



**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**

**EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR VS RADIACIÓN SOLAR +
TEMPERATURA (ESTUFA CASERA), EN DESINFECCIÓN DE
SEMILLAS Y POSTERIOR RENDIMIENTO DEL CHOCHO (*Lupinus
mutabilis*)**

AUTOR: LOOR COTALLAT, MAYRA VANESSA

DIRECTOR: Ph.D. FALCONÍ SAÁ, CÉSAR EDUARDO

SANGOLQUÍ

2019



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR VS RADIACIÓN SOLAR + TEMPERATURA (ESTUFA CASERA), EN LA DESINFECCIÓN DE SEMILLAS Y POSTERIOR RENDIMIENTO DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)"* fue realizado por la señorita *Loor Cotallat, Mayra Vanessa* 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 por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de enero de 2019

PhD. César Falconi Saá
C.I. 0601556459



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Loor Cotallat, Mayra Vanessa* declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *"Efecto de la radiación solar vs radiación solar + temperatura (estufa casera), en desinfección de semillas y posterior rendimiento del chocho (*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, 29 de enero de 2019



Mayra Vanessa Loor Cotallat
C.I. 1721490140



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, Loor Cotallat, Mayra Vanessa autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Efecto de la radiación solar vs radiación solar + temperatura (estufa casera) en la desinfección de semillas y posterior rendimiento del chocho (Lupinus mutabilis)" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 29 de enero de 2019


.....
Mayra Vanessa Loor Cotallat
C.I. 1721490140

DEDICATORIA

A mis amados padres Angel Loor y Maritza Cotallat, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional en todos estos años y por guiarme con sabiduría y por ser el motivo principal por el que lucho cada día para cumplir mis metas.

Mayra Vanessa Loor Cotallat

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme cuidado y haber estado en cada momento conmigo, por su guía y amor.

A mis padres Angel y Maritza, por su ejemplo, dedicación y gran esfuerzo para que no me falte nunca nada.

A mi abuela Lucía por siempre sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles.

A Vinicio, por todo el amor que me has brindado y por tu apoyo incondicional en cada paso que di, por ser mi compañero y mi mejor amigo, gracias amor.

A mis amigos Katty, Valeria, Lis, Marilyn, Liz, Yordy y Homero, son las mejores personas que pude haber conocido, hicieron de mi vida universitaria una de las mejores etapas de mi vida.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por la formación académica que recibí durante estos 6 años y a cada uno de los profesores que conocí, por brindarme sus conocimientos y amistad.

A la SENESCYT por financiar el proyecto “Mejora de la cadena productiva del chocho (*Lupinus mutabilis*) en Ecuador”

Al PhD. César Falconí por permitirme ser parte de su grupo de investigación, por su paciencia y enseñanza.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Planteamiento del problema	4
1.3.1 El problema	4
1.3.2 Los efectos.....	5
1.3.3 Las causas	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Hipótesis	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo del chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	7
2.1.1 Origen	7
2.1.2 Taxonomía.....	7
2.1.3 Descripción Botánica.....	8

2.1.4	Etapas fenológicas del cultivo	9
2.1.5	Requerimientos.....	10
2.1.6	Semillas	10
2.1.6.1	Variedad INIAP – 450 Andino.....	10
2.1.6.2	Cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415).....	10
2.2	Manejo del cultivo	10
2.2.1	Preparación del suelo.....	10
2.2.2	Semilla.....	11
2.2.3	Labores culturales.....	11
2.3	Principales Enfermedades	11
2.3.1	Antracnosis	12
2.3.2	Clasificación taxonómica	12
2.3.3	Síntomas	12
2.3.4	Morfología y ciclo de vida	13
2.4	Radiación solar	15

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ubicación del lugar de investigación	18
3.1.1	Ubicación Política	18
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	18
3.1.3	Ubicación Ecológica.....	19
3.2	Materiales	19
3.2.1	Materiales de campo.....	19
3.2.2	Materiales, equipos y reactivos de laboratorio	19
3.3	Método.....	20
3.3.1	Selección de semilla	20
3.3.2	Aplicación de tratamientos	20
3.3.3	Fase de campo	20
3.3.4	Fase de laboratorio	23
3.3.5	Diseño Experimental	23
3.3.5.1	Tipo de diseño	23

3.3.5.2 Factores y tratamientos	24
3.3.5.3 Características de la unidad experimental	24
3.3.5.4 Croquis del Diseño	25
3.3.6 Análisis estadístico	26
3.3.6.1 Esquema del análisis de varianza	26
3.3.6.2 Análisis funcional	26
3.3.7 Variables de estudio	27
3.3.7.1 Porcentaje de humedad	27
3.3.7.2 Porcentaje de emergencia	27
3.3.7.3 Porcentaje de severidad	27
3.3.7.4 Número de vainas por planta	27
3.3.7.5 Número de semillas por vaina	27
3.3.7.6 Semilla no comercial	28
3.3.7.7 Rendimiento de semilla por hectárea	28
3.3.7.8 Porcentaje de germinación en semilla cosechada (Laboratorio)	28
3.3.7.9 Porcentaje de infección en semilla cosechada (Laboratorio)	28

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.....	29
4.1.1 Registro de datos de radiación solar de semillas	29
4.1.2 Porcentaje de humedad de semillas del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	30
4.1.3 Porcentaje de emergencia de semillas de chocho	30
4.1.4 Número de vainas por planta	31
4.1.5 Número de semillas por vaina	32
4.1.6 Porcentaje de severidad	32
4.1.7 Peso (g) de semilla cosechada	34
4.1.8 Porcentaje de semilla no comercial	34
4.1.9 Porcentaje de germinación <i>in vitro</i> de semilla cosechada	35
4.1.10 Porcentaje de infección en semilla cosechada	35
4.1.11 Rendimiento de semilla (qq ha ⁻¹)	36

4.2	Discusión	37
-----	-----------------	----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	41
5.2	Recomendaciones	41
5.3	Bibliografía.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Principales enfermedades del cultivo de chocho</i>	11
Tabla 2 <i>Tratamientos aplicados para el control de Antracnosis en semillas de chocho</i>	24
Tabla 3 <i>Características de parcelas para la siembra</i>	25
Tabla 4 <i>Análisis de varianza para el diseño experimental del estudio.</i>	26
Tabla 5 <i>Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (L. mutabilis) de los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415)</i>	31
Tabla 6 <i>Promedio de número de vainas por planta de los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415).</i>	32
Tabla 7 <i>Porcentaje de severidad del genotipo I-450 Andino y línea de mejora F3 (ECU 2658 x ECU 8415).</i>	33
Tabla 8 <i>Porcentaje infección de semillas cosechadas de los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415).</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Etapas fenológicas del cultivo de chocho	9
Figura 2	Síntomas de antracnosis causados por la infección natural de <i>C. acutatum</i> en lupine (<i>L. mutabilis</i>).....	13
Figura 3	Ciclo de vida de <i>C. acutatum</i>	14
Figura 4	Longitudes de onda.....	15
Figura 5	Fotografía del lugar de la investigación.....	18
Figura 6	Imagen de estufa de solarización	19
Figura 7	Escala para evaluar severidad de antracnosis en chocho	22
Figura 8	Croquis del diseño	25
Figura 9	Radiación solar acumulada (MJ m^{-2}) y promedio de temperatura en la estufa de fabricación casera.....	29
Figura 10	Porcentaje de humedad en semillas de chocho en el genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) después de la exposición a radiación solar al ambiente y en la estufa casera luego de 30 y 45 minutos de exposición.....	30
Figura 11	Semillas por vaina en dos genotipos de chocho por efecto de la exposición de semillas a radiación solar al ambiente o en la estufa casera por 30 y 45 minutos	33
Figura 12	Peso de semilla cosechada en el genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415).....	34
Figura 13	Porcentaje de semilla no comercial cosechada en los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	35
Figura 14	Porcentaje de germinación in vitro del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	35
Figura 15	Rendimiento (qq ha^{-1}) del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415).....	37

RESUMEN

El cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) es muy apreciado por sus propiedades nutricionales y su alto contenido proteico. Este cultivo se ve altamente afectado por el ataque del patógeno *Colletotrichum acutatum* causante de la enfermedad antracnosis que se trasmite a través de la semilla y puede causar pérdidas de hasta el 100%. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la radiación solar sobre la desinfección de semillas y rendimiento del cultivo. La investigación se efectuó en la Hacienda “El Prado”, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Semillas del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) fueron expuestas a radiación solar en una estufa de fabricación casera y al ambiente, por 30 y 45 minutos. La temperatura y la radiación emitida se monitorearon con un termómetro y data logger. La radiación acumulada fue de 1.57 y 2.34 MJ m⁻² correspondiente a tiempos de 30 y 45 minutos, durante este proceso la semilla perdió humedad 6.45 y 6.04%, respectivamente, 30 días después de la siembra (dds) se contabilizó plantas emergidas. A los 120 dds, cuando el 50% del cultivo estaba en floración se procedió a tomar datos de severidad. Semilla pretratada a radiación solar disminuyó la incidencia de *C. acutatum* comparado con el testigo y produjo un incremento en variables agronómicas.

PALABRAS CLAVES:

- **RADIACIÓN SOLAR**
- **PRETRATAMIENTO DE SEMILLAS**
- **ANTRACNOSIS**
- *Lupinus mutabilis*

ABSTRACT

Growing a beaver (*Lupinus mutabilis*) is highly valued for its nutritional properties and high protein content. This crop is highly affected by the attack of the pathogen *Colletotrichum acutatum* Causes of Anthracnose disease transmitted through the seed and may cause losses of up to 100%. The objective of this research was to evaluate the effect of solar radiation on seed disinfection and crop yield. The investigation was carried out in the Hacienda "El Prado", Rumiñahui Canton, province of Pichincha. Seeds of the genotype I-450 Andean and crossbreeding F3 (ECU 2658 x ECU 8415) were exposed to solar radiation in a home-made stove and environment, for 30 and 45 minutes. The temperature and the emitted radiation were monitored with a thermometer and data logger. The accumulated radiation was 1.57 and 2.34 MJ m⁻² corresponding to times of 30 and 45 minutes, during this process the seed lost moisture 6.45 and 6.04%, respectively, 30 days after sowing (DDS) counted emerged plants. At 120 DDS, when 50% of the crop was in flowering, it proceeded to take severity data. Pretreated seed to solar radiation decreased the incidence of *C. acutatum* Compared to the control and produced an increase in agronomic variables.

