



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

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

**TEMA: VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA
ERRADICACIÓN DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) DE
DOS GENOTIPOS DE CHOCHO EN DOS LOCALIDADES**

AUTORAS: MENESES SABANDO, ANA CAROLINA

MONTALUISA TORRES, PAOLA CAROLINA

DIRECTOR: DR. FALCONÍ SAÁ, CÉSAR EDUARDO Ph.D.

SANGOLQUÍ

2018



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA ERRADICACIÓN DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum acutatum*) DE DOS GENOTIPOS DE CHOCHO EN DOS LOCALIDADES.**”, fue realizado por las señoritas **Meneses Sabando, Ana Carolina y Montaluisa Torres, Paola Carolina**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad y 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 las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar a las señoritas para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 9 de mayo del 2018

Dr. CÉSAR FALCONÍ SAÁ Ph.D.

C.C 1003625367



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, *Meneses Sabando, Ana Carolina y Montaluisa Torres, Paola Carolina*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación, *Valoración de la radiación solar en la erradicación de antracnosis (Colletotrichum acutatum) de dos genotipos de chocho en dos localidades*, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sido, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 9 de mayo del 2018

Ana Carolina Meneses Sabando

C.I. 171867920-0

Paola Carolina Montaluisa Torres

C.I. 172604268-0



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

AUTORIZACIÓN

Nosotras, *Meneses Sabando, Ana Carolina y Montaluisa Torres, Paola Carolina*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *Valoración de la radiación solar en la erradicación de antracnosis (Colletotrichum acutatum) de dos genotipos de chocho en dos localidades*, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 9 de mayo del 2018



Ana Carolina Meneses Sabando

C.I. 171867920-0



Paola Carolina Montaluisa Torres

C.I. 172604268-0

DEDICATORIA

A:

Dios por bendecirme,
a mis padres Franca Torres e Iván Montaluisa,
por ser el mejor ejemplo
de amor, responsabilidad, constancia
y trabajo. Los amo papis.

Paola Carolina

Quiero que sepas que todas las horas que estuve lejos de ti, no hubo un segundo que no estuvieras en mis pensamientos, no fue fácil para mí despedirme cada mañana sin embargo confié en que las aspiraciones abarcan tiempo y trabajo; pero siempre valoro y disfruto cada momento de mi vida en la tuya, mi pequeña Pia. A mis hermanos, en especial a Milton, quien sin duda alguna fue mi ángel y apoyo incondicional para culminar mi carrera.

Ana Carolina

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en cada paso de mi vida y ser la fuerza para continuar en marcha.

A mi hermosa María Paula que alegra cada día de mi vida y es mi sonrisa de cada día.

A mis hermanas, Estefany y Thalía por ser un complemento en mi vida.

A mis amigos los Tornillos quienes hicieron de mi vida universitaria la mejor experiencia. Los amigos son la familia que uno elige gracias Chirro (Cristian Andrade), Pepa (José Alvear), Alex Sánchez, Viví Trujillo, Angie López, Carolina Meneses, John Acosta, Jonathan Vera, Robín Castro, Diego Cruz y Alejandro Pazmiño.

A La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria IASA, por permitirme ser parte de mi formación profesional e inculcarme valores de responsabilidad, a todos los profesores por enseñarme cada una de sus conocimientos y experiencia.

Al programa de la Mejora de la Cadena productiva de chocho *Lupinus mutabilis* en Ecuador financiado por la SENESCYT, por permitir ser parte de su proyecto de investigación.

A mi estimado Doctor César Falconí por haberme acogido en su equipo de investigación y permitir trabajar en mi proyecto de investigación, haberme brindado su confianza, conocimientos y experiencia, por tenerme paciencia y delicadeza. A su grupo de investigación Darwin y Karol.

Paola Carolina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por enseñarme el camino y el amor por la Agropecuaria.

A mi Papi, por su esfuerzo, ejemplo y dedicación, por brindarnos la mejor educación y por siempre apoyarnos a pesar de las circunstancias.

A mi Mami, por su solidaridad, por su valioso cariño y comprensión.

A mi hija Pia, por brindarme dulzura y motivación. A mis 3 pilares: Lenin, Mikaela y Milton.

Dios no pudo darme mejores hermanos.

A mis sobrinos: Cris y Teo

Al Dr. César Falconí por su amistad, por su enseñanza, dedicación, cariño y paciencia y a su equipo de investigación. Darwin y Karito

Agradezco al IASA, al personal administrativo y sobre todo a cada uno de los docentes que conocí en estos 5 años, me llevo la mejor instrucción. A mis amigos.

A mi Tío Marcelo quien guía mis pasos desde el cielo.

Ana Carolina

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	El Problema	3
1.4	Los efectos.....	3
1.5	Las causas.....	4
1.6	Objetivos.....	4
1.6.1	Objetivo General	4
1.6.2	Objetivos Específicos.....	4
1.7	Hipótesis	4

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1	Origen.....	5
2.2	Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	5
2.2.1	Descripción taxonómica.....	5
2.2.2	Descripción Botánica	6
2.2.3	Preparación del suelo	6
2.2.4	Siembra	6
2.2.5	Etapas del cultivo	7

2.3	Características de los genotipos.....	7
2.3.1	Genotipo I -450 Andino	7
2.3.2	Genotipo I -451 Guaranguito	8
2.4	Principales plagas y enfermedades.....	8
2.5	Antracnosis (<i>Colletotrichum acutatum</i>)	8
2.5.1	Generalidades.....	8
2.5.2	Clasificación Taxonómica.....	8
2.5.3	Síntomas.....	9
2.5.4	Morfología y Ciclo de vida	10
2.5.5	Métodos de Control.....	11
2.6	Radiación Solar	12
2.6.1	Efectos de la radiación solar en plantas	13
2.6.2	Radiación solar en patógenos.....	13
2.6.3	Efecto de la radiación solar en antracnosis	13
2.6.4	Semillas expuestas a radiación solar	14

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Ubicación.....	15
3.1.1	Ubicación Política del IASA	15
3.1.2	Ubicación Geográfica del IASA	16
3.1.3	Ubicación Ecológica del IASA	16
3.1.4	Ubicación Política de Latacunga.....	16
3.1.5	Ubicación Geográfica de Latacunga	16
3.1.6	Ubicación Ecológica de Latacunga.....	17
3.2	Materiales	17
3.2.1	Materiales de campo	17
3.2.2	Materiales de laboratorio.....	18
3.2.2.1	Insumos	18
3.2.2.2	Equipos.....	18
3.2.2.3	Reactivos	18
3.3	Método.....	18
3.3.1	Fase de laboratorio	18

3.3.2	Porcentaje de Humedad.....	19
3.3.3	Aplicación de los tratamientos a las semillas.....	19
3.3.4	Fase de campo.....	20
3.3.4.1	Localidad IASA.....	20
3.3.4.2	Localidad Latacunga.....	20
3.3.5	Diseño Experimental.....	23
3.3.5.1	Tipo de diseño.....	23
3.3.5.2	Factores y Tratamientos.....	23
3.3.5.3	Repeticiones o Bloques.....	24
3.3.5.4	Características de las Unidades Experimentales.....	24
3.3.6	Croquis del Diseño.....	25
3.3.7	Análisis estadístico.....	26
3.3.7.1	Esquema del análisis de varianza.....	26
3.3.7.2	Coefficiente de variación.....	26
3.3.7.3	Análisis Funcional.....	27
3.3.8	Variables analizadas.....	27

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados.....	30
4.1.1	Radiación Solar y Temperatura.....	30
4.1.2	Porcentaje de humedad de la semilla (Laboratorio).....	31
4.1.3	Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (<i>L. mutabilis</i>).....	32
4.1.3.1	Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (<i>L. mutabilis</i>) en la localidad del IASA.....	32
4.1.3.2	Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (<i>L. mutabilis</i>) en la localidad de Latacunga.....	33
4.1.4	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de <i>C. acutatum</i>	34
4.1.4.1	(ABCPE) de <i>C. acutatum</i> en la localidad del IASA.....	34
4.1.4.2	(ABCPE) de <i>C. acutatum</i> en la localidad de Latacunga.....	36
4.1.5	Incidencia.....	36
4.1.5.1	Incidencia en la localidad del IASA.....	36
4.1.5.2	Incidencia en la localidad de Latacunga.....	37

4.1.6	Número de vainas en el eje central y ramas laterales por planta	38
4.1.6.1	Número de vainas en la localidad del IASA	38
4.1.6.2	Número de vainas en la localidad de Latacunga	39
4.1.7	Número de vainas infectadas por planta	41
4.1.7.1	Número de vainas infectadas por planta en la localidad del IASA	41
4.1.7.2	Número de vainas infectadas por planta en la localidad de Latacunga.....	41
4.1.8	Semilla por vaina.....	42
4.1.8.1	Semilla por vaina en la localidad del IASA	42
4.1.8.2	Semilla por vaina en la localidad de Latacunga.....	43
4.1.9	Peso de semilla comercial y no comercial	44
4.1.9.1	Peso de semilla comercial y no comercial en la localidad del IASA.....	44
4.1.9.2	Peso de semilla comercial y no comercial en la localidad de Latacunga.....	45
4.1.10	Rendimiento del cultivo (qq.ha ⁻¹)	47
4.1.10.1	Rendimiento en la localidad del IASA.....	47
4.1.10.2	Rendimiento en la localidad de Latacunga	47
4.1.11	Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio)	48
4.1.11.1	Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio) en la localidad IASA	48
4.1.11.2	Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio) en la localidad de Latacunga	49
4.2	Discusión	51

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	55
5.2	Recomendaciones	56
5.3	Bibliografía.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tratamientos utilizados en los genotipos: I-450 Andino e I-451 Guaranguito de chocho (L. mutabilis)</i>	23
Tabla 2	<i>Análisis de varianza con fuentes de variación y grados de libertad.....</i>	26
Tabla 3	<i>Porcentaje de humedad en semilla de chocho del genotipo I-450 Andino luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente.</i>	31
Tabla 4	<i>Porcentaje de humedad en semilla de chocho del genotipo I-451 Guaranguito luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente.</i>	32
Tabla 5	<i>Número de vainas en el eje central y ramas laterales en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA.</i>	39
Tabla 6	<i>Número de vainas en el eje central y ramas laterales en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga</i>	40
Tabla 7	<i>Peso de semilla comercial y semilla no comercial en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad IASA.</i>	45
Tabla 8	<i>Peso de semilla comercial y semilla no comercial en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad Latacunga</i>	46
Tabla 9	<i>Porcentaje de germinación e infección a la cosecha en dos genotipos provenientes de semillas de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad IASA.</i>	49
Tabla 10	<i>Porcentaje de germinación e infección a la cosecha en dos genotipos provenientes de semillas de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad Latacunga</i>	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Síntomas de <i>C. acutatum</i> en el cultivo de chocho	10
Figura 2	Ciclo de vida de <i>C. acutatum</i> en <i>L. mutabilis</i>	11
Figura 3	Longitudes de onda.....	12
Figura 4	Imagen de la localidad - IASA	15
Figura 5	Imagen de la localidad de Latacunga.....	16
Figura 6	Imagen de la estufa casera	17
Figura 7	Imagen de la exposición al ambiente.....	17
Figura 8	Escala de severidad de antracnosis (<i>C. acutatum</i>).....	22
Figura 9	Distribución en campo del experimento	25
Figura 10	Radiación solar acumulada y promedio de temperatura en la estufa de fabricación casera	30
Figura 11	Radiación solar acumulada y promedio de temperatura en la exposición al ambiente	31
Figura 12	Porcentaje de emergencia en semillas de chocho (<i>L. mutabilis</i>) luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en los genotipos I-450 Andino, I-451 Guaranguito, en la emergencia, 17 días después de la siembra en el IASA	33
Figura 13	Porcentaje de emergencia en semillas de chocho (<i>L. mutabilis</i>) luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) de dos genotipos I-450 Andino, I-451 Guaranguito, 17 días después de la siembra en Latacunga.....	34
Figura 14	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) desde los 30 a los 150 días a partir de plantas de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos	

sembrados en dos localidades: a) I-450 Andino – IASA;b) I-451 Guaranguito – IASA; c) I-450 Andino – Latacunga; d) I-451 Guaranguito – Latacunga. 35

Figura 15 Incidencia en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito, 160 días posteriores a la siembra, en la localidad del IASA..... 37

Figura 16 Incidencia en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito, 160 días posteriores a la siembra, en la localidad 38

Figura 17 Número de vainas infectadas en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA..... 41

Figura 18 Número de vainas infectadas en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga..... 42

Figura 19 Semilla por vaina a la cosecha en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA..... 43

Figura 20 Semilla por vaina a la cosecha en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga..... 44

- Figura 21** Rendimiento de chocho (*L. mutabilis*) proveniente de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito en la localidad IASA. 47
- Figura 22** Rendimiento de chocho (*L. mutabilis*) proveniente de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito en la localidad Latacunga..... 48

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar el potencial de la radiación solar en semillas de chocho *Lupinus mutabilis* en los genotipos I-450 Andino e I-451 Guaranguito para erradicar *Collecotricum acutatum*, patógeno huésped de semilla a causa de la antracnosis. Se evaluaron dosis de exposición de radiación solar de 1.63 MJ.m⁻² (30 minutos) y 2.32 MJ.m⁻² (45 minutos) usando una estufa de fabricación casera y se comparó con exposiciones al ambiente, se obtuvieron dosis de 1.03 MJ.m⁻² (30 minutos) y 1.58 MJ.m⁻² (45 minutos). Para evaluar su impacto se cultivaron las semillas en dos localidades Pichincha y Latacunga. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Durante el ciclo del cultivo se evaluó la incidencia y la severidad de la infección donde se comprobó que dosis de radiación solar de 2.32 MJ.m⁻² reduce significativamente la infección en comparación con el testigo. La emergencia de las plántulas no se vio afectada sin embargo el porcentaje de germinación se reduce significativamente a mayor dosis de exposición de radiación en la estufa casera. Parámetros agronómicos como: número de vainas por planta, semillas por vaina no fueron afectados en comparación con el testigo y el control químico. El rendimiento del cultivo con dosis de 2.32 MJ.m⁻² de radiación solar fue superior en relación al testigo. El uso de radiación solar es un método prometedor y eficaz para erradicar antracnosis en chocho.

PALABRAS CLAVE:

- **RADIACIÓN SOLAR**
- **CHOCHO**
- **ANTRACNOSIS**
- **INCIDENCIA**

ABSTRACT

The present investigation was carried out in order to determine the potential of solar radiation in *Lupinus mutabilis* lupine seeds in the genotypes I-450 Andino and I-451 Guaranguito to eradicate *Colletotricum acutatum*, pathogen gueste of seed, which causes anthracnose. Were evaluated solar radiation exposure doses of 1.63 MJ.m⁻² (30 minutes) and 2.32 MJ.m⁻² (45 minutes) were evaluated using a homemade stove and compared with the exposure to the environment, obtained doses of 1.03 MJ.m⁻²(30 minutes) and 1.58 MJ.m⁻² (45 minutes). To evaluate their impact of cultivated seeds in two locations Pichincha and Latacunga. Was used a completely randomized design with three replications. Within the crop cycle, the incidence and severity of the infection were evaluated, where it was found that the solar radiation dose of 2.32 MJ.m⁻² significantly reduces the infection compared to the control. The emergence of the seedlings was not affected; however, the germination percentage is significantly reduced to a higher dose of radiation exposure in the homemade stove. Agronomic parameters such as number of pods per plant, seeds per pod were not affected compared to the control and chemical control. The yield of the crop with a dose of 2.32 MJ.m⁻² of solar radiation is higher in relation to the control. The use of solar radiation is a promising and effective method to eradicate anthracnose in the corn.

KEYWORDS:

- **SOLAR RADIATION**
- **CHOCHO**
- **ANTHRACNOSE**
- **INCIDENCE**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El chocho (*Lupinus mutabilis*) conocido como ullush, talwish, tauri, tarwi, lupino o ccquilla, es una leguminosa cultivada en los Andes desde los 1500 msnm, distribuida en Perú, Venezuela, Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia y Argentina. Sus semillas son usadas en la alimentación humana, debido a que ocupa los primeros lugares de alimentos nativos con alto contenido de proteínas y aceites a nivel mundial (Jacobsen & Mujica, 2006).

