



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

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

**TEMA: APLICACIÓN DE CALOR SECO EN SEMILLAS DE CHOCHO  
*Lupinus mutabilis* VAR. INIAP – 450 ANDINO Y SU EFECTO EN LA  
REDUCCIÓN DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) EN  
INVERNADERO**

**AUTOR: FALCÓN MATAMOROS, JORGE ESTEBAN**

**DIRECTOR: ING. FALCONÍ SAÁ, CÉSAR EDUARDO Ph.D.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*APLICACIÓN DE CALOR SECO EN SEMILLAS DE CHOCHO Lupinus mutabilis. VAR. INIAP – 450 ANDINO Y SU EFECTO EN LA REDUCCIÓN DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) EN INVERNADERO*” fue realizado por el señor *Falcón Matamoros Jorge Esteban* 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, 16 de Julio 2018

ING. CESAR EDUARDO FALCONÍ SAA Ph.D

C. C. 0601156459 .....



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Falcón Matamoros Jorge Esteban*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Aplicación de calor seco en semillas de chocho Lupinus mutabilis Var. INIAP – 450 Andino y su efecto en la reducción de Antracnosis (Colletotrichum acutatum) en invernadero*, 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, 16 de Julio 2018

JORGE ESTEBAN FALCÓN MATAMOROS

C.C. 1712643863



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Falcón Matamoros Jorge Esteban autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Aplicación de calor seco en semillas de chocho *Lupinus mutabilis* Var. INIAP – 450 Andino y su efecto en la reducción de Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en invernadero, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

Sangolquí, 16 de Julio 2018

JORGE ESTEBAN FALCÓN MATAMOROS

C.C. 1712643863

## **DEDICATORIA**

A mi madre que en todo momento me apoyó de forma incondicional y siempre ha sido la luz que guía mi camino, te agradezco por la vida por la educación y por estar siempre presente a pesar de todas las pruebas que la vida nos a puesto, a mi esposa que ha tenido la paciencia el amor y la comprensión necesarias para dar término a este reto, y a mis pequeños hijos para que sepan que perseverar es un valor muy importante en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi director de tesis Ing. César Falconí, le agradezco por darme la oportunidad de trabajar con usted y enriquecerme de sus conocimientos, que han sido fundamentales para la elaboración de este proyecto, a todos mis profesores con los cuales completé esta etapa de formación y a mi querida facultad IASA, siempre te llevaré en el corazón.

## INDICE DE CONTENIDO

### CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACION .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE DE CONTENIDO .....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	General.....	2
1.2.2	Específicos.....	3
1.3	Hipótesis .....	3

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Taxonomía.....	4
2.2	Fenología .....	5
2.3	Morfología.....	5
2.4	Cultivo de chocho.....	6
2.4.1	Variedad INIAP 450 – ANDINO .....	6
2.5	Antracnosis en chocho.....	6
2.5.1	Síntomas y signos .....	6
2.5.2	Agente causal.....	7
2.5.3	Epidemiología.....	8

2.6	Métodos físicos de desinfección.....	8
2.6.1	Agua caliente.....	8
2.6.2	Aire caliente.....	9
2.6.3	Calor seco.....	9
2.7	Índice de contenido de clorofila (ICC).....	10

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1	Ubicación del lugar de investigación.....	11
3.1.1	Ubicación política.....	11
3.1.2	Ubicación geográfica.....	11
3.1.3	Ubicación ecológica.....	11
3.2	Materiales.....	11
3.2.1	Material experimental.....	11
3.2.2	Material complementario.....	12
3.3	Métodos.....	12
3.3.1	Diseño experimental.....	13
3.3.1.1	Factores.....	13
3.3.1.2	Tratamientos.....	13
3.3.2	Análisis estadístico.....	14
3.3.3	VARIABLES QUE MEDIR.....	14
3.3.4	Métodos específicos de manejo del experimento.....	14

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Estudios de laboratorio.....	16
4.2	Estudios en invernadero.....	17

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	24
5.2	Recomendaciones.....	25
5.3	Bibliografía.....	26

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b>	<i>Esquema del diseño experimental .....</i>	13
<b>Tabla 2</b>	<i>Efecto del tiempo de exposición a calor seco de semillas de <i>L. mutabilis</i> sobre el índice de contenido de clorofila .....</i>	19
<b>Tabla 3</b>	<i>Efecto del tiempo de exposición a calor seco de semillas de <i>L. mutabilis</i> sobre los días a la floración y envaine durante el periodo vegetativo .....</i>	20
<b>Tabla 4</b>	<i>Efecto del tiempo de exposición a calor seco de semillas de <i>L. mutabilis</i> sobre el número de vainas en planta .....</i>	20
<b>Tabla 5</b>	<i>Efecto del tiempo de exposición a calor seco de semillas de <i>L. mutabilis</i> sobre el número de granos a la cosecha .....</i>	21

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b>	Porcentaje de germinación en laboratorio de semillas de chocho <i>L. mutabilis</i> tratadas con calor seco.....	16
<b>Figura 2</b>	Porcentaje de infección de semillas de chocho <i>L. mutabilis</i> tratadas con calor seco.....	17
<b>Figura 3</b>	Porcentaje de germinación de semillas de chocho <i>L. mutabilis</i> tratadas con calor seco.....	18
<b>Figura 4</b>	Porcentaje de incidencia de <i>C. acutatum</i> en plantas de chocho tratadas con calor seco.....	22
<b>Figura 5</b>	Promedio del rendimiento/ha de chocho <i>L. mutabilis</i> tratado con calor seco.....	23