Keywords:

- **SOLAR RADIATION**
- **PRE-TREATMENT OF SEDDS**
- **ANTRACNOSIS**
- *Lupinus mutabilis*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La especie de leguminosa *Lupinus mutabilis*, se cultiva de manera tradicional en los Andes desde los 1500 msnm, encontrándose en Perú, Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Chile y Argentina. Las semillas de este cultivo son utilizadas en la alimentación humana, debido a su alto contenido proteico (> 40% en grano seco), grasa (20%), carbohidratos, minerales y fibras (Jacobsen & Mujica, 2006).

Las enfermedades infecciosas de mayor impacto económico para la mayoría de las especies comerciales cultivadas alrededor del mundo, son causadas por hongos fitopatógenos. La antracnosis es una enfermedad producida por *Colletotrichum acutatum*, este es uno de los principales hongos patógenos en la agricultura, responsable de importantes pérdidas económicas en varios cultivos. Causa desintegración de los tejidos y se caracteriza por la aparición sobre hojas, tallos, flores y frutos, provocando lesiones oscuras, hundidas, delimitadas por una o más aureolas concéntricas, las cuales se secan y toman apariencia de quemadura (Martínez A. , 2012).

Las altas temperaturas tienen un marcado efecto sobre todas las clases de microorganismos. A altas temperaturas las células vegetativas mueren debido a la desnaturalización de las proteínas e hidrólisis de otros componentes. El uso de radiación solar para el control de patógenos fúngicos es un método que ha demostrado ser eficaz en cuanto a reducción de viabilidad de esporas (Márquez-Bravo, 1998).

Mizubuti y otros (2000), evaluaron el efecto de la irradiancia solar (SI) sobre la viabilidad de los esporangios de aislados de *Phytophthora infestans*, demostrando que el tiempo efectivo necesario para inactivar el 95% de los esporangios fue de 1.1 h. La dosis efectiva para inactivar el 95% de los esporangios en días soleados fue de 2.6 MJ/m².

Kanetis y otros (2010), determinaron los efectos de la radiación solar sobre la supervivencia de los esporangios de *Pseudoperonospora cubensis*, causante del mildiu veloso de cucurbitáceas, los esporangios desprendidos de *P. cubensis* se expusieron al sol o se colocaron a la sombra en un periodo de 9h en días soleados y nublados. La dosis efectiva acumulada de radiación solar para inactivar el 95% de los esporangios en días soleados fue de 29.5 MJ/m².

Terán (2016), evaluó exposiciones de semillas de chocho a radiación solar usando una estufa casera diseñada por Falconí César en periodos de 15, 20 y 25 minutos, demostrando que hubo una reducción de la infección del 41.67% en un periodo de 20 minutos con radiación acumulada de 1.696 MJ/ m².

Jarrín (2017), usando la misma estufa casera demostró que en períodos de 45 minutos de exposición a radiación solar, el porcentaje de infección en semillas disminuyó en comparación con el testigo y el tratamiento químico.

Desde la antigüedad se le otorga al sol una fuerza curativa, la captura de energía solar se la usa para elevar la temperatura aproximadamente de 40–60 °C, de esta manera los microorganismos dejan de multiplicarse al ser sometidos a una intensa radiación solar. La solarización es un proceso que tiene sus orígenes en épocas tempranas de la agricultura cuando

se usaba radiación solar directa para la desinfección de semillas antes de la siembra y del suelo (Terán, 2016).

Los cultivares de chocho liberados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), poseen características agronómicas mejoradas; mientras que los genotipos locales (criollos) no tienen estas características. En el Ecuador estos genotipos locales están disponibles fácilmente para la mayoría de pequeños agricultores, dentro de su sistema de producción por su fácil accesibilidad. Pero estos dan como resultados rendimientos muy bajos debido al uso de tecnologías tradicionales para su producción.

1.2 Justificación

En Ecuador, los granos andinos forman parte de los sistemas de producción, según el SICA (2002), en Ecuador, la superficie sembrada del cultivo de chocho es aproximadamente 6000 has, destacando, pero el 34% de la superficie sembrada declina en pérdidas, debido al mal manejo del cultivo, al ataque de plagas y enfermedades, al uso de semillas no mejoradas y a factores climáticos no favorables que pueden presentarse en las zonas de producción

El cultivo de chocho se ve altamente afectado por el ataque del patógeno *C. acutatum*, causante de la enfermedad antracnosis, esta suele ocasionar pérdidas de hasta el 100%. La enfermedad contagia a las semillas, por lo que los productores suelen utilizar desinfectantes químicos para su respectivo control o radiación directa sin conocimiento exacto de un determinado tiempo de exposición. El cultivo de chocho requiere implementar una tecnología barata, sustentable y amigable con el medio ambiente, el aprovechamiento de la radiación solar permitirá controlar y prevenir el ataque del hongo *C. acutatum* en semillas de chocho.

En el presente estudio se comparará la técnica de desinfección de semillas utilizada por los agricultores (radiación solar directa) y el uso de una estufa de fabricación casera (radiación solar + temperatura) por 30 y 45 minutos, para reducir la incidencia del patógeno *C. acutatum* y evaluar el posterior rendimiento en el cultivo del chocho.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 El problema

La agricultura moderna ha ido aumentando progresivamente al igual que la utilización de productos químicos. En los últimos años el sector agrícola de Ecuador y los cultivos de los pequeños productores se han visto afectados por el hongo (*C. acutatum*), patógeno que afecta a una amplia variedad de especies vegetales de importancia comercial, ocasionando pérdidas económicas a los agricultores y encareciendo los alimentos.

Con frecuencia la enfermedad conduce a la muerte de la planta, provocando gran preocupación a los productores, los cuales se ven obligados a utilizar productos químicos de alta toxicidad con relativo éxito; desafortunadamente, estos agroquímicos no son fácilmente biodegradables, contaminan el medio ambiente y existe el riesgo de desarrollar resistencia, por lo tanto, la búsqueda de alternativas de control o manejo del problema mantiene su vigencia.

La antracnosis en el cultivo de chocho se transmite a través de la semilla hacia la planta, por lo que el uso de semilla de mala calidad contribuye a la presencia de la enfermedad durante el ciclo vegetativo del cultivo. Los agricultores intentan seleccionar semillas aparentemente saludables para la siguiente siembra, pero no siempre son exitosas, es por esto, que es necesario introducir métodos amigables y sostenibles como la radiación solar en la

desinfección de semillas y de esta manera poder disminuir los costos de producción y aumentar el rendimiento del cultivo.

1.3.2 Los efectos

Los efectos producidos por la antracnosis son: bajos rendimientos del cultivo de chocho, uso excesivo de agroquímicos y posteriormente daños al medio ambiente, baja calidad de semillas comercializadas, condiciones de humedad relativa y temperatura conllevan a la supervivencia del patógeno en el interior de la semilla.

1.3.3 Las causas

Las causas producidas por la antracnosis son: poco conocimiento del manejo de semilla de chocho, inexperiencia de técnicas de desinfección de semillas, nuevas y amigables con el medio ambiente, uso excesivo de agroquímicos para obtener un sistema productivo con altos rendimientos con la finalidad de aumentar la productividad y daños en el ambiente y causado resistencia del patógeno, carencia de variedades resistentes a la antracnosis, uso de semilla de mala calidad, poca investigación en estudios con relación con tratamiento de semillas con radiación solar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la radiación solar vs la radiación solar + temperatura, en desinfección de semillas y en posterior rendimiento del chocho (*Lupinus mutabilis*).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la radiación solar vs radiación solar + temperatura sobre la infección del patógeno de semillas de chocho.
- Cuantificar el efecto de la radiación solar vs radiación + temperatura sobre los parámetros agronómicos del cultivo.
- Establecer el rendimiento del grano por hectárea del cultivo por la aplicación de los tratamientos.

1.5 Hipótesis

H₀: La radiación solar + temperatura como un método de desinfección de la semilla, disminuye la infección del patógeno en la semilla de chocho, reduce la incidencia de antracnosis en la planta y aumenta el rendimiento del cultivo.

H₁: La radiación solar + temperatura como un método de desinfección de la semilla, no disminuye la infección del patógeno en la semilla de chocho, no reduce la incidencia de antracnosis en la planta y no aumenta el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo del chocho (*Lupinus mutabilis*)

2.1.1 Origen

El lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet) es un grano original de la zona andina sudamericana, domesticado y cultivado por primera vez hace por lo menos cuatro mil años como una planta leguminosa. Sometiendo al grano a un proceso de cocción y de lavado para eliminar los alcaloides contenidos en el mismo antes de ser consumidos. Algunos restos de semillas de esta leguminosa se han encontrado en tumbas de la cultura Nazca (100 a 500 A.C.) en la costa de Perú (Tapia & Fries, 2007). Según Repo-Carrasco y otros (2007), en la dieta de los incas era uno de los alimentos principales; además, su cultivo era importante porque el tarwi fija nitrógeno en el suelo y mejorando su calidad.

Lupinus mutabilis muestra una amplia denominación vernacular, conocido en Bolivia como tauri, tarwi o tarhui, en Ecuador, Colombia y norte de Perú como chocho, en España como altramuz o lupino (Jacobsen & Mujica, 2006).

2.1.2 Taxonomía

Clasificación sistemática de *Lupinus mutabilis* según (Caicedo & Peralta, 2001), es la siguiente:

División : Espermatofita

Sub-división: Angiosperma

Clase : Dicotiledóneas

Subclase : Arquiclamideas

Orden : Rosales

Familia : Leguminosas

Sub-Familia : Papilionoideas

Tribu : Genisteas

Género : *Lupinus*

Especie : *Lupinus mutabilis* Sweet

2.1.3 Descripción Botánica

Lupinus mutabilis es una especie anual herbácea y de crecimiento erecto, alcanza alturas de 0.80 m hasta 2.0 m. Posee una raíz pivotante con un gran número de nódulos nitrificantes en ella. El tallo es cilíndrico, semi leñoso, y con abundantes ramificaciones. Las hojas son de tipo digitado, compuestas de 5 o más folíolos oblongos. Sus flores están dispuestas en forma de racimo, con 5 pétalos en su corola, la quilla envolviendo al pistilo y a los diez estambres y sus pétalos varían desde el blanco, crema, azul, hasta el color púrpura. El fruto está constituido por una vaina alargada de 5 a 12 cm, la cual contiene de 3 a 8 granos (Jacobsen & Mujica, 2006).