En el Ecuador se siembran 5974 ha, pero debido a enfermedades devastadoras se cosechan 3921 ha con una pérdida de 2053 ha (34 %), el cultivo está situado en la sierra Ecuatoriana en las provincias de: Cotopaxi, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Carchi e Imbabura (SICA, 2002).

El patógeno causante de la antracnosis conocido como *Colletotrichum acutatum* es de una amplia gama de plantas hospederas en todo el mundo; afecta considerablemente al cultivo del chocho, atacando principalmente a hojas, tallos, vainas, semillas y en varios casos la muerte de la planta (Damm *et al.* 2012). Principalmente la enfermedad se presenta con lesiones oscuras y la infección forma masas de conidios de color naranja debido a que el ataque se da en la zona apical, la planta se seca y no produce flores ni vainas (Falconí, 2012). Se controla mediante la aplicación de fungicidas (Caicedo & Peralta, 2001). La radiación solar es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas provenientes del sol. El sol emite un amplio espectro de radiaciones, desde rayos gamma hasta longitudes de onda largas, de tipo infrarrojo (Reddy, Kakanl, Zhao, Kolt, & Gao, 2004). La radiación solar es una técnica ancestral que consiste en la exposición directa de la semilla al sol; utilizada para la desinfección de patógenos, ácaros, bacterias y nematodos de los granos; esta técnica es una solución alternativa para los

agricultores que se ven amenazados por las altas infestaciones de patógenos en las semillas Fonseca *et al.*, (2002); sin embargo no se ha logrado identificar el tiempo de dosis correcta, además de esto no existen comparaciones de radiación solar y solarización natural y sus efectos a campo abierto.

1.2 Justificación

El chocho (*Lupinus mutabilis*), es una leguminosa de origen andino, este grano es considerado un producto determinante para la soberanía alimentaria de los ecuatorianos, debido a su alto contenido de proteína (46 %) (Caicedo & Peralta, 2000).

El consumo de chocho desamargado en Ecuador es de 71 % en familias de la sierra, 19 % de la costa y 87 % del Oriente. El consumo per cápita mensual es 0,7 kg en la sierra y la región amazónica y 0,2 kg en la costa (Peralta & Caicedo, 1999). Existen limitantes para la producción de chocho: plagas, enfermedades, heladas, exceso de lluvias, bajas y altas temperaturas y sobretodo la semilla de mala calidad (INIAP, 2009). El cultivo de chocho presenta un gran desafío importante, debido a que presenta una enfermedad que afecta a tallos, hojas y vainas llamado antracnosis, causando pérdidas de alto rendimiento debido a que esta enfermedad se transmite por semilla.

Los agricultores comúnmente utilizan la exposición directa al sol como una alternativa de desinfección de semilla de chocho, basados en esta técnica ancestral Aizaga (2016), usa una estufa de elaboración casera fabricada por Falconí (2012), que permite concentrar la radiación y la temperatura. Utiliza tiempos de 30, 60, 90, 120 minutos, demostrando que una energía acumulada de $983,452 \text{ J.m}^{-2}$ obtenida en 60 minutos reduce significativamente la viabilidad del patógeno. Terán (2016), utiliza la misma técnica en tiempos de 15, 20 y 25 minutos, obteniendo en el tiempo de 20 minutos con radiación acumulada de $1,696 \text{ MJ.m}^{-1}.\text{h}^{-1}$ una reducción de la infección de 41,67 %. Posteriormente Jarrín (2016) evalúa la técnica en tiempos 45 y 60

minutos de radiación solar, donde obtiene que en el tiempo de 45 minutos se observa una disminución significativa de la enfermedad con una radiación acumulada de $5,65 \text{ MJ.m}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

Ningún estudio permite erradicar al patógeno y ninguno ha realizado una comparación entre la técnica de exposición directa al sol y radiación solar. El presente estudio pretende utilizar la técnica de radiación solar directa en comparación con la técnica de la estufa de fabricación casera considerando tiempos moderados que son entre 30 y 45 minutos, en los genotipos: INIAP – 450 Andino, INIAP – 451 Guaranguito, con esto se propone erradicar la supervivencia de *C. acutatum*, en la semilla, y evaluar el impacto en la producción de chocho en la localidad del IASA – San Fernando y Latacunga.

1.3 El Problema

La antracnosis ataca a la semilla de chocho causando daños en sus etapas morfológicas y agronómicas y por ende reduce el rendimiento del cultivo. Existen avances tecnológicos que se ven enfocados en la mejora de los parámetros productivos. Sin embargo no existe ninguna técnica consistente que erradique el patógeno de la semilla. El uso de fungicidas como desinfectante de semillas disminuye la incidencia de antracnosis, pero no erradica el patógeno. La antracnosis es una enfermedad que se transmite de semilla a planta, existen tecnologías como la radiación solar para controlar la enfermedad. Esta técnica consiste en someter las semillas en un determinado tiempo a los rayos solares para disminuir la existencia de patógenos.

1.4 Los efectos

Bajos ingresos económicos, ya que en la cosecha se obtienen granos de mala calidad, los mismos que son comercializados y generan el uso excesivo de agroquímicos que contaminan el medio ambiente provocando la inestabilidad de la salud humana. También la amenaza de la seguridad alimentaria sobre todo en poblaciones de escasos recursos.

1.5 Las causas

Falta de conocimiento en el manejo de la semilla de chocho, limitada información en el país sobre el método de desinfección de semillas mediante radiación solar. Mínima investigación en estudios relacionados al tratamiento de semillas con radiación solar. Uso de semilla de mala calidad. Deficiente asesoramiento de las casas comerciales para el control del patógeno utilizando fungicidas.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

- Valorar el uso de la radiación solar en la erradicación de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) de dos genotipos de chocho en dos localidades.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de dos tiempos de radiación solar en el porcentaje de semillas germinadas, humedad e infección in vitro en dos genotipos en las dos localidades.
- Determinar la incidencia de antracnosis en el cultivo de chocho mediante el efecto de la radiación solar en las dos localidades.
- Evaluar el efecto de la radiación solar sobre la severidad de la enfermedad en el cultivo de chocho en las dos localidades
- Determinar el rendimiento por hectárea de cada tratamiento en las dos localidades

1.7 Hipótesis

H₀: La Radiación solar erradica el patógeno de la semilla y aumenta la producción del cultivo.

H₁: La Radiación solar no erradica el patógeno de la semilla y disminuye la producción del cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Origen

El chocho o tarwi es un Lupino oriundo de los andes sudamericanos, donde se ha cultivado por muchos siglos, pertenece a la Familia Leguminosae, su nombre científico es *Lupinus mutabilis*. Se cree que los incas lo cultivaban antes de la invasión española en los territorios del continente Americano (100 – 800 años d. c.), las semillas median de 5 a 7 mm de largo, de 4 a 5 mm de ancho. Es una planta que crece en terrenos semi-secos, de muy pocas exigencias agronómicas y de rendimiento más óptimo que la mayoría de los cereales (Gross, 1982).

2.2 Chocho (*Lupinus mutabilis*)

La planta tiene un tipo de crecimiento herbáceo, con un color verde intenso y tipo de hojas digitadas, número de vainas en el eje central 10 a 14, con una forma de vaina oblonga y largo de 11 cm. Color de grano seco es blanco crema con una forma oval y un tamaño de 8 mm (INIAP, 2010)

2.2.1 Descripción taxonómica

Según Chirinos & Arias (2015), el chocho presentan la siguiente taxonomía:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: Lupinus

Especie: mutabilis

Nombre Científico: *Lupinus mutabilis*

2.2.2 Descripción Botánica

Es un cultivo anual de crecimiento erecto. La raíz es pivotante, profundizadora y con un gran número de nódulos que fijan el nitrógeno atmosférico a la planta. El tallo es semileñoso, las hojas son digitadas, compuestas, pecioladas de cinco a doce foliolos. Las flores tienen la típica forma de papilionáceas. El fruto es una vaina alargada de 5 a 12 cm, las semillas, provenientes de la vaina, varían de forma: redonda, u ovalada, miden entre 0,5 a 1,5 cm (Villacrés, *et al.*, 2006)

2.2.3 Preparación del suelo

El chocho se adapta bien a suelos con textura gruesa, arenosa, salina y de baja fertilidad, sin embargo se necesitan labores culturales como: rastrado y arado, depende del tipo de suelo, si es arenoso será suficiente con una pasada de los contrario un arado, una cruz y un surcado. Se debe realizar un deshierbe entre los 30 y 45 días, seguido de un aporque a los 60 días (Peralta *et al.*, 2012).

2.2.4 Siembra

La época de siembra es entre diciembre a marzo, Una vez trazado los surcos se realiza la siembra colocando en medio de los surcos tres semillas por golpe con un espaciamiento de

0.80 m. por surco. La cantidad de semilla es de 50 kg.ha⁻¹. La cosecha se realiza entre junio y septiembre, obteniéndose hasta 170000 plantas.ha⁻¹ (Tapia & Fries, 2007).

2.2.5 Etapas del cultivo

Las etapas fenológicas y sus definiciones son aquellas que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta desde la siembra hasta la cosecha (Gross, 1982)

- **Emergencia:** Cuando los cotiledones emergen del suelo.
- **Cotiledonar:** Los cotiledones empiezan a abrirse en forma horizontal a ambos lados, aparecen los primeros foliolos enrollados en el eje central.
- **Desarrollo:** Desde el apareamiento de hojas verdaderas hasta la presencia de la inflorescencia (2 cm de longitud).
- **Floración:** Iniciación de apertura de flores.
- **Reproductivo:** Desde el inicio de la floración hasta la maduración completa de la vaina.
- **Envainamiento:** Formación de vainas (2 cm de longitud).
- **Cosecha:** Maduración (grano seco).

2.3 Características de los genotipos

2.3.1 Genotipo I -450 Andino

La variedad I- 450, fue obtenida de una población de germoplasma introducida en Perú en 1992, con la identificación ECU- 2659. Es de habito de crecimiento herbáceo, precoz, con cierta susceptibilidad a plagas y enfermedades foliares y radicales. El rendimiento de esta variedad es superior en un 183 % (INIAP, 2010).

2.3.2 Genotipo I -451 Guaranguito

Es una variedad que proviene de la línea ECU 2658 (Perú), se la considera tolerante a las enfermedades y con un ciclo medianamente precoz (171 días). El grano es de tipo liso y ovalado, de color blanco. El número de vainas por plantas es de 28, contiene 5 granos por vaina. El rango de rendimiento está comprendido entre 834 -1900 kg.ha⁻¹ (Peralta *et al.*, 2012).

2.4 Principales plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades son una de las limitantes del cultivo de chocho; entre las enfermedades más frecuentes se mencionan: Fusariosis, Antracnosis, Cercosporosis y Roya; y plagas como el Trozador (*Agrotis ípsilon*), Chinche (*Proba sallei*), Trips (*Frankiniella sp.*) (Peralta *et al.*, 2012).

2.5 Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*)

2.5.1 Generalidades

La antracnosis es considerada la enfermedad más devastadora de los altramuces, la caracterización morfológica no permite identificar con certeza la especie del patógeno, de manera que, con la utilización de marcadores moleculares se ha determinado que la especie del género *Colletotrichum sp.*, más difundida en las principales zonas productoras del país es la especie *acutatum* (Talhinhas *et al.*, 2002).

2.5.2 Clasificación Taxonómica

Según Falconi *et al.* (2013), la clasificación taxonómica del hongo causante de antracnosis en chocho es:

Reino: Fungi (Mycota)

Subdivisión: Deuteromycota (hongos imperfectos)

Clase: Sordaryomicete

Familia: Glomerellaceae

Género: *Colletotrichum*

Especie: *acutatum*

Nombre científico: *Colletotrichum acutatum*

2.5.3 Síntomas.

En el caso del chocho, los síntomas más distintivos empiezan en la etapa de floración, sin embargo en la etapa vegetativa también se observan síntomas como acérvulos < de 5 cm sin esporulación en el tallo. Otro tipo de síntoma es el doblamiento o torcedura del tallo central con una lesión sobre la zona doblada. En los tallos se presentan lesiones de color café oscuro y de hasta 2 cm de largo. En ocasiones se observan tallos completamente torcidos o debilitados hasta romperse. En cuanto a las hojas las lesiones no son numerosas pero pueden ser vistas como manchas con bordes cafés oscuros (Thomas G. , 2003). Las semillas en las vainas infectadas se vuelven marrones y arrugadas, si la planta germina presenta necrosis en cotiledones e hipocotíleo (Gondran & Pacault, 1997).

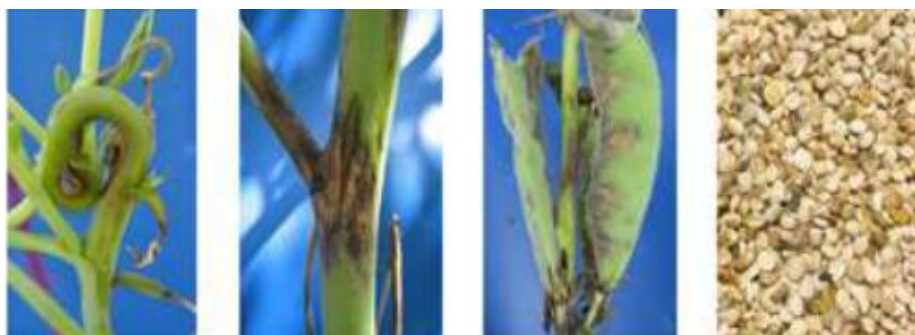


Figura 1 Síntomas de *C. acutatum* en el cultivo de chocho

Fuente: (Falconí, 2012)

2.5.4 Morfología y Ciclo de vida

Empieza por las esporas o micelio transportados en semilla infectada o de mala calidad. Posteriormente después de la siembra, las plántulas que emergen pueden desarrollar lesiones sobre tallo, hipocótilo, cotiledones. Al cabo de días las lesiones producen esporas en abundancia, las cuales se dispersan por efecto de fuertes vientos, lluvias e insectos a cortas y grandes distancias (Thomas, 2003).

El ciclo de vida de *Colletotrichum* comprende una fase sexual y asexual. En términos generales la sexual proporciona la variabilidad genética, y el estadio asexual es el responsable de la dispersión del hongo (Martinez, Garcia, & Durango, 2016).

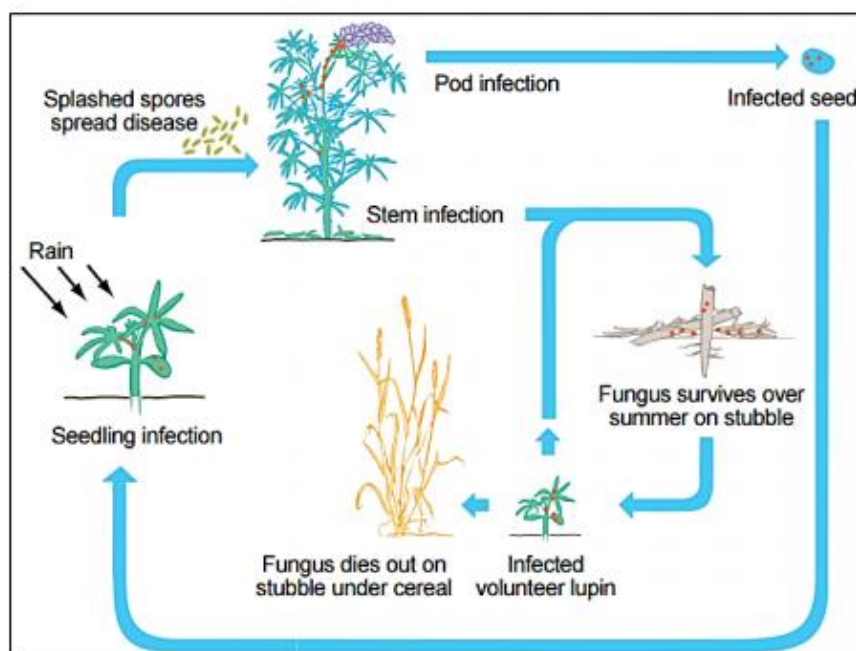


Figura 2 Ciclo de vida de *C. acutatum* en *L. mutabilis*

Fuente: (Thomas, 2003).