## RESUMEN

El siguiente estudio evaluó el efecto de calor seco a 65° durante 8, 12 y 24 horas sobre la disminución de antracnosis *Colletotrichum acutatum* en semillas infectadas provenientes del reciclaje de un cultivo anterior de chocho de la variedad INIAP – 450 Andino. Una vez realizado el ensayo el porcentaje de infección de semilla en laboratorio disminuyó de 17% en el testigo a 4% con 24 h de exposición mientras que el porcentaje de germinación en laboratorio e invernadero disminuyó con exposiciones de 8, 12 y 24 h. En el desarrollo agrológico del cultivo el índice de contenido de clorofila disminuyó con exposiciones a partir de las 8, 12 y 24h; la evaluación realizada en el ensayo de los días a la floración y envaine no tuvieron diferencias significativas, sin embargo, el número de vainas presentó diferencias significativas a las 12 y 24 h con respecto al testigo; el porcentaje de incidencia del patógeno en el cultivo disminuyó a de 46,67% en el testigo a 15,68% con el tratamiento 24 h con respecto al testigo. El mayor promedio de granos por planta fue con el tratamiento de 12 h logrando un rendimiento potencial de 23,6 qq/Ha, y 19,35 qq/Ha el testigo.

### PALABRAS CLAVE

- *Colletotrichum acutatum*
- SEMILLAS DE CHOCHO
- CALOR SECO
- TIEMPO

## ABSTRACT

The study values the effect of dry heat at 65°C during 8, 12 and 24 hours on the decrease of anthracnose *Colletotrichum acutatum* in infected lupin seeds of the variety INIAP – 450 Andino. The seed infection steadily reduced from 17 at 4% with 24 h heat exposure, while the germination in laboratory and glass house decreased from 8 h; during the crop development the chlorophyll content index decreased at 8h; the evaluation of days to flowering and pod filling were not significant, however the number of pods showed significant differences from 12 to 24 h in relation to the witness; the pathogen incidence in the crop decreased 15,68% with 24 h heat exposure. The higher seeds promedy by plant was the 12 h treatment, having reached a potential yield of 23,6 qq/Ha and 19,35 qq/Ha the witness.

## KEYWORDS

- *Colletotrichum acutatum*
- LUPIN SEEDS
- DRY HEAT
- TIME

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En Ecuador el chocho constituye parte de la alimentación cotidiana de la población, a la vez forma parte de los principales cultivos andinos en explotación que permiten dinamizar la economía del sector rural.

Existe una serie de patologías que puede presentar el cultivo a causa de patógenos que se encuentran en el ambiente o que permanecen en estado de latencia a nivel de semilla para asegurar la supervivencia.

Dentro de los factores que favorecen la persistencia del patógeno conocido como *Colletotrichum acutatum* causa de la antracnosis, se encuentran la mala utilización de fungicidas para la desinfección de semilla para su conservación previa la siembra, además de la conductividad de las condiciones climáticas que favorecen la diseminación del microorganismo.

Estudios en Australia han determinado que, la aplicación de fungicidas para la desinfección de la semilla de chocho solo reduce la transmisión del patógeno mas no lo elimina, lo cual no representa una garantía para el rendimiento del cultivo en condiciones de campo.

El patógeno anteriormente mencionado habita en la semilla, suelo y en rastrojos de cultivos anteriores, de allí su diseminación a los tallos del reciente cultivo disminuyendo la capacidad de transporte de sabia a las hojas y la eficiencia fotosintética, además afecta a la vaina y a la formación del fruto, en consecuencia, disminuyó el rendimiento en granos de forma individual de cada planta que extrapolado a hectáreas cultivadas se convierten en cantidades económicamente representativas.

## **1.1 Justificación**

La susceptibilidad o resistencia a una enfermedad se encuentra formando parte de la genética propia de cada especie vegetal, y estas características tienen un alto porcentaje de heredabilidad, en consecuencia, las semillas de las variedades INIAP – 450 ANDINO e INIAP – 451 GUARANGUITO son susceptibles a portar el patógeno causante de la antracnosis, siendo favorecida su expresión y severidad por el ambiente en el cual se desarrolla el cultivo.

De forma tradicional los agricultores reciclan semilla para el siguiente cultivo, haciendo una selección fenotípica de estas sin tener en cuenta la presencia del patógeno en su interior, lo cual, sumado a una falta de conocimiento sobre las condiciones de almacenamiento y métodos alternativos a los químicos para desinfección de semilla, provocan la prevalencia de la antracnosis en cultivos, afectando los niveles de rendimiento y a los ingresos económicos en la venta de las cosechas.

La agricultura actual necesita aplicar tecnologías alternativas para la desinfección de patógenos en las semillas como el calor seco, que mejore las condiciones fitosanitarias de la semilla para la siembra y optimice los rendimientos en la cosecha del cultivo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 General**

- Evaluar el efecto del calor seco a (65°C) en semilla de chocho y su efecto en la reducción potencial de antracnosis en el cultivo.

### 1.2.2 Específicos

- Evaluar el efecto del calor seco a (65°C) durante 8, 12 y 24 horas en semillas sobre el porcentaje de germinación.
- Determinar el porcentaje de infección presente en las plantas durante el periodo vegetativo.
- Evaluar el desarrollo agrológico de las plantas mediante el índice de contenido de clorofila.
- Evaluar el efecto del tratamiento a las semillas con calor seco sobre el rendimiento.

