



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**“PATOGENICIDAD Y AGRESIVIDAD DE SEIS AISLADOS DE**  
***Fusarium circinatum* a *Pinus* spp.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:**

**MÓNICA ALEXANDRA TIXI ÑAMIÑA**

Riobamba - Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**“PATOGENICIDAD Y AGRESIVIDAD DE SEIS AISLADOS DE**  
***Fusarium circinatum* a *Pinus* spp.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** MÓNICA ALEXANDRA TIXI ÑAMIÑA

**DIRECTOR:** Ing. PABLO ISRAEL ÁLVAREZ ROMERO PhD.

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Mónica Alexandra Tixi Ñamiña**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **MÓNICA ALEXANDRA TIXI ÑAMIÑA**, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular: el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

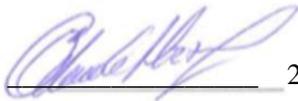
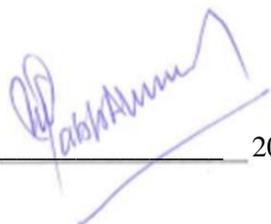
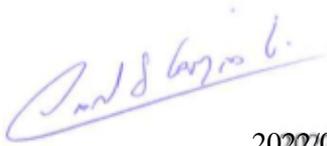
Riobamba, 11 de agosto de 2022



**Mónica Alexandra Tixi Ñamiña**  
**C.C. 060563825-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, “**PATOGENICIDAD Y AGRESIVIDAD DE SEIS AISLADOS DE *Fusarium circinatum* a *Pinus spp.*”**”, realizado por la señorita: **MÓNICA ALEXANDRA TXI ÑAMIÑA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científico, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022/08/11
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2022/08/11
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MSc. <b>ASESOR DE TRIBUNAL</b>	 _____	2022/08/11

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de Integración Curricular, quiero dedicar a las personas por las cuales alcance mi título profesional, mis padres, gracias por apoyarme, cuidarme y siempre sacrificarse por mí y mis hermanos; por enseñarme que en esta vida todo es posible con la ayuda de Dios y gracias por seguir guiando mis pasos a diario y cuidarme siempre. A mis hermanos; Erica gracias por tus consejos y palabras de apoyo. Laura gracias por siempre estar conmigo. Alex, Leonardo y Sarahí gracias por formar parte de mi vida.

**Mónica**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por el esfuerzo realizado para que pueda culminar mi carrera, por siempre confiar en mí y apoyarme y a todas las personas quienes fueron parte de este proceso.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la carrera de ingeniería forestal y con ello a los docentes agradezco infinitamente sus conocimientos impartidos para lograr formar profesionales de calidad. A mi director Pablo Alvares y miembro de tesis Carlos Carpio, agradecer su tiempo y dedicación para lograr culminar con el presente trabajo.

**Mónica**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.</i>	<i>Fusarium circinatum.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.1.</i>	<i>Taxonomía.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2.</i>	<i>Síntomas.....</i>	<i>5</i>
<b>1.3.</b>	<b>Pinus spp.....</b>	<b>6</b>
<i>1.3.1.</i>	<i>Taxonomía de Pinus spp.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2.</i>	<i>Descripción.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.3.</i>	<i>Usos de Pinus spp.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.4.</i>	<i>Pérdidas relacionadas al Pino.....</i>	<i>7</i>
<b>1.4.</b>	<b>Muerte de plantas en vivero.....</b>	<b>7</b>
<i>1.5.</i>	<i>Patogenicidad.....</i>	<i>7</i>
<i>1.6.</i>	<i>Postulados de Koch.....</i>	<i>7</i>
<i>1.7.</i>	<i>Agresividad.....</i>	<i>8</i>

### CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>9</b>
<i>2.1.1.1</i>	<i>Localización.....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.1.2</i>	<i>Ubicación geográfica.....</i>	<i>9</i>
<b>2.2.</b>	<b>Características Climatológicas.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.</b>	<b>Equipo y Materiales.....</b>	<b>10</b>
<i>2.3.1.</i>	<i>Materiales de campo.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.2.</i>	<i>Equipo de campo.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.3.</i>	<i>Materiales de Laboratorio.....</i>	<i>10</i>

2.3.4.	<i>Equipos de laboratorio</i> .....	10
2.3.5.	<i>Reactivos e insumos</i> .....	10
2.3.6.	<i>Material biológico</i> .....	10
2.3.7.	<i>Materiales y equipos de oficina</i> .....	11
2.4.	<b>Metodología</b> .....	11
2.4.1.	<i>Especificaciones del campo experimental</i> .....	11
2.4.1.3.	<i>Variables a evaluar</i> .....	12
2.4.2.	<b>Fase de campo</b> .....	13
2.4.2.1.	<i>Recepción de plantas</i> .....	13
2.4.2.2.	<i>Ubicación y etiquetado según el diseño experimental</i> .....	14
2.4.2.3.	<i>Preparación de Inóculo</i> .....	14
2.4.2.4.	<i>Inoculación de Fusarium circinatum en Pinus radiata por el método de inyección y drench</i> .....	15
2.4.2.5.	<i>Reislamiento para comprobar postulados de Koch</i> .....	15
2.4.3.	<b>Riego</b> .....	15
2.4.4.	<b>Toma de datos</b> .....	16
2.4.4.1.	<i>Incidencia</i> .....	16
2.4.4.2.	<i>Severidad</i> .....	16
2.4.5.	<b>Análisis de datos</b> .....	16

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b> .....	17
3.1.	<b>Resultados y discusión</b> .....	17
3.1.1.	<b>Incidencia Final por el método de inyección</b> .....	17
3.1.2.	<i>Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la incidencia por el método de inyección</i> .....	20
3.1.3.	<b>Incidencia Final por el método de Drench</b> .....	23
3.1.4.	<i>Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la incidencia por el método de Drench</i> .....	26
3.1.5.	<i>Severidad Final por el método de inyección</i> .....	29
3.1.6.	<i>Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la severidad por el método de inyección</i> .....	32
3.1.7.	<b>Severidad Final por el método de Drench</b> .....	35
3.1.8.	<i>Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la Severidad por el método de Drench</i> .....	38
	<b>DISCUSIÓN</b> .....	40