2.1.4 Etapas fenológicas del cultivo

Una etapa fenológica es el periodo en el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de una planta y según Yzarra & López (2012), en el cultivo de chocho se puede apreciar seis etapas de desarrollo:

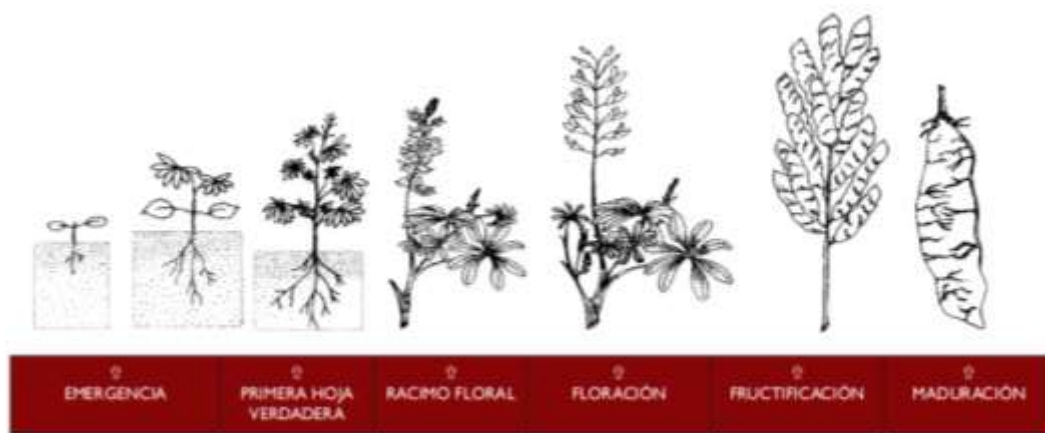


Figura 1 Etapas fenológicas del cultivo de chocho
Fuente: (Yzarra & López , 2012)

- **Emergencia:** los cotiledones emergen completamente desplegados y horizontalmente sobre el suelo;
- **Primera hoja verdadera:** etapa en la que aparece la primera hoja completamente desplegada;
- **Racimo floral:** aparece el primer racimo floral del brote terminal;
- **Floración:** se abre la primera flor del racimo del tallo principal;
- **Fructificación:** aparecen las primeras vainas;
- **Maduración:** las semillas alcanzan un tamaño final y adquieren el color característico de la variedad. Las vainas se decoloran y se secan completamente.

2.1.5 Requerimientos

Altitud de 2000 a 3500 msnm, el cultivo de chocho es susceptible a las heladas y exceso de agua en la fase inicial y en la de formación de vaina, aparentemente es indiferente al fotoperiodo, y se cultiva en condiciones de días cortos y de secano (Mujica, 1992). Requiere de 300 - 850 mm de precipitación durante el ciclo, temperatura de 7 a 14 °C, suelo franco arenoso o arenoso con buen drenaje, pH 5.5 a 7.0, en suelos ácidos, la fijación de nitrógeno por *Rhizobium* es muy escasa, periodo vegetativo de 140 – 233 días (Jacobsen & Mujica, 2006).

2.1.6 Semillas

2.1.6.1 Variedad INIAP – 450 Andino

El color de grano de esta variedad es blanco-crema, tiene forma oval aplanado, alcanza un tamaño de 8 mm, produce en promedio de 8 a 28 vainas por planta, con 6 a 8 granos por vaina, el rendimiento oscila entre los 0.33 a 1.5 t ha⁻¹,

2.1.6.2 Cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

Las plantas de la línea F3 (ECU 2658 x ECU 8415) llegan a medir hasta 1,40 m de altura, posee en promedio 44 flores en eje central, y produce en promedio tres granos por vaina, tiene un rendimiento de 119 kg ha⁻¹.

2.2 Manejo del cultivo

2.2.1 Preparación del suelo

Peralta y otros (2014), en suelos arenosos recomiendan de una a dos pasadas de rastra y surcado; mientras que en suelos más pesados se realiza un arado, una cruz y el surcado. En la

siembra es recomendable separación de hileras de 0.60 a 0.80 m, distancia entre plantas de 0.30 a 0.35 m, se siembra 3 semillas por golpe.

2.2.2 Semilla

Se recomienda para el establecimiento del cultivo, el uso de semilla certificada o desinfectada con Vitavax (Carboxin + Captan) a una dosis de 1 a 2 g kg⁻¹ de semilla (Caicedo & Peralta, 2001).

2.2.3 Labores culturales

En el momento de la siembra Falconí (2012), recomienda la aplicación en los surcos del insecticida endosulfán a una dosis de 4 ml l⁻¹ de agua para el control de plagas. Además de la incorporación de 175 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-30-10. Durante la temporada de crecimiento, las parcelas deben ser deshierbadas a los 35 días después de la siembra (dds) y aporcadas a los 57 dds.

2.3 Principales Enfermedades

Tabla 1

Principales enfermedades del cultivo de chocho

Nombre común	Patógeno	Control
Antracnosis	<i>Colletotrichum acutatum</i>	Desinfección de semilla
Quemado del tallo	<i>Ascochyta</i> sp.	Drenaje
	<i>Rhizoctonia solani</i> (plantas jóvenes)	
Marchitez	<i>Fusarium oxysporum</i> (plantas adultas)	Rotación de cultivos
Roya	<i>Uromyces lupini</i>	Rotación de cultivo
Mancha anular	<i>Ovularia lupinicola</i>	
Pudrición base del tallo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Rotación de cultivo

Fuente: (Caicedo *et al.*, 1998)

2.3.1 Antracnosis

La antracnosis es una enfermedad fúngica que se transmite por semillas infectadas y salpicaduras de esporas de plantas infectadas. El rastrojo no es una fuente importante de infección. La antracnosis se ve favorecida por las condiciones húmedas y cálidas y, por lo tanto, el mayor riesgo de enfermedad se encuentra en las áreas de precipitación alta-media (Thomas & Coutts, 2016). Afecta a los tallos, vainas y semillas, en los tallos se presentan manchas necróticas, el ataque continúa en las hojas y brotes terminales, destruyendo los primordios florales con lo que afecta seriamente la producción de granos (Sánchez, 2016).

2.3.2 Clasificación taxonómica

Según Falconí y otros (2013), el agente causal de la antracnosis es *C. acutatum* teniendo la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Fungi

Filo : Deuteromycetos

Clase : Sordariomycetes

Familia: Glomerellaceae

Género: *Colletotrichum*

Especie: *Colletotrichum acutatum* Simmonds

2.3.3 Síntomas

Los síntomas de la antracnosis en el cultivo de chocho se localizan en la parte aérea de la planta, exceptuando la flor (Insuasti, 2001). Presentan manchas cloróticas en forma irregular

con márgenes de color que van desde rojizo a marrón en los bordes de los folíolos, produciendo un arrugamiento en los mismos, lesiones circulares o alargadas en el tallo principal con o sin tejido necrótico, tallo deprimido por la infección, vainas pequeñas o vainas con lesiones, plantas muertas, defoliación, desprendimiento de la flor y pudrición de los frutos, semillas con lesiones o deformaciones y pueden presentar micelio sobre la superficie o masas de esporas de color rosado (Falconí, Visser, & van Heusden, 2015).

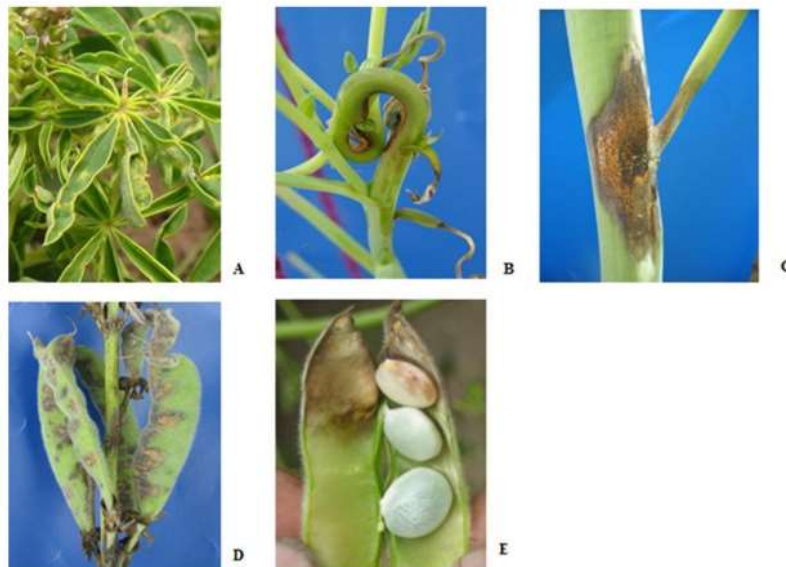


Figura 2 Síntomas de antracnosis causados por la infección natural de *C. acutatum* en lupine (*L. mutabilis*).

Fuente: (Falconí C. , 2012)

2.3.4 Morfología y ciclo de vida

La antracnosis del chocho es causada por el hongo *C. acutatum*, este hongo forma acérvulos (estructura reproductiva), provistos de setas gruesas, de crecimiento radial. Las conidias son hialinas, unicelulares ligeramente de forma ovoide, las colonias generalmente son

de color blanco grisáceo inicial y posteriormente se cubren con masas de conidios de color rosa a anaranjado (Caicedo & Peralta, 2001).

El ciclo vital de *C. acutatum* comprende dos fases, una sexual y otra asexual. Este hongo generalmente inverna como micelio y/o apresorios en distintas partes del hospedante, las conidias requieren la presencia de agua para ser producidas y su dispersión se produce con la lluvia (Martínez A. , 2012).

La infección inicia por las esporas o micelio transportados en semillas infectadas. Las plántulas que emergen de semilla infectadas pueden desarrollar lesiones sobre tallo, hipocótilo, cotiledones, peciolo de hojas o tallos. Luego de unos días, las lesiones producen esporas en abundancia, las cuales se diseminadas por gotas de lluvia, viento, maquinaria agrícola, animales e insectos (Thomas & Sweetingham, 2003).