### 1.3 Hipótesis

- **H<sub>0</sub>**: La exposición de semilla de chocho a calor seco no disminuye la incidencia de antracnosis en condiciones de invernadero.
- **H<sub>1</sub>**: La exposición de semilla de chocho a calor seco disminuye la incidencia de antracnosis en condiciones de invernadero.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Taxonomía

<b>División:</b>	Espermatofita
<b>Sub división:</b>	Angiosperma
<b>Clase:</b>	Dicotiledóneas
<b>Sub clase:</b>	Arquiclámideas
<b>Orden:</b>	Fabales
<b>Familia:</b>	Leguminosas
<b>Sub Familia:</b>	Papilionoideas
<b>Tribu:</b>	Genisteas
<b>Género:</b>	Lupinus
<b>Especie:</b>	Mutabilis
<b>Nombre Científico:</b>	<i><u>Lupinus mutabilis</u></i> Sweet
<b>Nombres comunes:</b>	Chocho, tahuri, tarwi (Caicedo & Peralta, 2001)

El chocho *Lupinus sp* es una especie que a sido cultivada en la región de andina desde los 1500 hasta los 4200 m.s.n.m desde Venezuela atravesando todo el callejón interandino hasta los países de Chile y Argentina (Jacobsen & Mujica, 2006). Existen alrededor de 12 especies de chocho propias de esta zona. En el nuevo mundo existen 120 especies conocidas de chocho tales como *L. Albus*, *L. Angustifolius*, *L. Luteus*, *L. Consentinii*, *L. Polyphyllus*, *L. multiflorus*, entre otros. (French & McLarty, 2008).

La especie *L. mutabilis* posee un alto valor nutritivo, su potencial es de 765kg de proteína y 300Kg de aceite por hectárea, pero en sus semillas se encuentran algunas sustancias antinutricionales que le otorgan un carácter tóxico y amargo que afectan tanto a seres humanos como animales, estas constituyen una defensa natural contra ciertos insectos, patógenos y animales predadores (Villacres, 2008).

## **2.2 Fenología**

Las etapas fenológicas determinan los diferentes estados vegetativos del chocho desde la siembra hasta la cosecha (INIAP, 2012):

- Emergencia: emergencia de los cotiledones del suelo.
- Cotiledonar: apertura de cotiledones enrollados en el eje central del tallo.
- Desarrollo: aparecimiento de las primeras hojas verdaderas hasta la inflorescencia (2 cm de longitud).
- Floración: estado de apertura de flores.
- Reproductivo: apertura total de flores hasta maduración completa de vainas.
- Envaine: Formación de vainas (2 cm de longitud).
- Maduración y cosecha: vaina y granos secos.

## **2.3 Morfología**

El chocho es una leguminosa herbácea anual que presenta características de adaptabilidad a distintos tipos de suelo; despliega una raíz pivotante que puede alcanzar un desarrollo de hasta 2 m. El tallo presenta longitudes que oscilan entre 0,50 a 2,50 m con un promedio de 1,80 m. Las hojas son digitadas, con 5 a 12 folíolos oblongo-lanceolados cuyo ancho varía entre las distintas variedades, además presenta pequeñas hojas estipulares en la base del pecíolo. La corola está formada

por cinco pétalos que son: un estandarte, dos quillas y dos alas. La inflorescencia es de racimo terminal, flores dispuestas en verticilos. En una inflorescencia se puede contar más de 60 flores, sin embargo, no todas ellas llegan a formar frutos. Su fruto es una vaina alargada con una longitud de 5 a 12 cm, según el número de semillas (Caicedo & Peralta, 2001).

## **2.4 Cultivo de chocho**

### **2.4.1 Variedad INIAP 450 – ANDINO**

La variedad INIAP – 450 Andino posee una inflorescencia central de 28 cm con un número de 10 a 14 vainas promedio, tienen una forma oblonga y un largo de 11 cm, la vaina debe ser de color verde y a la cosecha debe tener un color café crema, con un número de granos que oscile entre 6 a 8 por vaina.

Su periodo desde la siembra hasta el inicio de la floración oscila entre 76 a 125 días; mientras que el envaine puede ocurrir entre los 100 a 132 días; y 167 a 225 días a la cosecha.

El número de vainas por planta oscila entre 8 a 28 y presenta un color de grano seco blanco crema, de forma oval aplanada; con un tamaño aproximado de 8 mm.

Esta variedad presenta cierta susceptibilidad a mancha angular (*Ovularia lupinicola*), ascoquito (*Ascochyta spp.*), antracnosis (*C. acutatum*), *Fusarium oxysporum*, roya (*Uromyces lupini*), *Phytium spp* y *Rhizoctonia spp.*

La cantidad de semilla necesaria por Ha es de 60 a 80 Kg para esperar un rendimiento de aproximadamente 14 qq (INIAP, 2012).

## **2.5 Antracnosis en chocho**

### **2.5.1 Síntomas y signos**

La Antracnosis se exhibe en las hojas, tallos y vainas (Falconí et al, 2015). En los bordes de los foliolos se presentan manchas cloróticas de forma irregular con márgenes de tonalidad rojiza a marrón, las que producen un arrugamiento de los foliolos.

En los tallos se presentan manchas alargadas, deformes y deprimidas de color oscuro sobre las que se desarrolla una fructificación abundante de color naranja que corresponde a los acérvulos del hongo.

Cuando el ataque es severo, esta enfermedad puede causar la defoliación de la planta antes de la floración. Las manchas producen estrangulamiento y deformación del tallo, por lo que cuando la infección se produce en la base de los tallos, se puede producir la marchitez de la planta (Falconí, 2012).

En las vainas se presentan manchas de color marrón deformes y deprimidas de 0,53 cm de diámetro, sobre las que se produce una esporulación abundante que también corresponde a los acérvulos del hongo.

Estas infecciones afectan también a las semillas, provocando manchas oscuras, afectando significativamente la calidad de la semilla. Además, esta es la principal forma de transmisión del patógeno (Falconí, 2012).

### **2.5.2 Agente causal**

El agente causal de la antracnosis del chocho es el hongo *C. acutatum*. Este hongo forma acérvulos provistos de setas tabicadas, gruesas y rígidas. En PDA forma colonias de color blanco – rosado o blanco gris en su parte de atrás. El color rosa – salmón es característico de este hongo, en laboratorio presenta un crecimiento diametral en un lapso de 10 días cubriendo hasta 1/3 de la caja

Petri. Las conidias son hialinas, unicelulares ligeramente ovoides (Falconí, 2012, Falconí et al, 2013).

