ACCUMULATED RADIATION**
- *Colletotrichum acutatum.*
- *Lupinus mutabilis*

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

El Tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis*) es una planta de la familia leguminosa que fácilmente podemos ver su crecimiento en nuestra sierra andina, se le considera como un cultivo andino nutritivo con gran potencial alimenticio de gran importancia por sus cualidades de ventajas comparativas y competitivas que hoy en día puede ser un producto orgánico; con sus propias características de sabor, color y textura (Caicedo & Peralta , 2001).

*Colletotrichum acutatum* es el hongo causante de la antracnosis, considerada una de las enfermedades más devastadoras del cultivo de chocho. El hongo ataca principalmente al tallo, flores y vainas, siendo el rendimiento el más afectado. (Thomas & Sweetingham, 2004) manifiestan cuando el cultivar es atacado por *C. acutatum*, produce lesiones necróticas; sobre la cual masas conidiales de color naranja se desarrollan teniendo una reducción significativa del rendimiento

El ataque de antracnosis en el cultivo de chocho puede presentarse en diferentes etapas fenológicas siendo las más críticas la floración y llenado de vaina (Falconí, 2012).

El método utilizado generalmente para controlar la antracnosis en la semilla es mediante la desinfección de semilla con Vitavax (Carboxín 200g/kg + captan 200g/kg, Bayer) (Proagro, 2016), que recubre la semilla superficialmente sin penetrar bajo la testa donde se aloja el patógeno. Otra manera generalmente para controlar la enfermedad es la aplicación constante de fungicidas sintéticos y el manejo inapropiado de fungicidas químicos que causa graves impactos en la salud

humana, al ambiente y genera resistencia de las plagas volviéndose así un método ineficiente y costoso para el productor.

Una de las alternativas para el control de enfermedades fúngicas sin utilizar fungicidas sintéticos es la exposición de radiación solar, siendo una tecnología económica, amigable con el medio ambiente y de fácil adopción a los sistemas agrícolas logrando reducir drásticamente la enfermedad, así como la reducción de los costos frente al control de su principal enfermedad (*C. acutatum*)

## **1.2 Justificación**

La producción de chocho en el país ha crecido en los últimos años, pero todavía es insuficiente para abastecer al mercado local. La oferta se complementa con producto peruano y boliviano, pese a que se estima que Ecuador tiene potencial para producir alrededor de 70.000 hectáreas (La Hora, 2016).

En el Ecuador, el cultivo de chocho se ve altamente afectado por la antracnosis causadas por el hongo *C. acutatum* (Falconí, 2012), enfermedad que puede provocar pérdidas de hasta un 100% del cultivo. El hongo empieza su ataque por el tallo, continuando por las hojas y posteriormente a los brotes terminales ocasionando la destrucción de primordios florales afectando gravemente la producción del grano (Thomas G. , 2003).

El beneficio de obtener plantas y semillas de buena calidad es un factor importante para el productor ya que puede beneficiarse económicamente, por tanto se busca reducir la infección y mejorar la calidad por medio de radiación solar, la misma que es considerada una tecnología barata, sustentable y amigable con el ambiente, para controlar, reducir, e incluso eliminar la antracnosis de la semilla de chocho.

Esta investigación permitió evaluar tres tiempos de radiación solar en dos genotipos locales de chocho frente a la antracnosis (*C. acutatum*). Los tiempos de semilla irradiada tuvieron un incremento en la producción, grano de mejor calidad y aumento de la rentabilidad por efecto de la reducción y eliminación de la enfermedad, reduciendo en un uso mínimo la aplicación de fungicidas sintéticos.

### **1.3 Planteamiento del problema**

En la Sierra del Ecuador en las localidades donde se cultiva el chocho existen problemas relacionados con la antracnosis causada por el hongo (*C. acutatum*), siendo esta es la principal enfermedad en el chocho, ya que puede reducir la producción y en algunos casos puede devastar todo el cultivo (Falconí, 2012), estos problemas están relacionados al uso de variedades no mejoradas así como variedades no resistentes a esta enfermedad, y al poco conocimiento acerca de la desinfección de semilla por medio de radiación solar, por otra parte el agricultor desconoce parámetros a tomar en cuenta para el uso de este tipo de tecnologías amigables con el medio ambiente como es la combinación del tiempo y la energía acumulada más apropiado para desinfestar sus semillas.

#### **1.3.1 Causas**

- Uso de semillas locales por parte de los pequeños y medianos agricultores.
- Escasa transmisión de información hacia los agricultores acerca de métodos económicos como la radiación solar en la prevención y control del patógeno.
- Falta de transferencia de tecnología económica hacia los agricultores acerca de métodos de prevención y control de la enfermedad.
- Uso inadecuado de fungicidas y mal asesoramiento de las casas comerciales de dichos productos para el control del patógeno *C. acutatum*.

### 1.3.2 Efectos

- Pérdidas en la producción, hasta el 100% del cultivo en épocas finales del cultivo.
- Deficiente calidad en sus granos los mismos que son separados para su posterior comercialización, generando bajos ingresos económicos.
- Insuficiente producción de chocho para abastecer al mercado local, la misma que se complementa con producto peruano y boliviano.
- Menor gastos en controles fitosanitarios.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo general:

- Evaluar la eficacia de tres tiempos de radiación solar en semilla de dos genotipos locales de chocho, para reducir la infección de antracnosis (*C. acutatum*) y determinar la incidencia en dos etapas fenológicas.

#### 1.4.2 Objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de infección, germinación y humedad en la semilla de los dos genotipos locales de chocho.
- Cuantificar tres niveles de radiación solar (30, 45, 60 minutos) y su efecto en dos etapas fenológicas frente al control de la enfermedad.
- Identificar qué nivel de radiación solar y que genotipo local mejora la producción del cultivo de chocho.
- Determinar la incidencia de la antracnosis en dos etapas fenológicas con semilla pre tratadas con radiación solar en comparación con el testigo químico (Vitavax) y el testigo absoluto (cero minutos de radiación solar)
- Realizar un análisis económico que indique el tratamiento más rentable.

## **1.5 Hipótesis**

H0: El tratamiento de semilla de los genotipos locales por medio de radiación solar presenta niveles bajos de infección de antracnosis e incrementa la producción.

H1: El tratamiento de semilla de los genotipos locales por medio de radiación solar no presenta niveles bajos de infección de antracnosis y no incrementa la producción.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 El cultivar de chocho

*L. mutabilis* sweet conocido comúnmente como chocho o tarwi, pertenece a la familia de las leguminosas, Este cultivo se lo siembra a lo largo del nuestro callejón andino; nuestros ancestros lo cultivaban por su gran valor nutritivo, y sus propiedades medicinales, también la usaban en sus rituales; es un producto con potencial en la sociedad por las ventajas que posee.

(Jacobsen & Mujica, 2006) manifiesta que esta leguminosa es de origen sudamericano y fue mejorado y cultivado en el antiguo reino Inca. En la actualidad continua su cultivo a nivel comercial en el Ecuador, Perú y Bolivia, los mismos donde se sitúa la mayor variabilidad genética.

##### 2.1.1 Descripción Botánica

El chocho es una planta anual herbácea que posee una raíz pivotante con nódulos nitrificantes. El tallo es cilíndrico semi leñoso, con abundante ramificación, la altura varía desde 50 hasta 280 cm, dependiendo del ecotipo. Sus hojas son digitadas, compuestas de 5 o más folíolos. Las flores son papilionáceas, con 5 pétalos en su corola y la quilla envuelve el pistilo y a los diez estambres. Es una especie autógama y de polinización cruzada. El fruto es una vaina pubescente alargada de 5 a 12 cm que contiene de 3 a 8 granos ovalados, con una amplia variedad en cuanto al color de la semilla (INIAP, 2006).

##### 2.1.2 Requerimientos agroecológicos del cultivo

El cultivo de chocho requiere una altitud de 2000 a 3850 msnm con fotoperiodos cortos, se lo cultiva en condiciones de secano y requiere de 350 a 850 mm de

precipitación en el ciclo del cultivo, es susceptible al exceso de humedad, su temperatura optima varía entre 7 a 14° C, no tolera heladas en fase inicial y en formación de vaina, aunque algunos ecotipos tienen mayor resistencia, el chocho se desarrolla en suelos franco y franco arenosos, con buen drenaje y pH de 5 a 7, su ciclo del cultivo dura entre 140-233 días (INIAP, 2013).

### **2.1.3 Etapas fenológicas del cultivo**

Según (Falconí, 2012) las etapas fenológicas y sus definiciones son aquellas que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta la siembra hasta la cosecha.

- 1) Emergencia, es la fase donde aparecen los cotiledones totalmente desplegados horizontalmente en el suelo
- 2) Primera hoja verdadera, en esta fase aparece la primera hoja desplegada completamente
- 3) Racimo floral, en el brote terminal aparece el primer racimo floral
- 4) La floración, en esta fase se abre la primera flor del racimo del tallo central
- 5) Fructificación, en donde aparecen las primeras vainas
- 6) La maduración, en esta fase la semilla adquiere sus características según su variedad y la vaina procede a secarse y decolorarse.

### **2.1.4 Características del genotipo de chocho de la localidad Zuleta**

El color de grano de este genotipo es blanco-crema, su forma es ovalada, el tamaño que alcanza es de 6 a 10 mm, los días de cosecha van de 155 a 215 días, el número de vainas por planta es de 8 a 16, granos por vaina de 4 a 6, presenta susceptibilidad a plagas y enfermedades, es tolerante a heladas.

### **2.1.5 Características del genotipo de chocho de la localidad San Pablo**

El color de grano de este genotipo es blanco claro, su forma es ovalada, el tamaño que alcanza es de 4 a 6 mm, los días de cosecha van de 165 a 225 días, el número de vainas por planta es de 6 a 18, granos por vaina de 4 a 5, susceptible a plagas y enfermedades.

### **2.1.6 Taxonomía**

Según (Lopez, 2013) en una investigación detallan la siguiente clasificación taxonómica:

- División: Espermatofita
- Sub-división: Angiosperma
- Clase: Dicotiledóneas
- Sub-clase: Arquiclamideas
- Orden: Rosales
- Familia: Leguminosas
- Sub-familia: Papilionoideas
- Tribu: Genisteas
- Género: *Lupinus*
- Especie: *Mutabilis*

Nombre científico: *Lupinus mutabilis* Sweet.

## **2.2 Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*)**

### **2.2.1 Clasificación Taxonómica**

Falconí *et al.*(2013) identificó a la causante de la antracnosis en chocho (*L. mutabilis*) como la fase asexual del hongo *C. acutatum* que tiene la siguiente clasificación:

- Dominio: Eukaryota
- Reino: Fungi
- Phylum: Ascomycota
- Sub-phylum: Pezizomycotina
- Clases: Sordariomycetes
- Sub-clases: Sordariomycetidae
- Familia: Glomerellaceae
- Género: Colletotrichum
- Especie: Acutatum

Nombre científico: *Colletotrichum acutatum*.

### **2.2.2 Sintomatología**

Según (Falconí, 2012) el ataque de la antracnosis puede ocurrir en todas las etapas de desarrollo de la planta, pero es más susceptible al ataque de esta enfermedad en la etapa de crecimiento vegetativo y en la fase de inicio de floración, la enfermedad se puede presentar en tallos, hojas y vainas.