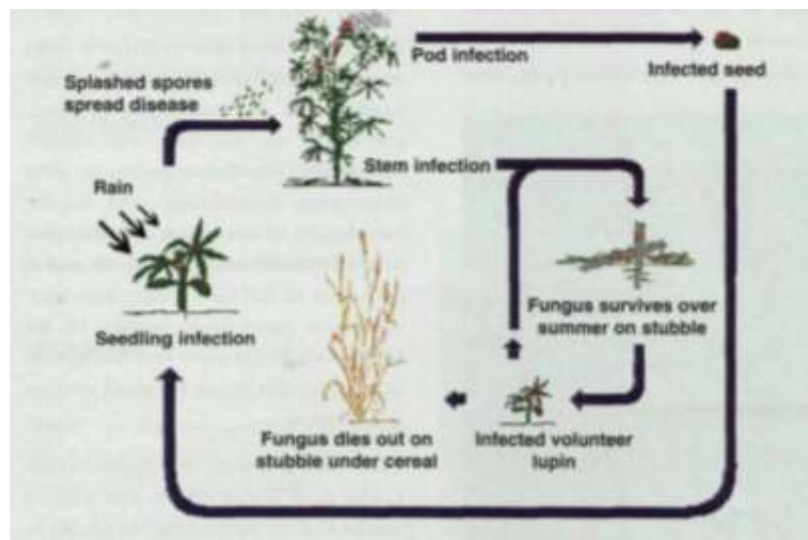


Figura 3 Ciclo de vida de *C. acutatum*
Fuente: (Thomas G. , 2003)

2.4 Radiación solar

La radiación solar es la energía proveniente del sol que incide en una superficie plana en forma de ondas electromagnéticas. Esta energía debe atravesar la atmósfera antes de alcanzar la superficie. La atmósfera consiste en capas de gases donde ocurren interacciones con estas ondas, resultando sucesivas absorciones y reflexiones de onda antes de incidir en la superficie. Puede dividirse en una fracción directa y otra difusa. La primera depende primordialmente de la geometría del vector solar (azimut y altura sobre el horizonte) y la segunda se debe principalmente a fenómenos de reflexión difusa en la atmósfera (Felicísimo & Cepedal, 1984).

La radiación solar puede dividirse en tres rangos de longitud de onda: radiación UV, luz visible y radiación infrarroja. La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente; ultravioleta 7%, luz visible 43%, infrarrojo: 49% y el resto 1% (AEMet, 2004). La radiación ultravioleta (UV) es un componente natural de la luz solar dividida en UV A (315–390 nm), UV B (280–315 nm) y UV-C (100–280).

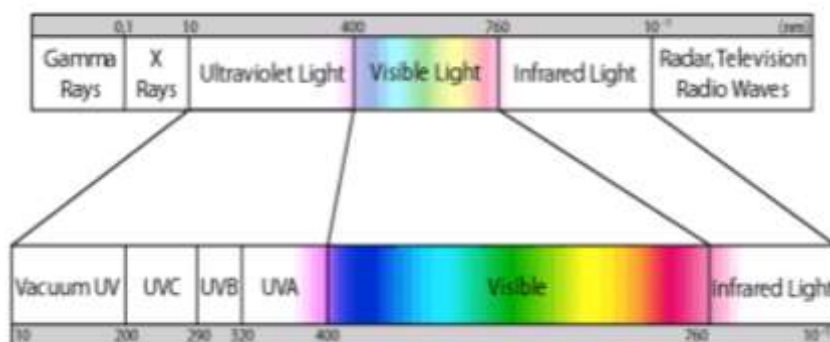


Figura 4 Longitudes de onda
Fuente: (AEMet, 2004)

También da un control efectivo de organismos patogénicos, capturando energía solar bajo semillas sujetas a la luz solar directa antes de la siembra, por periodos suficientes para elevar la temperatura hasta 40 – 60 °C (Terán, 2016).

La estufa de fabricación casera diseñada por Falconí César aprovecha la energía solar térmica. Es decir, dirige y enfoca los rayos del sol por medio de superficies reflectantes para aumentar su calor (Guerrero, 2017). Durante la radiación solar, ésta penetra a través de la película plástica y es absorbida por la semilla y posteriormente convertida en calor. Durante el proceso la temperatura de la semilla puede elevarse a niveles letales para muchos organismos. Dado que todos los objetos por encima del cero absoluto emiten calor, tanto la cantidad como la calidad de la energía radiante emitida por la semilla dependen de la temperatura de esta. De acuerdo con la ley de Stephan, la cantidad de radiación emitida es función de la cuarta potencia de la temperatura absoluta: $Q = e dT^4$, donde:

Q = cantidad de energía radiada en calorías

d = constante de Stefan-Boltzman ($8,132 \times 10^{-11}$ cal/cm²/min.gr K⁴)

T = temperatura absoluta en grados Kelvin

La longitud de onda de la radiación emitida por un objeto también está influenciada por la temperatura. De acuerdo con la ley de Wien, la longitud de onda de la radiación emitida es inversamente proporcional a la temperatura del objeto. La radiación solar es emitida a longitudes de onda más cortas comparadas con las emitidas por la semilla (99% de la radiación solar está comprendida entre 150 - 4000 nm). Por lo tanto, Forcella y otros (2004),

indican que la radiación solar puede fácilmente penetrar la cobertura de plástico, pero la radiación emitida por la semilla no puede pasar a través de esa cobertura debido a una longitud de onda más larga, entonces la mayor parte de esa radiación será retenida debajo de la cobertura plástica.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

La fase de campo y 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 5 Fotografía del lugar de la investigación
Fuente: (Google Maps, 2018)

3.1.2 Ubicación Geográfica

La Hacienda El Prado, se encuentra en las coordenadas: Latitud: 0° 23' 20'' S, Longitud: 78° 24' 44' O y a una altura de 2748 m.s.n.m.

3.1.3 Ubicación Ecológica

El ensayo experimental se encuentra en la Zona Ecológica: Bosque Húmedo, Temperatura media: 14 °C, Precipitación anual: 1300 mm, Humedad relativa de 68% (MA-65, 2018).

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales de campo

Semilla de chocho, vitavax, fungicidas, insecticidas, balanza, fundas plásticas, estacas, piola, letreros, bomba de fumigación, marcadores permanentes, cintas para identificación, cinta métrica, tijeras de podar, libreta de campo, estufa de solarización casera.

La estufa tiene las siguientes dimensiones: área total 110 x 65 cm, área caja interna 100 x 50 cm (Estufa elaborada por Dr. César Falconí Saá).

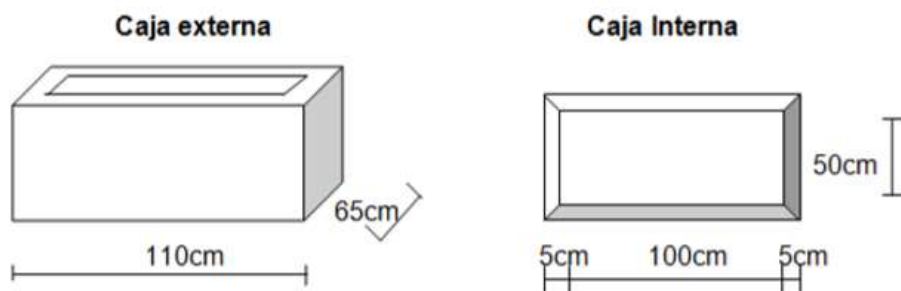


Figura 6 Imagen de estufa de solarización

3.2.2 Materiales, equipos y reactivos de laboratorio

Cámara de flujo laminar, vasos de precipitación, cajas Petri, autoclave, balanzas, incubadora, estufa, probetas, pinzas, mechero, parafilm, cloro, alcohol, agar PDA, semillas de chocho.

3.3 Método

3.3.1 Selección de semilla

Para la selección de la semilla se realizó pruebas de germinación en piloneras.

Variedades F3 (ECU 2658 x ECU 8415), I-450 Andino y Guaranguito, optando por utilizar las variedades F3 (ECU 2658 x ECU 8415) e I-450 Andino.

3.3.2 Aplicación de tratamientos

Las semillas se colocaron en caja Petri, etiquetadas con cada tratamiento y se colocaron en la estufa casera junto al termómetro de alta temperatura y al piranómetro conectado al data logger, la estufa se cerró herméticamente y se expuso a los rayos solares durante 30 y 45 minutos. La exposición de las semillas se realizó el 01 junio 2018 a las 11:00 am con un cielo parcialmente despejado.

Para la radiación solar al ambiente (natural), se colocó las semillas en las cajas Petri, previamente etiquetadas y se colocaron al mismo tiempo que las cajas Petri colocadas en la estufa de solarización.

En cuanto al tratamiento químico se aplicó vitavax a una dosis de 2g kg^{-1} de semilla de chocho.

3.3.3 Fase de campo

Para la fase de campo, se seleccionó un área de terreno con pendiente del 3% y topografía regular que disponía de agua para riego. Para preparar el terreno se usó dos pases de arada y una de rastra. Los surcos se realizaron de 0.80m. Se trazaron parcelas de 2 x 4.3 m, en total 36 unidades experimentales de 8.6 m^2 .

La siembra se realizó a 3 semillas por golpe, con una distancia de 0.35 m entre golpes y una profundidad de 0.05 cm y se regó por gravedad el terreno.

El riego se lo efectuó con una frecuencia de 6 horas cada 8 días. El deshierbe se realizó cada 30 días y el aporque se lo realizó a los 60 y 120 dds. El marcaje se efectuó en 10 plantas de cada unidad experimental, colocando una cinta de color rosado en el tallo principal para el registro de datos.

El porcentaje de emergencia se evaluó a los 30 dds, contabilizando el número total de semillas germinadas en un área de 1m^2 de la unidad experimental. Se fertilizó de manera foliar a las plantas con Sugar Express 4-10-40 a una dosis de 5g l^{-1} , utilizando 3 bombas en el ensayo.

El control preventivo de insectos se realizó a los 15 dds aplicando Curacrón (1.5 ml L^{-1}). También se hizo una aplicación del fungicida QUADRIS a una dosis de 2.5 g l^{-1} a los 78 dds, utilizando 3 bombas en el ensayo.

Se evaluó la severidad de la enfermedad a los 120 dds, cuando el 50% de plantas se encontró en el estadio de floración, con la escala de severidad, de menor a mayor (Falconí C. , 2012), donde:

- Planta sin ninguna lesión
- Lesiones muy pequeñas (menos de 5 mm) en las hojas y en el tallo central, algunas arrugas en las hojas, ausencia de esporulación;

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

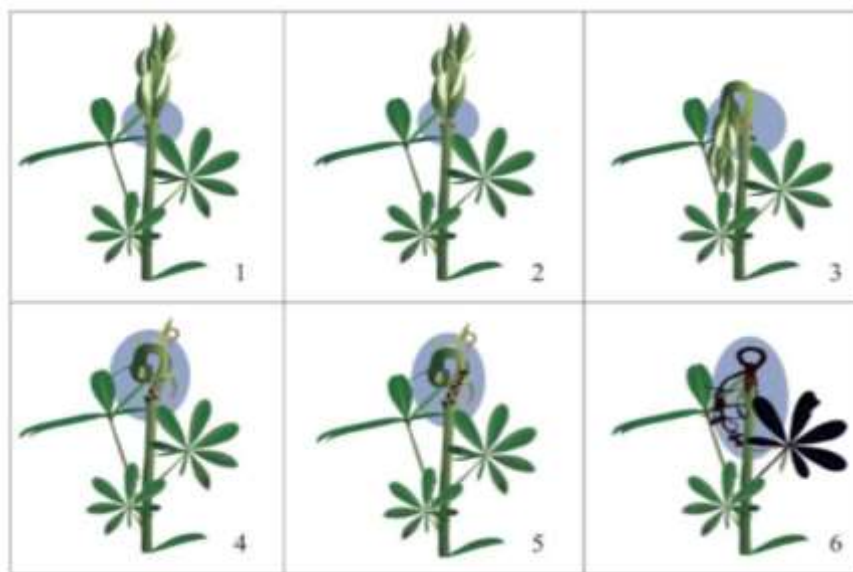


Figura 7 Escala para evaluar severidad de antracnosis en chocho
Fuente: (Falconí C. , 2012).