### **2.5.3 Epidemiología**

El patógeno se disemina principalmente a través de la semilla. Las esporas del patógeno se diseminan por la lluvia, viento, insectos, herramientas agrícolas y otros medios.

El patógeno vive como saprófito en los residuos de las cosechas, es favorecido por temperaturas y humedades altas. En infecciones severas puede causar la muerte de la planta. En el Ecuador la enfermedad se la encuentra afectando en forma generalizada al cultivo en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo y Pichincha (Caicedo & Peralta, Falconí, 2012).

## **2.6 Métodos físicos de desinfección**

### **2.6.1 Agua caliente**

Las aplicaciones de agua caliente con una temperatura entre 50° y 52° para desinfección se han empleado en diferentes especies incluidas *Lupinus sp*; un caso en particular es la aplicación de este método para desinfectar semilla de aguacate *Persea americana*, para la producción de variedades libres de *Phytophthora cinnamoni* y realizando la aplicación de tests mensuales para phytophthora, expresando resultados negativos y de esta manera permitiendo la reproducción de variedades inocuas (Figueroa et al., 1984).

### **2.6.2 Aire caliente**

La aplicación de aire caliente entre 70° y 75° durante periodos cortos de tiempo disminuye de forma significativa la infección de semillas de chocho (Thomas & Adcock, 2004).

### **2.6.3 Calor seco**

Los primeros estudios realizados sobre la temperatura de almacenamiento señalan que hay una disminución de la infección en la semilla de forma natural durante el transcurso del tiempo, y además que cuando el incremento de temperatura oscila entre 10°C y 30 °C declinan en mayor grado los niveles de infección.

Partiendo de estos principios, se realizan investigaciones enfocadas a la aplicación de temperaturas superiores a 50°C durante diferentes periodos de tiempo para evaluar de qué manera afectan la supervivencia del patógeno al interior de la semilla (Thomas & Adcock, 2004).

La evaluación realizada en la exposición de calor seco a una temperatura de (60°C) por 24, 48, 72 y 96 horas presentaron un 0.6 % de infección, sin embargo, estos tratamientos disminuyeron el porcentaje de germinación de las semillas hasta un 15%. En otras evaluaciones de exposición a la misma temperatura pero a 2 y 4 horas lograron disminuir e porcentaje de infección en un rango de 79% a 47.4% sin verse afectado el porcentaje de germinación, sin embargo el estudio refleja que a partir de las 8 horas de exposición a una temperatura de 60°C disminuye el porcentaje de germinación hasta en un 12.3% (Perez, 2015).

## 2.7 Índice de contenido de clorofila (ICC)

La presencia de clorofila en las hojas de las plantas está relacionada con las condiciones nutricionales y sanitarias de la planta. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno y al flujo de savia que presenta la hoja.

Dos factores agrológicos como altura de planta e índice de contenido de clorofila varían a las siete semanas al ser expuestos a 60° luego de 8 horas presentando una relación siguientes modelos de regresión lineal:  $Y = -1.428x + 29.874$  para la altura e  $Y = -0.542x + 25.638$  para el índice de contenido de clorofila, indicando que a mayor temperatura la altura y el ICC disminuyen linealmente (Perez, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Ubicación del lugar de investigación**

##### **3.1.1 Ubicación política**

Se realizó en el laboratorio e invernadero de Fitopatología, de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I – Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Ubicado en la Hda. El Prado, Parroquia: San Fernando. Cantón: Rumiñahui de la Provincia: Pichincha, Ecuador

##### **3.1.2 Ubicación geográfica**

La Hacienda “El Prado” se encuentra a una altitud de 2748 m.s.n.m. en una posición geográfica de 78°24’44’’ Oeste y 0° 23’ 20’’ Sur.

##### **3.1.3 Ubicación ecológica**

El IASA se encuentra ubicado en la zona de vida bosque húmedo premontano; altitud: 2748 m.s.n.m.; temperatura máxima: 22 °C, temperatura mínima: 16 °C, temperatura media ambiental: 14 °C, precipitación: 1200 mm/año; piso latitudinal: montano; luminosidad: 12h/luz; humedad relativa: 60 -70 %. (M.A. 1998-2018).

#### **3.2 Materiales**

##### **3.2.1 Material experimental**

- Semillas de chocho infectadas INIAP - 450 “ANDINO”
- Horno de convección

### **3.2.2 Material complementario**

- Cajas Petri
- Alcohol
- Cloro
- PDA
- Cloranfenicol
- Cámara de flujo laminar
- Balanza digital
- Calculadora
- Papel filtro
- Fundas plásticas
- Macetas
- Sustrato tierra + materia orgánica

### **3.3 Métodos**

En esta investigación se realizaron estudios en la variedad de chocho INIAP – 450 ANDINO, proveniente de cultivos anteriores. La semilla fue expuesta a una temperatura de 65°C durante 3 periodos de tiempo 8, 12 y 24 horas; al testigo se le aplicó Vitavax (Carboxin + Captan) 2g/kg de semilla. Posterior a esto se procedió a sembrar 3 semillas por maceta con sustrato bajo invernadero.

### 3.3.1 Diseño experimental

#### 3.3.1.1 Factores

Los factores en estudio fueron calor seco a 65°C durante cuatro periodos de tiempo (0, 8, 12 y 24) en semilla del cultivar INIAP - 450 ANDINO.