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Taxonomía de <i>Fusarium circinatum</i> . .....	4
<b>Tabla 2-1:</b>	Taxonomía de <i>Pinus</i> spp. ....	6
<b>Tabla 3-2:</b>	Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) para el método de inyección ....	11
<b>Tabla 4-2:</b>	Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) para el método de Drench .....	11
<b>Tabla 5-2:</b>	Descripción de los tratamientos en estudio para el método de inyección .....	12
<b>Tabla 6-2:</b>	Descripción de los tratamientos en estudio para el método de drench .....	12
<b>Tabla 7-2:</b>	Escala de severidad.....	13
<b>Tabla 8-3:</b>	Análisis de varianza de la incidencia final por el método inyección.....	18
<b>Tabla 9-3:</b>	Test de Tukey para la variable incidencia final por el método inyección. ....	18
<b>Tabla 10-3:</b>	Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la Incidencia por método de Inyección. ....	21
<b>Tabla 11-3:</b>	Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la incidencia por el método de Inyección. ....	21
<b>Tabla 12-3:</b>	Análisis de varianza de la incidencia final por el método de Drench. ....	24
<b>Tabla 13-3:</b>	Test de Tukey para la variable incidencia final por el método de Drench. ....	24
<b>Tabla 14-3:</b>	Análisis de varianza para el área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección. ....	27
<b>Tabla 15-3:</b>	Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la variable incidencia por el método de Drench. ....	27
<b>Tabla 16-3:</b>	Análisis de varianza de la severidad final por el método inyección.....	30
<b>Tabla 17-3:</b>	Test de Tukey para la variable severidad final por el método inyección. ....	30
<b>Tabla 18-3:</b>	Análisis de varianza para el área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable severidad por el método de Inyección. ....	33
<b>Tabla 19-3:</b>	Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la variable severidad por el método de Inyección.....	33
<b>Tabla 20-3:</b>	Análisis de varianza de la severidad final por el método Drench.....	36
<b>Tabla 21-3:</b>	Test de Tukey para la variable severidad final por el método Drench. ....	36
<b>Tabla 22-3:</b>	Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad - Severidad método Drench.....	39
<b>Tabla 23-3:</b>	Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad por el método Drench.....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia por el método de inyección .....	17
<b>Gráfico 2-3:</b>	Incidencia final por el método de inyección.....	19
<b>Gráfico 3-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia de acuerdo al método de inoculación de inyección por cepa de <i>Fusarium</i> . .....	20
<b>Gráfico 4-3:</b>	Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección. ....	22
<b>Gráfico 5-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia en Drench.....	23
<b>Gráfico 6-3:</b>	Incidencia final por el método de Drench. ....	25
<b>Gráfico 7-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia de acuerdo al método de inoculación de drench por cepa de <i>Fusarium</i> .....	26
<b>Gráfico 8-3:</b>	Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección. ....	28
<b>Gráfico 9-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la severidad por el método de inyección. ....	29
<b>Gráfico 10-3:</b>	Severidad final por el método de inyección. ....	31
<b>Gráfico 11-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la severidad de acuerdo al método de inoculación de inyección por cepa de <i>Fusarium</i> . ....	32
<b>Gráfico 12-3:</b>	Progreso de la enfermedad severidad por el método Inyección. ....	34
<b>Gráfico 13-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la severidad por el método de Drench. ....	35
<b>Gráfico 14-3:</b>	Severidad final por el método de Drench. ....	37
<b>Gráfico 15-3:</b>	Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia de acuerdo a la inoculación en drench por cepa de <i>Fusarium</i> . ....	38
<b>Gráfico 16-3:</b>	Progreso de la enfermedad severidad por el método Drench. ....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Área de estudio de la Facultad de Recursos Naturales. ....	9
<b>Figura 2-2:</b>	Recepción de plantas.....	14
<b>Figura 3-2:</b>	Ubicación y etiquetado según el diseño experimental. ....	14

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** RECEPCIÓN DE PLANTAS
- ANEXO B:** ARREGLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL
- ANEXO C:** PREPARACIÓN DEL INÓCULO
- ANEXO D:** APLICACIÓN DEL INÓCULO
- ANEXO E:** RE AISLAMIENTO DE PATÓGENOS, POSTULADOS DE KOCH
- ANEXO F:** TOMA DE DATOS
- ANEXO G:** CULTIVOS OBTENIDOS POR RE AISLAMIENTO

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la patogenicidad y agresividad de seis aislados de *Fusarium circinatum* a *Pinus* spp. El proceso inició con la reactivación de los seis aislados fúngicos cultivados en medio PDA (Agar papa dextrosa) durante 10 días en condiciones de oscuridad, luego transcurrido este tiempo, se procedió a la preparación del inóculo. Al micelio cultivado en medio PDA, se añadió 10 mL de agua destilada en cada una de las cajas Petri, luego se obtuvo una suspensión de esporas. Finalmente se realizó el conteo de esporas, permitiendo realizar el ajuste en su concentración. La inoculación de las plantas se realizó mediante dos métodos: el método 1 el cual consistió en inyectar 1 mL de inóculo, se aplicó la suspensión a nivel del tallo en la parte baja, mediante el uso de jeringuillas estériles; el método 2 consistió en colocar 5 mL de inóculo directamente al tubete. Las plantas inoculadas por las cepas de *Fusarium circinatum*., presentaron una sintomatología externa de amarillamiento, decoloración del follaje, doblamiento del brote de crecimiento, más del 50% del follaje muerto y marchitamiento de la planta, seguido de la muerte. Las plantas de *Pinus* inoculadas con los seis aislados de *Fusarium circinatum*, por los dos métodos fueron patogénicos causando síntomas externos en la planta. El tratamiento 4 (FC1P) fue el de mayor incidencia, severidad y el más agresivo, presentando los síntomas en un periodo de incubación más corto en relación a los demás tratamientos y también en donde el método (1) fue el que primero mostró los síntomas de la enfermedad, esto debido a la interacción mucho más rápida del patógeno con el tejido vegetal a colonizar. Se recomienda realizar estudios en otras zonas productoras de *Pinus* para determinar la patogenicidad, agresividad y evaluación de antagonistas para el control biológico y químico en *Pinus* spp.

**Palabras clave:** <AGRESIVIDAD>, < HONGO (*Fusarium circinatum*)>, < INOCULO>, <MICELIO>, <PATOGENICIDAD>.



D.B.R.A.  
Ing. Cristhian Castañón



2029-UPT-DBRA-2022

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the pathogenicity and aggressiveness of six isolates from *Fusarium circinatum* to *Pinus spp.* The process began with the reactivation of the six fungal isolates cultured in PDA (potato dextrose agar) medium for ten days in dark conditions, after which the inoculum was prepared. To the mycelium cultivated in PDA medium, 10 mL of distilled water was added to each of the Petri dishes, then a suspension of spores was obtained. Finally, the spore count was performed, allowing the adjustment of its concentration. The inoculation of the plants was carried out using two methods: method one consisted of injecting 1mL of inoculum, and the suspension was applied at the level of the stem in the lower part using sterile syringes. Method 2 consisted of placing 5mL of inoculum directly into the tube. The plants inoculated by the strains of *Fusarium circinatum*., presented external symptoms of yellowing, discoloration of the foliage, bending of the growth bud, more than 50% of the dead foliage, and wilting of the plant, followed by death. The *Pinus* plants inoculated with the six isolates of *Fusarium circinatum* by the two methods were pathogenic, causing external symptoms in the plant. Treatment 4 (FC1P) showed the highest incidence, severity, and most aggressive, presenting the symptoms in a shorter incubation period than the other treatments and where the method (1) firstly showed the symptoms of the disease. This is due to the much faster interaction of the pathogen with the plant tissue to be colonized. It is recommended to carry out studies in other *Pinus* producing areas to determine the pathogenicity, aggressiveness, and evaluation of antagonists for biological and chemical control in *Pinus spp.*

**Keywords:** <AGGRESSIVENESS>, <FUNGUS (*Fusarium circinatum*)>, <INOCULE>, <MYCELIUM>, <PATHOGENICITY>.

Riobamba,

October 24<sup>th</sup>, 2022



PhD, Denys Tenelanda López  
ID number: 0603342189

## INTRODUCCIÓN

*Fusarium circinatum* es un hongo patógeno con gran virulencia en especies del género *Pinus*, causando una enfermedad llamada cancro. El cancro es uno de los patógenos más importantes de las especies de *Pinus*. Se han informado brotes esporádicos y epidemias causadas por este hongo en numerosos países. Los síntomas difieren según la especie huésped, la región geográfica, las condiciones climáticas y los insectos asociados. El cancro representa una amenaza significativa para los países donde *Pinus* spp, no nativa y susceptible, se cultivan intensivamente en plantaciones (Coutinho, 2008, p. 2).

Esta enfermedad que causa pérdidas en plantaciones comerciales, huertos semilleros y viveros, siendo de vez en cuando un problema en bosques nativos de especies de *Pinus*. El cancro resinoso es considerado como una amenaza a las plantaciones de *Pinus* spp, ya que la mayoría de las especies de interés comercial son susceptibles a *Fusarium circinatum* (Carrasco, 2016, p. 2).

La especie de *Pinus* spp, es incluido dentro de las coníferas, es nativo del hemisferio norte, principalmente en áreas del mediterráneo, sin embargo, también se puede encontrar especies autóctonas en zonas templadas y subtropicales de América y Asia (Rivero,2020, p. 2).

En el Ecuador fue introducido por Luciano Andrade Marín en 1925, después del eucalipto es la especie forestal mayormente plantada en la Sierra, debido a su adaptabilidad y rápido crecimiento, es un género con gran diversidad y es muy importante económicamente por sus usos forestales, con variedad de productos derivados de su aprovechamiento constituyen una fuente de ingresos muy importantes para los productores (Padilla,2014, p. 24).