Se procedió a la cosecha del cultivo cuando alcanzó su madurez fisiológica, es decir a los 170 dds, en costales previamente identificados con el tratamiento y repetición correspondiente,

se tomaron datos tales como: número de vainas por planta, vainas infectadas por planta y la incidencia del patógeno en cada planta seleccionada.

Se tomaron al azar 10 vainas de las 10 plantas previamente seleccionadas, se cosechó por cada unidad experimental y se contó el número de semillas en cada una de ella.

3.3.4 Fase de laboratorio

Para el porcentaje de humedad se seleccionó 10g de semilla al azar por cada tratamiento y su respectiva repetición, y se sometió a 130° C durante 3 horas en la estufa y se calculó el contenido de humedad de la semilla.

La semilla obtenida de cada parcela se pesó en una balanza digital, luego se separó la semilla no comercial, se pesó la semilla restante para así obtener el porcentaje de semilla no comercial, juntando la semilla de las tres repeticiones por tratamiento.

Se seleccionó 100 semillas de chocho completamente al azar de cada tratamiento y se procedió a desinfectar con hipoclorito de sodio 1%, alcohol a 75% y agua auto clavada. En la cámara de flujo laminar se sembró en cajas Petri con medio de cultivo, el cual contenía 39 g de PDA + 1 ml de cloranfenicol por cada litro de solución. Las cajas Petri se sellaron con parafilm, se etiquetaron y se las llevó a la incubadora a 25 °C durante 8 días y se evaluó la germinación contando las semillas germinadas y dividiéndoles para el total y el número de semillas que presenten el patógeno de *C. acutatum*.

3.3.5 Diseño Experimental

3.3.5.1 Tipo de diseño

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones por tratamiento.

3.3.5.2 Factores y tratamientos

Los factores fueron, el método de desinfección de semillas de la variedad I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) con exposición a radiación solar al ambiente y bajo estufa de fabricación casera en tiempos de 30 y 45 min, el testigo y la desinfección química (vitavax) para cada variedad.

Tabla 2

Tratamientos aplicados para el control de Antracnosis en semillas de chocho

Tratamiento	Tiempo de exposición (minutos)	Método de desinfección	Genotipo / Cruzamiento
T1	30	Estufa	I-450 Andino
T2	45	Estufa	I-450 Andino
T3	30	Ambiente	I-450 Andino
T4	45	Ambiente	I-450 Andino
T5	30	Estufa	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)
T6	45	Estufa	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)
T7	30	Ambiente	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)
T8	45	Ambiente	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)
T9	0	Testigo	I-450 Andino
T10	0	Testigo	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)
T11	0	Químico (vitavax)	I-450 Andino
T12	0	Químico (vitavax)	F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

3.3.5.3 Características de la unidad experimental

Las parcelas para el desarrollo del proyecto tuvieron las siguientes características:

Tabla 3
Características de parcelas para la siembra

Número de unidades experimentales	36
Área de las unidades experimentales	6.4 m ²
Largo	2 m
Ancho	3.2 m
Forma de la unidad experimental	Rectangular
Forma del ensayo	Rectangular
Distancia entre plantas	0.35 m
Numero de semillas por golpe	3
Distancia entre surcos	0.8 m
Área total del ensayo	230.40 m ²

3.3.5.4 Croquis del Diseño

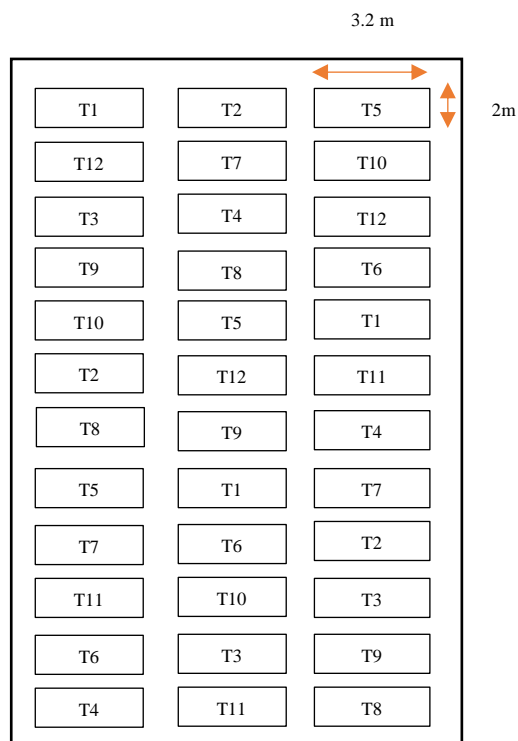


Figura 8 Croquis del diseño

3.3.6 Análisis estadístico

3.3.6.1 Esquema del análisis de varianza

Se empleó la tabla del análisis de varianza (ANAVA).

Tabla 4

Análisis de varianza para el diseño experimental del estudio.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	
Tratamientos	t-1	11
Error experimental	(n-1) - (t-1)	24
Total	n-1	35

El modelo matemático para la variable de respuesta fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

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

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

e_{ij} = Error experimental

3.3.6.2 Análisis funcional

Se realizó el Análisis de Varianza y la prueba de significancia según el modelo prueba mínima de diferencias (LDS) Fisher a un nivel de significancia del 0,05 %.

3.3.7 Variables de estudio

3.3.7.1 Porcentaje de humedad

Se tomó muestras de 10 gr de semilla al azar de cada tratamiento y su respectiva repetición, se sometieron a 130 °C durante tres horas en la estufa y se calculó el contenido de la humedad de la semilla.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso en fresco} - \text{peso en seco}}{\text{peso en fresco}} \times 100$$

3.3.7.2 Porcentaje de emergencia

Se contabilizó el número de plantas emergidas a los 30 dds en la unidad experimental (Falconí C. , 2012).

3.3.7.3 Porcentaje de severidad

Se utilizó una escala elaborada por (Falconí, 2012), para evaluar la severidad de la antracnosis en chocho, en floración y llenado de vainas de 10 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental.

3.3.7.4 Número de vainas por planta

Se contabilizó el número de vainas presentes en 10 plantas previamente seleccionadas aleatoriamente.

3.3.7.5 Número de semillas por vaina

Se obtuvo trillando las vainas de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente, se contó y se calculó el promedio.

3.3.7.6 Semilla no comercial

El porcentaje de semilla no comercial se calculó dividiendo el peso de las semillas que presentaron manchas de color marrón, lesiones de insectos o rotas y el peso total de semillas y por cien (Falconí C. , 2012).

$$\% \text{ semilla no comercial} = \frac{\text{peso semillas dañada}}{\text{peso total de semillas}} \times 100$$

3.3.7.7 Rendimiento de semilla por hectárea

Se pesó la semilla obtenida de cada unidad experimental ($\text{g unidad experimental}^{-1}$), y luego extrapoló para expresar en tonelada por hectárea (Falconí C. , 2012).

3.3.7.8 Porcentaje de germinación en semilla cosechada (Laboratorio)

Se contabilizó el número de plantas germinadas 10 dds y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número total de semillas sembradas}} \times 100$$

3.3.7.9 Porcentaje de infección en semilla cosechada (Laboratorio)

Después de 10 días de incubación a 25° C de las cajas Petri con las semillas de los tratamientos, se procedió al conteo de semillas que presentaron micelio color salmón característico de *C. acutatum* (Falconí C. , 2012).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Registro de datos de radiación solar de semillas

En la Figura 9 se observa la radiación solar acumulada (MJ m^{-2}) y la temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$) a la que semillas del genotipo I-450 Andino y del cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) fueron tratadas. Se obtuvieron valores de 1.57 y 2.34 MJ m^{-2} en radiación acumulada y 87.2 y 95.3 $^{\circ}\text{C}$ en temperatura luego de 30 y 45 minutos de exposición, respectivamente.

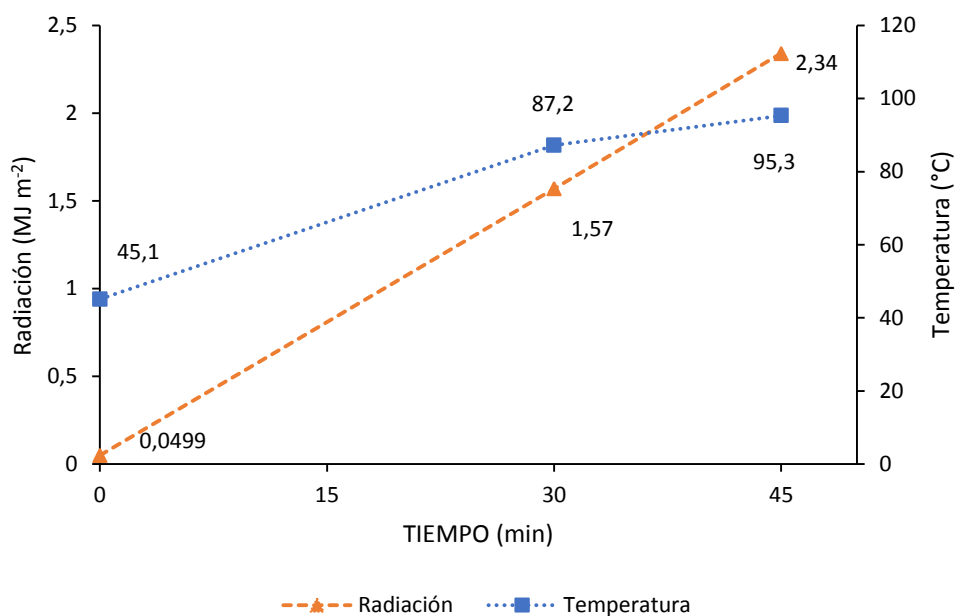
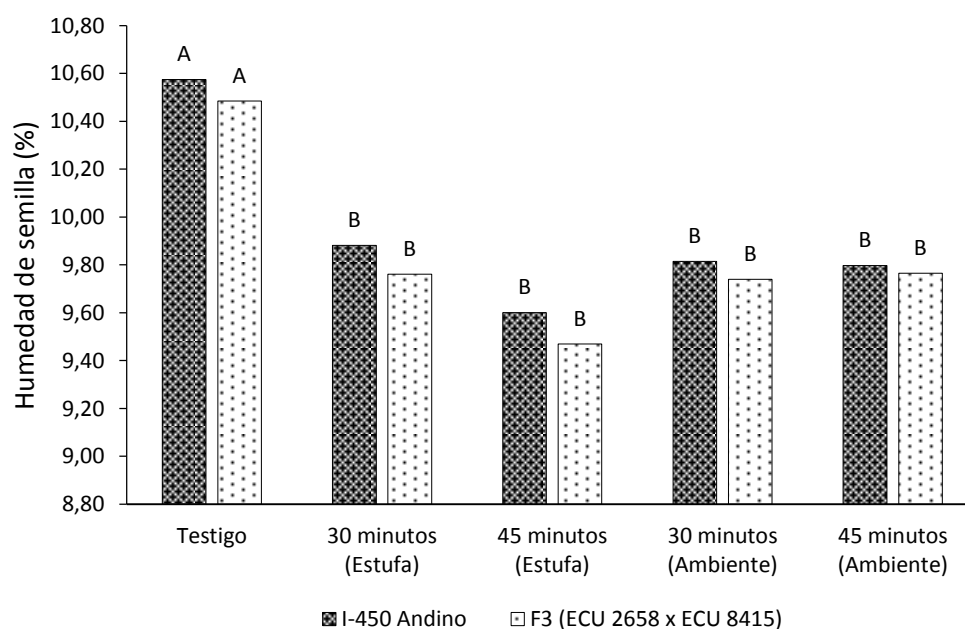