2.5.5 Métodos de Control

El control con fungicidas en semilla, reducen la incidencia de antracnosis pero no erradican la infección en semillas transportadas. Actualmente las medidas de manejo contra el hongo son de manera preventiva: métodos químicos, manejos de los cultivos y control biológico ya que establece un periodo de latencia con la finalidad de hacer frente a los mecanismos de defensa del hospedante, reanudando su crecimiento en cualquier momento llegando a infestar la semilla (Wharton & Phillip S, 2004).

2.5.5.1 Control químico

La desinfección de la semilla se realiza con Carbendazim 8-hidroxiquinolina cobre (II) o con Iprodiona, sin comprometer la tasa de germinación (Gondran & Pacault, 1997), o con Thiram 1g.kg^{-1} (Thomas & Sweetingham, 2003). Bajo condiciones de campo, la aplicación preventiva de una mezcla de ciproconazol (80 g.ha^{-1}) y clortalonil (750 g.ha^{-1}) ha demostrado

buenos efectos (Gondran & Pacault, 1997), aunque se considera económicamente no recomendable .En condiciones de campo, la azoxistrobina 0,8 l.ha⁻¹ o metaconazol (0,8 l.ha⁻¹) y ciproconazol + azoxistrobina 1 l.ha⁻¹ .Tienen una buena eficacia en la antracnosis (Arvalis, 2014) .

2.6 Radiación Solar

La radiación solar es un proceso natural originado por el sol utilizado como fuente de energía para los seres vivos. Es fundamental para la fotosíntesis en las plantas (Hernández *et al.* 2001). Se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda (AEMet, 2004).

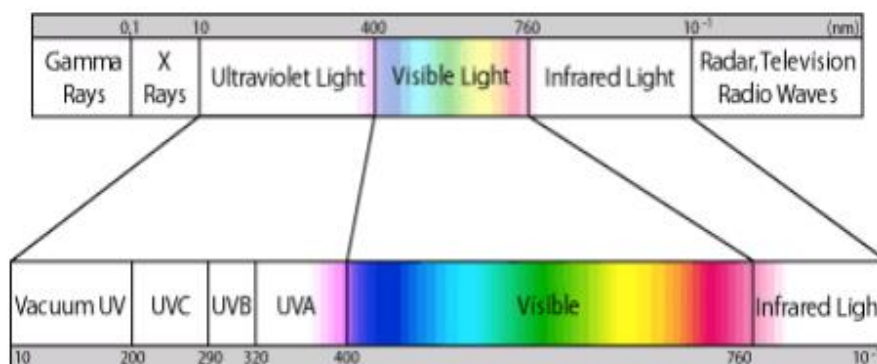


Figura 3 Longitudes de onda

Fuente: (AEMet, 2004)

La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

Ultravioleta: 7 % Luz visible: 43 % Infrarrojo: 49 % El resto: 1 %

La radiación Ultravioleta se distribuye en:

UVA: entre los 330 y 400 nm. La cual llega en mayor cantidad a la superficie terrestre, ya que es poco absorbida por el O₃. Se la considera la menos dañina.

UV-B: entre los 280 y 320 nm.

UV-C: entre los 200 y 280 nm. Pero llega en menor cantidad a la superficie terrestre ya que es absorbida por el O₃ (Carrasco-Ríos, 2009).

2.6.1 Efectos de la radiación solar en plantas

Mejorar los procesos fisiológicos y bioquímicos de muchas especies de plantas, incluyendo los procesos de fotosíntesis en plantas (Reddy, Kakanl, Zhao, Kolt, & Gao, 2004), y los procesos metabólicos (Bassman, 2004), y por ende cambios morfológicos a nivel de campo.

2.6.2 Radiación solar en patógenos

Las fluctuaciones de las temperaturas pueden destruir las paredes celulares de las esporas, y la desnaturalización del ADN. La radiación solar UV, en particular la de longitud corta que está debajo de los 320 nm, reduce el tiempo de supervivencia del patógeno. Las longitudes de onda entre 250 nm y 270 nm son particularmente para las esporas, pero la radiación de estas longitudes de onda no llegan a la superficie del suelo, las longitudes de onda superiores a los 290 nm alcanzan el suelo y matan las esporas sensibles presentes en pocas horas (Rotem, Wooding, & Aylor, 1985).

2.6.3 Efecto de la radiación solar en antracnosis

Según Falconí & Yáñez-Mendizábal (2016), el efecto del calor durante 8 a 12 horas de tratamientos térmicos reducen la transmisión del patógeno en 75 – 85 %. Aunque, es necesario determinar el nivel de radiación con los tiempos óptimos en cuanto al rendimiento porque a mayor intercepción de radiación solar, mayor es la saturación y por ende se afecta el porcentaje de humedad en la semilla (Flores-López *et al.*, 2009).

2.6.4 Semillas expuestas a radiación solar

Estudios demuestran que *Colletotrichum orbiculare*, que induce la antracnosis en pepino, podría erradicarse efectivamente de las semillas mediante tratamiento térmico en seco a 70 ° C durante 90 min (Shi *et al.* 2016). En el caso de semillas de *L. mutabilis* se ha demostrado que la exposición al calor seco 65° C durante 8 a 12 horas redujo la transmisión de *C. acutatum* hasta un 85 % desde la semilla hasta las plántulas en invernadero (Falconí & Yáñez–Mendizábal, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en dos localidades de la provincia de Pichincha y Cotopaxi. A continuación se detalla la primera localidad

3.1.1 Ubicación Política del IASA

Parte de la investigación se realizó en el Laboratorio, el primer ensayo a campo abierto se dispuso junto al invernadero de Fitopatología del Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la Hacienda El Prado, localidad de San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha.



Figura 4 Imagen de la localidad - IASA

Fuente: (Worldmeteo, 2018)

3.1.2 Ubicación Geográfica del IASA

El laboratorio se encuentra en las coordenadas $0^{\circ} 23' 20''$ latitud sur y $78^{\circ}24' 44''$ longitud oeste.

3.1.3 Ubicación Ecológica del IASA

Las instalaciones se localizan a 2748 msnm, con una humedad relativa de 69,03 % y una temperatura media de 14°C (MA-56, 2018).

3.1.4 Ubicación Política de Latacunga

El segundo ensayo se realizó en la ciudad de Latacunga, está ubicada en la parroquia Ignacio Flores (La Laguna), cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.



Figura 5 Imagen de la localidad de Latacunga

Fuente: (Worldmeteo, 2018)

3.1.5 Ubicación Geográfica de Latacunga

El terreno se encuentra en las coordenadas $0^{\circ}56'05.9''\text{S}$ y $78^{\circ}36'13.7''\text{W}$

3.1.6 Ubicación Ecológica de Latacunga

El terreno se localiza a 2650 msnm, con una humedad relativa de 59 % y una temperatura media de 17°C (Worldmeteo, 2018).

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales de campo

Semilla de chocho variedad I-450 Andino e I-451 Guaranguito, Balanza, Fundas de plástico, Pirómetro, Vitavax, Estacas, Piola, Bomba de mochila, Marcador permanente, lana, Libreta de campo, Tijeras de podar, Costalillos, Guantes, Bandejas, estufa (dimensiones: 110 * 65 cm el área total)



Figura 6 Imagen de la estufa casera

Fuente: (Elaborada por Falconí, 2012)



Figura 7 Imagen de la exposición al ambiente

- Controles sanitarios: Curacron (Profenofo, Syngenta): 0.8 ml.l⁻¹
- Fertilización: 18-46-0: 65 – 130 kg. ha⁻¹, Biol: 1ml.l⁻¹

3.2.2 Materiales de laboratorio

3.2.2.1 Insumos

Cajas Petri, vasos de precipitación, probetas, pinzas, mechero, papel filtro, fundas con cierre, ligas.

3.2.2.2 Equipos

Cámara de flujo laminar, balanza, germinador, estufa para medir la humedad, estufa casera de solarización, piranómetro con data logger; termómetro con data logger.

3.2.2.3 Reactivos

- Agua destilada 25 ml
- NaClO 10 ml .L⁻¹
- Alcohol industrial

3.3 Método

El proyecto se llevó a cabo en dos fases:

3.3.1 Fase de laboratorio

Se realizó un submuestreo de lotes para lo cual se seleccionó 400 semillas de cada genotipo, las cuales se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de NaClO 5% + agua destilada durante 3 minutos, después se las lavó con agua destilada y alcohol industrial al 95 % durante tres minutos y finalmente con abundante agua destilada.

En la cámara de flujo laminar, previamente desinfectada, se humedeció cada lámina de papel filtro con agua destilada para después colocar 100 semillas de cada genotipo. Se enrollaron las láminas de tal manera que la semilla se mantuvo apretada y con suficiente

humedad, se las metió en fundas plásticas con cierre, se etiquetó y colocó dentro del germinador a 25°C durante nueve días.

3.3.2 Porcentaje de Humedad

Se seleccionó 10 g de semilla de chocho por cada tratamiento por tres repeticiones, y colocó en cajas Petri de vidrio. Se obtuvo el peso inicial, en la balanza digital. Se colocó las cajas en una estufa a 130° C, por tres horas para los testigos, después se obtuvo el peso final. Para los demás tratamientos se aplicó el tiempo de 30 y 45 minutos en la estufa y 30 y 45 para la exposición al ambiente. Al final se pesó y aplicó la fórmula del porcentaje de humedad (Ver 6.3.4.5.)

3.3.3 Aplicación de los tratamientos a las semillas

Aprovechando el cielo despejado y la radiación directa. Se seleccionaron 360 semillas para cada tratamiento (120 por repetición). Las semillas se colocaron en cajas petri plásticas, etiquetadas. Se trataron las semillas en tiempos de 30 y 45 minutos utilizando la estufa casera elaborada por Falconí (2012), junto al termómetro de alta temperatura y al pirómetro conectado al data logger, la estufa se cerró herméticamente, exponiéndola a los rayos solares; de igual forma utilizando los mismos tiempos se hizo exposiciones de otros lotes de semillas al ambiente.

Los tratamientos de la estufa casera se aplicaron a las 11 am y los de exposición natural a las 12 pm.

Para los tratamientos químicos se aplicó vitavax 2g.kg⁻¹ por semilla de chocho. Después de aplicar los tratamientos, las semillas se guardaron en fundas plásticas con cierre hasta el día de la siembra

3.3.4 Fase de campo

Para la fase de campo:

3.3.4.1 Localidad IASA

Se utilizó el terreno, con una pendiente del 3 %, ubicado junto al invernadero de Fitopatología. Para la preparación del terreno se usaron dos pasadas de arado, y dos de rastra. Después se realizaron los surcos con una distancia de 0.8m. Entre ellos (15 surcos en total). Se dividió el terreno en 3 bloques, que se subdividieron con estacas y piolas de 12 parcelas de 15m², y por bloque, obteniendo un total de 36 unidades experimentales. El espaciamiento entre parcelas fue de 1m y el espaciamiento entre bloques fue de 2.5 m. El área total del ensayo fue de 940 m², el área efectiva de 540 m². Con respecto al riego se instaló una manguera de 35m a la tubería ya existente para proporcionar el riego por inundación a lo ancho del ensayo, de tal manera que corra el agua para los 15 surcos.

3.3.4.2 Localidad Latacunga

Se utilizó un terreno con una pendiente del 3%, ubicado en el Cantón: Latacunga, Parroquia: Ignacio Flores (La laguna). Para la preparación del terreno se realizó dos pasadas de rastra y dos de arado. Posteriormente se realizaron surcos de 0.8m. El tipo de suelo fue arenoso. Se utilizó riego por inundación y por aspersion. La fuente de agua provino del rio Cunuyacú que pasa a 3m de donde se encuentra el cultivo.

La siembra en las dos localidades se realizó colocando 3 semillas por golpe, a 0.35 m de distancia entre golpes y una profundidad de 0.4 m., aplicando insecticida Curacrón antes de tapar.

A los 17 días se evaluó el porcentaje de emergencia, contabilizando el número total de semillas germinadas en un área de 1 m² de la unidad experimental. A los 18 días se aplicó un

control preventivo de insectos con Curacron a una dosis de 1 ml.l⁻¹, el mismo que se utilizó cada 15 días hasta el momento de la floración. Con respecto al riego, se lo realizó cada 3 días en el primer mes, ya que en los otros meses no fue necesario por el invierno. La deshierba se realizó a los 30 días y un aporque a los 60 y 120 días. Para la fertilización se utilizó 6kg de 18-46-0 (distancias: 0.02 m de las plantas y 0.04 m de profundidad)

A los 90 días, en la etapa de floración, se realizó nuevamente un aporque y se aplicó 1ml.l⁻¹ de Biol en las plantas. Debido a las condiciones pobres del suelo que presentó la localidad de Latacunga se aplicó 6 kg Nitrato de Calcio a los 45 y 90 días. .

La distinción se realizó en 10 plantas de cada unidad experimental, colocando lana de color rojo en el tallo principal para el registro de datos.

A los 120 días después de la siembra cuando el 50 % se encontró en floración se procedió a evaluar la severidad de la enfermedad con una escala elaborada por (Falconí, 2012), donde:

Planta sin ninguna lesión (1)

Lesiones muy pequeñas (menos de 5 mm) en las hojas y en el tallo central, algunas arrugas en las hojas, ausencia de esporulación; (2)

Yema apical del tallo central doblado debido a la infección, abundantes arrugas en las hojas, lesiones de 1 cm a 0,5 cm, poca esporulación; (3)

Presencia de lesiones de tamaño mediano (1 hasta 3 cm), en tallos y ramas, acompañados de tejido necrótico (esporulación); (4)

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) ;(5)

Planta necrótica severamente afectada, plantas muertas, forma pequeña de vainas, esporulación de tejido necrótico de color salmón (6)

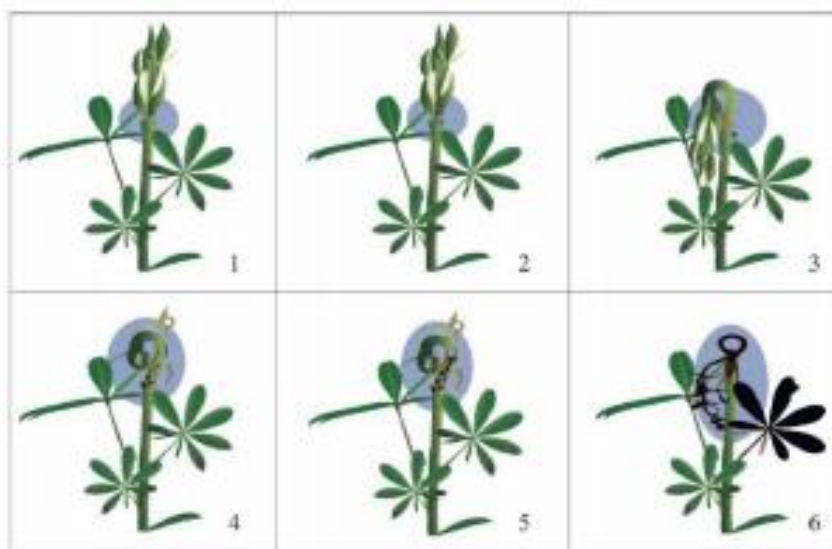


Figura 8 Escala de severidad de antracnosis (*C. acutatum*)

Fuente: (Falconí, 2012)

A los 160 días se procedió a la cosecha de vainas en costalillos identificados con su respectivo tratamiento y repetición. Se colectaron datos de las variables: número de vainas por eje central, ramas laterales, número de vainas infectadas por planta.

Se tomaron al azar las vainas de las 10 plantas cosechadas por unidad experimental, se contaron el número de semillas de cada una. La semilla que se obtuvo en cada parcela, se pesó en una balanza digital, separando la semilla no comercial de la comercial.

Para las pruebas de laboratorio se tomaron 100 semillas al azar de cada tratamiento, las cuales se desinfectaron con NaClO 5% durante tres minutos, etanol 95 % durante cinco minutos y al final un lavado. En las cajas Petri se dispuso agar + chloramphenicol, se sembraron 10 semillas de chocho por caja y se colocaron en la incubadora a 25 °C. Siete días después se

evaluó la germinación y la infección de semillas que presentaron el patógeno de *Colletotrichum acutatum*.

3.3.5 Diseño Experimental

3.3.5.1 Tipo de diseño

Se realizó un diseño completamente al azar; 12 tratamientos con 3 repeticiones en 2 localidades (IASA y Latacunga).