Uno de los problemas que desafían los cultivos de *Pinus* es la vulnerabilidad a virus y nematodos, principalmente a enfermedades transmitidas por hongos patógenos, siendo los principales agentes causantes de enfermedades forestales pudiendo atacar diferentes partes de las plantas afectando su funcionamiento en varias síntomas por ejemplo, aquellos hongos que causan defoliación provocan una disminución en la tasa fotosintética; los causantes de canchros debilitan el tronco o reducen el transporte desde y hacia las raíces; los pudridores de raíz incrementan el riesgo a la caída por viento y reducen la absorción de agua y minerales (Pildain & Errasti, 2011, p. 4).

*Fusarium circinatum* representa una gran amenaza para el cultivo de pino en el país y es urgente iniciar estudios sistemáticos sobre diversos aspectos de la enfermedad, que permitan minimizar sus efectos perjudiciales y considerar algunas posibilidades de manejo (NACIONAL, 2007, p. 4).

## **PROBLEMÁTICA**

Un manejo inadecuado de las labores culturales a nivel de vivero produce una serie de inconvenientes al momento de la producción masiva de plantines, la proliferación de hongos, la aparición de una serie de enfermedades y la posterior muerte desencadenan la pérdida económica en la producción forestal inicial.

La enfermedad conocida como “el chancro resinoso de los pinos” es una de las enfermedades que más problemas genera en los pinos de cualquier parte del mundo, cuyo negativo impacto en el terreno económico, ecológico y social ya que se ve afectada de manera significativa.

A nivel de vivero *Fusarium circinatum* se reporta como el principal causante de damping-off en pino. Localmente no se han realizado investigaciones que comprueben la patogenicidad de diferentes aislados de *Fusarium circinatum* a *Pinus* spp aseverando su incidencia en los daños causados. Al no contar con datos que revelan el origen de la enfermedad no es posible establecer alternativas de manejo preventivo y de control.

## **JUSTIFICACIÓN**

EL chancro resinoso del Pino, es una patología causante por el hongo ascomicete *Fusarium circinatum*, que afecta principalmente a especies del género *Pinus* (Nirenberg & Donnell, 1998, p.4).

La enfermedad del chancro resinoso afecta con más susceptibilidad a la especie de *Pinus radiata*, ya que es considerada de importancia y es la más plantada en todo el mundo. Esta enfermedad que provoca sequedad del pino en los viveros la causan principalmente especies de *Fusarium*, disminuyendo la calidad de la planta, que ocasiona pérdidas de hasta 40 % en la producción (Cibrián & García, 2008, p.6).

Considerando el daño y la vulnerabilidad de las plántulas dentro de un vivero se propone realizar una investigación que nos ayude a evaluar la patogenicidad y agresividad de seis aislados de *Fusarium circinatum* a *Pinus* spp en la provincia de Chimborazo con el fin de aportar información al campo forestal, y en base a los resultados se puedan proponer alternativas de manejo para evitar pérdidas significativas.

## **OBJETIVOS**

## **Objetivo General**

- Evaluar la patogenicidad y agresividad de seis aislados de *Fusarium circinatum* a *Pinus* spp.

## **Objetivos Específicos**

- Evaluar dos métodos de inoculación de *Fusarium circinatum* en *Pinus* spp.
- Determinar la agresividad que presentan los aislados de *Fusarium circinatum* a *Pinus* spp.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis nula**

Ninguno de los aislados de *Fusarium circinatum* evaluados presenta patogenicidad y agresividad sobre *Pinus* spp.

### **Hipótesis alterna**

Al menos uno de los aislados de *Fusarium circinatum* evaluados presenta patogenicidad y agresividad sobre *Pinus* spp.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. *Fusarium circinatum*

*Fusarium circinatum* es un patógeno fúngico, en Estados Unidos y México provoca serios problemas en bosques nativos, plantaciones, arbolado urbano y viveros. Se ha reportado en cuatro continentes: África, América, Asia y Europa. Afectando más de 60 especies del género *Pinus* y a *Pseudotsuga mezesii*, siendo *Pinus radiata* la especie más susceptible a este patógeno. Debido a que *Fusarium circinatum* puede afectar tanto a estructuras vegetativas como reproductivas de los hospedantes de todas las edades, el patógeno puede afectar a raíces, ramas, tallos, flores, conos y semillas, provocando la muerte de las plantas (SAG, 2018, p. 1).

#### 1.1.1. Taxonomía

La enfermedad conocida como Chancro resinoso del pino, taxonómicamente se categoriza dentro del:

**Tabla 1-1:** Taxonomía de *Fusarium circinatum*.

Reino	Fungi
Sub-reino	Dikarya
Filo	Ascomycota
Sub-fil	Pezizomycotina
Clase	Sordarioomycetes
Sub-clase	Hypocreomycetidae
Orden	Hypocreales
Familia	Nectriaceae

Fuente: (Britz Et Al., 1991, pp. 46-52)

Realizado por: Tixi, Mónica. 2022

El género *Fusarium* fue dividido en cuatro secciones para poder facilitar su estudio y caracterización. Estos grupos, se basan en caracteres morfológicos y moleculares (Schweigkofler, O'Donnell, & Garbelotto, 2004, p.1).

### **1.1.2. Síntomas**

El hongo *Fusarium circinatum*, es uno de los patógenos más malignos de las coníferas, siendo capaz de infectarlas por vías directas o indirectas. Se caracteriza por ocasionar coloraciones en las acículas que van desde un color amarillo hasta rojizo, provocando su caída. En el eje central de las plantas se generan chancros exudantes de resina, estos síntomas también se ven reflejados en las ramas primarias y secundarias, con menor incidencia en las terciarias (Bezós, & Martínez-Alvarez, & Fernández, 2017, pp. 279–293).

Se originan en las acículas jóvenes, también en acículas maduras. Se evidencia por coloraciones inicialmente amarillas tornándose a grisáceas o marrones, incluso una combinación de ambas. es *Pinus radiata* es la especie que muestra una sintomatología más clara. El crecimiento del chancro es tanto distal como proximal, creciendo hacia arriba del árbol generando la muerte de ramas de la copa, pero también se ha registrado afectaciones hacia la zona baja del tranco (Bezós, & Martínez-Alvarez, & Fernández, 2012, p.5).

### **1.1.3. Medios de movimiento y dispersión**

*Fusarium circinatum* produce esporas que pueden convertirse en suspensión en el aire, y estos son propágulos primarios que se detectan en el aire. Se sabe poco sobre los límites de la dispersión en el aire, pero el patógeno está fácilmente depositado en zonas no afectadas. Por tanto, el transporte a través del aire se produce a distancias cortas (Flores,2017, p.28).

#### **1.1.3.1. Vector trasmisor**

Se sabe que existe muchos insectos que pueden llevar al patógeno del chancro resinoso del pino, incluyendo escarabajos de la corteza (Scolytidae), los géneros *Pityophthorus*, *Ips* y *Conophthorus*, y *Ernobius* (Anobiidae). El patógeno también se ha aislado de *Lasconotus* spp., escarabajos que se cree que son depredadores, pero no se sabe su importancia como agentes de dispersión. Es probable que muchos insectos no catalogados actúen como dispersores de *Fusarium circinatum* (Brockhoff, 2016, p.1).

## **1.2. Cancro**

El chancro resinoso del pino o “pitch canker” es una de las enfermedades cuarentenarias de mayor preocupación en el sector forestal mundial por los daños que causa en coníferas, en concreto sobre el género. Esta enfermedad, denominada en inglés “pitch canker disease”, es causada por un

hongo ascomicete, y representa una de las enfermedades más graves de coníferas a nivel mundial, que ha generado ya graves pérdidas económicas en el sector forestal (CSF, 2016, p.1).