Figura 9 Radiación solar acumulada (MJ m^{-2}) y promedio de temperatura en la estufa de fabricación casera.

4.1.2 Porcentaje de humedad de semillas del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

La humedad en semillas de chocho (*L. mutabilis*) en el genotipo I-450 Andino y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415), se redujo significativamente ($p=0.0003$), al ser expuestas a la radiación solar en la estufa casera y al ambiente luego de 30 y 45 minutos de exposición con respecto al testigo (Figura 10).



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

Figura 10 Porcentaje de humedad en semillas de chocho en el genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) después de la exposición a radiación solar al ambiente y en la estufa casera luego de 30 y 45 minutos de exposición.

4.1.3 Porcentaje de emergencia de semillas de chocho

Se obtuvo diferencias significativas ($p < 0.0001$) y ($p < 0.0001$), entre los tratamientos para el porcentaje de emergencia en semilla I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415). Los mayores porcentajes de emergencia se lograron a los 30 días después de la siembra, en

semillas del genotipo I-450 Andino tratadas con vitavax y por 45 minutos de radiación solar al ambiente correspondiente a 100 y 98.33%, respectivamente. Mientras que el mayor porcentaje de emergencia en semillas del cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) fueron las expuestas por 30 minutos de radiación solar al ambiente con 97.22% de emergencia (Tabla 5).

Tabla 5

*Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (*L. mutabilis*) del genotipo I-450 Andino y del cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)*

Genotipo	Método	Tiempo de exposición (minutos)	Porcentaje de emergencia
I-450 Andino	Testigo	0	83.89 bc
I-450 Andino	Estufa	30	72.22 c
I-450 Andino	Estufa	45	40.00 d
I-450 Andino	Ambiente	30	86.67 ab
I-450 Andino	Ambiente	45	98.33 a
I-450 Andino	Vitavax	0	100 a
F3 (ECU 2658 x ECU8415)	Testigo	0	88.89 abc
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Estufa	30	76.66 c
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Estufa	45	48.33 d
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ambiente	30	97.22 a
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ambiente	45	81.67 bc
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Vitavax	0	91.67 ab

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

4.1.4 Número de vainas por planta

El número de vainas por planta presentó un efecto significativo en el cruzamiento F3 (ECU 2856 x ECU 8415) ($p=0.0429$) y en el genotipo I-450 Andino ($p=0.0360$). Los tratamientos con radiación solar (ambiente o estufa) y con vitavax fueron estadísticamente mejores en comparación con el testigo en el genotipo I-450 Andino, mientras que en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) los tratamientos con radiación por 30 y 45 minutos son estadísticamente mejores comparado con el testigo (Tabla 6).

Tabla 6

Promedio de número de vainas por planta de los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415).

Genotipo	Método	Tiempo de exposición (min)	Número de vainas por planta
I-450 Andino	Testigo	0	23.80 b
I-450 Andino	Estufa	30	32.10 a
I-450 Andino	Estufa	45	34.47 a
I-450 Andino	Ambiente	30	31.47 a
I-450 Andino	Ambiente	45	35.97 a
I-450 Andino	Vitavax	0	33.83 a
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Testigo	0	22.93 c
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Estufa	30	50.13 a
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Estufa	45	46.13 ab
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Ambiente	30	26.67 bc
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Ambiente	45	23.97 c
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Vitavax	0	36.10 abc

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

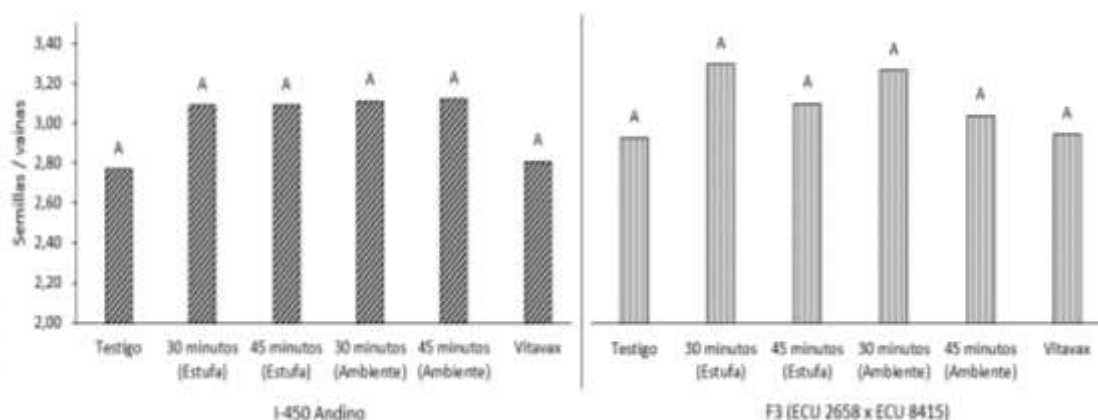
4.1.5 Número de semillas por vaina

El número de semillas por vaina no presentó diferencias significativas entre tratamientos para el genotipo I-450 Andino ($p=0.3584$) y cruzamiento F3 (ECU 2856 x ECU 8415) ($p=0,5773$) (Figura 11). A pesar de ello, numéricamente, los tratamientos con radiación solar en la estufa o al ambiente presentaron un mayor número de semillas por vaina tanto en el genotipo I-450 Andino como en el cruzamiento F3 (ECU 2856 x ECU 8415) en comparación con el testigo y vitavax (Figura 11).

4.1.6 Porcentaje de severidad

El porcentaje de severidad en plantas de chocho (*L. mutabilis*) del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0.0009$) y ($p=0.0450$), respectivamente. Todos los tratamientos de radiación solar al ambiente o en la estufa de fabricación casera y vitavax son estadísticamente mejores

que el testigo para el genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) (Tabla 7).



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

Figura 11 Semillas por vaina en dos genotipos de chocho por efecto de la exposición de semillas a radiación solar al ambiente o en la estufa casera por 30 y 45 minutos

Tabla 7

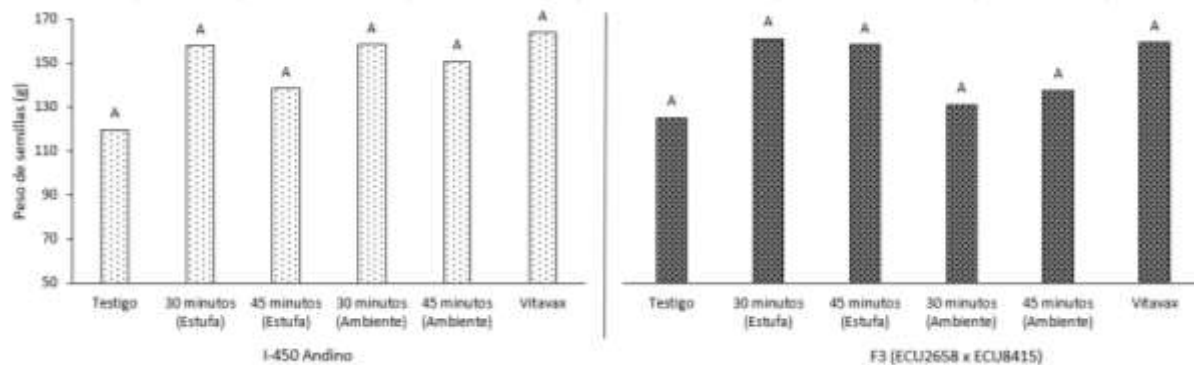
Porcentaje de severidad del genotipo I-450 Andino y línea de mejora F3 (ECU 2658 x ECU 8415).

Genotipo	Método	Tiempo de exposición (min)	Porcentaje de severidad
I-450 Andino	Testigo	0	2.30 a
I-450 Andino	Estufa	30	1.30 b
I-450 Andino	Estufa	45	1.23 b
I-450 Andino	Ambiente	30	1.33 b
I-450 Andino	Ambiente	45	1.30 b
I-450 Andino	Vitavax	0	1.30 b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Testigo	0	2.36 a
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Estufa	30	1.30 b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Estufa	45	1.30 b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ambiente	30	1.43 b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Ambiente	45	1.43 b
F3 (ECU 2658 x ECU 8415)	Vitavax	0	1.37 b

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

4.1.7 Peso (g) de semilla cosechada

El peso (g) de semilla no mostró diferencias significativas entre tratamientos en el genotipo I-450 Andino ($p=0.5986$) y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) ($p=0.1803$). Sin embargo, numéricamente los tratamientos con radiación solar al ambiente o en la estufa y con vitavax presentaron mayor peso de semillas, comparados con el testigo en el genotipo I-450 Andino y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) (Figura 12).