3.3.5.2 Factores y Tratamientos

Los factores fueron la desinfección de semillas de las variedades I-450 Andino, I-451 Guaranguito, utilizando el método de radiación solar bajo estufa casera y exposición al ambiente en los tiempos de 30 y 45 minutos, los testigos y la desinfección química para cada genotipo.

Tabla 1

Tratamientos utilizados en los genotipos: I-450 Andino e I-451 Guaranguito de chocho (L. mutabilis)

TRATAMIENTO	TIEMPO (min)	GENOTIPO	MÉTODO
T1	30	I-450 Andino	Ambiente
T2	45	I-450 Andino	Ambiente
T3	30	I-450 Andino	Estufa
T4	45	I-450 Andino	Estufa
T5	30	I-451 Guaranguito	Ambiente
T6	45	I-451 Guaranguito	Ambiente
T7	30	I-451 Guaranguito	Estufa
T8	45	I-451 Guaranguito	Estufa
T9	Desinfección Vitavax	I-450 Andino	Sin exposición
T10	Desinfección Vitavax	I-451 Guaranguito	Sin exposición
T11	Testigo	I450 Andino	Sin exposición
T12	Testigo	I-451 Guaranguito	Sin exposición

3.3.5.3 Repeticiones o Bloques

Se realizó un total de 3 repeticiones por tratamiento.

3.3.5.4 Características de las Unidades Experimentales

Se utilizaron 36 unidades experimentales en cada localidad, las cuales fueron de forma rectangular, de 3m de largo y 5m de ancho, teniendo un área de 15m². Dentro de ellas se elaboraron 5 surcos con una distancia de 0,80m. La distancia entre sitios fue de 0,35m, teniendo 3 plantas por sitio. El área efectiva del ensayo fue de 540m², por localidades.

3.3.6 Croquis del Diseño

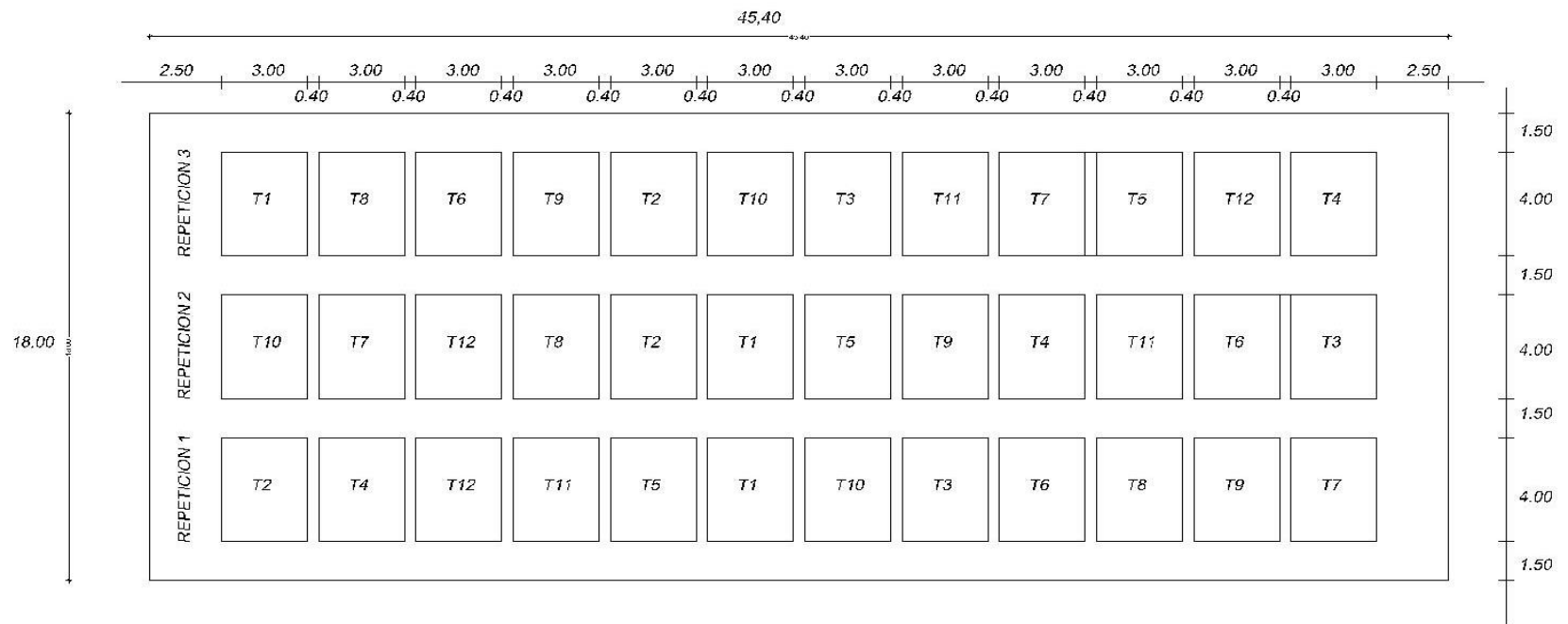


Figura 9 Distribución en campo del experimento

3.3.7 Análisis estadístico

Para el estudio se usó la tabla de ANAVA.

Tabla 2

Análisis de varianza con fuentes de variación y grados de libertad

Fuentes de Variación	Gl
Total	36 - 1 = 35
Tratamientos	12 - 1 = 11
Error	35 - 11 = 24

gl: GRADOS DE LIBERTAD

3.3.7.1 Esquema del análisis de varianza

$$Y_{ij} = \mu + S_i + T_j + G_k + ST_{ij} + SG_{ik} + TG_{jk} + STG_{ijk} + e_{ijk}$$

Donde:

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

μ = media poblacional

S_i = efecto del i-ésimo nivel de solarización

T_j = efecto del j-ésimo nivel de tiempo

G_k = efecto de la k-ésimo nivel de genotipo

ST_{ij} = efecto de la interacción Solarización x Tiempo

SG_{ik} = efecto de la interacción Solarización x Genotipo

TG_{jk} = efecto de la interacción Tiempo x Genotipo

STG_{ijk} = efecto de la interacción Solarización x Tiempo x Genotipo

e_{ijk} = Error experimental

3.3.7.2 Coeficiente de variación

Se calculó de la siguiente manera:

$$CV = \frac{\delta}{\bar{X}} * 100$$

En donde:

CV = Coeficiente de variación

δ = Desviación estándar

\bar{X} = Media

3.3.7.3 Análisis Funcional

Se realizó el análisis de varianza de las variables, además de esto se realizaron pruebas de comparación de medias entre los tratamientos que presentaron diferencias, utilizando LSD Fisher a un nivel de significancia del 5 %.

3.3.8 Variables analizadas

Parámetros in vitro

- **Porcentaje de Humedad**

Se tomaron muestras de 10 g de semilla al azar de cada tratamiento por 3 repeticiones, se sometieron a 130 0 C durante tres horas en la estufa y se calculó el contenido de la humedad de la semilla

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Peso original} - \text{peso tras secado})}{(\text{peso original})} \times 100$$

Parámetros patológicos

- **Porcentaje de emergencia**

Se contabilizó el número de plantas germinadas a los 17 días después de la siembra. Para esto se colectó el número total de semillas emergidas en un área de 1 m² de la unidad experimental Falconí (2012).

- **Severidad**

Se evaluó la severidad producida por antracnosis (*C. acutatum*) utilizando la escala elaborada por Falconí (2012), en la etapa de floración y llenado de vaina de 10 plantas al azar por cada unidad experimental.

- **Incidencia**

Se evaluó a los 160 días después de la siembra contando el número de plantas enfermas en 10 plantas al azar y utilizando la siguiente fórmula:

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

Parámetros agronómicos

- **Número de vainas en el eje central y en ramas laterales**

El número de vainas se determinó mediante el número total de vainas en el eje central y en las ramas laterales en la época de cosecha.

- **Número de vainas infectadas por planta**

Se contabilizó el número de vainas infectadas del total de vainas en 10 plantas seleccionadas al azar (Falconí, 2012).

- **Número de semillas por vaina**

El número de semillas por vaina se obtuvo trillando el total de vainas de 10 plantas y calculando el promedio.

- **Semilla no comercial y semilla total**

El porcentaje de semilla no comercial se calculó separando y pesando la semilla dañada y la semilla total

- **Rendimiento de semilla por hectárea**

Se pesó las semillas de cada unidad experimental, para luego extrapolar y expresar en quintales por hectárea.

- **Porcentaje de germinación de semilla cosechada (Laboratorio)**

Se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas 7 días después de la siembra utilizando la siguiente fórmula propuesta por (Rodriguez & Redman, 2000):

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

- **Porcentaje de infección de semillas cosechada (Laboratorio)**

Se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas 7 días después de la siembra utilizando la siguiente fórmula propuesta por (Rodríguez & Redman, 2000):

$$\% \text{ de infección} = \frac{(\text{número de semillas infectadas})}{(\text{número total de semillas})} \times 100$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Radiación Solar y Temperatura

En la figura 10 se observan los datos colectados en los data logger del piranómetro y del termómetro en la estufa de fabricación casera, obteniendo una radiación de 1.63 MJ.m^{-2} a los 30 minutos de exposición y un promedio de temperatura de 62.02°C , la cual declinó a los 45 minutos en 52.68°C y tuvo una radiación acumulada de 2.32 MJ.m^{-2} . Mientras tanto en la figura 11 se exponen los datos del ambiente; la radiación es apenas de 1.03 MJ.m^{-2} y una temperatura promedio de 30.12°C a los 30 minutos, la cual aumentó a los 45 minutos a 48.4°C y se obtuvo una radiación acumulada de 1.58 MJ.m^{-2} .

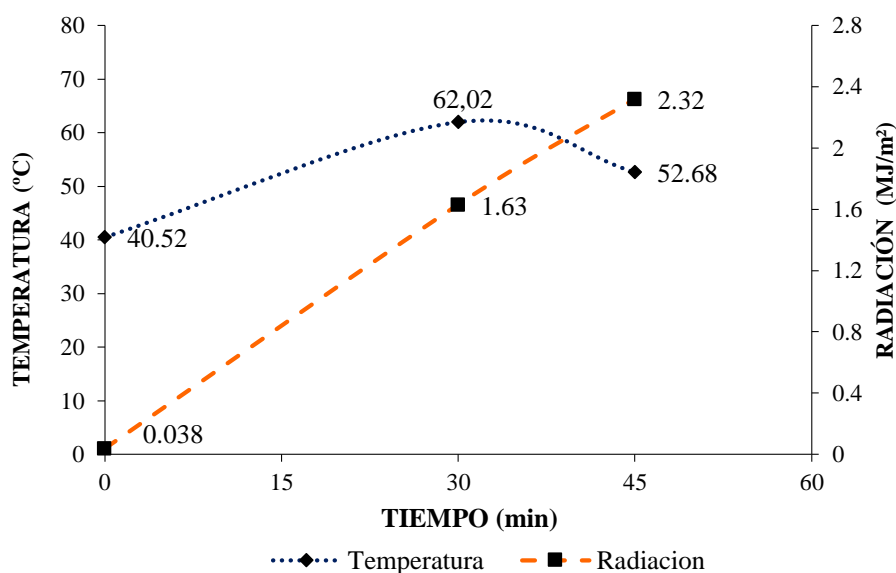


Figura 10 Radiación solar acumulada y promedio de temperatura en la estufa de fabricación casera

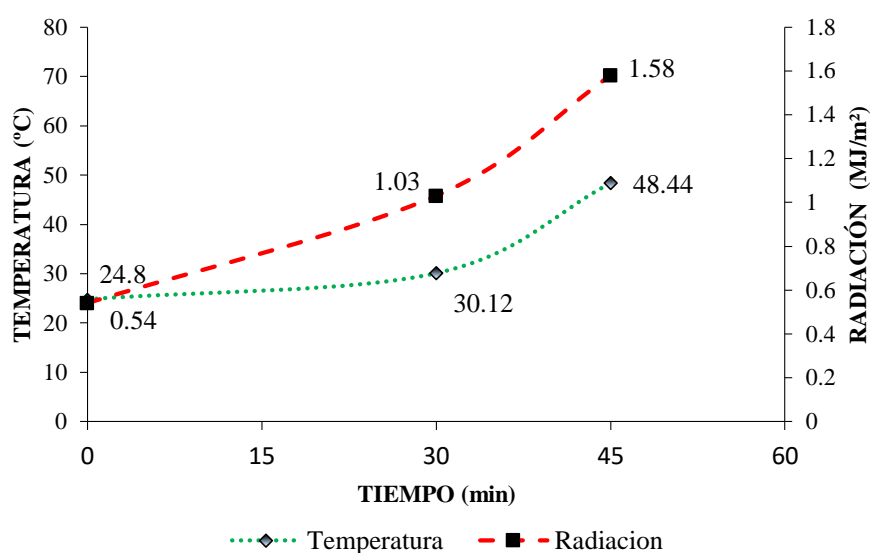


Figura 11 Radiación solar acumulada y promedio de temperatura en la exposición al ambiente

4.1.2 Porcentaje de humedad de la semilla (Laboratorio)

El porcentaje de humedad en semillas de chocho (*L. mutabilis*) de los genotipos I-450 Andino e I-451 Guaranguito expuestas a radiación solar presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$; Tabla 3, ($p = 0.0026$; Tabla 4), indicando que a mayor tiempo de exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente disminuye significativamente el contenido de humedad de las semillas con respecto a los testigos.

Tabla 3

Porcentaje de humedad en semilla de chocho del genotipo I-450 Andino luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente.

Genotipo	Método	Tiempo (minutos)	Porcentaje de Humedad
I-450 Andino	Estufa	30	9,64b
I-450 Andino	Estufa	45	9.59a
I-450 Andino	Ambiente	30	9,67c
I-450 Andino	Ambiente	45	9,66c
I-450 Andino	Testigo	Sin exposición	9,7d

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p < 0.05$)

Tabla 4

Porcentaje de humedad en semilla de chocho del genotipo I-451 Guaranguito luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente.

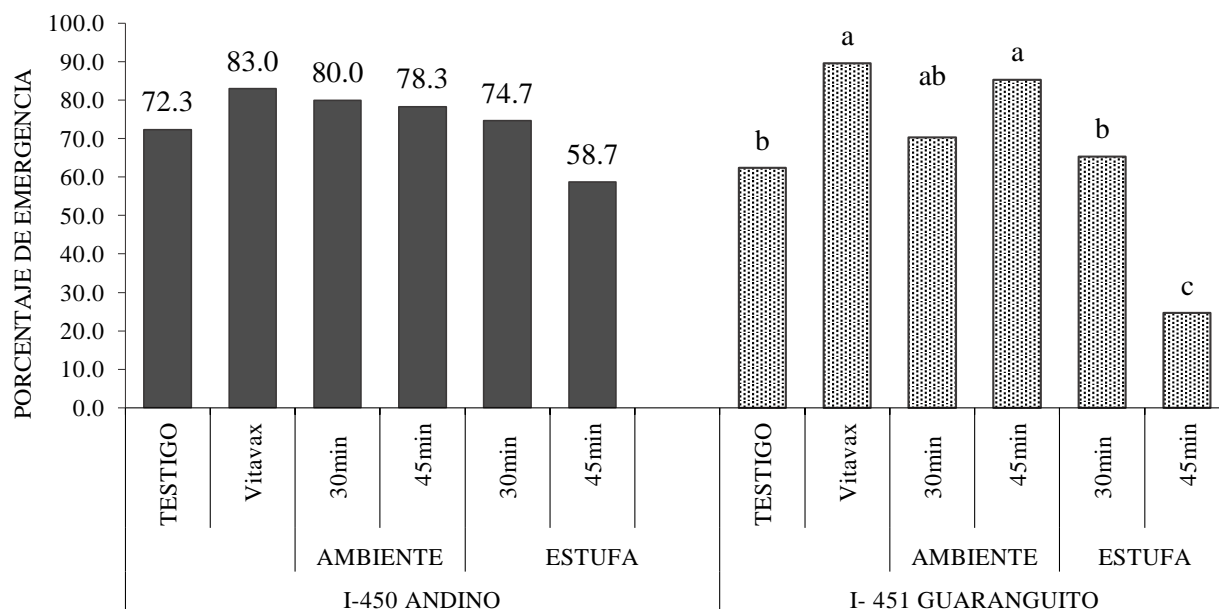
Genotipo	Método	Tiempo (min)	Porcentaje de Humedad
I-451 Guaranguito	Estufa	30	9,15b
I-451 Guaranguito	Estufa	45	9,11a
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	9,17b
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	9,16b
I-451 Guaranguito	Testigo	Sin exposición	9,20c

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher (p<0.05)

4.1.3 Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (*L. mutabilis*)

4.1.3.1 Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (*L. mutabilis*) en la localidad del IASA

En la localidad del IASA los datos correspondientes a las semillas de chocho (*Lupinus mutabilis*) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos luego de ser expuestas con diferentes métodos y tiempos a radiación solar ($p=0.7638$), ($p=0.6565$). Se obtuvo un menor porcentaje de emergencia en semillas irradiadas por 45 minutos dentro de la estufa casera a diferencia del tratamiento con vitavax (83 %) y las demás semillas expuestas a radiación, que obtuvieron porcentajes altos en el genotipo I-450 Andino. En el genotipo I-451 Guaranguito el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo en semillas pretratadas con vitavax, seguida por el tratamiento de semillas irradiadas por 45 minutos al ambiente correspondiente a 89.6 % y 85.3 %, demostrando que la radiación solar en semillas tratadas hasta cierto tiempo estimulan la emergencia, ya que se obtiene porcentajes bajos en las semillas expuestas a 45 minutos bajo estufa casera ($p= 0,009$; Figura12).