En los bordes de las hojas presentan manchas cloróticas con márgenes irregulares y con un ligero arrugamiento, en el tallo presenta una necrosis que estrangulan al tallo, las mismas que son de color negro, cuando la infección se produce en la base de los tallos presenta una marchitez de la planta, en las vainas se presentan manchas de 1 a 3 cm, cubiertas de una capa anaranjada debido a los conidios del hongo, en las semillas puede ser atacadas de forma más o menos severas, los granos aparecen chupados y se puede identificar la enfermedad fácilmente (INIAP, 2006).

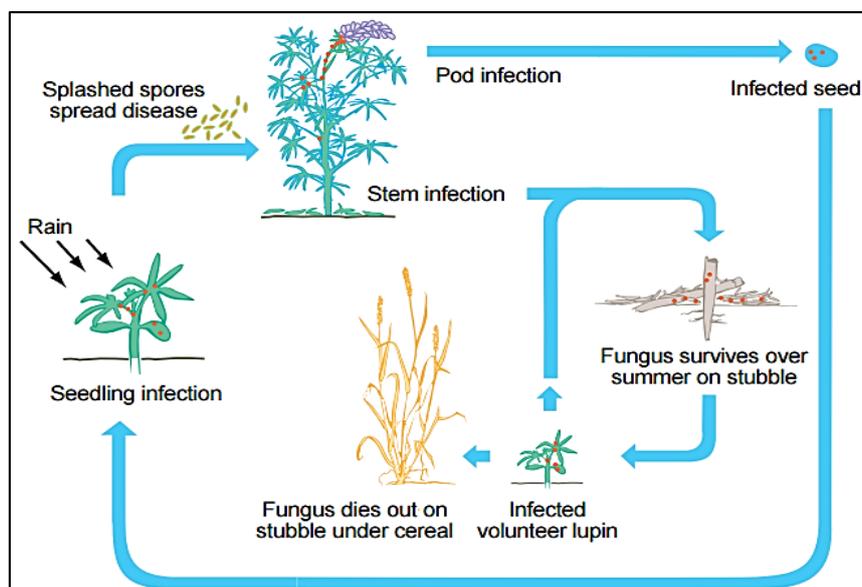
Según Falconí *et al.* (2013) la enfermedad se puede propagar por semilla infectada, las plantas que nacen de estas muestran síntomas en las hojas iniciales y en el tallo, llegando algunas veces a matar a la planta.

### 2.2.3 Morfología y ciclo de vida

*C. acutatum* presenta un crecimiento de forma radial, con una circunferencia casi perfecta, de colores blanco grisáceo y verde grisáceo para la colonia, blanco y crema para el micelio con anillo pronunciado y micelio algodonoso, conidias de forma cilíndrica con un extremo puntiagudo, con un tamaño de  $12.8\mu\text{m}^2$  (Martins & Oliveira, 2002).

El ciclo de vida de *C. acutatum* está comprendido de dos fases, una sexual y otra asexual, y aún queda por conocer muchos aspectos genéticos de su fase sexual y de relevancia en la estructura de la población (Martins & Oliveira, 2002).

Este hongo generalmente se mantiene en latencia como micelio, hasta que tiene condiciones favorables para producir sus conidios (Martinez, 2012)



**Figura 1** Ciclo de vida *C. acutatum*

**Fuente:** (Thomas G. , 2003)

## 2.3 Uso de radiación solar para reducir infección de patógenos

La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (vatio por metro cuadrado).

Se ha demostrado que el uso de radiación solar produce una alta sensibilidad en esporangios de hongos pertenecientes a los géneros: *Bipolaris*, *Didymella*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pyrenochaeta*, *Pythium*, *Rosellinia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium* y *Verticillium* (Cenis, 1991)

Para inactivar el 95% de esporangios de *Pseudoperonospora cubensis* fue necesario una radiación acumulativa efectiva en días soleados de 29,5 MJ/ m<sup>2</sup>. Las variables que tomaron en cuenta para alcanzar este porcentaje fue: radiación solar, temperatura y la humedad relativa (Kanetis, Holmes, & Ojiambo, 2010)

En un estudio para un control exitoso del 95% para omicetos como *Phytophthora infestans* fue necesario una irradiancia de 2,6 MJ/m<sup>2</sup> para días soleados, mientras que en días nublados fue de 3 MJ/m<sup>2</sup> (Mizubuti, Aylor, & Fry, 2000).

### 2.3.1 Definición de radiación solar

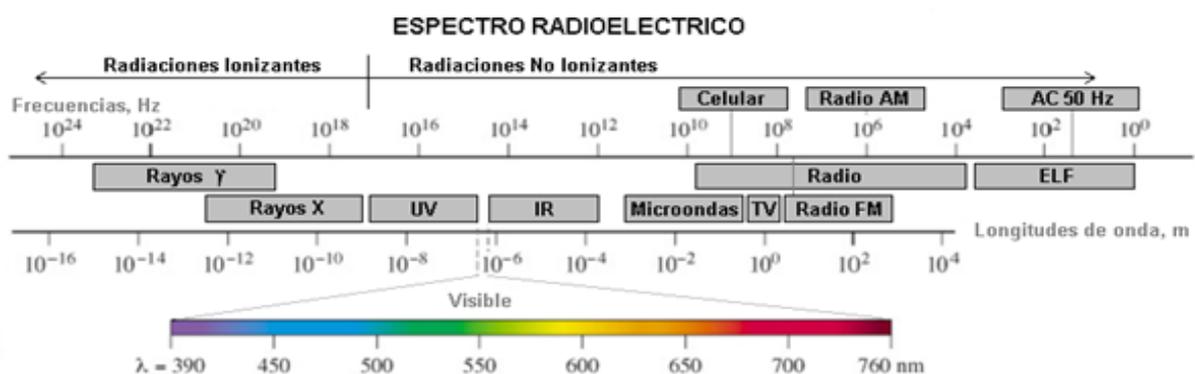
La radiación es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones.

Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la tierra desde el sol. La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su

energía, su visibilidad y su poder de penetración (Aparicio, 2010), Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de  $299.792 \text{ Km.s}^{-1}$ , estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético y el conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar (Aparicio, 2010).

### 2.3.2 Tipos de Radiación; Ionizante y no ionizante

Como se ha comentado, hay fuentes tanto naturales como artificiales que generan energía electromagnética en forma de ondas electromagnéticas, dichas ondas consisten en campos eléctricos y magnéticos de carácter oscilante, que interactúan con sistemas biológicos como células, plantas, animales o seres humanos. Según su frecuencia y energía, las ondas electromagnéticas admiten la siguiente clasificación a efectos biológicos: radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes (Aparicio, 2010).



**Figura 2** Cuadro de división de radiación según la frecuencia

**Fuente:** (Lorenzo, 2011)

### **2.3.2.1 Radiación Ionizante**

Se define una radiación como ionizante cuando al interactuar con la materia produce la ionización de la misma, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). El origen de estas radiaciones es siempre atómico, pudiéndose producir tanto en el núcleo del átomo como en los orbitales y pudiendo ser de naturaleza corpuscular (partículas subatómicas) o electromagnética (rayos X, rayos gamma (g)). Las radiaciones ionizantes de naturaleza electromagnética son similares en naturaleza física a cualquier otra radiación electromagnética pero con una energía fotónica muy elevada (altas frecuencias, bajas longitudes de onda) capaz de ionizar los átomos.

Las radiaciones corpusculares están constituidas por partículas subatómicas que se mueven a velocidades próximas a la de la luz (Tubón, 2010). Existen varios tipos de radiaciones emitidas por los átomos, siendo las más frecuentes: la desintegración, la desintegración "b", la emisión "g" y la emisión de rayos X y neutrones. Las características de cada radiación varían de un tipo a otro, siendo importante considerar su capacidad de ionización y su capacidad de penetración, que en gran parte son consecuencia de su naturaleza (Robinson, 1966)

### **2.3.2.2 Radiación no Ionizante**

Es aquella onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como mucho, excitaciones electrónicas. Ciñéndose a la radiación electromagnética, la capacidad de arrancar electrones (ionizar átomos o moléculas) vendrá dada, en el caso lineal, por la frecuencia de la radiación, que determina la energía por fotón, y en el caso no-lineal también por la "fluencia"

(energía por unidad de superficie) de dicha radiación; en este caso se habla de ionización no lineal (Gonzales, 2013).

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

#### **2.3.2.2.1 Campos electromagnéticos**

Dentro de los campos electromagnéticos se pueden distinguir aquellos generados por las líneas de corriente eléctrica o por campos eléctricos estáticos. Otros ejemplos son las ondas de radiofrecuencia, utilizadas por las emisoras de radio, y las microondas utilizadas en electrodomésticos y en el área de las telecomunicaciones (Tubón, 2010)

#### **2.3.2.2.2 Radiaciones ópticas**

Entre las radiaciones ópticas se pueden mencionar los rayos láser y la radiación solar como son los rayos infrarrojos, la luz visible y la radiación ultravioleta. Estas radiaciones pueden provocar calor y ciertos efectos fotoquímicos al actuar sobre el cuerpo humano. El término radiación no ionizante hace referencia a la interacción de ésta con la materia; al tratarse de frecuencias consideradas 'bajas' y por lo tanto también energías bajas por fotón, en general, su efecto es potencialmente menos peligroso que las radiaciones ionizantes.

La frecuencia de la radiación no ionizante determinará en gran medida el efecto sobre la materia o tejido irradiado. La región infrarroja también excita modos vibracionales; esta parte del espectro corresponde a la llamada radiación térmica. Por último la región visible del espectro por su frecuencia es capaz de excitar electrones, sin llegar a arrancarlos (Tubón, 2010).

### **2.3.3 Términos relacionados con la radiación solar**

Se conoce como Irradiancia a la rapidez de incidencia de energía radiante sobre una superficie por unidad de área, las unidades más comunes para este término son de  $W/m^2$ , por medio de esto se puede notar que la radiación es un fenómeno que transcurre en el tiempo en un instante dado (Gonzales, 2013).

Por otro lado la Irradiación es la cantidad de energía que incide sobre la unidad de área en un periodo de tiempo dado, las unidades correspondientes más comunes son  $J/m^2$  (Gonzales, 2013).

Insolación se le conoce como a la acumulación de energía promedio durante un periodo de tiempo día, mes, año estación, es la misma irradiancia pero considerando un tiempo promedio de permanencia sobre una superficie, se emplean unidades de energía por unidades de área (Gonzales, 2013).

### **2.3.4 El sol, benefactor de la producción**

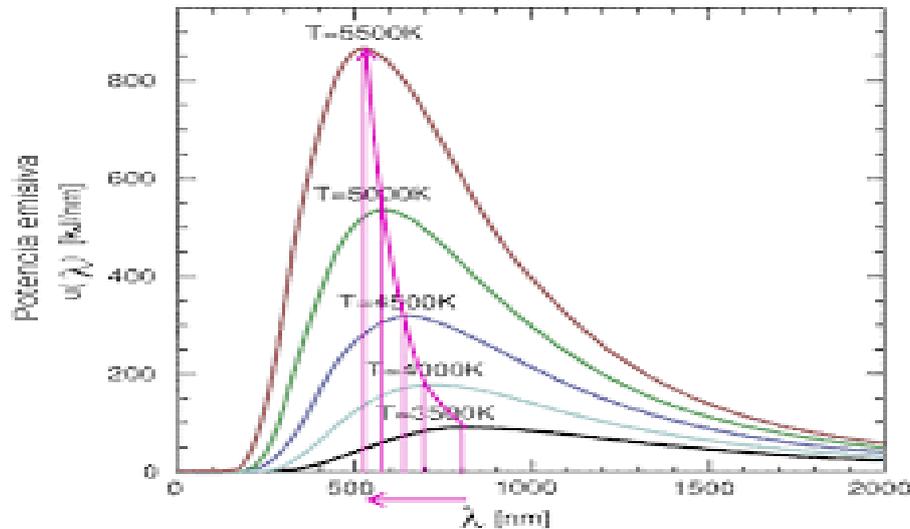
La energía solar es la fuente de energía más abundante que está disponible en nuestro planeta, el aprovechamiento del poder del Sol ha demostrado ser un método fiable para producir energía y, en la actualidad, estados y países invierten para desarrollar la tecnología. En materia tecnológico-productiva, instituciones públicas, privadas y académicas detectan oportunidades para integrar al sistema agropecuario el uso de energías renovables, como la solar, con la finalidad de facilitar el acceso a tecnologías más sustentables además de bajar costos en la producción (Campora, 2015).