Al igual que otros patógenos causantes de chancros, provoca daños importantes sobre arbolado adulto, pudiendo causar su muerte por anillamiento, si bien presenta también una gran agresividad en plántulas, lo que traslada el problema al ámbito de viveros y repoblaciones con planta procedente de vivero (CSF, 2016, p.1).

### **1.3. *Pinus* spp.**

Es un género de plantas vasculares pertenecientes al grupo de las coníferas y, dentro de éste, a la familia de las pináceas de las Gimnospermas. Es uno de los más importantes géneros, desde el punto de vista forestal, tanto por la cantidad de especies como por el valor que tienen muchas de ellas, tanto en sus países de origen como también introducidas (Zambrano, 2017, p.10).

#### **1.3.1. Taxonomía de *Pinus* spp.**

**Tabla 2-1:** Taxonomía de *Pinus* spp.

Reino	Plantae
Filo	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Género	<i>Pinus</i>

**Fuente:** (Antonio, 2016, p. 1)

**Realizado por:** Tixi, Mónica, 2022.

#### **1.3.2. Descripción**

Árboles perennifolios, con ramificación abundante que dispone de un contorno cilíndrico-piramidal a la copa. Las ramas, las hojas, el tronco poseen células que se disponen en canales para la síntesis y acumulación de resina (Zambrano, 2017, pp.14).

Los conos masculinos se disponen en los extremos terminales de las ramas y son ovoides compuestos por un eje central con escamas insertadas helicoidalmente. Flores unisexuales en conos. El grano de polen tiene dos vesículas o sacos aeríferos (Zambrano, 2017, pp.14).

Los conos femeninos son ovoides y se forman por un eje central con escamas generalmente bastante engrosadas y leñosas en la madurez. Se disponen en los extremos de las ramas superiores luego de la maduración de las semillas, caen al suelo. Las semillas tienen una testa más o menos lignificada y se prolongan en un ala papirácea para la dispersión (Zambrano, 2017, pp.14).

### **1.3.3. Usos de *Pinus* spp.**

Es un género con gran diversidad y es de importancia económica por sus usos forestales ya que, muchas de las especies de pinos producen madera que se emplea en construcción, elaboración de muebles y otros utensilios y papel (Zambrano, 2017, pp.15).

### **1.3.4. Pérdidas relacionadas al Pino**

Las pérdidas que son causadas por la enfermedad del chancro resinoso se deben principalmente a una reducción en la calidad de la madera por deformaciones de las ramas y troncos, así como también a la mortalidad de plantas. El patógeno también puede infectar órganos reproductivos, causando la muerte de conos femeninos y maduros, deteriorando las semillas (STORER, 2002, p.1).

## **1.4. Muerte de plantas en vivero**

La sintomatología que presentan las plantas de viveros afectadas por *Fusarium circinatum*, no difieren mayormente de aquellas que mueren a causa de pudrición de raíces causada por hongos del suelo. Se produce un marchitamiento de la planta produciéndose posteriormente a su muerte (SAG, 2006, p. 2).

Las infecciones en pino Oregón se caracterizan por la muerte regresiva de ápices, pero sin exudación copiosa de resina, como ocurre en el género *Pinus*. Además, puede ocurrir la formación de tejido calloso en los sitios de infección (SAG, 2006, pp.1).

## **1.5. Patogenicidad**

La patogenicidad es la capacidad de ciertos organismos para incitar el desarrollo de enfermedades infecciosas en las plantas (Rivera, 2007, p. 15).

## **1.6. Postulados de Koch**

Estos postulados plantean comprobar la causalidad de una enfermedad con la presencia de ese agente biótico, para luego proceder a su aislamiento, su caracterización y su cultivo *in vitro* en ausencia de otros microorganismos. La inoculación de un hospedero sano con los propágulos de este microorganismo debe reproducir y desencadenar el mismo cuadro patológico inicial, y finalmente, los dos aislamientos del agente biótico, el natural y el cultivado, deben coincidir en sus rasgos morfológicos y biológicos relevantes (Volcy, 2008, pp. 108-109).

Agrios, (2005, pp. 35-36), manifiesta que los postulados de Koch son:

1. El patógeno debe encontrarse asociado en forma consistente con la enfermedad en todas las plantas enfermas que se "examinen".
2. El patógeno debe aislarse en un medio nutritivo y se deben describir sus características- (parásito no obligado) o bien debe permitirse que se desarrolle sobre una planta hospedante susceptible (parásito obligado) y registrar su presencia y los efectos que se produzcan.
3. El patógeno debe ser inoculado en plantas sanas de la misma variedad o especie en que apareció la enfermedad y debe producir la misma enfermedad en las plantas inoculadas.
4. El patógeno debe aislarse y sus características deben corresponder a las observadas en el segundo postulado (Rivera, 2007, p. 15).

### **1.7. Agresividad**

Van der plank, 1963 la define como el grado de daño cuantitativo que el patógeno causa a las plantas. Por lo tanto, existen patógenos más o menos agresivos, y esta agresividad está relacionada con aspectos de la planta, el patógeno y el ambiente. Este término también es frecuentemente asociado con virulencia.

## CAPÍTULO II

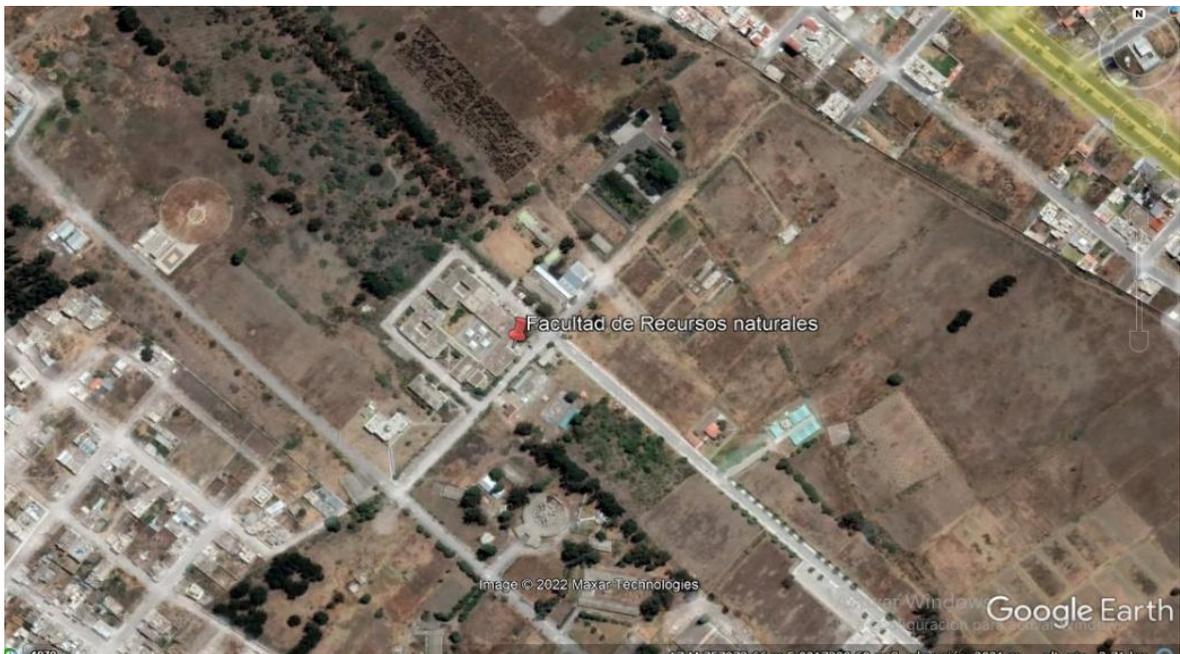
### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Materiales y métodos

##### 2.1.1 Características del Lugar

###### 2.1.1.1 Localización

El presente trabajo se realizó en el Vivero Forestal y en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



**Figura 1-2:** Área de estudio de la Facultad de Recursos Naturales.

**Fuente:** Google Earth, 2022.

**Realizado por:** Tixi, Mónica, 2022.

###### 2.1.1.2 Ubicación geográfica

- Coordenadas UTM
- Datum: WFS84
- Zona: 17S
- X: 757775
- Y: 9817313
- Altitud: 2622 msnm

## **2.2. Características Climatológicas**

- Precipitación media anual: 544,1 mm
- Temperatura media anual: 13,9°C
- Humedad relativa: 74,5% (Negrete, 2016, pp. 4-10)

## **2.3. Equipo y Materiales**

### ***2.3.1. Materiales de campo***

Libreta, Lápiz, Regadera, Balde, Agua

### ***2.3.2. Equipo de campo***

Cámara fotográfica

### ***2.3.3. Materiales de Laboratorio***

Cajas Petri, Parafilm, jeringas, botellas, vasos de precipitación, cepillos dentales, Palillos, frascos de vidrio y probeta.