TIEMPOS DE EXPOSICIÓN A RADIACIÓN SOLAR EN DOS GENOTIPOS

Figura 12 Porcentaje de emergencia en semillas de chocho (*L. mutabilis*) luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en los genotipos I-450 Andino, I-451 Guaranguito, en la emergencia, 17 días después de la siembra en el IASA

4.1.3.2 Porcentaje de emergencia de semillas de chocho (*L. mutabilis*) en la localidad de Latacunga

En la localidad de Latacunga no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.55$), a pesar de ello numéricamente se demuestra una vez más que la radiación solar en semillas tratadas hasta cierto tiempo estimula la emergencia (30 minutos dentro de la estufa casera). Cuando las semillas fueron expuestas al ambiente, se encontraron los mayores porcentajes de emergencia correspondientes a 88% en semillas irradiadas por 30 minutos del genotipo I-450 y 91.7% de emergencia en semillas irradiadas por 45 minutos en el genotipo I-451 ($p=0.3649$), estos porcentajes disminuyeron en los tratamientos de 45 minutos dentro de estufa casera en los dos genotipos.

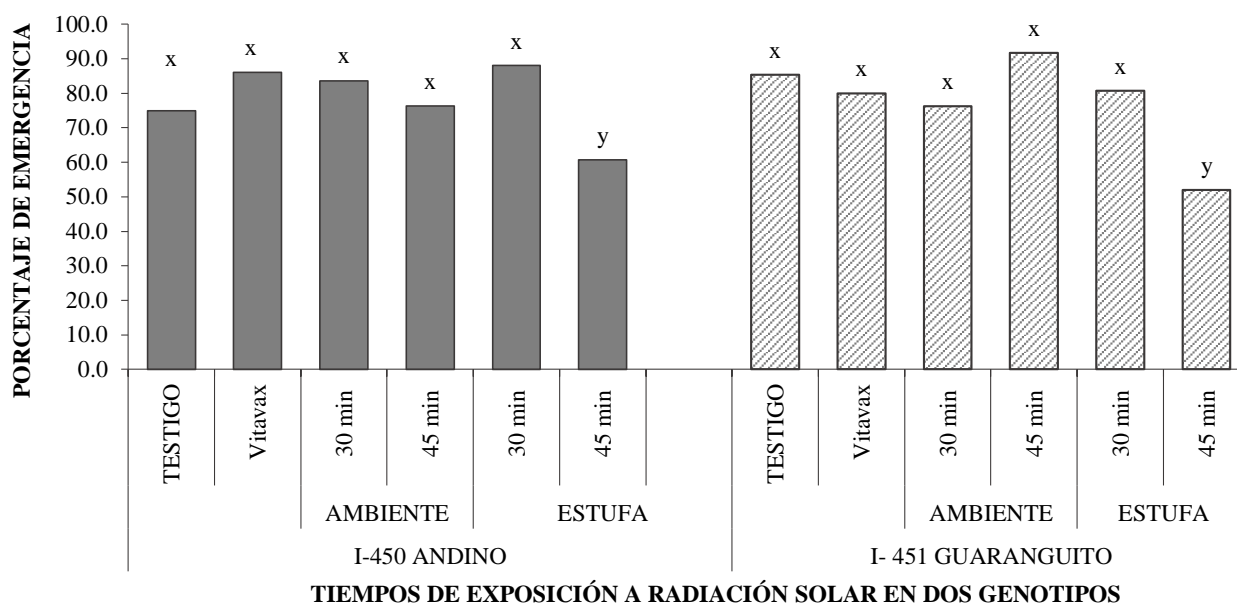


Figura 13 Porcentaje de emergencia en semillas de chocho (*L. mutabilis*) luego de la exposición a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos I-450 Andino, I-451 Guaranguito, 17 días después de la siembra en Latacunga

4.1.4 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *C. acutatum*

4.1.4.1 (ABCPE) de *C. acutatum* en la localidad del IASA

Plantas del genotipo I-450 Andino evaluadas desde los 30 a los 150 días obtuvieron un ABCPE de 257.9 en el testigo, reducido a 132.9 de severidad de la enfermedad en plantas de semillas irradiadas por 30 minutos en la estufa casera (Figura 14.a). El ABCPE obtenida en plantas de semillas irradiadas por 45 minutos en la estufa casera fue de 121.2 de severidad comparado con el testigo que presentó 230.3 en el genotipo I-451 Guaranguito. La reducción del patógeno fue más eficiente en plantas irradiadas (Figura 14.b).

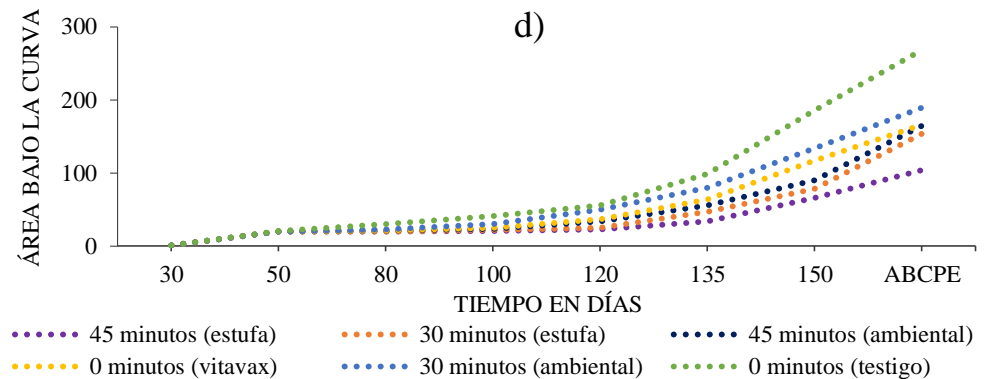
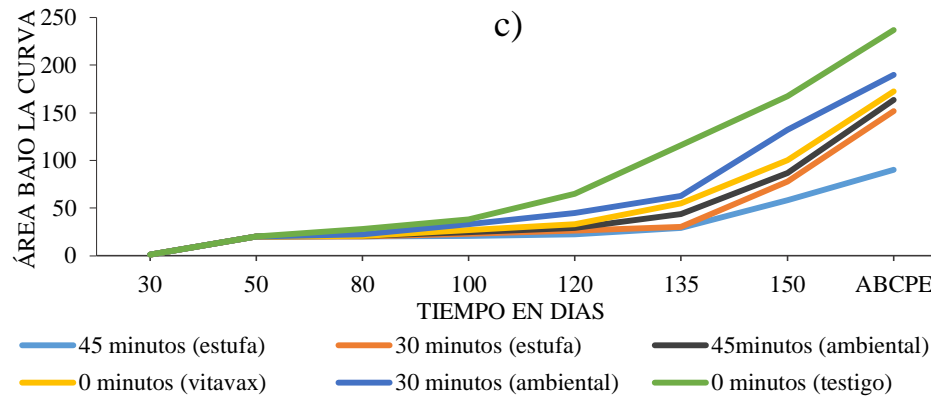
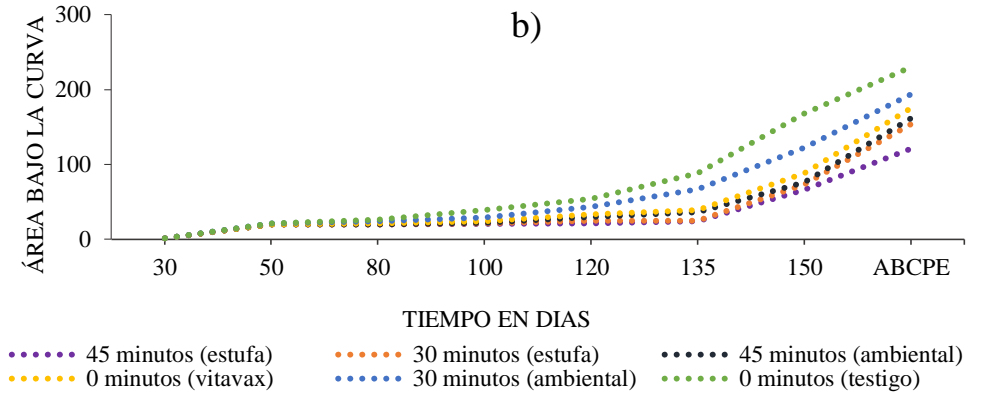
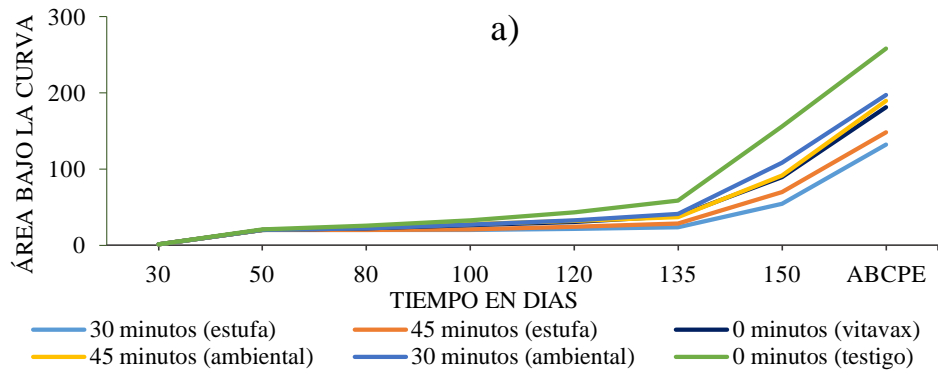


Figura 14 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) desde los 30 a los 150 días a partir de plantas de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos sembrados en dos localidades: a) I-450 Andino – IASA; b) I-451 Guaranguito – IASA; c) I-450 Andino – Latacunga; d) I-451 Guaranguito – Latacunga.

4.1.4.2 (ABCPE) de *C. acutatum* en la localidad de Latacunga

Durante el mismo periodo en la localidad de Latacunga se obtuvo un ABCPE de 90.4 de severidad en plantas provenientes del tratamiento con 45 minutos de exposición en la estufa casera, la cual es menor al testigo que presentó valores de 236.7 en el genotipo I-450 Andino (Figura 14.c). Del mismo modo en el genotipo I-451, se presentó una ABCPE de *C. acutatum* de 103.7 en plantas originarias de semillas que fueron tratadas con la estufa casera a los 45 minutos, indicando una menor severidad que el testigo que tuvo 268.3 ABCPE (Figura 14.d).

4.1.5 Incidencia

4.1.5.1 Incidencia en la localidad del IASA

Se evaluó la incidencia a los 160 días después de la siembra. Plantas del genotipo I-450 Andino provenientes de semillas irradiadas por 30 minutos en la estufa casera presentaron la menor incidencia del patógeno *C. acutatum* correspondiente al 30% ($p=0.0025$), por el contrario, aumento a 89.9% en el testigo. La incidencia aumentó significativamente en el testigo del genotipo I-451 Guaranguito ($p=0.0013$), equivalente a 86.67, mientras que se redujo en las plantas provenientes de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente. El menor porcentaje de incidencia fue en plantas del tratamiento de 30 minutos en la estufa casera (Figura 15).

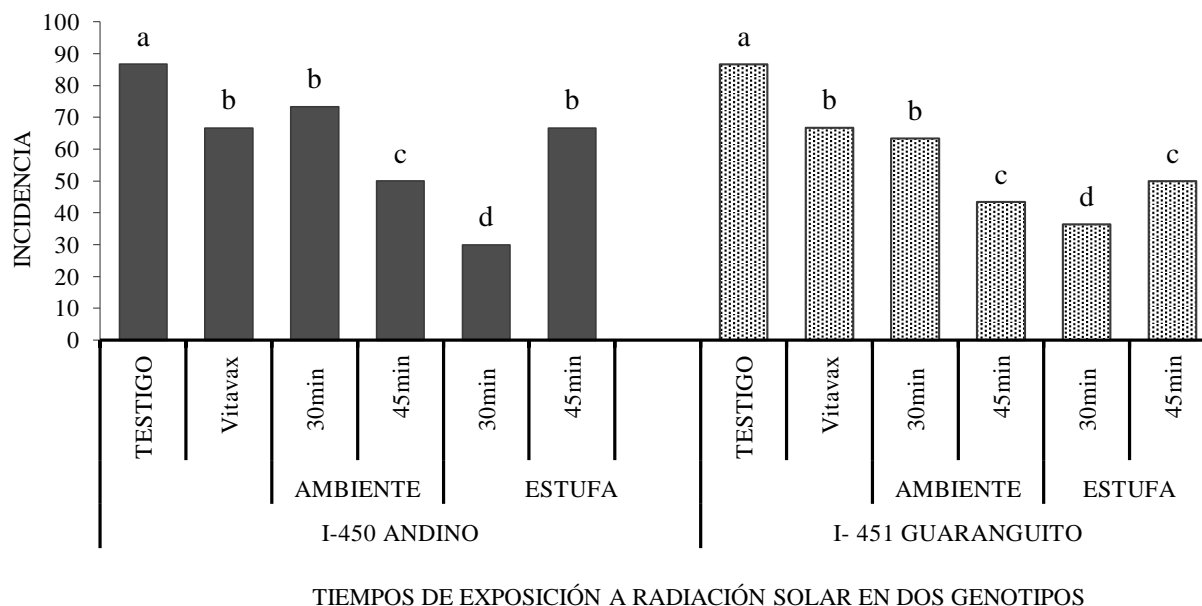


Figura 15 Incidencia en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito, 160 días posteriores a la siembra, en la localidad del IASA

4.1.5.2 Incidencia en la localidad de Latacunga

La incidencia del patógeno *C. acutatum* disminuyó significativamente en el genotipo I-450 Andino en Latacunga en plantas provenientes de semillas irradiadas por 30 y 45 minutos en la estufa casera y al ambiente a los ($p=0.0012$), mostrando menor incidencia en plantas de semillas tratadas con 45 minutos de exposición al ambiente equivalente a 30% y aumento a 70% en el testigo. La incidencia del patógeno aumentó significativamente en plantas del testigo del genotipo I-451 en 76.67% con respecto a plantas provenientes de los tratamientos de radiación solar en la estufa y al ambiente ($p=0.0244$). El menor porcentaje de incidencia fue de 33.33% y se obtuvo en el tratamiento de 30 minutos de exposición al ambiente (Figura 16).