## **2.4 Leyes de la radiación solar**

### **2.4.1 Ley de Planck**

Esta ley establece que la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro en equilibrio térmico en una temperatura definida, No todas las superficies emiten o

absorben la misma cantidad de energía radiante cuando se calientan a la misma temperatura (Bose, 1924).



**Figura 3** Longitud de onda de acuerdo a la ley de Planck

Un cuerpo que absorba o emita a una temperatura determinada la máxima cantidad de energía posible se denomina cuerpo negro, no obstante, existen numerosas superficies que son cuerpos negros casi perfectos, sobre todo para radiaciones de onda larga, por lo que para casos prácticos son considerados como tales con suficiente exactitud.

Cuando un cuerpo negro se calienta a una temperatura absoluta,  $T$ , su superficie emite un flujo de radiación térmica con una distribución espectral definida, que es determinable mediante la Ley de Planck:

$$Q_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}$$

$Q_{\lambda}$ : Poder emisivo espectral en función de la longitud de onda [ $\text{W/m}^2$ ]

$\lambda$ : Longitud de onda [m]

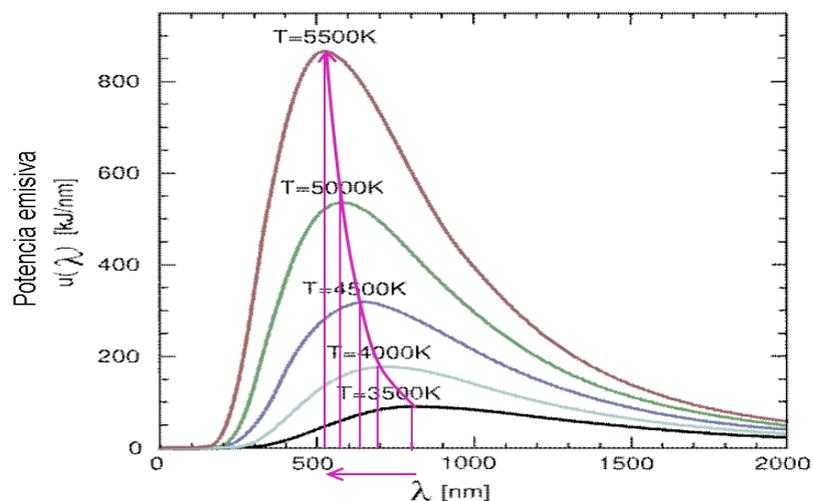
$T$ : Temperatura absoluta [°K]

C1: 1ª Cte. radiación =  $3.7418 \cdot 10^{-16}$  [W m<sup>2</sup>]

C2: 2ª Cte. radiación =  $1.4388 \cdot 10^{-2}$  [m °K]

### 2.4.2 Ley del desplazamiento de Wien

La longitud de onda de la densidad de energía máxima (pico de emisión) es inversamente proporcional a su temperatura absoluta. La longitud de onda a la cual la potencia emisiva es máxima se puede deducir de la Ley de Planck (Bose, 1924) derivándola respecto  $\lambda$ , igualando a cero, respecto a  $\lambda$ .



**Figura 4** Ley del desplazamiento de Wien

El resultado es la Ley del desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{max} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T}$$

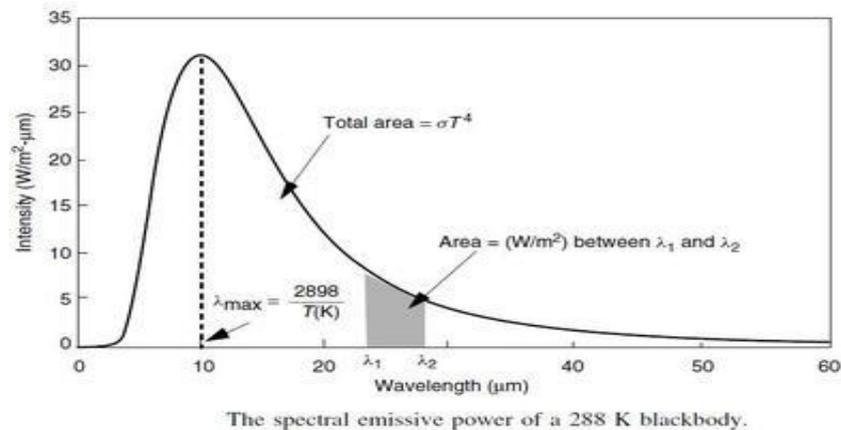
La consecuencia de la ley de Wien es que cuanto mayor sea la temperatura de un cuerpo negro menor es la longitud de onda en la cual emite.

### 2.4.3 Ley de Stefan-Boltzmann

La energía emitida por un cuerpo negro por unidad de área y por unidad de tiempo (W/m<sup>2</sup>) es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta T (°K). El flujo total de energía radiante que emite un cuerpo negro en todo el espectro

a una temperatura absoluta  $T$  se determina integrando la distribución de Planck para todas las longitudes de onda, cuyo resultado se conoce como la

### Ley de Stefan-Boltzmann



**Figura 5** Ley de Stefan Boltzmann

$$QO(T) = \int_0^{\infty} Q_{O\lambda} D\lambda \quad \sigma = T^4 [\text{watio}/\text{m}^2]$$

Siendo  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4]$  la Constante de Stefan-Boltzmann. Esta última ley es de gran utilidad, y de su análisis se deduce que el flujo de radiación es directamente proporcional a su temperatura absoluta elevada a la 4ª potencia (von Meyenn, 1994).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del lugar de la investigación

La fase de campo de la investigación se desarrolló en la Provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia San Francisco, sector el Carmelo



**Figura 6** Lugar de la investigación en la fase de campo

**Fuente:** Google Maps, 2017

##### 3.1.1 Ubicación Política

- Provincia: Imbabura
- Cantón: Ibarra
- Parroquia: San Francisco
- Sector: El Carmelo

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica

- Latitud: 00° 21' N
- Longitud: 078° 07' O

### 3.1.3 Ubicación Ecológica

- Altitud: 2192 m.s.n.m.
- Temperatura media: 18 °C
- Precipitación anual: 643 (mm), estación meteorológica IBARRA M1240
- Zona ecológica: Bosque Humedo-Seco (Holdridge L. R., 1967).
- Región: Sierra Norte

La fase de laboratorio de la investigación se desarrolló en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí en la Hacienda El Prado sede de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I.



**Figura 7** Imagen del lugar de investigación fase de laboratorio

**Fuente:** Google Maps, 2017

### 3.1.5 Ubicación Política

- Provincia: Pichincha
- Cantón: Rumiñahui
- Parroquia: San Fernando
- Lugar: Hda. El Prado

### **3.1.6 Ubicación Geografica**

- Altitud: 2723 msnm
- Latitud: 0°23'2.94"S
- Longitud: 78°24'54.11"O

### **3.1.7 Ubicación Ecológica**

- Temperatura promedio: 16,35 °C
- Temperatura máxima: 22,06 °C
- Temperatura mínima: 8,08 °C
- Luminosidad: 12 horas de luz
- Precipitación anual: 1200 mm
- Humedad relativa: 63,41%
- Zona Ecológica: Bosque Húmedo Seco (Holdridge L. R., 2000)

## **3.2 Materiales**

### **3.2.1 Materiales para evaluar los tiempos de radiación en el campo**

Para medir y delimitar las parcelas se utilizó una cinta métrica, estacas y piola.

Para la desinfección de semillas a diferentes tiempos de radiación solar se utilizó una estufa casera diseñada por Falconí César y en estudio previo a esta investigación (Terán, 2016).

Para la siembra del ensayo se utilizó semilla de chocho variedad local de los genotipo San Pablo y Zuleta las cuales fueron sometidas a tiempos de 30,45 y 60 minutos de exposición solar, y un testigo cero minutos de radiación más un tratamiento químico en el que se utilizó Vitavax (200g de Captan + 200g de Carboxin, Bayer). Además se utilizó espeques, una bomba de mochila y un

insecticida Curacron (Profenofos 960 g.L<sup>-1</sup>, Proagro ) aplicado al momento de la siembra.

Para la fertilización y controles sanitarios se utilizó 18-46-0, el insecticida Kañon plus (cipermetrina 200g.Kg<sup>-1</sup>, Ecuaquimica), el fungicida Quadris (azoxystrobin 500 g.Kg<sup>-1</sup>, Syngenta), fertilizante foliar CORON (25-0-0 + 0.5 boro, Agrosad) y un control de pH,y cintas para marcar plantas. La cosecha se realizó con tijeras de podar en fundas plásticas y para la colección total se utilizó fundas de nylon.

### **3.2.2 Material para pruebas de laboratorio**

Para estas pruebas se utilizaron 200 semillas de los genotipos locales para cada tratamiento, agua destilada y autoclavada, medio PDA, cajas Petri de vidrio previamente autoclavadas, parafilm, mechero, pinza, incubadora, cloranfenicol.

### **3.3 Métodos**

Para esta investigación se utilizó dos fases:

#### **3.3.1 Fase de Campo**

##### **3.3.1.1 Preparación de suelo y siembra**

A los 17 días luego de la siembra se evaluó el porcentaje de emergencia en cada unidad experimental, contabilizando el número total de plántulas emergidas en un área de 1 m<sup>2</sup>.

A los 18 días luego de contabilizar las plántulas emergidas se aplicó un insecticida para controlar el gusano alambre (Agriotes sp) con Curacron (Profenofos 960 g.L<sup>-1</sup>, Syngenta) a una dosis de 1ml.L<sup>-1</sup>.

Una vez aplicado el insecticida se fertilizó en todas las unidades experimentales con 15 Kg de 18-46-0 más 10 kg de Yaramila de formula física 16-16-16 el cual se lo

aplicó en el surco, al frente de cada golpe para luego ser incorporado con un arado de tracción animal.

A los 35 días después de la siembra se realizó una deshierba manual, luego de ocho días de la deshierba se realizó el aporque a cada una de las parcelas, los riegos no se realizaron dado que la lluvias en este periodo fueron constantes, una vez aporcadas las parcelas se procedió a marcar con cinta roja a diez plantas las que fueron tomadas al azar de cada unidad experimental.

Desde los 20 hasta los 120 días se tomó los datos de evaluación de la severidad en la escala propuesta por (Falconí, 2012).