### ***2.3.4. Equipos de laboratorio***

Autoclave, Microscopio óptico, Incubadora, Cámara de flujo laminar, Secadora, Mechero de bunsen.

### ***2.3.5. Reactivos e insumos***

Cloranfenicol, Agua destilada, NaClO 5%, Alcohol 70%, Estreptomina, Agar papa dextrosa (PDA).

### ***2.3.6. Material biológico***

6 aislados de *Fusarium circinatum* y un aislado de *Trichoderma* de la colección del laboratorio de Fitopatología de la ESPOCH.

768 plantas de *Pinus radiata* de 8 meses de edad de la empresa Aglomerados COTOPAXI.

### 2.3.7. *Materiales y equipos de oficina*

Computadora, Impresora, Hojas, Lápiz, Borrador, Libreta

## 2.4. Metodología

### 2.4.1. *Especificaciones del campo experimental*

#### 2.4.1.1. *Diseño experimental*

Se realizaron dos experimentos, uno para el método de inoculación de inyección y otro para el método de inoculación de Drench.

En cada experimento se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA).

**Tabla 3-2:** Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) para el método de inyección

<b>DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (DBCA)</b>	
<b>Tratamientos:</b>	8
<b>Número de Bloques:</b>	4
<b>Factor:</b> Tratamientos	Cepa <i>Fusarium circinatum</i> Patula 1 - 2 - 3 Cepas <i>Fusarium circinaum</i> Radiata 1 - 2 - 3 Cepa <i>Trichoderma</i> Agua destilada
<b>Separación de medias:</b>	Prueba de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, Mónica, 2022.

**Tabla 4-2:** Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) para el método de Drench

Realizado por: Tixi, Mónica, 2022.

<b>DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (DBCA)</b>	
<b>Tratamientos:</b>	8
<b>Número de Bloques:</b>	4
<b>Factor:</b> Tratamientos	Cepa <i>Fusarium circinatum</i> Patula 1 - 2 - 3 Cepas <i>Fusarium circinaum</i> Radiata 1 - 2 - 3 Cepa <i>Trichoderma</i> Agua destilada
<b>Separación de medias:</b>	Prueba de Tukey al 5%

#### 2.4.1.2. Tratamientos

**Tabla 5-2:** Descripción de los tratamientos en estudio para el método de inyección

N° DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Donde:	
T1	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 1radiata
T2	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 2 radiata
T3	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 3 radiata
T4	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 1 patula
T5	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 2 patula
T6	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 3patula
T7	Agua estéril
T8	<i>Trichoderma</i>

Realizado por: Tixi, Mónica, 2022.

**Tabla 6-2:** Descripción de los tratamientos en estudio para el método de Drench

N° DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Donde:	
T1	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 1radiata
T2	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 2 radiata
T3	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 3 radiata
T4	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 1 patula
T5	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 2 patula
T6	<i>Fusarium circinatum</i> cepa 3patula
T7	Agua estéril
T8	<i>Trichoderma</i>

Realizado por: Tixi, Mónica, 2022.

#### 2.4.1.3. Variables a evaluar

Las variables se evaluaron con una periodicidad de cada 3 días, a partir de la inoculación en campo.

- La patogenicidad se evaluó por medio de los postulados de Kouch estudiando las variables:
  - Incidencia: se cuantificó el número de plantas enfermas en relación al total de plantas del ensayo.

-Severidad: Se usó la escala propuesta por Cibrián (2019). Colocando a cada una de las unidades experimentales dentro de un valor de la escala según su estado fisiológico.

- La agresividad de los aislados se evaluó de acuerdo a los valores de incidencia y severidad obtenidos.

**Tabla 7-2:** Escala de severidad

<b>Nota de la escala</b>	<b>Descripción</b>
0	Planta sana
1	Inicio de síntomas (marchitamiento, decoloración del follaje y amarillamiento)
2	Doblamiento del brote de crecimiento, más del 50% del follaje muerto
3	Planta muerta

**Fuente:** (Cibrián, 2019, p. 9).

**Realizado por:** Tixi, Mónica, 2022.

#### **2.4.2. Fase de campo**

##### **2.4.2.1. Recepción de plantas**

El experimento de patogenicidad y agresividad se realizó en el vivero de la Facultad de Recursos Naturales de la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, para lo cual se utilizó plantas de *Pinus radiata* de 8 meses de edad provenientes de la empresa Aglomerados Cotopaxi (Figura 2-2).



**Figura 2-2:** Recepción de plantas.

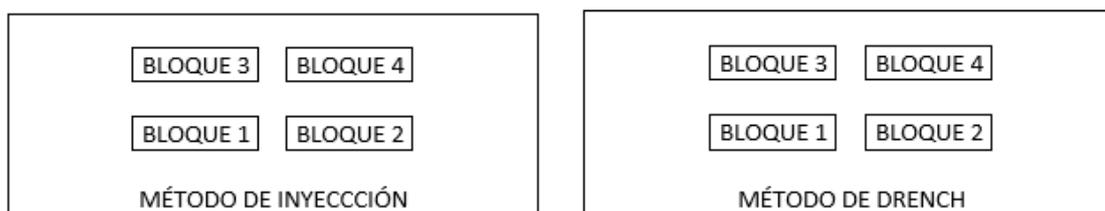
**Realizado por:** Tixi, Mónica, 2022.

Luego de la recepción se brindó un tiempo de aclimatización de 15 días, periodo en el cual se brindó riego y se evaluó su adaptabilidad.

#### 2.4.2.2. Ubicación y etiquetado según el diseño experimental

Una vez superado el periodo de aclimatización los bloques fueron diseñados y establecidos de manera que las plantas tengan suficiente espacio para su desarrollo, evitando aglomeraciones y una correcta aireación.

Se separó los bloques y tratamientos por bandejas germinadoras, etiquetando cada una según corresponda. (Anexo B)



**Figura 3-2:** Ubicación y etiquetado según el diseño experimental.

**Realizado por:** Tixi, Mónica, 2022.

#### 2.4.2.3. Preparación de Inóculo

Se partió de la reactivación de las cepas fúngicas que se obtuvieron del cepario del Laboratorio de Fitopatología de la ESPOCH, para lo cual se preparó medio de cultivo PDA + Cloranfenicol al 5%, posteriormente fueron cultivados a  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$  en condiciones de oscuridad. Durante 10 días

en condiciones de oscuridad. Una vez obtenido la producción de micelio y esporas se agregó 10 mL de agua destilada estéril en cada una de las cajas de Petri, con un cepillo estéril se raspó suavemente las esporas y finalmente se almacenó en un matraz Erlenmeyer la suspensión de esta. La concentración se ajustó a  $1 \times 10^4$  ufc/mL mediante una cámara de Neubauer (Anexo C).

#### *2.4.2.4. Inoculación de *Fusarium circinatum* en *Pinus radiata* por el método de inyección y drench*

La inoculación de *Fusarium circinatum* se realizó por medio de dos métodos en las plantas de *Pinus radiata*. Para el método 1 (inyección) se utilizó una jeringa de 1 mL y se aplicó la suspensión a nivel del tallo en la parte baja. Por otro lado, para el método 2 (drench) se aplicó directamente al tubete 5 mL de la suspensión de esporas con la ayuda de una jeringa. La suspensión para los dos métodos se encontraba calibrada a una concentración de  $1 \times 10^4$  ufc/mL (Anexo D).