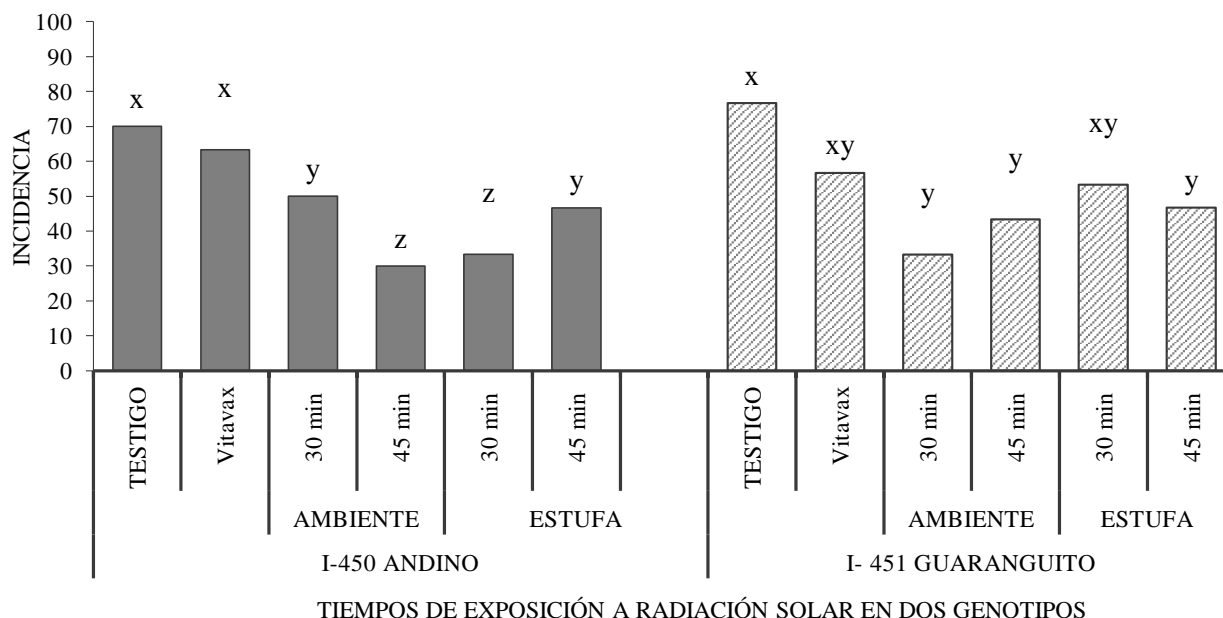


Figura 16 Incidencia en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito, 160 días posteriores a la siembra, en la localidad

4.1.6 Número de vainas en el eje central y ramas laterales por planta

4.1.6.1 Número de vainas en la localidad del IASA

Se mostró un efecto significativo para el número de vainas en el eje central de plantas del genotipo I-450 Andino ($p=0,0354$). Las plantas provenientes de semillas expuestas a 30 y 45 minutos al ambiente y 30 minutos en la estufa casera equivalentes a 10.93, 11.37 y 11.87, respectivamente fueron mayores al testigo del genotipo I-450 Andino. Se encontró un efecto significativo para el número de vainas en ramas laterales en el tratamiento por 30 minutos dentro de la estufa casera y 45 minutos al ambiente, correspondiente a 46.12 y 42.77, superiores al testigo de 32 vainas en ramas laterales. En el genotipo I-451 el número de vainas en el eje central y en ramas laterales aumentó significativamente ($p=0,050$), mostrando promedios de 10.47 y 11.03 en vainas del eje central, 42.4 y 46 vainas en ramas laterales de plantas provenientes de semillas expuestas a 45 minutos de radiación al ambiente y 30 minutos en la

estufa casera contrastados por el testigo de 8.97 de vainas en el eje central y 29.97 en ramas laterales de los testigos (Tabla 5).

Tabla 5

Número de vainas en el eje central y ramas laterales en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA.

Genotipo	Método	Tiempo (min)	Número de vainas en el eje central	Número de vainas en ramas laterales
I-450 Andino	Testigo	0	8.6b	32b
I-450 Andino	Vitavax	0	9.4ab	34.83b
I-450 Andino	Ambiente	30	10.93a	38.63ab
I-450 Andino	Ambiente	45	11.37a	46.13a
I-450 Andino	Estufa	30	11.87a	42.77a
I-450 Andino	Estufa	45	7.57b	27.33c
I-451 Guaranguito	Testigo	0	8.97b	29.97b
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	9.2ab	35.5ab
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	9.37ab	32.03b
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	10.47a	42.4a
I-451 Guaranguito	Estufa	30	11.03a	46a
I-451 Guaranguito	Estufa	45	9.6ab	31.93b

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p < 0.05$)

4.1.6.2 Número de vainas en la localidad de Latacunga

Se presentaron diferencias significativas para el número de vainas en el eje central y en ramas laterales en el genotipo I-450 Andino ($p=0,0065$), también en el genotipo I-451 Guaranguito ($p=0,0011$). Los tratamientos expuestos a radiación solar presentan promedios de número de vainas en el eje central y ramas laterales mayores que el testigo y vitavax, demostrando que la radiación solar promueve el número de vainas en plantas de chocho. Se obtuvo promedios de 46.53 y 45.55 en el número de vainas en ramas laterales para el

tratamiento de 45 minutos al ambiente en el genotipo I-450 Andino e I-451 Guaranguito, respectivamente 10.07 y 10.27 número de vainas en el eje central en los tratamientos con radiación solar al ambiente en tiempos de 30 minutos en el genotipo I-450 Andino y 45 minutos del genotipo I-451 Guaranguito, superiores a los testigos en las variables de los dos genotipos (Tabla 6).

Tabla 6

Número de vainas en el eje central y ramas laterales en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga

Genotipo	Método	Tiempo (min)	Número de vainas por eje central	Número de vainas por ramas laterales
I-450 Andino	Testigo	0	7.5z	34.33z
I-450 Andino	Vitavax	0	7.87yz	34.53z
I-450 Andino	Ambiente	30	10.07x	39.13y
I-450 Andino	Ambiente	45	8.8y	46.53x
I-450 Andino	Estufa	30	9.03xy	36.37xy
I-450 Andino	Estufa	45	9.1x	38.4x
I-451 Guaranguito	Testigo	0	8.03y	30.17y
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	8.03y	34.37y
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	9.87x	41.6x
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	10.27x	45.5x
I-451 Guaranguito	Estufa	30	9.8x	41.47x
I-451 Guaranguito	Estufa	45	8.7xy	39.33x

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher (p<0.05)

4.1.7 Número de vainas infectadas por planta

4.1.7.1 Número de vainas infectadas por planta en la localidad del IASA

Se encontró un efecto significativo en el número de vainas infectadas por planta en el genotipo I-450 Andino ($p=0,0005$), I-451 Guaranguito ($p=0,0003$). En la figura 17 se aprecia que la infección aumentó en plantas del testigo (s) obteniéndose 14 vainas infectadas por planta en el genotipo I-450 Andino y 14.03 en el genotipo I-451 Guaranguito, mientras que plantas tratadas con radiación solar y vitavax reducen notoriamente la infección. Expresando valores con promedios de 4.03 y 5.97 de infección en plantas originadas de semillas expuestas a 45 minutos en la estufa casera muy bajos con respecto al testigo.

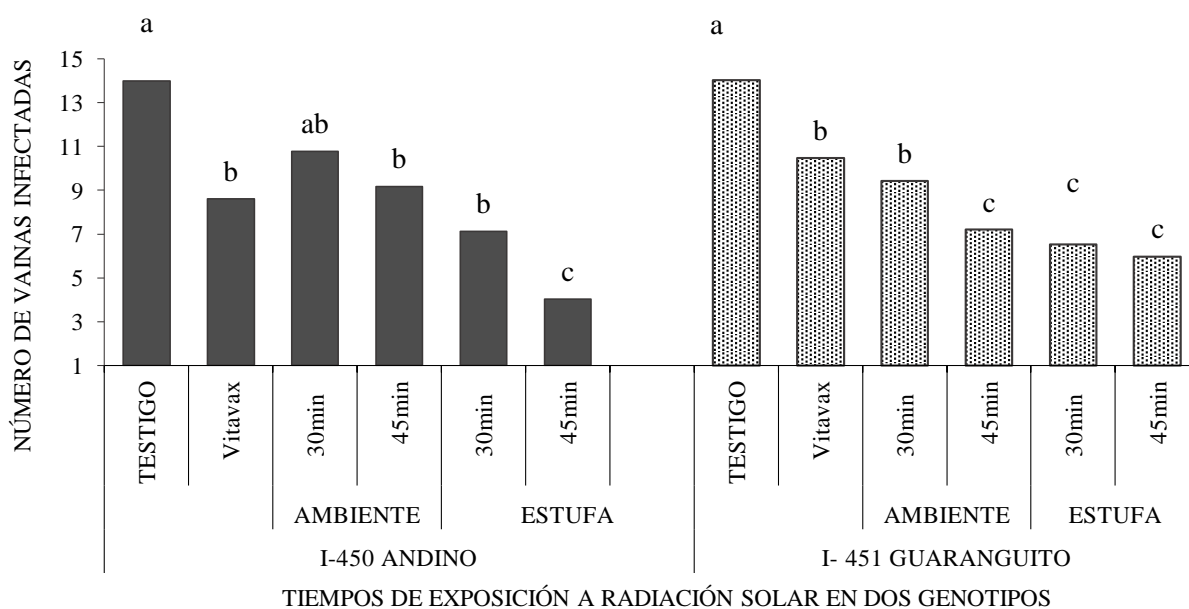


Figura 17 Número de vainas infectadas en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA

4.1.7.2 Número de vainas infectadas por planta en la localidad de Latacunga

El número de vainas infectadas por planta en la localidad de Latacunga se redujo significativamente en plantas del genotipo I-450 Andino ($p=0,0059$) e I-451 Guaranguito ($p<0,0001$), tratadas con radiación solar. Demostrando un promedio de 4.1 del tratamiento de

45 minutos estufa, el cual reduce la infección en relación al testigo que tuvo 14.46 vainas infectadas por planta. Con respecto al genotipo I-451 se encontró un mayor número de vainas infectadas en el tratamiento con vitavax equivalente a 9.4, reducido en el tratamiento de 45 minutos en la estufa casera que mostró apenas 3.7 vainas infectadas (Figura 18)

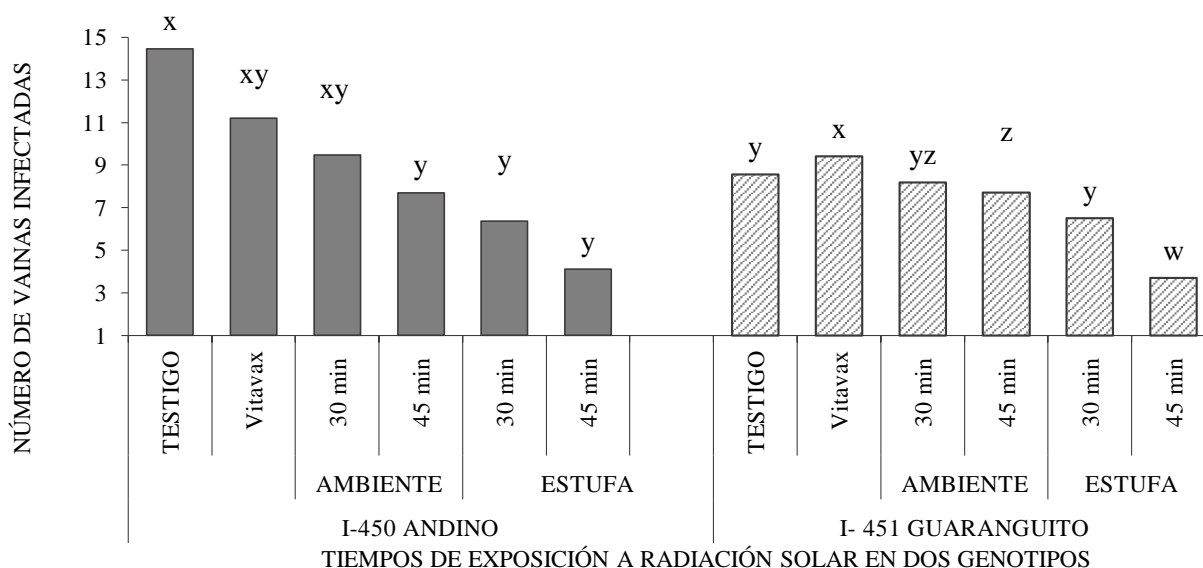


Figura 18 Número de vainas infectadas en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga

4.1.8 Semilla por vaina

4.1.8.1 Semilla por vaina en la localidad del IASA

Los datos recogidos durante la cosecha no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Hubo mayor semilla por vaina en el tratamiento expuesto por 30 minutos en la estufa casera en el genotipo I-450 Andino ($p=0,6086$) y en los de 45 minutos del tratamiento al ambiente y en la estufa casera I-451 Guaranguito ($p=0,6113$), en relación al resto (Figura 19).

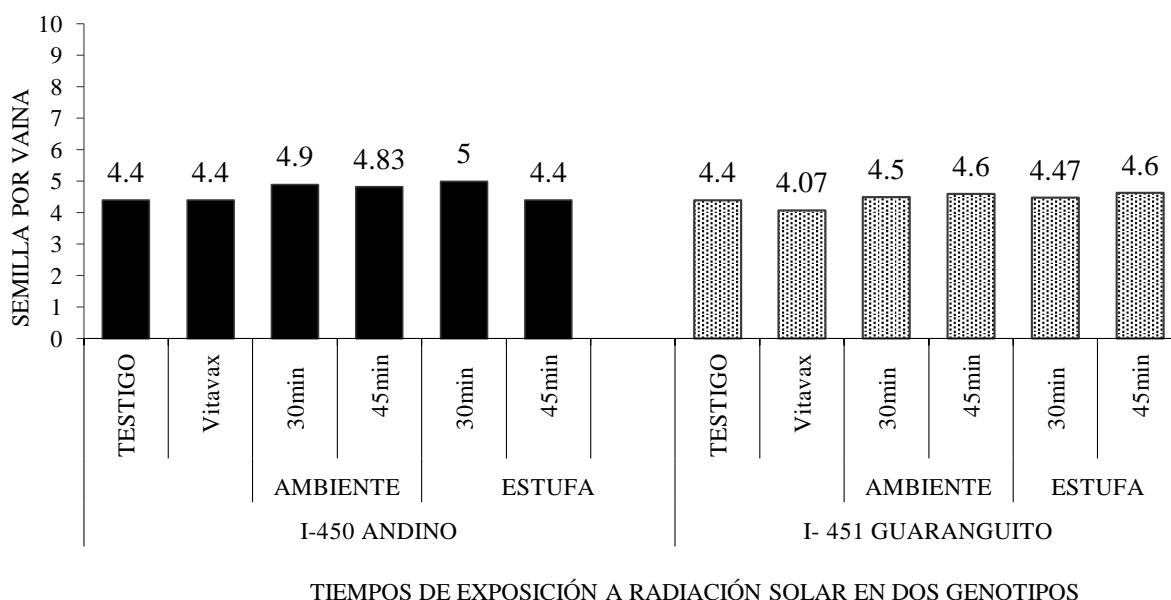
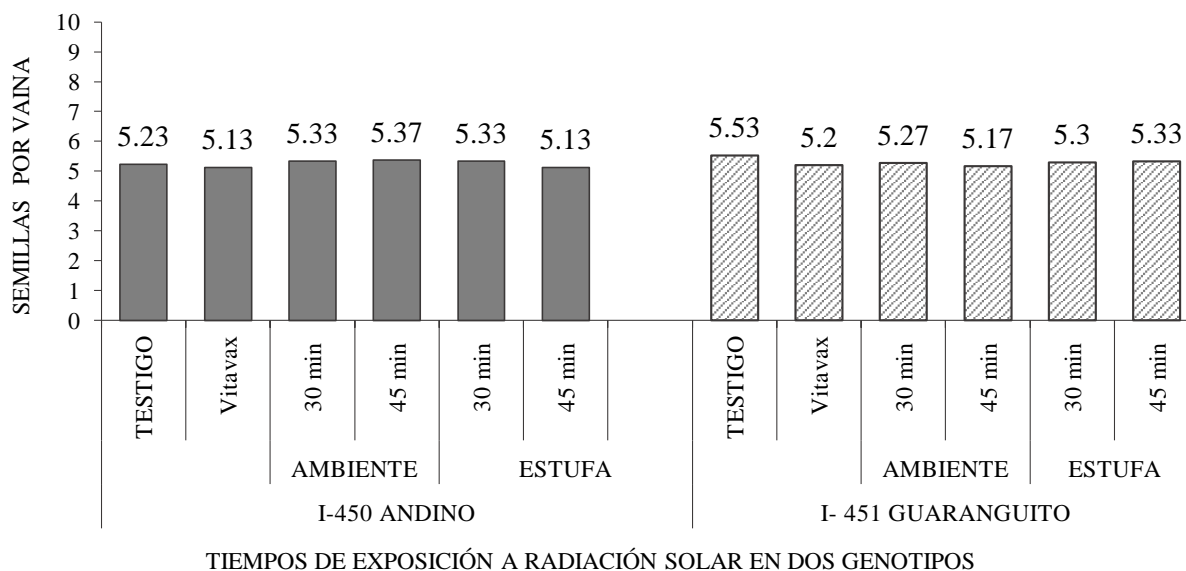


Figura 19 Semilla por vaina a la cosecha en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad IASA

4.1.8.2 Semilla por vaina en la localidad de Latacunga

En la figura 20 se muestran los datos colectados en Latacunga de semilla por vaina, que no mostró diferencias significativas entre los tiempos y métodos de exposición para las semillas de los genotipos I-450 Andino ($p=0,6996$) e I-451 Guaranguito ($p=0,5862$). El mayor número de semilla por vaina se tuvo en los tratamientos con radiación solar para los 30 y 45 minutos al ambiente y 30 minutos en la estufa en el genotipo I-450. Los valores más altos del genotipo I-451 Guaranguito se encuentran en los tratamientos de radiación solar en la estufa casera (Figura 20).