Ciento treinta y un días después de la siembra se observó claramente que el llenado de vaina se ha completado en su totalidad, en donde se aplicó a todo el ensayo una aplicación de Quadris (azoxystrobin 500 g.Kg<sup>-1</sup> para el control de *C acutatum*

En el día 140 se aplicó Kañon plus (cipermetrina 200g.Kg<sup>-1</sup>) a una dosis de 0.8ml.L<sup>-1</sup> para el control de gusano de la semilla, acompañado de un abono foliar rico en potasio en todas las parcelas experimentales

En el día 150 del cultivo se procedió a tomar datos de las variables: el número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales, número de vainas infectadas por planta, las cuales se registraron en el libro de campo.

Al día 160 de la siembra se procedió a la cosecha de las vainas del tallo principal, para el cual se utilizó fundas negras debidamente etiquetadas y que correspondan a cada unidad experimental.

Posterior a los 15 días se realizó la cosecha de las diez plantas para su posterior evaluación de números de semillas por vainas, semilla no comercial y rendimiento de semilla por hectárea.

### **3.3.2 Fase de laboratorio**

De la semilla irradiada a diferentes tiempos de radiación solar se pesó 60 gramos que contiene alrededor de 200 semillas para cada tratamiento, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 5% durante tres minutos, etanol al 96% durante 5 minutos y un lavado final con agua autoclavada, En cajas Petri grandes de plástico se virtio el preparado de Agar + Chloramphenicol (0,1g/L). En la cámara de flujo laminar se dispuso el medio nutritivo en cajas petri en las que se sembraron 10 semillas de chocho por caja y se colocó en incubadora a 25 grados centígrados durante 7 días para que germinen. Al octavo día se registró datos de germinación e infección de cada uno de los tratamientos y se los anoto en el libro de campo.

### **3.3.3 Diseño Experimental**

#### **3.3.3.1 Tipo de diseño experimental**

El establecimiento del experimento se realizó en parcelas divididas en un diseño completamente aleatorizado (DBCA) utilizando como parcelas grande los dos genotipos locales (genotipo de chocho de la localidad de Zuleta y genotipo de chocho de la localidad de San Pablo) aleatorizadas y como parcelas pequeña los tres tiempos de radiación solar (30, 45, 60 minutos) aleatorizadas dentro de cada parcela grande con 3 repeticiones para tener un total de 18 unidades experimentales, y 6 unidades experimentales para el testigo de tiempo 0 minutos de radiación solar, así como 6 unidades experimentales para las semillas tratadas con Vitavax.

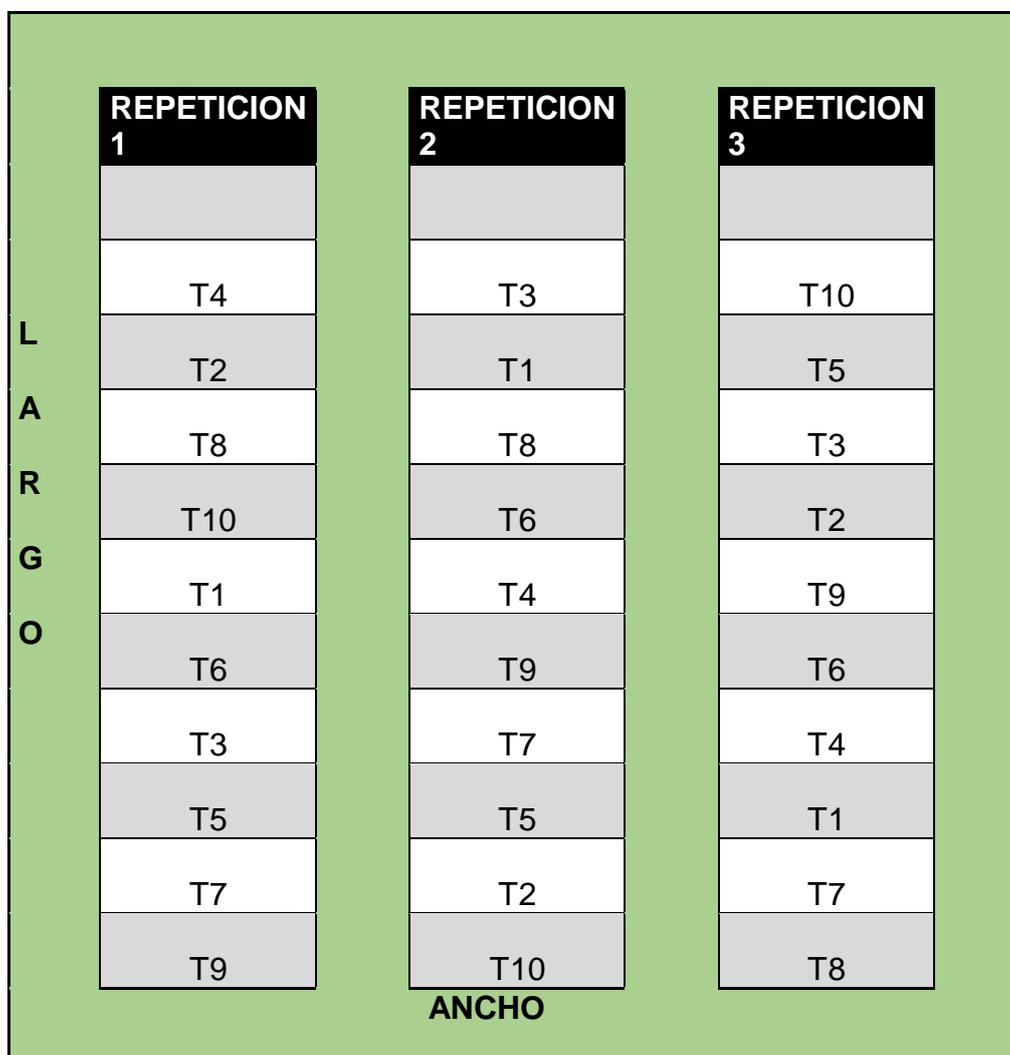
### 3.3.3.2 Factores y tratamientos

Los tratamientos surgieron de la combinación de los tres tiempos de radiación solar y de los dos genotipos locales a utilizar con 3 repeticiones en cada uno y un testigo de cero minutos de radiación y un tratamiento químico desinfectado con Vitavax, para los dos genotipos locales los mismos que se realizó la aplicación fungicidas Quadris (Azoxystrobin 500 g.Kg<sup>-1</sup>,) para el control de *C acutatum*, en etapas de floración y llenado de vainas, cuando se presenten los síntomas.

**Tabla 1**  
*Tratamientos de estudios a distribuirse en campo*

TRATAMIENTO	TIEMPO (minutos)	GENOTIPO
T1	0	San Pablo
T2	30	San Pablo
T3	45	San Pablo
T4	60	San Pablo
T5	0	Zuleta
T6	30	Zuleta
T7	45	Zuleta
T8	60	Zuleta.
T9	Desinfección Vitavax.	San Pablo
T10	Desinfección Vitavax.	Zuleta

La disposición de los tratamientos en el campo se realizó de acuerdo al siguiente gráfico.



**Figura 8** Distribución de tratamientos en campo

### 3.3.3.3 Características de la unidad experimental

Se establecieron 30 unidades experimentales o parcelas. El área de la parcela fue de 24 m<sup>2</sup> (6.00 m de largo y 4.00 m de ancho), con 5 surcos por parcela (0.8 m de espaciamento). La siembra se realizó de forma manual con "espeque" a una profundidad de 0.04 m, utilizando 3 semillas por golpe y un espaciamento de 0.30 m entre golpes.

El área total de las 30 parcelas fue de 750 m<sup>2</sup> y se dejó un borde de 2.00 m alrededor de todo el experimento y un camino de 1 m entre parcelas y repeticiones.

#### **3.3.3.4 Análisis Estadístico**

Las variables se analizarán mediante el siguiente modelo matemático:

$Y_{ijk} = u + B_i + G_j + E(G)_{ij} + S_k + GS_{jk} + e(S)_{ijk}$  ; donde:

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

$u$  = media general

$B_i$  = efecto del  $i$ -ésimo bloque

$G_j$  = efecto del  $j$ -ésimo Genotipo.

$E(G)_{ij}$  = error para el Genotipo

$S_k$  = efecto del  $k$ -ésimo tiempo de radiación solar.

$GS_{jk}$  = efecto de la interacción genotipo por  $x$  tiempos de radiación solar.

$e(S)_{ijk}$  = error experimental para los tiempos de radiación solar.

Además se realizarán pruebas de comparación de medias de Tukey al 5%, para los tiempos de radiación solar, genotipos, etapas fenológicas e interacciones. Los análisis se realizaron en el software InfoStat (Di Rienzo, 2011).

#### **3.3.3.5 Análisis económico**

Se aplicó el método de presupuesto parcial (Perrín, 1988), para lo cual se obtuvieron los beneficios brutos (multiplicando el rendimiento de cada tratamiento por el costo de 1 kg de chocho) y los costos variables que corresponde al costo de los plaguicidas. Se determinaron los tratamientos no dominados para la obtención de la tasa de retorno marginal.

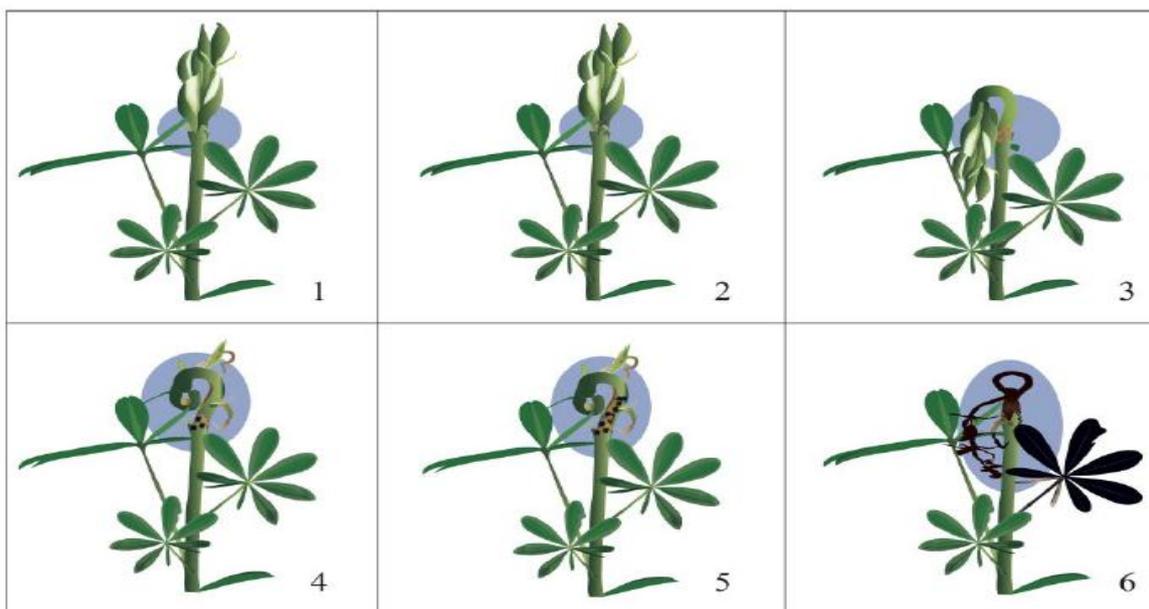
### 3.3.3.6 Variables medidas

#### 3.3.3.6.1 Porcentaje de germinación

Se contabilizó el número de plantas emergidas a los 17 días después de la siembra. Para esto se contabilizaron el número total de semillas sembradas en un área de 1 m<sup>2</sup> de la unidad experimental (Falconí, 2012)

#### 3.3.3.6.2 Evaluación de incidencia

Se utilizó la escala elaborada por (Falconí, 2012) para evaluar la severidad de la antracnosis en chocho, a partir del día 20, 40, 60 días después de la siembra y en floración y llenado de vainas de 10 plantas seleccionadas al azar por cada una de las unidades experimentales.