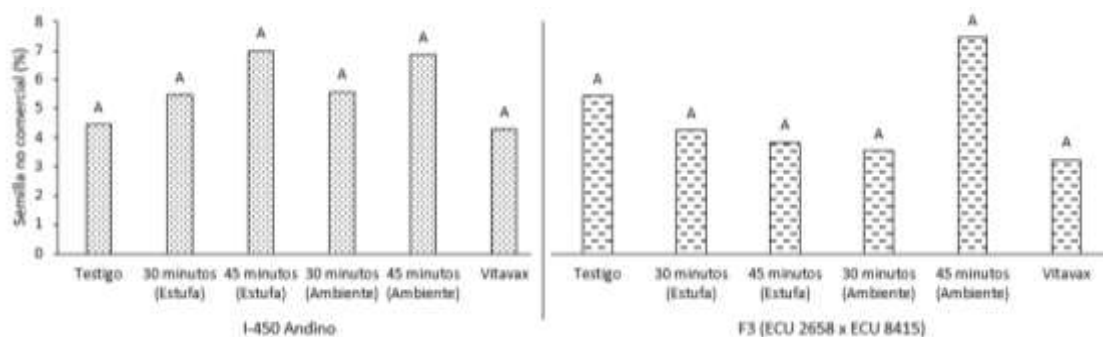


Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD) Fisher ($p > 0,05$)

Figura 12 Peso de semilla cosechada en el genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

4.1.8 Porcentaje de semilla no comercial

El porcentaje de semilla no comercial no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el genotipo I-450 Andino ($p=0.2391$) y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) ($p=0.7614$). El tratamiento en la estufa por 45 minutos numéricamente presentó mayor porcentaje de semilla no comercial comparado con el testigo en el genotipo I-450 Andino y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) los tratamientos de radiación solar en la estufa por 30 y 45 minutos, al ambiente por 30 minutos y vitavax presentaron menos semilla no comercial comparado con el testigo (Figura 13).

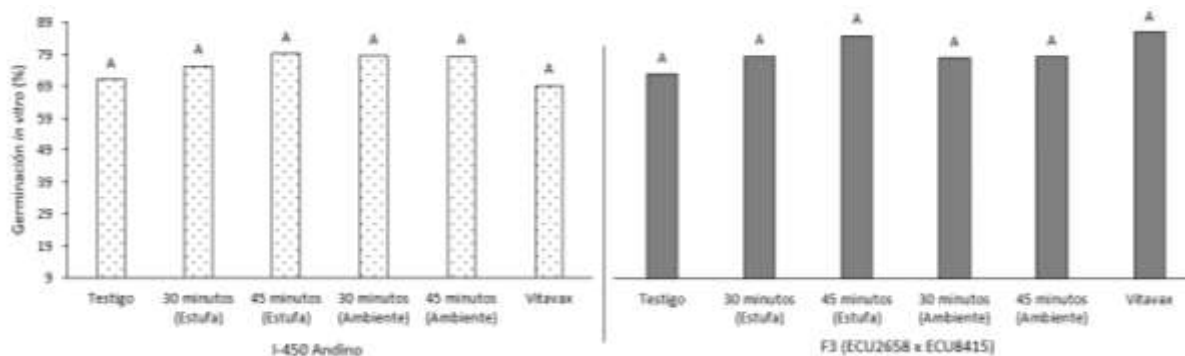


Medias con una letra común no son significativamente diferentes según (LSD) Fisher ($p > 0,05$)

Figura 13 Porcentaje de semilla no comercial cosechada en los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

4.1.9 Porcentaje de germinación *in vitro* de semilla cosechada

La germinación no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el genotipo I-450 Andino ($p=0.8552$) y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) ($p=0.1874$). Mostrando que la radiación solar al ambiente o en la estufa no produce una pérdida del vigor de la semilla (Figura 14).



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

Figura 14 Porcentaje de germinación *in vitro* del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

4.1.10 Porcentaje de infección en semilla cosechada

El porcentaje de infección mostró un efecto significativo entre tratamientos, en el genotipo I-450 Andino ($p=0.0025$) y en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) ($p=0.0400$). Los

tratamientos con radiación solar por 30 minutos en la estufa, 30 y 45 minutos al ambiente y el vitavax, estadísticamente presentaron una reducción de la infección de semillas comparándolos con los testigos en el genotipo I-450 Andino, por otro lado, en el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) los tratamientos de radiación solar en la estufa por 30 y 45 minutos y al ambiente por 30 minutos presentaron menor porcentaje de infección en semillas (Tabla 8).

Tabla 8

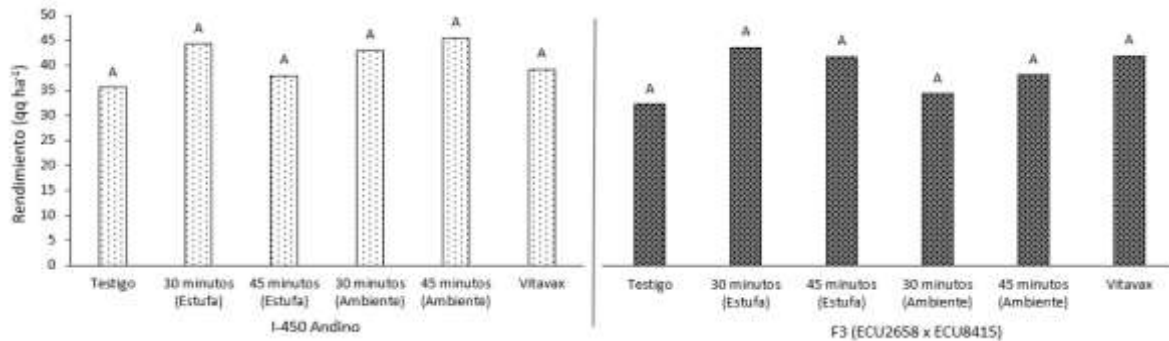
Porcentaje infección de semillas cosechadas de los genotipos I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415).

Genotipo	Método	Tiempo de exposición (min)	Porcentaje de infección en semilla
I-450 Andino	Testigo	0	3.97 a
I-450 Andino	Estufa	30	1.72 bc
I-450 Andino	Estufa	45	2.82 ab
I-450 Andino	Ambiente	30	1.29 c
I-450 Andino	Ambiente	45	1.36 c
I-450 Andino	Vitavax	0	2.07 bc
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Testigo	0	3.74 a
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Estufa	30	1.36 b
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Estufa	45	1.36 b
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Ambiente	30	2.24 b
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Ambiente	45	2.29 ab
F3 (Ecu 2658 x 8415)	Vitavax	0	2.42 ab

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

4.1.11 Rendimiento de semilla (qq ha⁻¹)

El rendimiento no presentó diferencias significativas entre tratamientos I-450 Andino ($p=0.1980$) y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) (0.1804). Los tratamientos con radiación solar al ambiente o en la estufa y con vitavax numéricamente presentaron mayor producción (qq ha⁻¹) en comparación con el testigo (Figura 15).



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

Figura 15 Rendimiento ($qq\ ha^{-1}$) del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415)

4.2 Discusión

En el presente estudio, se demostró que semillas de chocho del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) expuestas a radiación solar en la estufa casera durante 30 y 45 minutos, equivalente a una intensidad solar acumulada de 1.57 y $2.34\ MJ\ m^{-2}$, respectivamente, reducen el porcentaje de infección de *C. acutatum* en semillas de chocho. Lo que concuerda con Jarrín (2017), quien con dosis acumuladas de radiación de $5.65\ MJ\ m^{-2}$ (45 minutos de exposición), el porcentaje de infección disminuyó al 2% en comparación con el testigo cuyo porcentaje de infección fue de 5%. Meneses & Montaluisa (2018), también demostraron que con una dosis de $1.63\ MJ\ m^{-2}$ (30 minutos de exposición) se redujo la infección del patógeno en chocho en el genotipo I-450 Andino al 0.17% en comparación con el testigo que obtuvo 1.77%. Mizubuti y otros (2000), manifiestan que el efecto de la radiación UV-B durante un periodo de 3 horas reduce la germinación de esporangios de *Phytophthora infestans*, demostrando que el tiempo efectivo necesario para inactivar el 95% de los esporangios fue de 1.1 horas y a una dosis de $2.6\ MJ/m^2$. Aylor & Soumaila (1997), expusieron conidios separados de *Venturia inaequalis* a radiación solar en periodos que

oscilaban entre 0.5 y 1.65 horas, después de la exposición la capacidad germinativa de las conidias en el laboratorio se redujo hasta el 95%.

Durante la exposición solar, la radiación solar al ambiente es absorbida por las semillas y en la estufa de fabricación casera la radiación también es absorbida por la semilla, pero posteriormente ésta es convertida en calor, durante este proceso la temperatura de la semilla puede elevarse a niveles que son letales para muchos organismos. Beltrán & García (2006), señalaron que la temperatura óptima de crecimiento y esporulación de *C. acutatum* es de 25 – 26 °C. El tratamiento de las semillas de chocho con radiación solar en la estufa de fabricación casera alcanzó temperaturas de 87.2 y 95.3 °C en tiempos de exposición de 30 y 45 minutos, respectivamente. Thomas & Sweetingham (2004), señalaron que el patógeno *Colletotrichum* no crece a temperaturas superiores a 35°C en conclusión a temperaturas sobre los 30°C reducen y sobre los 40°C eliminan casi en su totalidad a *C. acutatum*. La radiación solar en general y su porción UV en particular, es un factor importante en la mortalidad de patógenos.

Por su parte la radiación solar en la estufa casera o al ambiente por 30 y 45 minutos redujo significativamente el porcentaje de humedad en semillas. Terán (2016), indica que, con exposiciones a radiación solar durante 15, 20 y 25 minutos la humedad de la semilla de chocho disminuyó a 8.23, 8.21 y 8.14%, respectivamente comparado con el testigo que obtuvo 8.72%. Según Sánchez (2016), semillas muy secas son frágiles y vulnerables a sufrir daños durante la siembra y el crecimiento. Los daños pueden suceder en el embrión, esto conlleva a una disminución del porcentaje germinativo en semillas tratadas con un mayor tiempo de exposición. Barboza & Herrera (1990), el contenido de humedad es un factor de importancia en el vigor y emergencia de semillas. La explicación para este comportamiento es que, en

semillas con alto porcentaje de humedad, operan mecanismos que permiten disminuir el efecto de los procesos de deterioro.

Exponer a la radiación solar en ocasiones afecta la germinación de semillas de chocho, pero en otras ocasiones estimula la germinación de semillas. Jarrín (2017), manifiesta que, semillas expuestas por 60 minutos a radiación solar disminuyeron su porcentaje de plántulas crecidas comparando con el tratamiento expuesto por 45 minutos, además indicó que el control químico (vitavax) tuvo un 62% de emergencia con respecto al testigo que tuvo un 40%.

Todos los tratamientos con radiación solar en la estufa casera y al ambiente presentaron índices de severidad menores con relación al testigo. Lo que coincide con el estudio de Ayala (2018), quien indica que semillas sometidas a radiación solar dentro de la estufa casera mostraron un índice de severidad de 1.70 en comparación con el testigo que presentó un índice de 4.33.