TIEMPOS DE EXPOSICIÓN A RADIACIÓN SOLAR EN DOS GENOTIPOS

Figura 20 Semilla por vaina a la cosecha en plantas provenientes de semillas de chocho expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente por dos tiempos (30 y 45 minutos) en la localidad Latacunga.

4.1.9 Peso de semilla comercial y no comercial

4.1.9.1 Peso de semilla comercial y no comercial en la localidad del IASA

El peso de semilla comercial aumentó significativamente en los tratamientos de radiación solar en la estufa casera y al ambiente. Se mostró el mayor peso de semilla comercial a la cosecha en los tratamientos irradiados por 30 y 45 minutos al ambiente y 30 minutos en la estufa casera del genotipo I-450 Andino ($p=0,0279$), y también del genotipo I-451 Guaranguito ($p=0,0003$), en relación al testigo que obtuvo el menor peso comercial. De este modo el peso de semilla no comercial se redujo significativamente en las plantas provenientes de semillas expuestas a radiación solar del genotipo I-450 Andino ($p=0,0279$). Pesos de 3.51 g se obtuvieron en el tratamiento por 30 minutos en relación al testigo que pesó 11 g de semilla no comercial. En el genotipo I-451 Guaranguito la radiación solar también redujo significativamente los pesos de semilla no comercial en los tratamientos dentro de la estufa

casera ($p=0,0003$). Pesos más bajos se obtuvieron a los 30 minutos de exposición (4.5 g) y 45 minutos (3.43 g) con respecto al testigo que tuvo 11.61 g de peso en semilla no comercial (Tabla 7).

Tabla 7

Peso de semilla comercial y semilla no comercial en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad IASA.

Genotipo	Método	Tiempo (min)	Peso de semilla No Comercial (g)	Peso Semilla Comercial (g)
I-450 Andino	Testigo	0	11.0a	97.81b
I-450 Andino	Vitavax	0	9.32ab	110.73b
I-450 Andino	Ambiente	30	8.77ab	132.49a
I-450 Andino	Ambiente	45	5.63b	124.04a
I-450 Andino	Estufa	30	3.51c	151.66a
I-450 Andino	Estufa	45	5.46c	109.17b
I-451 Guaranguito	Testigo	0	11.61a	106.11b
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	6.52b	124.71ab
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	8.33ab	128.83a
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	9.97ab	140.27a
I-451 Guaranguito	Estufa	30	4.5bc	152.04a
I-451 Guaranguito	Estufa	45	3.43c	122.73b

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p<0.05$)

4.1.9.2 Peso de semilla comercial y no comercial en la localidad de Latacunga

El peso de semilla comercial en Latacunga fue más alto en tratamientos irradiados en la estufa casera y al ambiente en tiempos de 30 y 45 minutos del genotipo I-450 Andino ($p=0.0008$) y Guaranguito ($p<0,0001$). La radiación solar indujo pesos de 148.9 g y 178.75 g de semilla comercial a los 45 minutos en la estufa casera, en relación al testigo que tuvo 111.3 y 94.1 g (Tabla 8).

El peso de semilla no comercial de los dos genotipos se redujo significativamente en los tratamientos irradiados en la estufa casera en tiempos de 30 y 45 minutos, mostrando pesos de 1.41 y 1.14 respectivamente en relación al testigo que pesó 6.06 g de semilla no comercial en el genotipo I-450 Andino ($p < 0,0001$). En el genotipo I-451 Guaranguito se obtuvieron pesos de 2.96 y 1.05 g de semilla no comercial, más bajos que el testigo que tuvo 6.7 g ($p < 0,0001$; Tabla 8)

Tabla 8

Peso de semilla comercial y semilla no comercial en dos genotipos de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad Latacunga

Genotipo	Método	Tiempo (min)	Peso de semilla No Comercial (g)	Peso Semilla Comercial (g)
I-450 Andino	Testigo	0	6.06x	111.3y
I-450 Andino	Vitavax	0	5.06x	115.34y
I-450 Andino	Ambiente	30	1.78y	133.68x
I-450 Andino	Ambiente	45	6.56x	138.48x
I-450 Andino	Estufa	30	1.41y	141.74x
I-450 Andino	Estufa	45	1.14y	148.92x
I-451 Guaranguito	Testigo	0	6.7x	94.1z
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	5.56y	104z
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	3.56z	124.1y
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	3.42z	136.63y
I-451 Guaranguito	Estufa	30	2.96z	145.57xy
I-451 Guaranguito	Estufa	45	1.05w	178.75x

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p < 0.05$)

4.1.10 Rendimiento del cultivo (qq.ha⁻¹)

4.1.10.1 Rendimiento en la localidad del IASA

El rendimiento de plantas de semillas de chocho (*L. mutabilis*) aumentó significativamente en tratamientos expuestos hasta cierto tiempo de radiación solar ($p=0,0224$) ($p=0,0217$). Se mostró 42.33 qq.ha⁻¹ de producción en el genotipo I-450 Andino correspondiente al tratamiento de 30 minutos en la estufa casera, evidentemente mayor al testigo que obtuvo 27 qq.ha⁻¹. Así mismo en el genotipo I-451 Guaranguito el mayor rendimiento lo tuvo el tratamiento de 30 minutos en la estufa equivalente a 44.37 qq.ha⁻¹ superior al testigo que obtuvo 29.67 qq.ha⁻¹ (Figura 21).

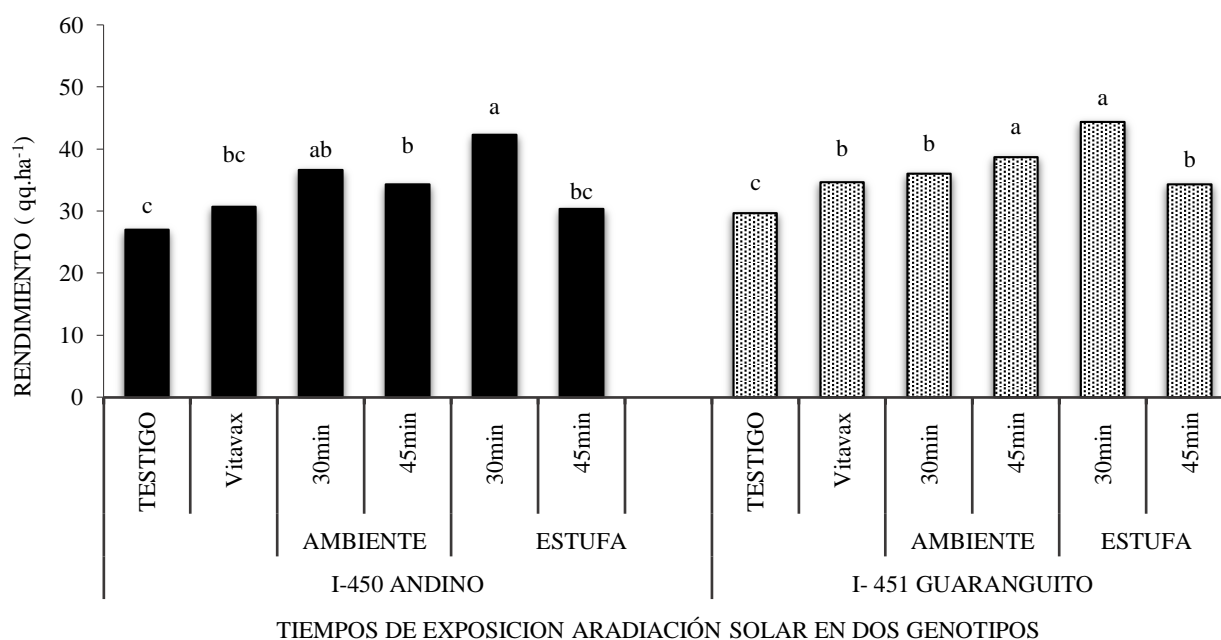


Figura 21 Rendimiento de chocho (*L. mutabilis*) proveniente de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito en la localidad IASA.

4.1.10.2 Rendimiento en la localidad de Latacunga

El rendimiento del cultivo en la localidad de Latacunga aumento significativamente en los tratamientos irradiados en la estufa casera y al ambiente ($p=0.0029$) ($p<0.0001$). Producciones notoriamente altas se obtuvieron en los tiempos de 30 y 45 minutos expuestos en la estufa casera

y al ambiente con respecto al testigo y vitavax para el genotipo I-450 Andino e I-451 Guaranguito, demostrando que la radiación solar promueve el rendimiento en el cultivo de chocho (Figura 22).

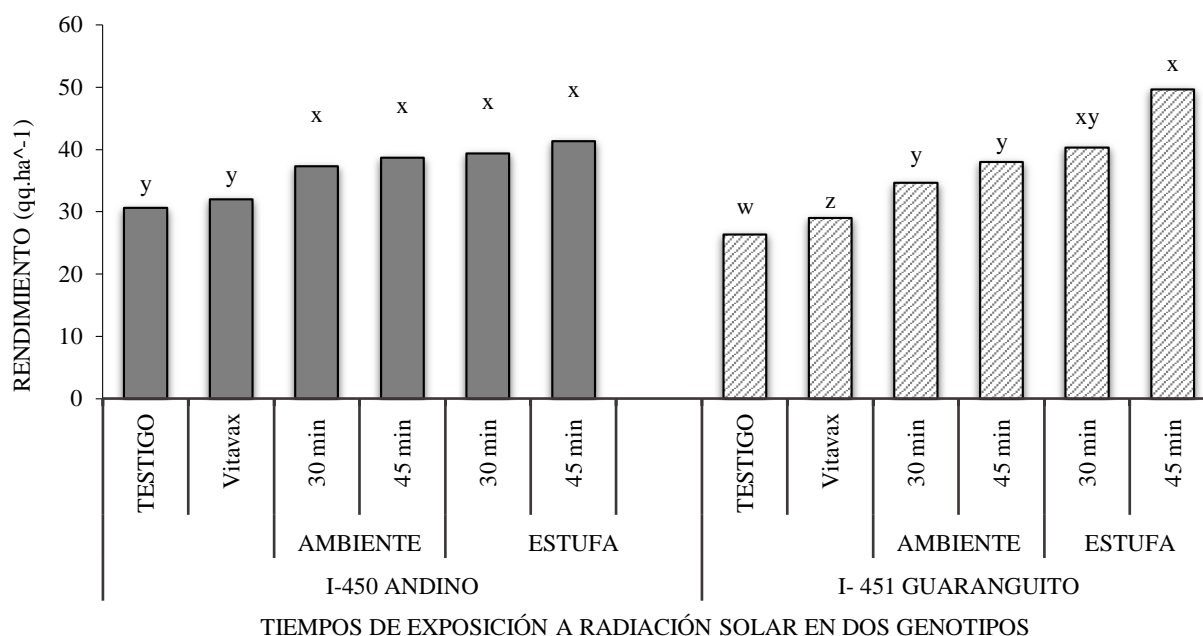


Figura 22 Rendimiento de chocho (*L. mutabilis*) proveniente de semillas expuestas a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en dos genotipos I-450 Andino; I-451 Guaranguito en la localidad Latacunga

4.1.11 Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio)

4.1.11.1 Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio) en la localidad IASA

En la tabla 9 se puede apreciar que el porcentaje de germinación de semillas cosechadas no fue afectado en los tratamientos expuestos a radiación comparado con el testigo de los dos genotipos ($p=0,0323$) ($p=0.0053$). Lo contrario al porcentaje de infección que disminuyó significativamente en las semillas tratadas con radiación en la estufa y al ambiente, mostrando 0% de infección en el tratamiento de 45 minutos en la estufa casera comparado con el testigo

que infecto el 1.77 % de las semillas en la cosecha del genotipo I-450 Andino ($p=0,0064$). Del mismo modo se reduce la infección a 0.13 % del tratamiento de 45 minutos en estufa con respecto al testigo que obtuvo 1.87 % de semillas infectadas en el genotipo I-451 Guaranguito ($p=0,0073$; Tabla 9).

Tabla 9

Porcentaje de germinación e infección a la cosecha en dos genotipos provenientes de semillas de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad IASA.

Genotipo	Método	Tiempo (min)	% de Germinación	% de Infección
I-450 Andino	Testigo	0	9.07ab	1.77a
I-450 Andino	Vitavax	0	9.5b	0.13b
I-450 Andino	Ambiente	30	9.97a	0.3b
I-450 Andino	Ambiente	45	9.3b	0.3b
I-450 Andino	Estufa	30	9.8a	0.17b
I-450 Andino	Estufa	45	9.9a	0.0b
I-451 Guaranguito	Testigo	0	8.77b	1.87a
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	9.63a	0.37b
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	9.03a	0.1c
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	9.7a	0.1c
I-451 Guaranguito	Estufa	30	9.8a	0.2b
I-451 Guaranguito	Estufa	45	9.67a	0.13b

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p<0.05$)

4.1.11.2 Porcentaje de germinación e infección de semillas cosechadas (Laboratorio) en la localidad de Latacunga

El porcentaje de germinación en semillas cosechadas de Latacunga no afecto en ningún tratamiento expuesto a radiación solar ($p=0,0323$), ($p=0,0252$) pero se demostró que la radiación solar reduce la infección en semillas cosechadas .Se obtuvo 0.23 % de infección en el tratamiento de 30 minutos en la estufa casera ($p=0,0073$) la cual aumento en el testigo a 3.1 % de semillas infectadas. El porcentaje de infección disminuyó en semillas del tratamiento

de 45 minutos de estufa casera y vitavax del genotipo I-450 Andino equivalente a 0.1 % notoriamente inferior al testigo ($p=0,0064$, Tabla 10).

Tabla 10

Porcentaje de germinación e infección a la cosecha en dos genotipos provenientes de semillas de chocho expuestos a radiación solar en la estufa casera y al ambiente en la localidad Latacunga

Genotipo	Método	Tiempo (min)	% de Germinación	% de Infección
I-450 Andino	Testigo	0	9.27x	0.97x
I-450 Andino	Vitavax	0	9.67x	0.1y
I-450 Andino	Ambiente	30	9.3x	0.20y
I-450 Andino	Ambiente	45	8.9y	0.13y
I-450 Andino	Estufa	30	8.33y	0.6xy
I-450 Andino	Estufa	45	9.73x	0.1y
I-451 Guaranguito	Testigo	0	8.77y	3.1x
I-451 Guaranguito	Vitavax	0	9.67x	1.13y
I-451 Guaranguito	Ambiente	30	9.63x	1.7y
I-451 Guaranguito	Ambiente	45	9.53x	0.4z
I-451 Guaranguito	Estufa	30	9.37x	0.23z
I-451 Guaranguito	Estufa	45	9.67x	0.53y

*Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según LSD de Fisher ($p<0.05$)

4.2 Discusión

El uso de la radiación UV-B redujo la infección producida por *C. acutatum* en semillas de chocho (*Lupinus mutabilis*). Estudio realizado por Terán (2016), demuestra que a una dosis de 2.09 MJ.m^{-2} en tiempos de 25 minutos redujo la incidencia del patógeno en chocho en el genotipo I-450 Andino e I 451 Guaranguito. En el presente estudio se encontró que semillas irradiadas con una dosis de 1.63 MJ.m^{-2} y 2.32 MJ.m^{-2} en la estufa de fabricación casera usando tiempos de 30 y 45 minutos redujo la infección del patógeno. Sin embargo semillas expuestas a radiación solar al ambiente alcanzaron dosis de 1.03 MJ.m^{-2} acumulando una radiación de 1.58 MJ.m^{-2} en los mismos tiempos, redujeron la infección.