**Figura 9** Escala para evaluar la antracnosis resistencia/tolerancia en chocho

**Fuente:** (Falconí, 2012)

1) Planta sin ninguna lesión

2) Lesiones muy pequeñas (menos de 5 mm) en las hojas o en el tallo apical central, algunas arrugas en las hojas, ausente esporulación,

- 3) Yema apical del tallo central doblado debido a la infección, abundantes arrugas en las hojas, lesiones de 0,5 cm a 1 cm, poca esporulación,
- 4) Presencia de lesiones de tamaño mediano (de 1 cm hasta 3 cm) en tallos y ramas, acompañado de tejido necrótico (esporulación)
- 5) Presencia de lesiones de gran tamaño (más de 3 cm) en los tallos, ramas o vainas con tejido necrótico acompañada por el colapso de los tejidos (abundante esporulación)
- 6) Planta necrótica severamente afectada, o plantas muertas. Si formó, pequeñas vainas, esporulación de tejido necrótico de color salmón.

#### **3.3.3.6.2 El número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales**

Se contabilizo el número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales de las diez plantas seleccionadas al azar previamente y se dividirá para el mismo número de plantas (Falconí, 2012)

#### **3.3.3.6.3 Número de vainas infectadas por planta**

Una vez que la planta termino el llenado de vaina se contabilizaron el número de vainas infectadas del total de 10 plantas en los que se aplicaron los tiempos de radiación así como al testigo de cero radiación solar y el testigo químico desinfectado con Vitavax (Carboxín 200g/kg + captan 200g/kg, Bayer) (Proagro, 2016).

#### **3.3.3.6.4 Número de semillas por vaina**

Las vainas se cosecharon para su posterior trillado y se determinó el número de semillas por vaina. Para la obtención de esta variable se dividió el número de semillas para el número de vainas cosechadas de las plantas de cada tratamiento (Falconí, 2012).

#### **3.3.3.6.5 Semilla no comercial**

El porcentaje de semilla no comercial se calculó dividiendo el peso de las semillas que presenten pequeñas manchas de color marrón, lesiones de insectos o que estén rotas (semilla dañada) y el total de semillas todo esto por cien (Falconí, 2012).

#### **3.3.3.6.6 Rendimiento de la semilla por hectárea**

Se cosechó a todas las plantas de la unidad experimental y se obtuvo el peso de las semillas en gramos por unidad experimental -1 y en Kg ha-1 (Falconí, 2012).

#### **3.3.3.6.7 Infección en semilla**

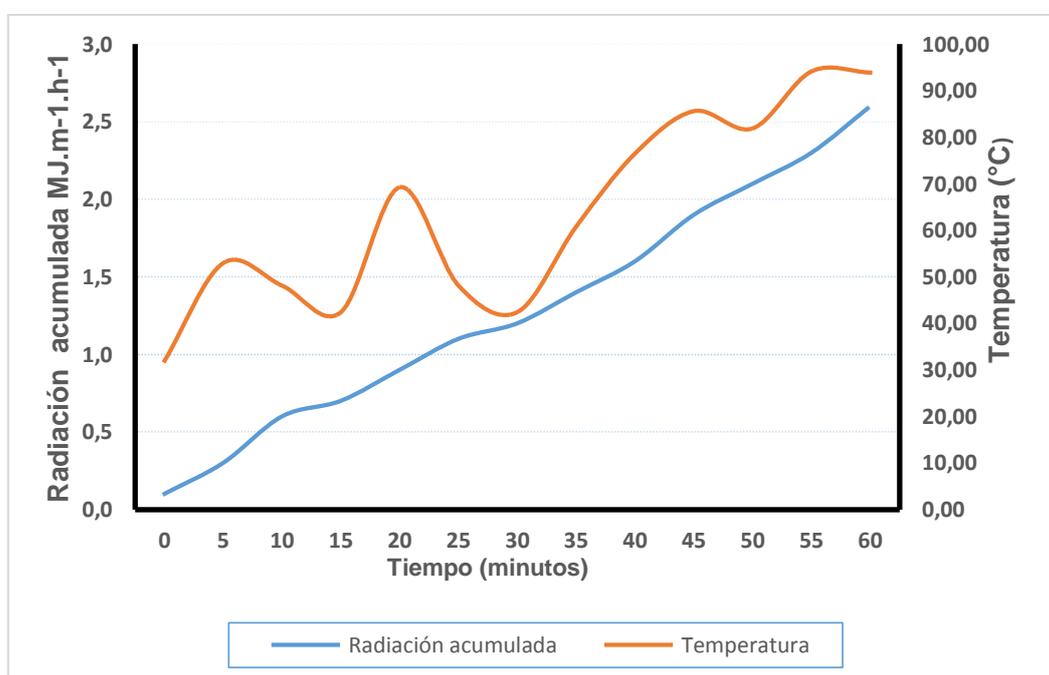
Se tomó una muestra de 200 semillas de los dos genotipos locales, se desinfectó con hipoclorito de sodio al 0.5%, posteriormente se separaron una sub muestras de 10 semillas con buenas características fenotípicas es decir sin presencia de manchas ni lesiones las cuales fueron sembradas asépticamente en cajas Petri con medio PDA + Cloranfenicol (0,1g/L). Siete días después de la siembra, se evaluó la presencia de micelio y esporas visualmente y microscópicamente consiguiendo determinar la presencia o no de la enfermedad (Falconí, 2012).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Registro de datos del tratamiento de semilla mediante radiación solar de los genotipos locales San Pablo y Zuleta

En la figura 10 se puede observar la radiación solar acumulada ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y la temperatura promedio ( $^{\circ}\text{C}$ ), a la que fueron tratadas las semillas de los genotipos San Pablo y Zuleta en tiempos de 30, 45, y 60 minutos. La radiación acumulada presentó un crecimiento polinomial de orden cubico en función del incremento de temperatura representado con la ecuación:  $y = 0,0091x^3 + 0,0792x^2 + 2,105x + 38,206$ .



**Figura 10** Radiación acumulada  $\text{MJ}/\text{m}^2$  y temperatura promedio para los tiempos de 30, 45, 60 minutos de radiación solar

**4.2 Porcentaje de humedad, germinación y de infección de semillas en los dos genotipos locales bajo el efecto de temperatura y radiación solar que fueron sometidas en la estufa casera de radiación**

**Tabla 2**

*Porcentaje de Humedad, Germinación, e Infección en semillas de los genotipos locales bajo diferentes tiempos de exposición solar*

Genotipo	Tratamiento	% Humedad	Radiación MJ/m <sup>2</sup>	Temperatura °C	% de Germinación	% de Infección
San Pablo	0	10,305	0	30	7,7	1,3
San Pablo	30	8,317	1,3	42,44	7,2	0,65
San Pablo	45	8,012	2,1	85,63	8,0	0,7
San Pablo	60	6,690	2,7	93,92	7,5	0,3
Zuleta	0	10,509	0	30	8,0	0,95
Zuleta	30	8,364	1,3	42,44	6,1	0,5
Zuleta	45	7,760	2,1	85,63	8,7	0,45
Zuleta	60	7,166	2,7	93,92	8,1	0,35

Las semillas del genotipo San Pablo sometidas a tiempos de exposición solar de 30,45 y 60 minutos de radiación solar, la humedad presenta valores de 8,3%, 8%, y 6,6% respectivamente en comparación con el tratamiento cero minutos el cual presentó un valor de 10,3%de humedad. Mientras que las semillas del genotipo Zuleta a tiempos de exposición solar de 30, 45 y 60 minutos presentaron valores de humedad entre 8,3%, 7,7% y 7,1% respectivamente en comparación con el tratamiento cero minutos el que presentó un valor de 10,5% de humedad (Tabla 2)

#### 4.3 Efecto del tratamiento de semilla mediante radiación solar en el porcentaje de emergencia a los 17 días después de la siembra en la localidad el Carmelo, Ibarra-Ecuador

**Tabla 3**

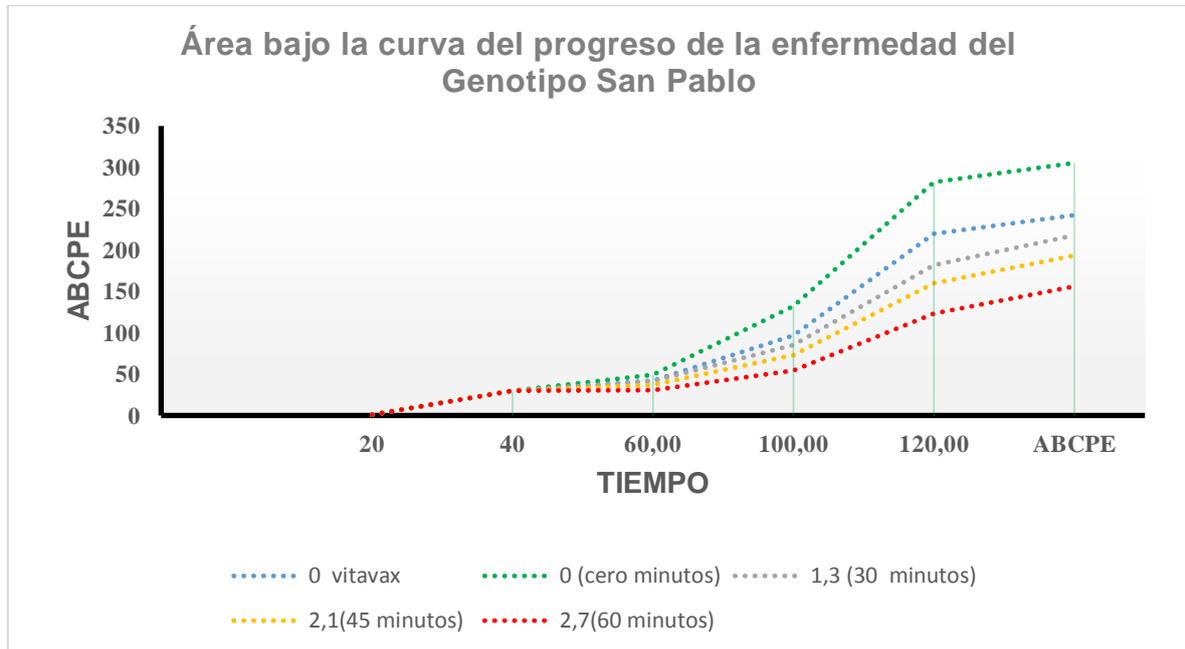
*Porcentaje de emergencia en semillas tratadas con radiación solar*

Genotipo	Nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup>	Porcentaje de Emergencia
San Pablo	0 (cero minutos)	62,50 c
San Pablo	1,3 (30 minutos)	81,94 a b
San Pablo	2,1 (45 minutos)	88,89 a
San Pablo	2,7 (60 minutos)	75,00 b
San Pablo	0 + (Vitavax)	70,83 b
Zuleta	0 (cero minutos)	58,33 b
Zuleta	1,3 (30 minutos)	75,00 a b
Zuleta	2,1 (45 minutos)	83,33 a
Zuleta	2,7 (60 minutos)	70,83 ab
Zuleta	0 + (Vitavax)	77,78 a