#### *2.4.2.5. Reaislamiento para comprobar postulados de Koch*

Se recolectó un individuo por cada tratamiento en campo, posteriormente se lavó y retiró la tierra del sistema radicular, se obtuvo fragmentos de raíz de 1 cm de longitud, que fueron desinfectados, usando el siguiente protocolo:

Los fragmentos fueron sumergidos durante 1 min en hipoclorito de sodio al 5%, 1 min en alcohol al 70% y dos lavados en agua destilada estéril.

Los fragmentos fueron sembrados e incubados a 25 °C por 7 días hasta observar el crecimiento micelial, basados en las características culturales de *Fusarium circinatum*, los cultivos fueron purificados mediante repicados sucesivos (Anexo E).

Para los aislados obtenidos se realizó cultivo puro, sembrando una fracción de micelio en una caja de Petri en medio de cultivo PDA + Cloranfenicol al 5% posterior se realizó cultivo monospórico y se sembró en medio de cultivo SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar por sus siglas en alemán) y PDA, para su respectiva identificación morfológica y conservación (ANEXO G).

#### **2.4.3. Riego**

El riego de las plantas se lo realizó con la ayuda de una regadera con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana de acuerdo con las condiciones observadas en el ensayo.

#### **2.4.4. Toma de datos**

##### **2.4.4.1. Incidencia**

Para la toma de datos de la variable incidencia se realizó un diagnóstico visual a partir del 3 día de aplicada la suspensión de inóculo, en donde se le dio un valor de 0 a las plantas totalmente sanas y de 1 a las plantas que presentaban algún síntoma de la enfermedad (Anexo F).

##### **2.4.4.2. Severidad**

Para la variable severidad de igual manera se realizó un diagnóstico visual a partir del 3 día de aplicada la suspensión de inóculo y se colocaba a las plantas de acuerdo a la escala establecida durante el periodo de evaluación (Anexo F).

#### **2.4.5. Análisis de datos**

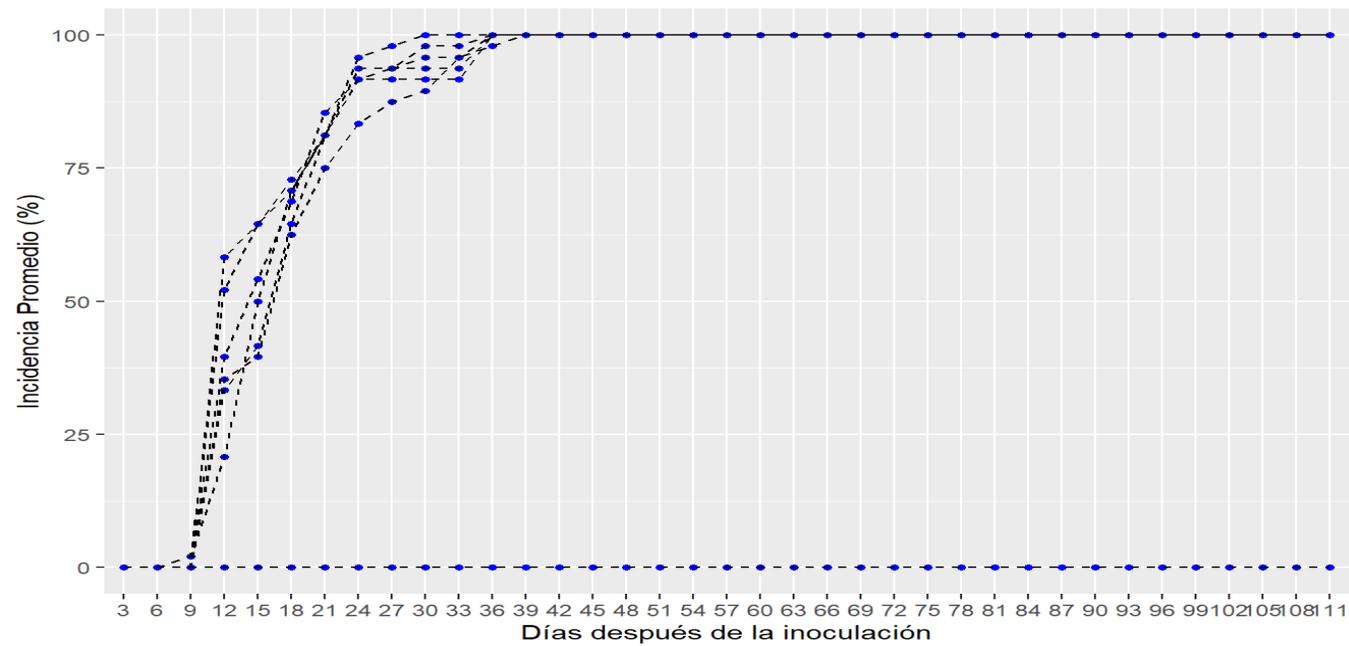
El registro de los datos se realizó en una hoja de Excel, posteriormente se utilizó el software R versión 4.1.1, para realizar el análisis estadístico, se utilizó gráficos de curva de progreso y gráficos de barras de las distintas variables evaluadas. Se usó un análisis inferencial a través del análisis de varianza (ANOVA) y separación de medias a través de la prueba de Tukey al 5%, para cada uno de los experimentos.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Resultados y discusión

##### 3.1.1. Incidencia Final por el método de inyección



**Gráfico 1-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia final por el método de inyección.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El Gráfico 1-3 nos indica la curva de progreso de la enfermedad de la incidencia por el método de inyección, en el mismo se pudo observar que a los 30 días posteriores a la inoculación uno de los tratamientos completa el 100% de plantas enfermas, y que a los 39 días ya todos los tratamientos alcanzaron este valor, por su parte los tratamientos T7 y T8 presentaron una incidencia de 0.

**Tabla 8-3:** Análisis de varianza de la incidencia final por el método inyección

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	60000	8571	1,144e+30	<2e-16***
<b>Bloque</b>	3	0	0	5,380e-01	0,661
<b>Error</b>	21	0	0		

Realizado por: Tixi, M, 2022.

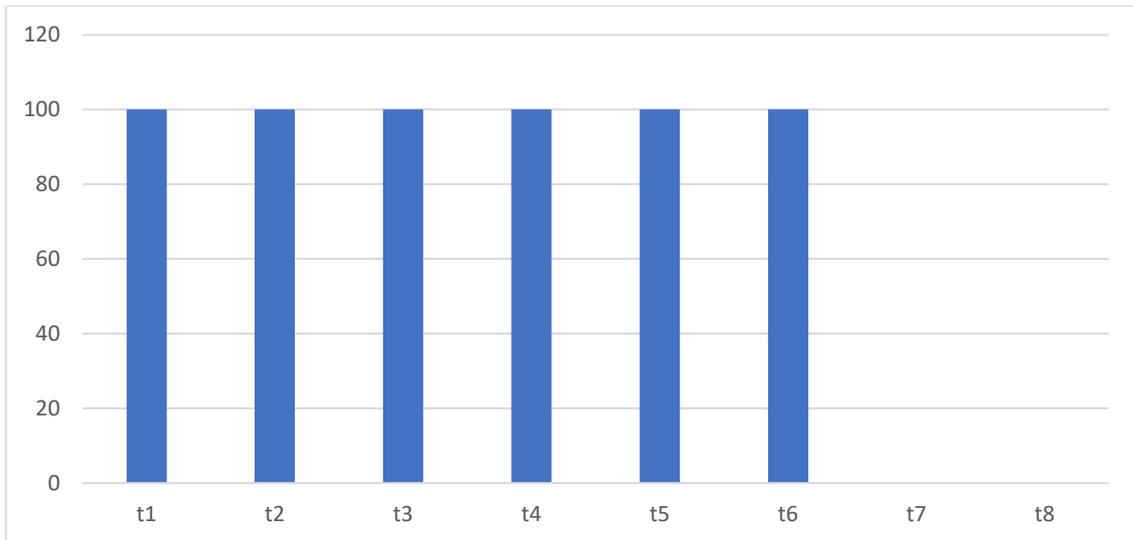
La prueba de ANOVA realizada para el área bajo la curva de la incidencia final por el método de inyección mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de <2e-16 (Tabla 8-3).