El presente estudio demostró que la radiación solar como un pretratamiento a las semillas de chocho, incrementa el número de vainas por planta. Cabe destacar que Meneses & Montaluisa (2018), expusieron semillas de chocho por 45 minutos de radiación solar y obtuvieron 46.53 vainas con respecto al testigo que obtuvo 32. Guaytarilla & Falconí (2014), estimaron un número de vainas para I-450 Andino de 23.83 y para F3 (ECU 8415 x ECU 2658) de 24.15 ambos genotipos sin previo tratamiento. Neelamegan & Sutha (2015), demostraron que la exposición de radiación sobre semillas de soja por 60 minutos produjo un incremento significativo del vigor de plantas y producción de biomasa.

La radiación solar en la estufa o al ambiente promueve la germinación *in vitro* de semilla de chocho cosechada. Foroughbakhch-Pournavab y otros (2015), demostraron que después de

aplicar radiación UV-B se obtuvo un efecto positivo en las variables de vigor y germinación de semillas de girasol y soya, con las dosis de 2.88 MJ m^{-2} y 5.76 MJ m^{-2} , respectivamente. Díaz y otros (2016), la irradiación con 5.4 MJ m^{-2} de UV-B favoreció la emergencia en semillas de tomate

La radiación UV-B moderada incrementa la producción en plantas de chocho. En este presente estudio semilla irradiada del genotipo I-450 Andino y F3 (ECU 2658 x ECU 8415) obtuvieron los mayores rendimientos comparados con el testigo. Guaytarilla & Falconí (2014), produjeron 38.95 qq ha^{-1} con semilla sin tratar. Según Jacobsen & Mujica (2006), el rendimiento del lupino puede alcanzar entre 70 y 100 qq ha^{-1} .

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los tratamientos con radiación solar al ambiente y dentro de la estufa de fabricación casera, demostraron ser eficientes sobre el control de la antracnosis en las semillas de *L. mutabilis*. La severidad de la enfermedad en plantas del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415), se redujo con 45 minutos de radiación solar en la estufa de fabricación casera en un 53.48 y 55.08%, respectivamente, comparado con el testigo sin tratar.
- Los tratamientos de semilla irradiadas incrementaron el número de vainas por planta, semilla por vaina, germinación *in vitro* y disminuyeron el porcentaje de semilla no comercial.
- Semillas del genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) expuestas a radiación solar obtuvieron mejores rendimientos ($qq\ ha^{-1}$) comparados con el testigo.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda repetir este estudio con diferentes variedades de *L. mutabilis* para comparar los resultados en cuanto a características agronómicas del cultivo.

Realizar otros estudios relacionados con radiación solar como pretratamiento de desinfección de semillas con más tiempos intermedios de exposición para mejorar la técnica.

Difundir los resultados y la metodología a los interesados para su conocimiento y aplicación.

5.3 Bibliografía

- AEMet. (2004). *La radiación solar*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino. , España.
- Ayala, J. (2018). *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)*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Aylor, D., & Soumaila, S. (1997). Germinability of *Venturia inaequalis* Conidia Exposed to Sunlight. *The American Phytopathological Society*.
- Barboza, R., & Herrera, J. (1990). El vigor en las semillas de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Agronomía Costarricense*, 14(1).
- Beltrán, M., & García, D. (2006). *Colletotrichum gloesporoides* fitopatógeno asociado a la nutrición humana. *Investigaciones Andina*. Obtenido de <http://redalyc.org/articulo.oa?id=239017515006>
- Caicedo, C., & Peralta, E. (2001). *El cultivo de chocho Lupinus mutabilis Sweet: Fitonutrición, Enfermedades y Plagas, en el Ecuador*. Estación Experimental Santa Catalina - INIAP, Programa Nacional de Leguminosas, Quito - Ecuador.
- Caicedo, C., Peralta, E., Murillo, Á., Rivera, M., & Pinzón, J. (1998). Plagas y enfermedades. En INIAP, *Guía Bibliográfica del Chocho o Tarhui (Lupinus mutabilis sweet) y otras especies de Lupinus* (págs. 59 - 63). Quito - Ecuador.

- Díaz, C. E., Bacópulos, E., Ruiz, N., Ibarra, L., & Benavides, A. (2016). *Irradiation of tomato seeds with UV-B and UV-C: impact*. Coahuila-México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Departamento de Horticultura- Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas.
- Falconí, C. (2012). *Lupinus mutabilis in Ecuador with special emphases on anthracnose resistance*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Falconí, C. E., & Yánez Mendizábal. (2017). Efficacy of UV-C radiation to reduce seedborne anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) from Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). *Plant Pathology*, Doi: 10.1111/ppa.12793.
- Falconí, C., Visser, R., & van Heusden, A. (2013). Phenotypic, Molecular, and Pathological Characterization of *Colletotrichum acutatum* Associated with Andean Lupine and Tamarillo in the Ecuadorian Andes . *The American Phytopathological Society* , 9.
- Falconí, C., Visser, R., & van Heusden, S. (2015). Influence of plant growth stage on resistance to anthracnose in Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). *Crop & Pasture Science*, 729-734.
- Felicísimo, A., & Cepedal, G. (1984). Estimación de la Radiación solar incipiente sobre superficies con pendiente y orientación variables. *Studia OEcologica*, 267-284.
- FHIA. (2007). *Efecto de la solarización para el control de enfermedades del suelo en semilleros artesanales en el Valle de Comayagua*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Programa de Hortalizas.
- Forcella, F., Webster, T., & Cardina, J. (2004). *Manejo de malezas para países en desarrollo, Addendum*. Cuaderno técnico de la FAO, FAO, Organización de las Naciones Unidas

para la Agricultura y la Alimentación, Roma - Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0g.htm#bm16>

Foroughbakhch-Pournavab, R., Bacópulos, E., & Benavides, A. (2015). *Effect of UV-C and UV-B radiation on the germination and vigour of three plant species*. Coahuila - México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica.

Google Maps. (2018). Obtenido de <https://www.google.com.ec>

Guaytarilla, P., & Falconí, C. (2014). *Selección por arquitectura de la planta y resistencia de la antracnosis de 7 genotipos de chocho (Lupinus mutabilis)*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Guerrero, L. (2017). *About Español*. Obtenido de La estufa solar: qué es y cómo funciona: <https://www.aboutespanol.com/la-estufa-solar-que-es-y-como-funciona-3417689>

Hernández, J., Escobar, I., & Castilla, N. (2001). *La radiación solar en invernaderos mediterráneos*. Universidad Almería.

INIAP. (2009). *Catálogo de Variedades Mejoradas de Granos Andinos: chocho, quinua y amaranto para la sierra de Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA), Quito - Ecuador.

Insuasti, M. (2001). *Enfermedades foliares del chocho. El cultivo del chocho*. Boletín informativo, INIAP, Quito - Ecuador.

Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 458 - 482.

- Jarrín , A. D. (2017). *Efecto de la radiación solar en infecciones de antracnosis (C. acutatum) en semillas y en el posterior rendimiento de chocho*. Tesis, Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Sangolquí - Ecuador.
- Kanetis, L., Holmes, G., & Ojiambo, P. (2010). Survival of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia exposed to solar radiation. *Plant Pathology*, 313-323.
- MA-65. (2018). *Registros diarios de parámetros climáticos 1998 - 2018*. Base de datos, Estación agrometeorológica IASA, Sangolquí.
- Márquez-Bravo, L. (1998). *Desinfección solar*. In *En memorias de Simposio Regional Sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva*. Lima-Perú.
- Martínez, A. (2012). *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)*. Avances para determinar sus niveles de transcripción. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de química, Bogotá - Colombia.
- Meneses, A., & Montaluisa, P. (2018). *Valoración de la radiación solar en la erradicación de antracnosis (Colletotrichum acutatum) de dos genotipos de chocho en dos localidades*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Mizubuti, E., Aylor, D., & Fry, W. (2000). Survival of *Phytophthora infestans* Sporangia Exposed to Solar Radiation. *Phytopathology*, 78-84.
- Mujica, Á. (1992). La agricultura Andina. En *Granos y leguminosas andinas*. Arequipa - Perú..

- Neelamegan, R., & Sutha, T. (2015). *UV-C Irradiation effect on seed germination, seedling growth and productivity of groundnut (Arachis hypogea L.)*.
- Peralta , E., Mazón , N., Murillo, Á., & Rodríguez, D. (2014). *Manual Agrícola de Granos Andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción*. Publicación Miscelánea, INIAP, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estacion Experimental Santa Catalina, Quito - Ecuador.:
- Peralta, E., Rivera, M., Murillo , Á., Mazón, N., & Monar, C. (2010). *Nueva Variedad de chocho para la provincia de Bolivar*. Boletín divulgativo No. 382, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Quito - Ecuador.
- Peralta, I., & Caceres, E. (2008). Respuesta de seis líneas promisorias y una variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) a la presencia de e inoculación de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en Cotopaxi. *Escuela Politécnica del Ejército* .
- Repo-Carrasco, R., Cortez, G., Ramos, I., Quisphe, L., & Onofre, R. (2007). Cultivos Andinos. *De Tales Harinas, Tales Panes: granos, harinas y productos de*, 257 - 259.
- Sánchez, G. (2016). *Construcción y evaluación de la estufa casera para el control de antracnosis (Colletotrichum acutatum) en semillas de chocho (Lupinus mutabilis), provincia Cotopaxi*. Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambiental, Latacunga - Ecuador.
- Shea, G., Cowling, W., Burchell, B., Luckett, D., Yang, H., Sweetingham, M., & Thomas, G. (1999). Managing lupin Anthracnose. " *Journal of the Department of Agriculture*,.
- SICA. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario*.

- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. Lima: FAO y ANPE.
- Terán, W. (2016). *Pretatamiento de semillas con radiación solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (Colletotrichum acutatum) en dos etapas fenológicas de chocho (Lupinus mutabilis)*. Tesis, Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Sangolquí - Ecuador.
- Thomas, G. (2003). *Lupin Anthracnose-identification and management*. Government of Western Australia Department of Agriculture.
- Thomas, G., & Sweetingham, M. (2004). Cultivar and environment influence the development of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum lupini*. *Australasian plant pathology*.
- Thomas, G., & Sweetingham, M. W. (2003). Fungicide seed treatments reduce seed transmission and severity of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Australasian Plant Pathology*, 39 - 46.
- Yzarra, W., & López, F. (2012). Fases fenológicas del Tarwi. En *Manual de observaciones fenológicas* (pág. 61). Lima:.