*Medias con una letra común no son significativamente según Tukey ( $P > 0,05$ )*

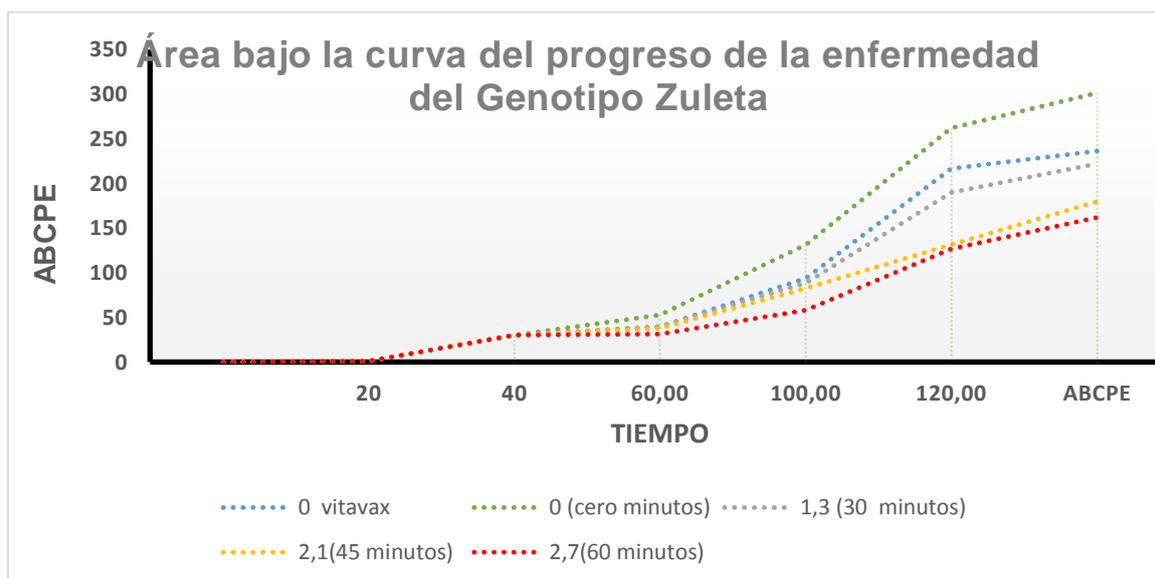
El mayor porcentaje de emergencia a los 17 días se presentó en las semillas tratadas mediante una radiación acumulada de 2,1 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 45 minutos de radiación solar sobre los genotipos locales Zuleta y San Pablo ( $F=15,98$ ;  $p=0.001$ ; Tabla 3).

**4.4 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de semillas tratadas por medio de radiación solar en los genotipos locales San Pablo y Zuleta en su ciclo de cultivo**



**Figura 11** ABCPE genotipo San Pablo.

En la figura 11 se observa que el área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE de *C.acutatum* bajo el efecto de una radiación solar acumulativa de 1.3, 2.1 y 2.7 MJ/m<sup>2</sup> en semillas del genotipo San Pablo es menor en comparación con el tratamiento cero minutos de radiación y el tratamiento químico Vitavax.



**Figura 12** ABCPE genotipo Zuleta

En la figura 12 se observa que las semillas de chocho irradiadas a los tres tiempos de radiación solar presentan una menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE de *C.acutatum* en comparación con el tratamiento cero minutos y el tratamiento químico.

#### 4.5 Efecto del nivel de radiación acumulada MJ/m<sup>2</sup> de semilla sobre el número de vainas infectadas en el cultivo de chocho

**Tabla 4**

*Efecto del nivel de radiación acumulada sobre el número de vainas infectadas*

Nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup>	Número Vainas infectadas
0 (cero minutos)	9,83 a
1,3 (30 minutos)	8,17 b c
2,1 (45 minutos)	7,33 c d
2,7 (60 minutos)	7,00 d
0 + (Vitavax)	8,50 b

Medias con una letra común no son significativamente según Tukey ( $P > 0,05$ )

El menor número de vainas infectadas en los genotipos San Pablo y Zuleta se presenta cuando la semilla es tratada mediante una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> en comparación con el tratamiento que no fue sometido a radiación solar (F=17,48, p=<0,0001 Tabla 4).

#### 4.6 Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el número de vainas por planta

**Tabla 5**

*Efecto del tratamiento de semillas sometidas a radiación solar sobre el número de vainas por planta*

Genotipo	Nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup>	Número de vainas por planta
San Pablo	0 (cero minutos)	48,20 b
San Pablo	1,3 (30 minutos)	56,00 a
San Pablo	2,1 (45 minutos)	57,40 a
San Pablo	2,7 (60 minutos)	55,60 a
San Pablo	0 + (Vitavax)	45,20 b
Zuleta	0 (cero minutos)	37,60 c
Zuleta	1,3 (30 minutos)	42,20 b c
Zuleta	2,1 (45 minutos)	49,20 a b
Zuleta	2,7 (60 minutos)	54,20 a
Zuleta	0 + (Vitavax)	41,00 b c

*Medias con una letra común no son significativamente según Tukey (P > 0,05)*

El número de vainas por planta en el genotipo San Pablo aumento significativamente en los tratamientos de semillas aplicados 1,3, 2,1 y 2,7 MJ/m<sup>2</sup> (30, 45 y 60 minutos) en comparación con el testigo (F=17,38; p=0,0005). Mientras en el genotipo Zuleta el tratamiento de semilla con 2,7 MJ/m<sup>2</sup> (60 minutos) presento mayor número de vainas en comparación al testigo (F=10,62; p=0,0028; Tabla 5)

#### 4.7 Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el peso por planta en gramos de los genotipos San Pablo y Zuleta

**Tabla 6**

*Efecto de la radiación acumulada en el peso de granos por planta en gramos*

Genotipo	Nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup>	Peso de granos por planta en gramos
San Pablo	0 (cero minutos)	66,19 c
San Pablo	1,3 (30 minutos)	71,20 b c
San Pablo	2,1 (45 minutos)	77,63 a b
San Pablo	2,7 (60 minutos)	83,88 a
San Pablo	0 + (Vitavax)	64,65c
Zuleta	0 (cero minutos)	50,63 c
Zuleta	1,3 (30 minutos)	67,91 b
Zuleta	2,1 (45 minutos)	70,37 b
Zuleta	2,7 (60 minutos)	81,08 a
Zuleta	0 + (Vitavax)	54,43 c

*Medias con una letra común no son significativamente según Tukey ( $P > 0,05$ )*

El mayor peso en gramos por planta se presenta cuando las semillas del genotipo San Pablo es expuesta a una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 60 minutos de radiación solar ( $F=20,97$ ;  $p=0,0003$ ). El genotipo Zuleta bajo una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> presento mayor peso en gramos por planta en comparación con el testigo cero minutos y el tratamiento químico ( $F=38,44$ ;  $p=0,0001$ , Tabla 6)

#### 4.8 Efecto del tratamiento de radiación solar en semilla en el peso en gramos por tratamiento en dos genotipos diferentes

**Tabla 7**

*Efecto de tratamiento de semilla de dos genotipos sobre el peso en gramos por tratamiento*

Genotipo	Nivel de radiación acumulada MJ/m <sup>2</sup>	Peso por tratamiento en gramos
San Pablo	0 (cero minutos)	1481,48 c
San Pablo	1,3 (30 minutos)	2092,59 a b
San Pablo	2,1 (45 minutos)	2476,51 a
San Pablo	2,7 (60 minutos)	2251,49 a
San Pablo	0 + (Vitavax)	16,46 b c
Zuleta	0 cero minutos)	1063,16 c
Zuleta	1,3 (30 minutos)	1820,20 a b
Zuleta	2,1 (45 minutos)	2096,49 a
Zuleta	2,7 (60 minutos)	2045,95 a
Zuleta	0 + (Vitavax)	1511,23 b

*Medias con una letra común no son significativamente según Tukey ( $P > 0,05$ )*

Las semillas tratadas a radiaciones de 1.3, 2.1, 2.7 MJ/m<sup>2</sup> en el genotipo San Pablo obtuvieron mayor peso en gramos en comparación el testigo cero minutos y Vitavax ( $F= 18,04$ ;  $p=0,0005$ ) mientras que las semillas tratadas con una radiación de 2.1, 2.7 MJ/m<sup>2</sup>, en el genotipo local Zuleta presento un mayor peso en gramos en comparación con el testigo absoluto cero minutos y tratamiento químico Vitavax ( $F=34,70$ ;  $p=0,0001$ ; Tabla 7).

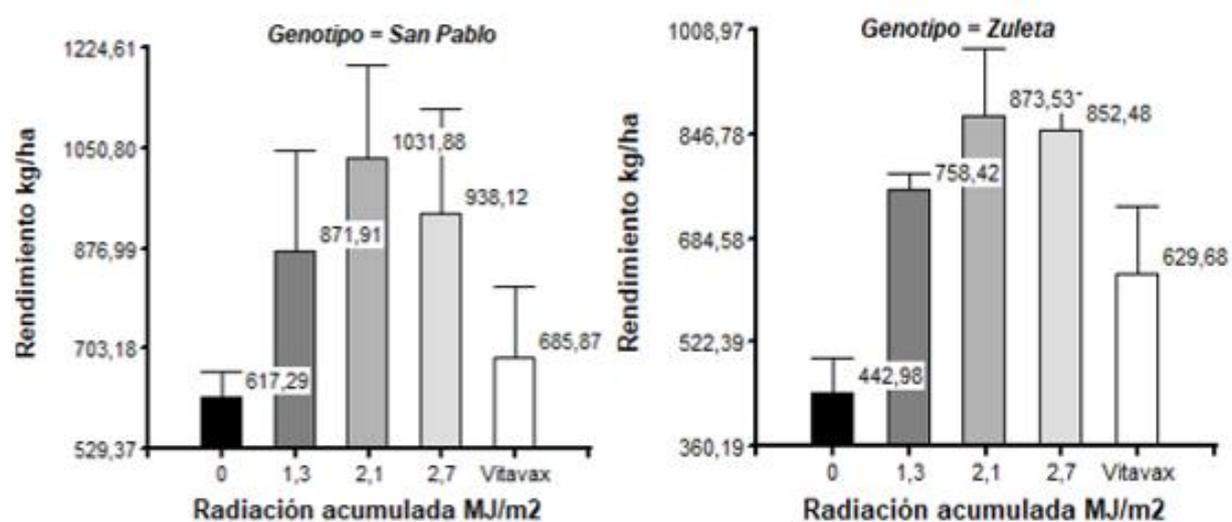
#### 4.9 Efecto del tratamiento de semillas de dos genotipos locales con radiación solar en el rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

**Tabla 8**

*Efecto de la radiación solar en el rendimiento Kg/ha en dos genotipos locales*

Genotipo	Nivel de radiación acumulada $\text{MJ}/\text{m}^2$	Rendimiento por Kg por hectárea
San Pablo	0 (cero minutos)	617,29
San Pablo	1,3 (30 minutos)	871,91 a b
San Pablo	2,1 (45 minutos)	1031,88 a
San Pablo	2,7 (60 minutos)	938,12 a
San Pablo	0 + (Vitavax)	685,87 b c
Zuleta	0 (cero minutos)	442,98 c
Zuleta	1,3 (30 minutos)	758,42 a b
Zuleta	2,1 (45 minutos)	873,53 a
Zuleta	2,7 (60 minutos)	852,48 a
Zuleta	0 + (Vitavax)	629,68 b