**Tabla 9-3:** Test de Tukey para la variable incidencia final por el método inyección.

<b>Tratamiento</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Grupo</b>
t1	100	a*
t2	100	a
t3	100	a
t4	100	a
t5	100	a
t6	100	a
t7	0	b
t8	0	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.



**Gráfico 2-3:** Incidencia final por el método de inyección.

**Realizado por:** Tixi, M, 2022.

Luego de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% se determinó que todos los tratamientos que fueron inoculados con *Fusarium circinatum* llegaron a su 100% en incidencia, por otro lado, los tratamientos 7 y 8 son los que presentaron una incidencia nula del 0% (Tabla 9-3).



El Gráfico 3-3 nos indica la curva de progreso de la enfermedad de la incidencia en el método de inyección, en el mismo se pudo observar que el tratamiento 4 es el de mayor incidencia llegando a completar el 100% de plantas enfermas transcurrido 30 días posteriores a la inoculación, por otro lado, el tratamiento de menor incidencia correspondió al tratamiento 6 que tardó 39 días en completar la 100% de plantas enfermas; mientras tanto los tratamientos 7 y 8 no presentaron incidencia de la enfermedad ya que se trataba del testigo *Trichoderma* y testigo absoluto en el ensayo donde no se observó ninguna planta infectada.

**Tabla 10-3:** Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la Incidencia por método de Inyección.

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	15561855	2223122	55,294	4,13e-12 ***
<b>Bloque</b>	3	1145527	381842	9,497	0,000365 ***
<b>Error</b>	21	844316	40206		

\*\*\* = Altamente significativo

Realizado por: Tixi, M, 2022.

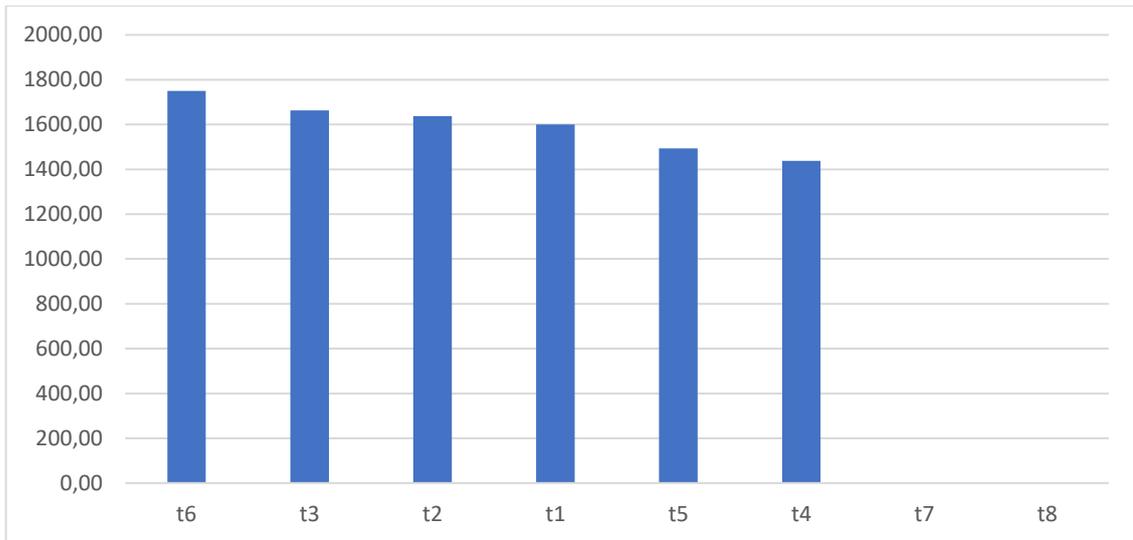
La prueba de ANOVA realizada para el área bajo la curva de la incidencia por el método de inyección mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de 4,13e-12 (Tabla 10-3).

**Tabla 11-3:** Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la incidencia por el método de Inyección.

<b>Tratamiento</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Grupo</b>
t6	1750,00	a*
t3	1662,50	a
t2	1637,50	a
t1	1600,00	a
t5	1493,75	a
t4	1437,50	a
t7	0,00	b
t8	0,00	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.

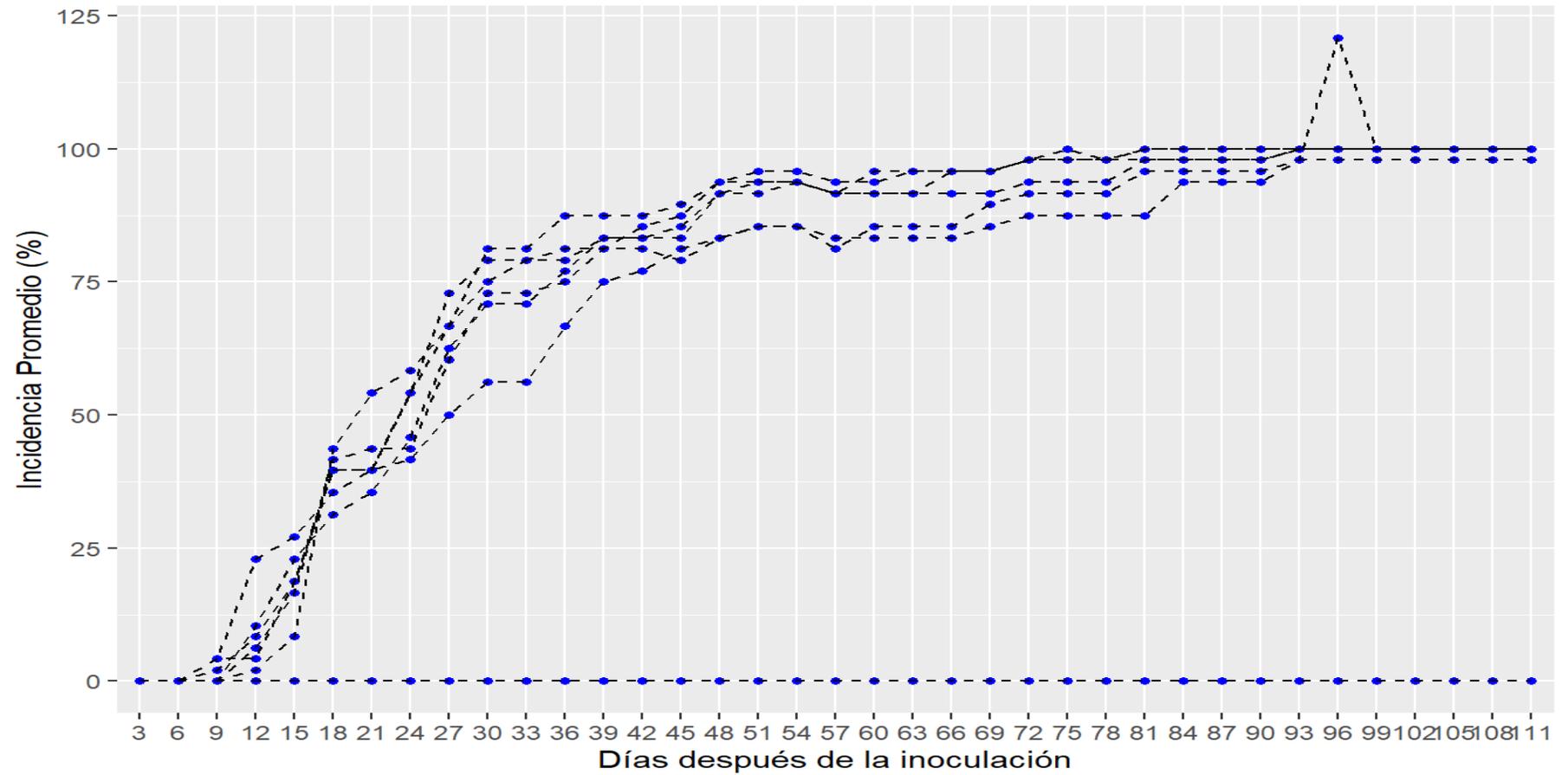


**Gráfico 4-3:** Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección.

**Realizado por:** Tixi, M, 2022.

Luego de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% se determinó que el tratamiento 6 de valor 1750,00 es el que presentó el mayor valor para el área bajo la curva de la incidencia en el método de inyección, por otra parte, el tratamiento 4 de valor 1437,50 fue el que menor valor presentó, en tanto los tratamientos 7 y 8 de valor 0,00 son los que presentaron una incidencia nula (Tabla 11-3).