#### 3.3.1.2 Tratamientos

Para el estudio se aplicaron los siguientes tratamientos a las semillas de la variedad INIAP -450 ANDINO:

T0: Sin calor con Vitavax

T1: 65°C durante 8 h

T2: 65°C durante 12h

T3: 65°C durante 24 h

**Tabla 1**

*Esquema del diseño experimental, Factor, Tratamientos y Repeticiones*

<b>Vitavax</b>	T0 R1	T0 R2	T0 R3
<b>8 horas</b>	T1 R1	T1 R2	T1 R3
<b>12 horas</b>	T2 R1	T2 R2	T2 R3
<b>24 horas</b>	T3 R1	T3 R2	T3 R3

### **3.3.2 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza aplicando un DCA para las pruebas de laboratorio y los ensayos en invernadero, además se realizó un análisis de varianza aplicando pruebas de LSD y Fisher para el establecimiento de diferencias estadísticas entre tratamientos.

### **3.3.3 Variables que medir**

- Porcentaje de Infección de semilla (In vitro)
- Porcentaje de Germinación (In vitro)
- Porcentaje de Infección en tallo, hojas y vainas mediante escala de incidencia (Planta sana vs Planta enferma x 100) y severidad (Falconí, 2012)
- Porcentaje de germinación en invernadero
- Índice de contenido de clorofila en planta
- Rendimiento del cultivo
- Días a la floración
- Días al envaine
- Número de vainas / planta
- Numero de granos / vaina
- Peso de grano seco cosechado / tratamiento

### **3.3.4 Métodos específicos de manejo del experimento**

Para la preparación de 500ml de PDA se utilizó 18.5g PDA + 10g Dextrosa + 2g Extracto de papa + 1mg de Cloranfenicol, después de autoclavar el medio.

Para determinar el porcentaje de infección se contaron 100 semillas de cada tratamiento y se colocaron 10 semillas en cada caja petri con PDA previamente desinfectadas con una solución de cloro al 1%; a estas se las colocó en cámara de incubación durante 7 días a 25°C, posteriormente se verificó los síntomas y signos en laboratorio, la presencia o ausencia del patógeno *C.acutatum* aplicando un DCA para la recolección y análisis de datos

Con el porcentaje de germinación en laboratorio se procedió a colocar 100 semillas envueltas en papel filtro esterilizado con luz UV, de cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones y se conservaron las semillas durante 5 a 7 días a una temperatura de 19°C a 22°C, aplicando un DCA para análisis de datos.

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizaron 10g semillas de la variedad y se realizó la aplicación de calor seco a una temperatura de 120°C durante 3 horas, y se volvió a tomar el peso después de este tiempo.

Para el porcentaje de germinación en invernadero se procedió al conteo de plántulas germinadas por maceta.

Para el porcentaje de infección se contaron 10 plantas con síntomas y signos por tratamiento durante las diferentes etapas fenológicas: desarrollo, floración, envaine.

La determinación del índice de contenido de clorofila se realizó con los datos obtenidos de un fluorómetro en hojas apicales de 10 plantas de chocho, seleccionadas al azar en cada tratamiento entre las 6 y 8 am, a las 9 semanas después de la siembra.

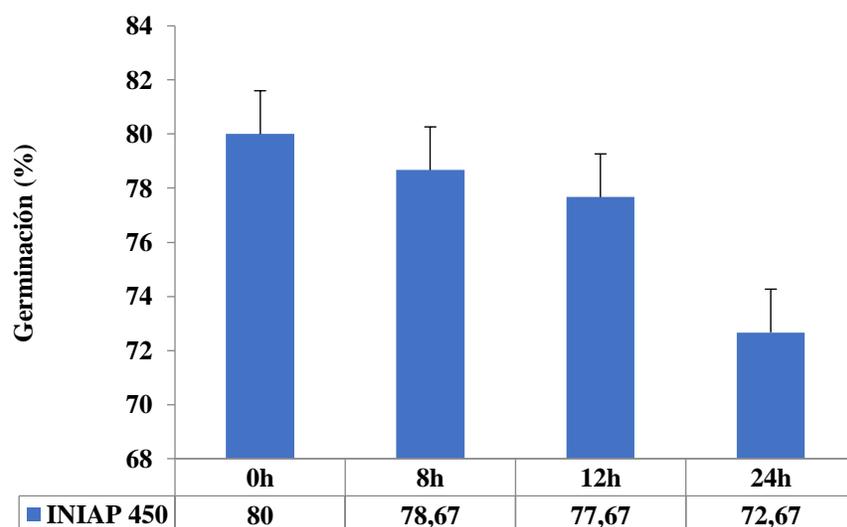
Para conocer el rendimiento potencial por hectárea se procedió a realizar una extrapolación a partir de los granos obtenidos en la cosecha de cada tratamiento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