Medias con una letra común no son significativamente según Tukey ( $P > 0,05$ )



**Figura 13** Efecto de la radiación solar en el rendimiento de los genotipos Kg/ha en la localidad el Carmelo, Ibarra-Ecuador

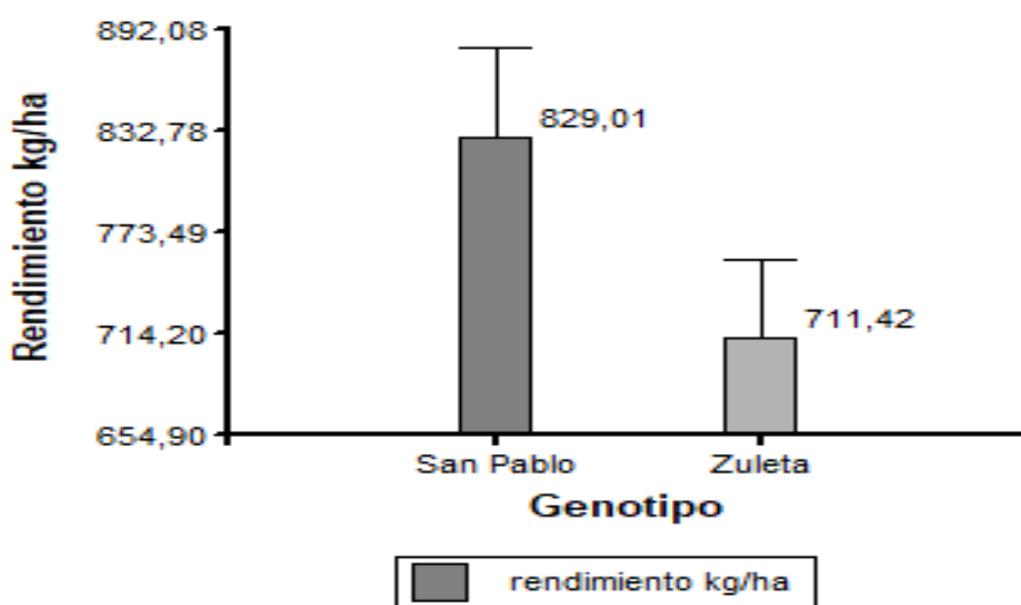
El rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de chocho *L. mutabilis* en el genotipo local Zuleta sometidas a una radiación acumulada de 2,1 y 2,7  $\text{MJ}/\text{m}^2$  (45 y 60 minutos) presentó aumento significativo en la productividad en comparación con el testigo sin radiación solar y el tratamiento químico ( $F=18,04$ ;  $p=0,0005$ ), mientras que el genotipo local San Pablo las semillas que fueron tratadas con una radiación acumulada equivalente 2,1  $\text{MJ}/\text{m}^2$  y 2,7  $\text{MJ}/\text{m}^2$  presentaron mayor rendimiento en comparación con semillas no fueron irradiadas y el tratamiento químico Vitavax ( $F=34,70$ ;  $p=0,0001$  Tabla 8)

**Tabla 9**

*Efecto del tratamiento de semillas por medio de radiación solar por genotipo*

Genotipo	Productividad Kg/ha
San Pablo	829,01 a
Zuleta	711,42 b

El mayor rendimiento del cultivo de chocho en la unidad productiva se obtiene cuando se siembra el genotipo local San Pablo en la localidad el Carmelo, Ibarra, Ecuador ( $F=21,07$ ;  $p<0,0001$  Tabla 8)



**Figura 14** Efecto del tratamiento de semillas sobre el rendimiento Kg/ha

#### 4.10 Análisis económico

En base a la metodología determinada por Perrín et al. (1976), se calculó el beneficio bruto y costos variables de los tratamientos evaluados, cuya diferencia proporcionó el beneficio neto de los mismos (Tabla 10)

**Tabla 10**

*Beneficio bruto, costo variable y beneficio neto de los tratamientos evaluados*

<b>Genotipo</b>	<b>Radiación MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>Beneficios Brutos</b>	<b>Costo Variable</b>	<b>Beneficio neto</b>
<b>San Pablo</b>	0	358,21	0	358,21
<b>Zuleta</b>	0	-106,62	0	-106,62
<b>Zuleta</b>	0 +Vitaxax	387,35	3,9	383,45
<b>San Pablo</b>	0 +Vitavax	537,19	3,9	533,29
<b>San Pablo</b>	1,3	977,19	60	917,19
<b>San Pablo</b>	2,1	1403,78	60	1343,78
<b>San Pablo</b>	2,7	1153,75	60	1093,75
<b>Zuleta</b>	1,3	674,55	60	614,55
<b>Zuleta</b>	2,1	981,51	60	921,51
<b>Zuleta</b>	2,7	925,38	60	865,38

A partir de los beneficios netos y su respectivo costo variable se realizó el análisis de dominancia, el cual establece que un tratamiento es dominado cuando presenta igual o menor beneficio neto y mayor costo variable.

**Tabla 11**  
*Análisis de dominancia de tratamientos evaluados*

<b>Genotipo</b>	<b>Radiación MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>Beneficios Brutos</b>	<b>Costo Variable</b>	<b>Beneficio neto</b>	<b>Dominancia</b>
<b>San Pablo</b>	0,1	358,21	0	358,21	No dominado
<b>Zuleta</b>	0,1	-106,62	0	-106,62	Dominado
<b>Zuleta</b>	Vitavax	387,35	3,9	383,45	No dominado
<b>San Pablo</b>	Vitavax	537,19	3,9	533,29	No dominado
<b>San Pablo</b>	1,3	977,19	60	917,19	No dominado
<b>San Pablo</b>	2,1	1403,78	60	1343,78	No dominado
<b>San Pablo</b>	2,7	1153,75	60	1093,75	Dominado
<b>Zuleta</b>	1,3	674,55	60	614,55	Dominado
<b>Zuleta</b>	2,1	981,51	60	921,51	Dominado
<b>Zuleta</b>	2,7	925,38	60	865,38	Dominado

Se realizó el análisis marginal con los tratamientos no dominados: 0, 30,45 minutos en irradiación solar de semilla del genotipo San Pablo, y tratamiento Vitavax en irradiación solar de semilla local Zuleta.

**Tabla 12***Tasa de retorno marginal de los tratamientos no dominados*

<b>Tratamiento</b>	<b>Beneficio neto</b>	<b>Costo variable</b>	<b>BM</b>	<b>CV</b>	<b>TIR %</b>
<b>San Pablo(Cero minutos)</b>	358,21	0,00	0	0,00	0
<b>Zuleta Vitavax</b>	383,45	3,90	25,24	3,90	647,17
<b>San Pablo Vitavax</b>	533,29	3,90	175,08	3,90	489,23
<b>San Pablo(30 minutos)</b>	917,19	60,00	558,99	60,00	931,64
<b>San Pablo(45 minutos)</b>	1343,78	60,00	985,57	60,00	1642,62

El tratamiento de semilla del genotipo San Pablo expuesta a una radiación de 45 minutos de radiación solar muestra una rentabilidad relevante en el proyecto favorable teniendo un mayor porcentaje respecto al resto de tratamientos.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

La desinfección de semillas de chocho *L. mutabilis* por medio de radiación solar, en los genotipos locales San Pablo y Zuleta en la estufa casera de radiación solar, se registró la temperatura que aumentó gradualmente desde los 32 °C hasta los 93 °C. Por otro lado la radiación acumulada mostro un valor desde los 0,1 MJ.m<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> hasta 2.7 MJ.m<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> en 60 minutos de exposición. Debido al incremento de temperatura la humedad en la semilla de los genotipos se redujo, el testigo del genotipo local San Pablo mantuvo 10,3 % de humedad, mientras que los tratamientos de 30, 45, 60 minutos presentaron 8,31%, 8,0% y 6,69% respectivamente. En el genotipo local Zuleta, el testigo mantuvo un 10,5% de humedad comparado con la semilla expuesta a radiación solar de 30, 45,60 minutos los que presentaron una humedad de 8,34%, 7,70% y 7,16% Terán, (2016) expuso semilla a luz UV-B en genotipos de chocho: I-450 Andino el que presento 8.724 % de humedad, mientras que los tratamientos de 15, 20 y 25 minutos presentaron 8.23, 8.214 y 8.14%, respectivamente; mientras en el genotipo I-451 Guaranguito, el testigo mostró un 6.63 % de humedad, comparado con la semilla expuesta a irradiación con 15, 20 y 25 minutos que presentaron porcentajes de: 6.27%, 6.22% y 6.07%, respectivamente, en su contenido de humedad.

Las semillas del genotipo local San Pablo tratadas a una radiación acumulada de 2,3 MJ/m<sup>2</sup> presento 88% en porcentaje de emergencia, respectivamente. (Luckey, 1980) manifiesta que la aplicación subletal de un agente es capaz de inducir un estrés físico generando respuestas positivas en las semillas en la que se activan

ciertos receptores los que desencadenan en una respuesta favorable para la germinación.

En el genotipo local Zuleta el mayor porcentaje de emergencia se dio en tratamiento de semillas con una radiación acumulada de 2,3 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 45 minutos obteniendo 83% de germinación, por otro lado las semillas sometidas a 2,7 MJ/m<sup>2</sup> mostraron una disminución en la germinación de 70,83% de humedad. (Peykarestan, Seify, Fadaei, & Hatim, 2012) Trataron semilla de *Portulaca grandiflora* y *Portulaca oleracea* bajo el efecto de radiación en el que mostraron que el porcentaje de germinación de semillas y las tasas de crecimiento de los brotes fueron inversamente relacionados con las dosis de irradiación, por otro lado (Diaz , Bacópolos, & Ruiz, 2017) señalaron que la irradiación mediante UV-B estimula una respuesta fotomorfogénica favoreciendo la emergencia en semillas de tomate y la cantidad de plántulas normales en comparación de la irradiación UV-C el que provoca efectos negativos en la emergencia.

Las semillas irradiadas bajo el efecto de tres tiempos de radiación solar en los genotipos San Pablo y Zuleta, presentaron un menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *C. acutatum*, en el ciclo de cultivo del genotipo San Pablo presentó un valor de 156 cuando se aplicó una radiación acumulativa de 2,7 MJ/m<sup>2</sup>, en comparación con el tratamiento cero minutos el que presentó un valor de 305 y el tratamiento químico el mismo que presentó un valor de 242. mientras el ABCPE en el genotipo Zuleta bajo una dosis de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> presentó un valor de 161, en comparación con el tratamiento cero minutos. el cual tuvo un aumento drástico en su área presentando un valor de 301.

Las semillas del genotipo local San Pablo tratadas bajo una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> en la etapa de floración mostraron un índice de severidad de 1,70 en comparación con el testigo el que mostro un 4,33 en la escalada de severidad (Falconí, 2012) mientras en el genotipo Zuleta presenta resultados similares a una radiación de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> el índice de severidad es de 1,80 y para el testigo presento un 4,03, Por otro lado en la etapa fenológica de llenado de vaina bajo la radiación de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> el genotipo local San Pablo el índice de severidad fue de 2,40 en comparación con el testigo que mostro una severidad de 5,07 Mientras el genotipo Zuleta a una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> en la etapa de llenado de vaina presento un índice de severidad de 2,43 en comparación al testigo el que mostro un 4,70 en la escala creada por (Falconí, 2012).