En el presente estudio con una dosis de 1.63 MJ.m^{-2} y 2.32 MJ.m^{-2} de radiación solar dentro de la estufa casera y al ambiente con una temperatura promedio de $52.68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $48,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en tiempo de 45 minutos en el genotipo I-450 Andino se obtuvo un porcentaje de humedad de 9,59 % y 9,67 % en relación al testigo 9,7 %. En el genotipo I-451 Guaranguito con las mismas dosis se obtuvo una humedad 9,15 y 9,17 % con relación al testigo 9,20 %. Vadillo *et al.* (2004), mencionan que semillas con alto contenido de humedad tienen menos viabilidad, semillas de *Puya raimondii* almacenadas a temperatura ambiente ($21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente) mantienen su contenido de humedad de 10,80 a 14,98 %, mientras que las almacenadas a $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ fueron 5,91 a 8,35 %, es quizás por esta razón que las semillas almacenadas al medio ambiente tuvieron menor viabilidad.

En el presente estudio a una dosis de 2.32 MJ.m^{-2} de radiación en la estufa casera en tiempo de 45 minutos en el genotipo I-450 Andino se obtuvo un porcentaje de infección de 0.1 % a nivel indetectable para las dos localidades. Estudios realizados por Falconí & Yáñez, (2016), mencionan que la reducción de la infección de la enfermedad depende de la dosis de

radiación, sin embargo semillas de chocho expuestas a irradiación reducen el porcentaje de en 0.5 % de infección a nivel indetectable.

La radiación UV-B afecta la germinación de semillas. Estudios realizados por Peykarestan *et al.*, (2012) en *Portulaca grandiflora* y *Portulaca oleracea* indican, que bajo el efecto de radiación mostraron una disminución en la germinación en semillas, pero alcanzó mayor reducción de la infección. Falconí & Yáñez, (2016), irradian semillas de chocho reduciendo progresivamente la germinación de semillas de Guaranguito I-451 de 86.8 % a 68.8 % e I 450 Andino de 85.0 % a 79.3 %, sin embargo reducen completamente la infección de *C. acutatum* a niveles indetectables. Siddiqui, *et al.* (2011), expusieron semillas de frejol Mungo a radiación en tiempo de 30 minutos demostrando un aumento en la germinación. En este estudio, dosis de 2,7 MJ.m⁻² y 1.58 MJ.m⁻² de radiación no afecta la germinación de semillas en los dos genotipos expuestos y mejora la emergencia de las plántulas en las dos localidades.

Las semillas de chocho en los genotipos I-450 Andino e I-451 Guaranguito irradiados dentro de la estufa casera y al ambiente presentaron menor infección por *C. acutatum* representado por el área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE en el cultivo con valores de 132.2 en el genotipo I-450 Andino y en el genotipo I-451 Guaranguito valores de 121 con relación al testigo que fue de 257,9 para la localidad del IASA. De igual manera para la localidad de Latacunga se redujo los valores del ABCPE en el genotipo I-450 Andino e I-451 Guaranguito con 90,4 y 103,7 respectivamente con relación al testigo que fue de 236,7. Andrade *et al* (2017), reporta niveles menores de infección con valores de 80 lo que refleja un bajo nivel de infestación de *P. infestans* en el cultivo de papa representado por el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa.

Las semillas irradiadas con dosis 2.32 MJ.m^{-2} y 1.58 MJ.m^{-2} correspondientes a 45 minutos de radiación dentro de la estufa casera mostraron índices de severidad inferiores a 1.6, que significa: lesiones muy pequeñas (menos de 5 mm) en las hojas y en el tallo central, ausencia de esporulación; en comparación al testigo que obtuvo un índice de 5.7, que significa: planta necrótica severamente afectada, plantas muertas, forma pequeña de vainas, esporulación de tejido necrótico de color salmón, según la escala de severidad Falconí, (2012), en los dos genotipos I-450 e Andino e I-451 Guaranguito en las dos localidades. Thomas *et al.* (2008), señalaron que el hongo *Colletotrichum lupini*, no crece a temperaturas a $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, presentando índices de 1 (lesiones menores 1mm). Mizubuti *et al.* (2000), manifiestan que la exposición a radiación UV-B durante un período de 3 horas en días soleados reduce drásticamente la germinación de esporangios. La dosis efectiva para inactivar el 95 % de los esporangios en días soleados fue de 2.6 MJ.m^{-2} . Por ende en nuestro estudio a una dosis de $2,32 \text{ MJ.m}^{-2}$ reduce drásticamente el progreso de la infección *C.acutatum*.

En la presente investigación dosis de 2.32 MJ.m^{-2} y 1.58 MJ.m^{-2} de radiación solar en semillas de chocho aumentaron significativamente el número de vainas; el número de semilla por vaina aumento numéricamente. (Chimphango, Brown , Musil, & Dakora , 2007) Determinaron que la radiación UV-B influye significativamente en el número de vainas. Sin embargo en otro estudio Liu *et al.* (2013), demostró que el número de vainas de soja se vio afectada significativamente bajo radiación UV-B lo cual influye directamente la producción. Por otro lado la exposición de radiación por 60 minutos produjo un aumento significativo del vigor de las plántulas y la producción de la biomasa de soja con relación al control (Neelamegam & Sutha, 2015).

Semillas del genotipo I-450 Andino irradiadas con dosis de 2.32 MJ.m^{-2} en la estufa no presentaron infección del patógeno *C. acutatum* para la localidad del IASA. Sin embargo en semillas de Genotipo I-450 Andino irradiadas con una dosis de 2.32 MJ.m^{-2} el menor porcentaje de infección fue de 0,1% para la localidad de Latacunga. Khan *et al.* (2002), señalaron que semillas de trigo al calor seco para el control de infecciones fúngicas durante 0, 4, 8 y 12 horas. El mejor período para inhibir las infecciones transmitidas por *Aspergillus spp.*, en semillas fue de 12 horas que obtuvo apenas 4.94% de infección.

En nuestro estudio en dosis de $2,7 \text{ MJ.m}^{-2}$ y 1.58 MJ.m^{-2} de radiación en la estufa y al ambiente no afectaron el rendimiento del cultivo. Semillas expuestas por 45 minutos de radiación tuvieron un rendimiento superior cuando se usó el método de estufa casera en comparación con el testigo. Liu *et al.* (2013), demostraron que la radiación UV-B disminuyó la altura de la planta, el peso seco del tallo individual y el rendimiento por planta de tres cultivares de soja en promedio en 15.5 %, 16.9 % y 43.7 %, respectivamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Este estudio aceptó la hipótesis alterna ya que no se logró erradicar el patógeno en semillas de chocho de los dos genotipos en las dos localidades, sin embargo se obtuvo 1.6 en la escala de severidad, correspondiente a plantas con pequeñas lesiones (menores a 5mm) y sin esporulación para tratamientos irradiados por 45 minutos dentro de la estufa casera, comparado con los controles que obtuvieron niveles de 6 correspondiente a plantas necróticas, demostrando que la radiación solar reduce la enfermedad causada por Antracnosis.
- Las semillas de chocho del genotipo I-450 Andino e I-451 Guaranguito irradiadas hasta 30 minutos dentro de la estufa casera y al ambiente mostraron un aumento significativo en la emergencia por ende el vigor de la planta.
- El porcentaje de humedad se disminuyó en semillas de chocho irradiadas con UV-B en relación al testigo en el genotipo I-450 Andino e I-451 Guaranguito.
- El porcentaje de infección por antracnosis fue indetectable en semillas irradiados por 45 minutos en la estufa casera en el genotipo I-450 Andino en las dos localidades.
- La incidencia causada por *C.acutatum* fue menor en plantas del genotipo I-450 Andino provenientes del tratamiento de 30 minutos en la estufa correspondientes al 30% de incidencia en la localidad del IASA con relación al testigo 89,90%. Plantas provenientes de semillas irradiadas por 30 minutos en la estufa presentaron porcentajes de 33.33 % de incidencia con respecto al testigo 70% en el genotipo I-450 Andino en la localidad de Latacunga.

- Plantas provenientes de semillas de chocho irradiadas por 45 minutos en la estufa casera en los genotipos: I-450 Andino e I-451 Guaranguito presentaron un menor nivel de severidad en la infección causada por *C. acutatum* representado por el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) desde los 30 a 150 días para las localidades del IASA y Latacunga.
- El número de vainas en el eje central y laterales, número de semillas por vaina y peso de semilla total tuvieron un aumento significativo cuando provinieron de semillas irradiadas en relación con el testigo en las dos localidades.
- El número de vainas infectadas por *C. acutatum* y semilla no comercial se redujo significativamente cuando provinieron de semillas irradiadas en relación con el testigo en las dos localidades.
- La mayor producción en el genotipo I-451 Guaranguito se obtuvo sometiendo semillas por 30 minutos de radiación en la estufa casera con 44,37 qq.ha⁻¹ para la localidad del IASA. En Latacunga la mayor producción se obtuvo cuando se irradió por 45 minutos dentro de la estufa casera correspondiente a 49,67 qq.ha⁻¹.

5.2 Recomendaciones

- Es necesario estandarizar el tiempo de solarización en semillas para erradicar varios patógenos que afectan al chocho en el ciclo del cultivo.
- Debido al conocimiento de los agricultores sobre este método ancestral, recomendamos realizar estudios utilizando la misma técnica de solarización combinada con vitavax y su efecto en el patógeno de *C. acutatum* y el rendimiento del cultivo ya que en nuestro estudio se logró el máximo rendimiento en tratamientos irradiados pero no se logró erradicar el patógeno.
- Evaluar métodos de radiación solar en otros genotipos.

- Realizar investigaciones con métodos de coloración en semillas antes de ser irradiados ya que, según otros estudios tienden a captar mejor la radiación.
- Realizar comparaciones exhaustivas de viabilidad del patógeno en semillas tratadas en días soleados y nublados, ya que estudios demuestran que la radiación solar si influye sobre la viabilidad de enfermedades, mientras tanto la temperatura a una misma dosis de radiación no es significativa sobre la misma.
- Difundir resultados a los agricultores de la zona.

5.3 Bibliografía

- AEMet. (2004). *Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino*. Bogota.
- Aizaga, J. (2016). efecto de distintos tiempos de exposicion a la radiacion solar para reducir infeccion de antracnosis en semilla de chocho. *Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)*.
- Andrade, N., Vanegas, C., Cancino, B., & Doussoulin, H. (2017). Utilización de *Trichoderma* spp . e hidróxido de cobre , como tratamiento foliar , para el control del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) Use of *Trichoderma* spp . and copper hydroxide , as a foliar treatment , for the control of late blight. (2017), 45(1), 31–38. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-05>
- Arvalis. (2014). *Fiche technique - Quoi de neuf? Protéagineux*. Edition ARVALIS Institut du vegetal.
- Bassman, J. H. (2004). Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial communities. *Fotochemistry and Patobiology*, 382-384.
- Caicedo, C. I., & Peralta, E. (2000). *Zonificación potencial, sistemas de producción y Procesamiento Artesanal de Chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. Quito: Estacion Experimental Santa Catalina.
- Caicedo, C., & Peralta, E. (2001). El Cultivo de Chocho, 47.
- Carrasco-Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia (Arica)*, 27(3), 59–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292009000300009>
- Chirinos-Arias, M. C. (2015). Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. *Revista Bio Ciencias* <Http://revistabiociencias.uan.edu.mx>. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.03.03>
- Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., & Crous, P. W. (2012). The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 37–113.

<https://doi.org/10.3114/sim0010>

- Falconí, C. E. (2012). *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance. *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lah&AN=20123175902&lang=es&site=ehost-live>
- Falconi, C. E., Visser, R. G. F., & van Heusden, A. W. (2013). Phenotypic, Molecular, and Pathological Characterization of *Colletotrichum acutatum* Associated with Andean Lupine and Tamarillo in the Ecuadorian Andes. *Plant Disease*, *97*(6), 819–827. <https://doi.org/10.1094/Pdis-02-12-0175-Re>
- Falconí, C. E., & Yáñez–Mendizábal, V. (2016). Dry heat treatment of Andean lupin seed to reduce anthracnose infection. *Crop Protection*, *89*, 178–183. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02211.x>
- Flores-López, R., Sánchez, F., Castillo, -Del, Rodríguez-Pérez, J. E., Mora-Aguilar, R., Colinas-León, M. T., & Lozoya-Saldaña, H. (2009). *Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. Revista Chapingo Serie Horticultura* (Vol. 15).
- Fonseca Fonseca, S., & Bergues Ricardo, Ciro César Abdala Rodríguez, Jorge Luis Griñán Villafañe, Pedro Hernández Gálvez, G. (2002). *ESTUDIO DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE GRANOS EN EL PROTOTIPO DE SECADOR SOLAR. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. Tecnología química* (Vol. XXII).
- Hernández, J., Escobar, I., & Castilla, N. (2001). La radiación solar en invernaderos mediterráneos revista. *Horticultura*, *157*, 1–9.
- Jarrín, A. (2016). *Efecto de la radiación solar en infecciones de Antracnosis (C. acutatum) en semilla y posterio en el rendimiento de chocho. Quito.*

- Liu, B., Liu, X. bing, Li, Y. S., & Herbert, S. J. (2013). Effects of enhanced UV-B radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. *Field Crops Research*, *154*, 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.006>
- Mizubuti, E. S. G., Aylor, D. E., & Fry, W. E. (2000). Survival of *Phytophthora infestans* Sporangia Exposed to Solar Radiation. *Phytopathology*, *90*(1), 78–84. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.1.78>
- Neelamegam, R., & Sutha, T. (2015). Original Research Article UV-C Irradiation Effect on Seed Germination , Seedling Growth and Productivity of Groundnut (*Arachis hypogaea* L .), *4*(8), 430–443.
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Rivera, M., Rodríguez, D., Lomas, L., & Monar, C. (2012). Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción.
- Peykarestan, B., Seify, M., Fadaei, M. S., & Hatim, M. (2012). UV Irradiation Effects on Seed Germination and Growth , Protein Content , Peroxidase and Protease Activity in *Portulaca grandiflora* and *Portulaca oleracea*, *17*(7), 802–808.
- Shi, Y., Meng, S., Xie, X., Chai, A., & Li, B. (2016). Dry Heat Treatment Reduces the Occurrence of *Cladosporium Cucumerinum*, *Ascochyta Citrullina*, and *Colletotrichum Orbiculare* on the Surface and Interior of Cucumber Seeds. *Horticultural Plant Journal*, (January), 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2016.02.004>
- Siddiqui, A., Dawar, S., Javed Zaki, M., & Hamid, N. (2011). Role of ultra violet (UV-C) radiation in the control of root infecting fungi on groundnut and mung bean. *Pakistan Journal of Botany*, *43*(4), 2221–2224.
- Talhinhas, P., Sreenivasaprasad, S., Neves-Martins, J., & Oliveira, H. (2002). Genetic and Morphological Characterization of *Colletotrichum acutatum* Causing Anthracnose of Lupins. *Phytopathology*, *92*(9), 986–996. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.9.986>

- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Fao; Anpe-Perú.
- Terán, I. (2016). *Pretratamiento de Semilla con radiación solar y su efecto en la incidencia de antracnosis Colletotrichum acutatum en dos etapas fenológicas de chocho (Lupinus mutabilis)*. Quito.
- Thomas, G. J., Sweetingham, M. W., & Adcock, K. G. (2008). Application of fungicides to reduce yield loss in anthracnose-infected lupins. *Crop Protection*, 27(7), 1071–1077. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.12.012>
- Vadillo, G., Suni, M., & Cano, A. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). *Revista Peruana de Biología*, 11(1), 71–78. <https://doi.org/10.15381/rpb.v11i1.2435>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho. *Iniap*, 1–19.
- Wharton, Phillip S, J. D.-U. (2004). The biology of *Colletotrichum acutatum* by. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(1), 3–22.
- Worldmeteo. (2018). *El tiempo en Latacunga, Ecuador*. Latacunga-Ecuador.