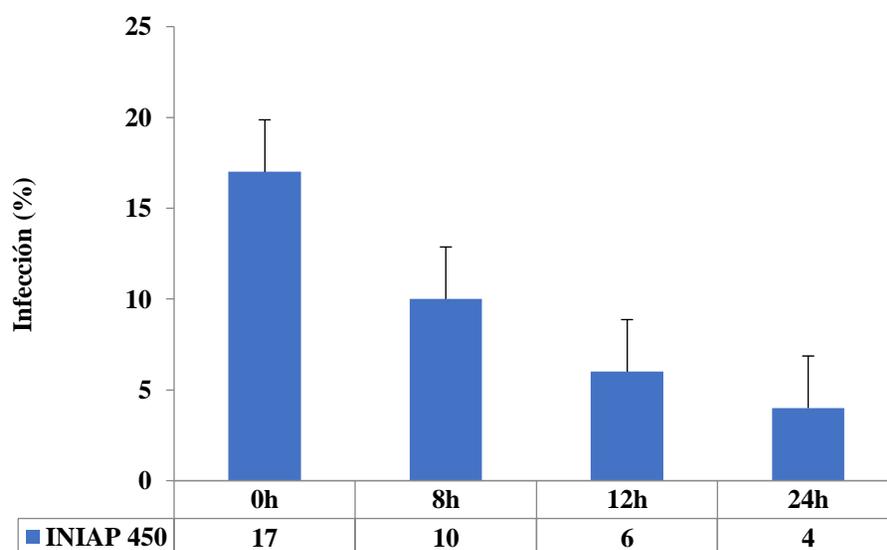
#### 4.1 Estudios de laboratorio

Al evaluar la cantidad de semillas germinadas en laboratorio, el testigo presentó 80% de germinación mientras que el pretratado de semilla con 65°C por 24h presentó 72,67% (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Pérez (2015) que con una temperatura de 62°C por 8 horas de exposición encontró que el porcentaje de germinación desciende significativamente. Thomas & Adcock (2004) informan que temperaturas superiores a 50°C con 1 semana de exposición disminuyeron significativamente los porcentajes de germinación y que este porcentaje varía entre especies de *Lupinus*.



**Figura 1** Porcentaje de germinación de *L. mutabilis* INIAP-450 Andino por efecto de tres tiempos de exposición al calor seco (65°C)

La evaluación del porcentaje de infección por *C. acutatum* en laboratorio indica que el testigo presentó 17% de infección en semillas mientras que el tratamiento con 24 horas disminuyó a 3% (Figura 2). Similares resultados se obtuvieron al exponer semillas infectadas a una temperatura de 60°C durante periodos de 8 horas y 24 horas donde la infección disminuyó al 1% (Flores, 2015). En contraste con la variedad criolla Cotopaxi expuesta a 65°C a las 8h y 12 h disminuyó de 7.3% de infección a 2.8% y 1.5% y la variedad Chimborazo de 7.5% de infección a 2.5% y 1.3% respectivamente (Falconí & Yáñez, 2016).



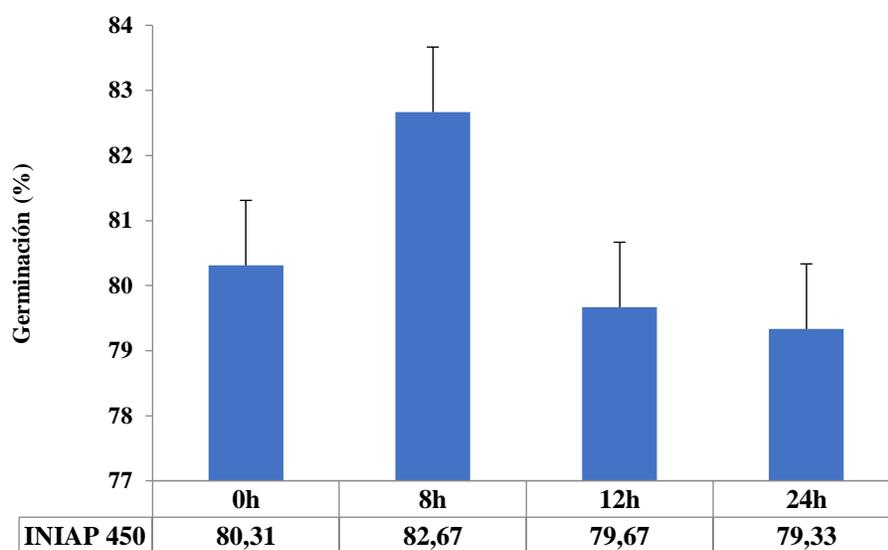
**Figura 2** Porcentaje de infección de *L. mutabilis* INIAP-450 Andino por efecto de tres tiempos de exposición al calor seco (65°C)

#### 4.2 Estudios en invernadero

Al realizar el conteo de germinación de plantas de chocho en invernadero se pudo establecer que el mayor porcentaje de germinación presentó el tratamiento de 8 horas con 82.67% de semillas germinadas mientras que el porcentaje de germinación del testigo fue de 80.31% (Figura 3), disminuyendo de forma no significativa respecto al testigo, el porcentaje de germinación con 12 y 24 horas de exposición de semilla a calor seco equiparándose a los resultados obtenidos en *L.*

*angustifolius* donde el porcentaje de germinación no se ve afectado por el calor seco y el tratamiento químico (Thomas & Adcock, 2004).

En el estudio realizado por Flores (2015) pre tratada la semilla a 60° C el porcentaje de germinación del testigo fue de 56%, mientras que el tratamiento de 8 horas disminuyó a 40,3% y a las 24 horas a 40%, resultados similares se observaron en el estudio de Falconí&Yánez (2016) donde a 65°C el porcentaje de germinación disminuye de 88 a 70% a las 8 y 12 h de exposición, y a partir de las 24 horas hasta las 96 horas los porcentajes de germinación disminuyen de forma progresiva.



**Figura 3** Porcentaje de germinación de *L. mutabilis* INIAP-450 Andino por efecto de tres tiempos de exposición a calor seco (65°C).

El análisis del índice de contenido de clorofila durante el periodo vegetativo revela que el testigo presenta el mayor grado de ICC (Y) y que este es inversamente proporcional al tiempo de exposición (X) para cual se obtuvo el siguiente modelo matemático  $Y = -0.0463X + 21.342$ , por lo cual el tratamiento de semillas a 65°C por 24 horas (Tabla 2) presentó el menor ICC al igual que el estudio realizado a 60°C donde se establece un modelo matemático lineal que demuestra la disminución del ICC con respecto al tiempo de exposición (Perez, 2015).

**Tabla 2**

*Efecto del tiempo de exposición a calor seco (65°C) de L. mutabilis INIAP-450 Andino sobre el índice de contenido de clorofila.*

Tratamiento	ICC
0h	18,14 ab
8h	18,05 b
12h	17,08 b
24h	13,58 c
LSD p=0,05	1,06

\*Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales según LSD Fisher (P=0,05).