Thomas & Sweetingham, (2004) señalaron que el patógeno *Colletotrichum lupini* no crece a temperaturas superiores a 35 °C, presentando índices de 1 (lesión menor a 1 mm) Mizubuti, Aylor, & Fry, (2000) manifiestan que las esporas bajo el efecto de radiación UV-B se logran inactivar en un 95 %, es por esta razón que en nuestro experimento la radiación solar a una dosis de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> reduce drásticamente el progreso de la enfermedad en las dos etapas fenológicas donde presenta más susceptibilidad a *C. acutatum*.

(Sweetingham et al., 1998) explica la reducción de vainas infectadas por planta, de 10,67 en el testigo a 7 bajo una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> en semilla del genotipo local Zuleta, mientras que el genotipo San Pablo tiene una tendencia de disminución, bajo la misma radiación de 9 a 7 número de vainas infectadas (Khan, Hossain, Rahman, & Mujibar, 2002) trataron semilla con calor solar, en diferentes

superficies demostrando que algunos hongos patógenos reducen la infección cuando son sometidos a 4, 8 y 12 horas de exposición solar

Las semillas del genotipo local San Pablo tratadas por medio de una radiación acumulada de 2,3 MJ/m<sup>2</sup> presentaron 54,7 vainas en la planta en comparación con el testigo sin; embargo (Liu, Liu, Li, & Herbert, 2013) manifiestan que semillas de soya bajo efecto de radiación UV-B presentaron un menor número de vainas en la planta, siendo este un factor directo en el componente de la producción, En nuestro estudio las semillas del genotipo Zuleta bajo una radiación de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> presentaron una respuesta favorable en el número de vainas (Guaytarilla & Falconi, 2014) trabajaron con semilla que no recibió pretratamiento, estimando un número de vainas para I-450 Andino de 23.83 y en I-451 Guaranguito de 40 vainas por planta, (Gomkale, 1999) demostró un aumento el rendimiento de algodón en un 8 a 10 por ciento. Tal aumento en el rendimiento del algodón se atribuye a la mejora en la tasa de germinación de las semillas, el número de brotes / planta y el número de cápsulas Por lo que esto sugiere que el tratamiento de semilla con radiación solar aumenta el número de vainas en *L. mutabilis*.

El rendimiento por cada uno de los genotipos locales se calculó en base al peso de 100 semillas, número de vainas por planta y el promedio de número de granos por vaina, determinando que los genotipos en esta investigación tuvieron un peso promedio de 31,5 gramos respectivamente. En este estudio el genotipo San Pablo presentó el mayor rendimiento de chocho (*L. mutabilis*) en los tratamientos de semilla con 2,1 y 2, 7 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 45 y 60 minutos de radiación solar teniendo 1031,88 kg y 938,12 kg por hectárea, respectivamente, mientras que el

genotipo local Zuleta bajo una radiación acumulada de  $2,1 \text{ MJ/m}^2$  dando una productividad de 853,33 Kg por hectárea. Guaytarilla & Falconí,(2014), produjeron con semilla sin tratamiento 1947,42 kg por hectárea en el genotipo I-451 Guaranguito. Esto se debe a que en dicho estudio se utilizó una variedad mejorada en un 183% a ecotipos locales, sin embargo en nuestra investigación el tratamiento de semilla con  $2,1 \text{ MJ/m}^2$  equivalente a 45 minutos de radiación solar, es el más productivo y el más rentable.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

El tratamiento de semilla mediante el uso de radiación solar mostró un efecto positivo en semillas del genotipo local San Pablo y Zuleta, cuando fueron sometidas a una radiación acumulada de 2,1 MJ/m<sup>2</sup> (45 minutos), los que presentaron un porcentaje de emergencia del 88% y 83% respectivamente.

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *C acutatum* en el ciclo del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) es menor cuando las semillas de los genotipos locales San Pablo y Zuleta fueron sometidas a una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> presentando un valor de 156 y 161 respectivamente, mientras que semillas sin tratamiento presentaron un aumento drástico del área generando un valor de 305 y 301, por otro lado el tratamiento químico vitavax tuvo un ABCPE de 242 y 236.

La severidad de antracnosis en plantas en la etapa de floración fue menor cuando se aplica una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 60 minutos, dando como resultado una severidad de 1,75 en la escala creada por (Falconí, 2012), en comparación con el testigo la cual presenta una severidad de 4,18 y el tratamiento vitavax el cual presento una severidad de 3,03.

La severidad de antracnosis en plantas en la etapa llenado de vaina fue menor cuando se aplica una radiación acumulada de 2,7 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 60 minutos, dando como resultado una severidad de 2,42 en la escala creada por (Falconí, 2012)

en comparación con el testigo la cual presenta una severidad de 4,88 y el tratamiento con vitavax el cual presento una severidad de 4,25.

La mayor productividad se da cuando se siembra el genotipo local San Pablo sometido a una radiación acumulada de 2,3 MJ/m<sup>2</sup> equivalente a 45 minutos de radiación solar en comparación con el testigo cero minutos y Vitavax.

El tratamiento más rentable en esta investigación fue en semilla a una radiación solar con 45 minutos de radiación solar del genotipo San Pablo con un TIR de 1642,62 %.

## **6.2 Recomendaciones**

Realizar otros estudios relacionados al tratamiento de semilla con más tiempos de exposición a radiación solar, para afinar esta técnica de desinfección de patógenos presentes en la semilla.

Realizar otros estudios de radiación solar incorporando un tratamiento biológico y un tratamiento químico en las etapas de floración y llenado de vaina.

Difundir la técnica y los implementos necesarios para que los productores pongan en práctica este método.

Se recomienda fumigar con insecticidas en las tardes o en las mañanas cuando se trate del gusano alambre (*Agriotes sp.*)

### 6.3 Bibliografía

- Aparicio, M. (2010). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. España: MARCOMBO.
- Bose, S. N. (1924). En *La ley de Planck y la hipótesis cuántica de la luz* (págs. 26-178). Annalen der Physik.
- Caicedo , C., & Peralta , E. (2001). Obtenido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EC2003000030>
- Campora, C. (Abril de 2015). *Rey Sol*. Obtenido de La alta dependencia de los combustibles fósiles con impacto negativo sobre el ambiente lleva a pensar en la integración de las energías renovables, como la solar, para disponer de alternativas que mejoren la sostenibilidad de los sistemas ambientales, pro: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142015000100003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142015000100003)
- Cenis, J. L. (1991). Control de hongos del suelo mediante solarización. *Phytoma-España*. *Phytoma-España*, 30, 59-61. Obtenido de Control de hongos del suelo mediante solarizacion. Phytoma. Espana.
- Di Rienzo, J. A. (2011). Obtenido de Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: <http://www.infostat.com>.
- Diaz , C., Bacópulos, E., & Ruiz, A. (2017). Irradiación de semillas de tomate con UV-B y UV-C: impacto sobre germinación, vigor y crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 105-1118.
- Falconí, C. (Marzo de 2012). Obtenido de Lupinus mutabilis in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/210228>

- Falconí, C. (2012). *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance. Obtenido de *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance.
- Gomkale, S. (Marzo de 1999). Effect of Pulsed Concentrated Solar Radiation on Seeds and Plants. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 11-13.
- Gonzales, A. (Noviembre de 2013). Obtenido de Evaluación de métodos heurísticos y matemáticos para la determinación del potencial de generación distribuida con energía fotovoltaica:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4727/1/tesis.pdf>
- Guaytarilla, P., & Falconi, C. (2014). *Selección por arquitectura de la planta y resistencia a la antracnosis de 7 genotipos de chocho (Lupinus mutabilis)*. Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.
- Holdridge, L. R. (1967). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 367 368. Obtenido de Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368.
- Holdridge, L. R. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- INIAP. (Junio de 2006). Obtenido de <http://www.fondoindigena.org/wp-content/uploads/2011/08/USOS-ALTERNATIVOS-DEL-CHOCHO.pdf>
- INIAP. (2013). Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/zae/chocho.pdf>
- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *academia.edu*, 458 482.

- Kanetis, L., Holmes, G. J., & Ojiambo, P. S. (2010). Kanetis, L., Holmes, G. J., & Ojiambo, P. S. Survival of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia exposed to solar radiation. *Plant pathology*, 313-323.
- Khan, M., Hossain, M., Rahman, M. S., & Mujibar, G. (2002). Khan, M., Hossain, M., Rahman, M., S, J., & Mujibar, G. Solar Heat: It`s Use for Controlling Seed Borne Fungal Infections of Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 449-451. Obtenido de Khan, M., Hossain, M., Rahman, M., S, J., & Mujibar, G. (2002). Solar Heat: It`s Use for Controlling Seed Borne Fungal Infections of Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5, 449-451.
- La Hora. (2016). Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/noticia/1101192087/el-chocho-un-potencial-desperdiciado>
- Liu, B., Liu, X., Li, Y., & Herbert, S. J. (2013). Effects of enhanced UV-B radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. *Field crops research*, 154,158,163.
- Lopez, E. (2013). Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6391>
- Lorenzo, E. (2011). Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos. Catálogo de publicaciones.
- Luckey, T. D. (1980). Hormesis with ionizing radiation. Florida: Boca Raton.
- Martinez, P. (2012). Obtenido de Evaluación de los niveles de expresión “in vitro” de enzimas pectinolíticas del hongo *Colletotrichum acutatum* en presencia de inductores naturales provenientes del fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam): <http://www.bdigital.unal.edu.co/8912/1/anapatriciamartinezgonzalez.2012.pdf>

- Martins, J., & Oliveira, H. (2002). En *Genetic and morphological characterization of Colletotrichum acutatum causing anthracnose of lupins* (págs. 986-996.). Lisboa-Portugal.: Phytopathology.
- Mizubuti, E. S., Aylor, D. E., & Fry, W. E. (2000). Survival of Phytophthora infestans sporangia exposed to solar radiation. . *Phytopathology*, 78-84.
- Perrín, R. (1988). Perrín, R., Anderson, J., Winkelmann, D., & Moscardi, E. (1988). Manual Metodológico de evaluación ecoPrograma de economía. En *Manual Metodológico de evaluación económica: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. Mexico: CIMMYT.
- Peykarestan, B., Seify, M., Fadaei, M., & Hatim, M. (2012). UV irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity in Portulaca grandiflora and Portulaca oleracea. *World Applied Sciences Journal*, 17.
- Proagro. (2016). Obtenido de [www.pro-agro.com.mx/indgral/v.htm](http://www.pro-agro.com.mx/indgral/v.htm)
- Robinson, N. (1966). *Solar Radiation*. Amsterdam: Elseiver.
- Terán, I. (2016). *Pretratamiento de semilla con radiacion solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (Colletotrichum acutatum) En dos etapas fenologicas(Lupinus mutabilis)*. Ibarra.
- Thomas, G. (2003). Lupin anthracnose-identification and management. *Government of Western Australia Department of Agriculture*, 15.
- Thomas, G. J., & Sweetingham, M. W. (2004). Cultivar and environment influence the development of lupin anthracnose caused by Colletotrichum lupini. *Australasian plant pathology*.

Tubón, G. (2010). Obtenido de Estudio estadístico comparativo sobre emisiones no ionizantes emitidas por radios bases de telefonía celular y estaciones trasmisoras de radio y televisión:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/628/1/38T00246.pdf>

von Meyenn, K. (1994). En *Boltzmann y la mecánica estadística* (pág. 51). Arbor.