Al realizar la evaluación de los días que tardaron las plantas desde la siembra hasta el inicio de la floración, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos lo que desestima la probabilidad de las de afecciones en la floración y envaine por efecto de semilla pre tratada con calor seco (Tabla 3); sin embargo el análisis del tiempo de envaine muestra diferencias significativas con el tratamiento de 12 h, con una ventaja promedio de 12 horas, con una ventaja promedio de dos días en el inicio del envaine con respecto al testigo.

**Tabla 3**

*Efecto del tiempo de exposición a calor seco 65°C de L. mutabilis INIAP- 450 Andino sobre los días a la floración y envaine durante el periodo vegetativo.*

Tratamiento	Días	
	Floración	Envaine
0h	77,00 a	165,73 a
8h	77,00 a	165,47 a
12h	77,67 a	163,7 b
24h	77,40 a	165,93 a
LSD p=0,05	0,25	0,38

\*Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales según LSD Fisher (P=0,05)

Al evaluar la cantidad de vainas por planta se determinó que los tratamientos de 12h y 24h obtuvieron el mayor número correspondiente a 17,4 vainas promedio con respecto al testigo que obtuvo 15,1 vainas promedio (Tabla 4), estos datos corroboran con los obtenidos de la ficha técnica del cultivo en la cual se obtienen un promedio que va desde 8 hasta 28 vainas por planta (INIAP, 2012).

**Tabla 4**

*Efecto del tiempo de exposición a calor seco 65°C de L. mutabilis INIAP-450 Andino sobre el número de vainas en planta.*

TRATAMIENTO	VAINAS
0h	15,10 c
8h	16,27 b
12h	17,40 a
24h	17,40 a
LSD p=0,05	0,37

\*Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales según LSD Fisher (P=0,05)

El tratamiento de 12 horas obtuvo un promedio de 109,87 granos/planta con respecto al testigo que alcanzó 90.07 granos/planta, se debe mencionar también que el tratamiento de 24 horas solo tuvo un promedio 93,00 granos/planta, mientras que el tratamiento de 8 horas alcanzó un promedio de 93.13 granos por planta. La relación de granos/vaina para el tratamiento de 12h es de 6.13, mientras que para el testigo la relación es de 5.96 (Tabla 5), estos datos están relacionados con los teóricos obtenidos la ficha técnica del cultivo (INIAP, 2012).

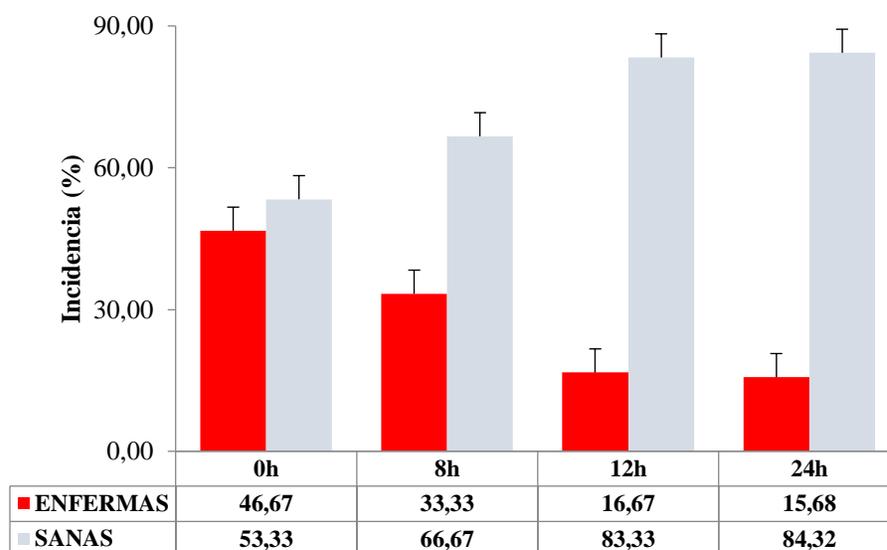
### Tabla 5

*Efecto del tiempo de exposición a calor seco 65°C de L. mutabilis INIAP-450 Andino sobre el número de granos a la cosecha.*

TRATAMIENTO	GRANOS
0h	90,07 c
8h	93,13 b
12h	109.87 a
24h	93,00 d
LSD p=0,05	0.95

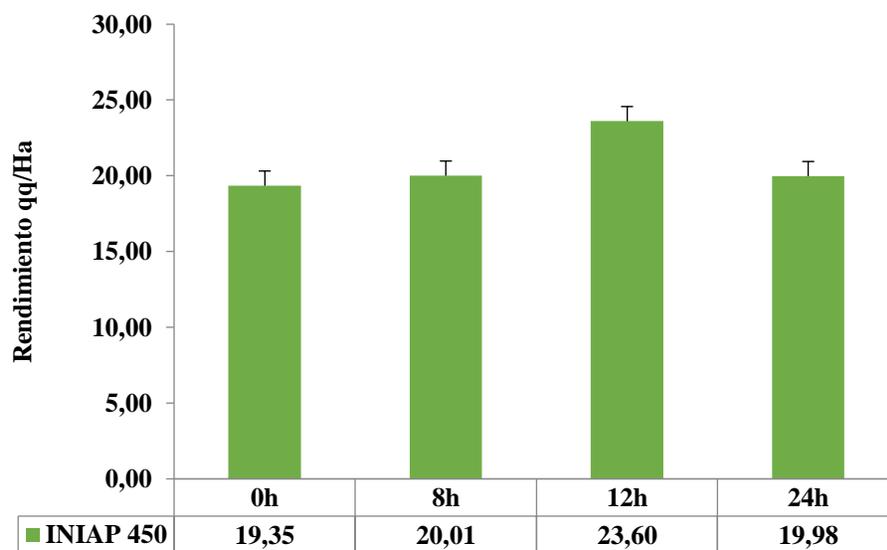
\*Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales según LSD Fisher (P=0,05)

Para establecer la incidencia de *C. acutatum*. en el cultivo se realizó un análisis descriptivo en el cual el tratamiento con 24h presentó 84.32% de plantas sanas y 15.68% de plantas enfermas, mientras que el testigo presentó 46.67% de plantas enfermas y 53.33% de plantas sanas (Figura 4). Thomas & Adcock (2004) demostraron que en *Lupinus angustifolius* tratado con calor seco el número de plantas enfermas fue de tan solo 1, mientras que el testigo con químicos para desinfección tuvo un promedio de 10% de plantas enfermas.



**Figura 4** Porcentaje de incidencia de *C. acutatum* en plantas de chochoI-450 Andino tratadas con calor seco.

Al evaluar el rendimiento, se observó un promedio de 109.87 granos equivalentes a 31.86g/planta en el tratamiento de 12 horas con respecto al testigo que presentó 90.07 granos equivalentes a 26.11g/planta. Al realizar la extrapolación de los datos para obtener el rendimiento del cultivo en quintales por hectárea de semilla de chocho variedad INIAP 450 ANDINO, el tratamiento de 12 h presentó un potencial rendimiento de 23.6 qq/ha, mientras que el potencial del testigo fue de 19.36 qq/ha con respecto al teórico de la variedad ANDINO que es de 30 qq/ Ha que se obtiene al utilizar semilla seleccionada (INIAP, 2012).



*Figura 5* Promedio del rendimiento/ha de chocho *L. mutabilis* tratado con calor seco.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El porcentaje de germinación se incrementó al aplicar 65° de calor seco por 8 y 12 horas a las semillas de chocho I-450 Andino.
- El tratamiento con calor seco de 8 a 24 horas, a una temperatura de 65°C disminuyó la infección en semillas de chocho.
- El tratamiento más efectivo para semillas infectadas con *C. acutatum* de 24 horas ya que disminuyó el porcentaje de infección de 46,67% a 15,68%.
- Al aplicar calor seco las variables fisiológicas como días al inicio de la floración y días al inicio del envaine no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, es decir que las semillas no se ven afectadas en su desarrollo por el calor seco.
- El ICC en semillas tratadas con calor seco disminuye a mayor tiempo de exposición de la semilla a los tratamientos con calor seco.
- El mayor rendimiento a la cosecha se obtuvo con semillas de semillas tratadas con calor seco por 12 horas con 23.60 qq/ha mientras que el testigo presentó un rendimiento de 19.35 qq/ha, a pesar de que el tratamiento de 24 horas tuvo un menor porcentaje de infección este solo alcanzó un rendimiento potencial de 19.98 qq/ha.

## 5.2 Recomendaciones

- Aplicar calor seco para desinfección de semilla de chocho mejora su rendimiento en la cosecha, sin embargo, es viable a escala experimental, pero en cultivos extensivos se necesita mejorar la tecnología relacionada con hornos de convección que tengan una mayor capacidad y distribuyan el calor de forma homogénea a las semillas para garantizar que todo el lote sea desinfectado.
- Es necesario hacer más investigaciones relacionadas con la aplicación de este método para lograr estandarizar el tiempo y la temperatura adecuada para la desinfección y disminuir las diferencias en los rendimientos del cultivo.
- La aplicación de esta técnica para desinfectar la semilla puede ayudar a la selección de mejores fenotipos de chocho que tengan aptitud para tolerar el tratamiento térmico y a la vez no tengan altos niveles de infección de la semilla.

### 5.3 Bibliografía

- Caicedo, C., & Peralta, E. (2001). *Lupinus mutabilis* sweet: Fitonutrición, efermedades y plagas en el Ecuador. *Boletín técnico*(103), 5-6. Recuperado el 02 de Marzo de 2015, de <http://www.iniap.gob.ec/>
- Falconí , C., & Yánez, V. (2016). Dry heat tratment of Andean lupin seed to reduce anthracnose infection. *Crop Protection*, 89, 178-183.
- Falconí, C. (2012). *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance. (W. University, Ed.). Recuperado el 25 de Abril de 2015, de <http://edepot.wur.nl/210228>
- Falconí, C., Visser, R., & Heusden, V. (2013). *Phenotypic, molecular and pathological characterization of Colletotrichum acutatum associated with Andean lupine and tamarillo in the Ecuadorian Andes. Plant disease* 97., 819 - 827.
- Figuroa et al. (1984). Produccion de variedades de aguacate libres de Phytophthora sinamoni. *Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias*(14 - 02), 147 - 152. Maracay, Venezuela.
- Flores, A. (2015). Comparación de métodos alternativos, para reducir infecciones y transmisión de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en semilla de chocho (*Lupinus mutabilis*). *Tesis de grado IASA, I*, 30-44.

- French, B., & McLarty, A. (2008). *Producing Lupins*. Grains, Research & Development Corporation, Department of Agriculture and Food. Western Australia: Jan Knight, Flying Edits.
- INIAP. (2012). Manual agrícola de granos andinos. *Choco, Quinoa, Amaranto y Ataco, Tercera edición*, 1 - 29. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Jacobsen , S., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. (B. M. Moraes R., Ed.) *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 462.
- Perez, M. (2015). Evaluación de métodos alternativos para reducir la infección de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en semilla de dos genotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*). *Tesis de grado IASA*, 24 - 32.
- Thomas, G., & Adcock, K. (2004). Exposure to dry heat reduces anthracnose infection of lupin seed. *Australian plant pathology*, 33, 537-540.
- Villacres, M. (2008). Propiedades y Aplicaciones de los Alcaloides del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). 20.