### 3.1.3. Incidencia Final por el método de Drench



**Gráfico 5-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia en Drench.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El Gráfico 5-3 nos indica la curva de progreso de la enfermedad de la incidencia final por el método de inyección, en el mismo se pudo observar que a los 75 días posteriores a la inoculación, uno de los tratamientos presenta mayor incidencia llegando a completar el 100% de plantas enfermas. También se puede decir que al finalizar las evaluaciones existen tratamientos que no alcanzaron el 100% de plantas enfermas.

**Tabla 12-3:** Análisis de varianza de la incidencia final por el método de Drench.

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	59193	8456	1859,727	<2e-16 ***
<b>Bloque</b>	3	9	3	0,636	0,6
<b>Error</b>	21				

Realizado por: Tixi, M, 2022.

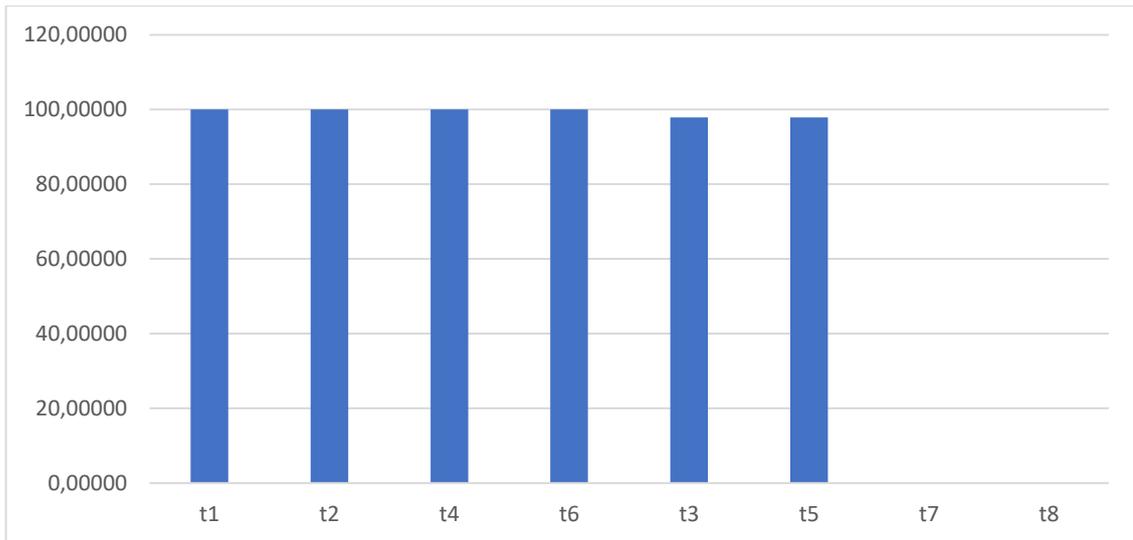
La prueba de ANOVA realizada para el área bajo la curva de la incidencia por el método de inyección mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de <2e-16 (Tabla 12-3).

**Tabla 13-3:** Test de Tukey para la variable incidencia final por el método de Drench.

<b>Tratamiento</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Grupo</b>
t1	100,00000	a*
t2	100,00000	a
t4	100,00000	a
t6	100,00000	a
t3	97,91667	a
t5	97,91667	a
t7	0,00000	b
t8	0,00000	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.



**Gráfico 6-3:** Incidencia final por el método de Drench.

**Realizado por:** Tixi, M, 2022.

Luego de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% se determinó que los tratamientos 1, 2,4, y 6, llegaron a su 100% en incidencia, por otro lado, los tratamientos 3 y 5 llegando a un 98% en incidencia, mientras tanto los tratamientos 7 y 8 son los que presentaron una incidencia nula del 0% (Tabla 13-3).



El Gráfico 7-3 indica la curva de progreso de la enfermedad de la incidencia por el método de drench, en el mismo se determinó que el tratamiento 1, 4 y 6 son los de mayor incidencia llegando al 100% transcurrido los 72 días posteriores a la aplicación por el contrario el tratamiento 3 y 5 son los de menor incidencia llegando a un 97% transcurrido los 93 días posteriores a la inoculación, en tanto los tratamientos 7 y 8 presentaron una incidencia nula al no presentar sintomatología relacionada con la enfermedad.

**Tabla 14-3:** Análisis de varianza para el área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección.

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	49148276	7021182	16,526	3,1e-07 ***
<b>Factor(bloque)</b>	3	196460	65487	0,154	0,926
<b>Error</b>	21	8922095	424862		

Realizado por: Tixi, M, 2022.

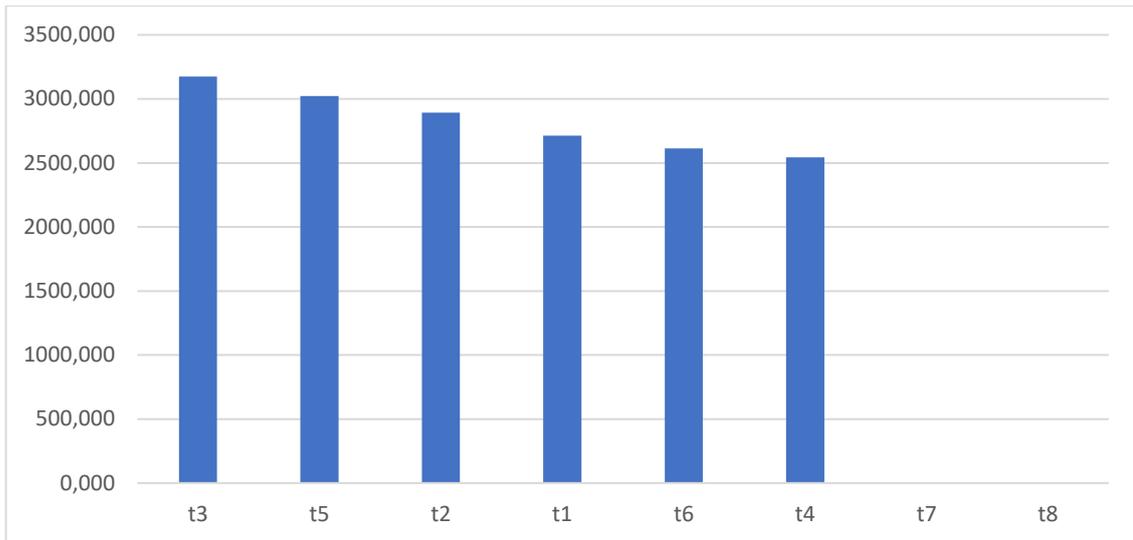
La prueba de ANOVA para el área bajo la curva de la incidencia por el método de drench mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de 3,1e-07 (Tabla 14-3).

**Tabla 15-3:** Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la variable incidencia por el método de Drench.

<b>Tratamiento</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Grupo</b>
t1	3175,000	a*
t4	3021,875	a
t2	2893,750	a
t1	2712,500	a
t6	2612,500	a
t4	2543,750	a
t7	0,000	b
t8	0,000	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.

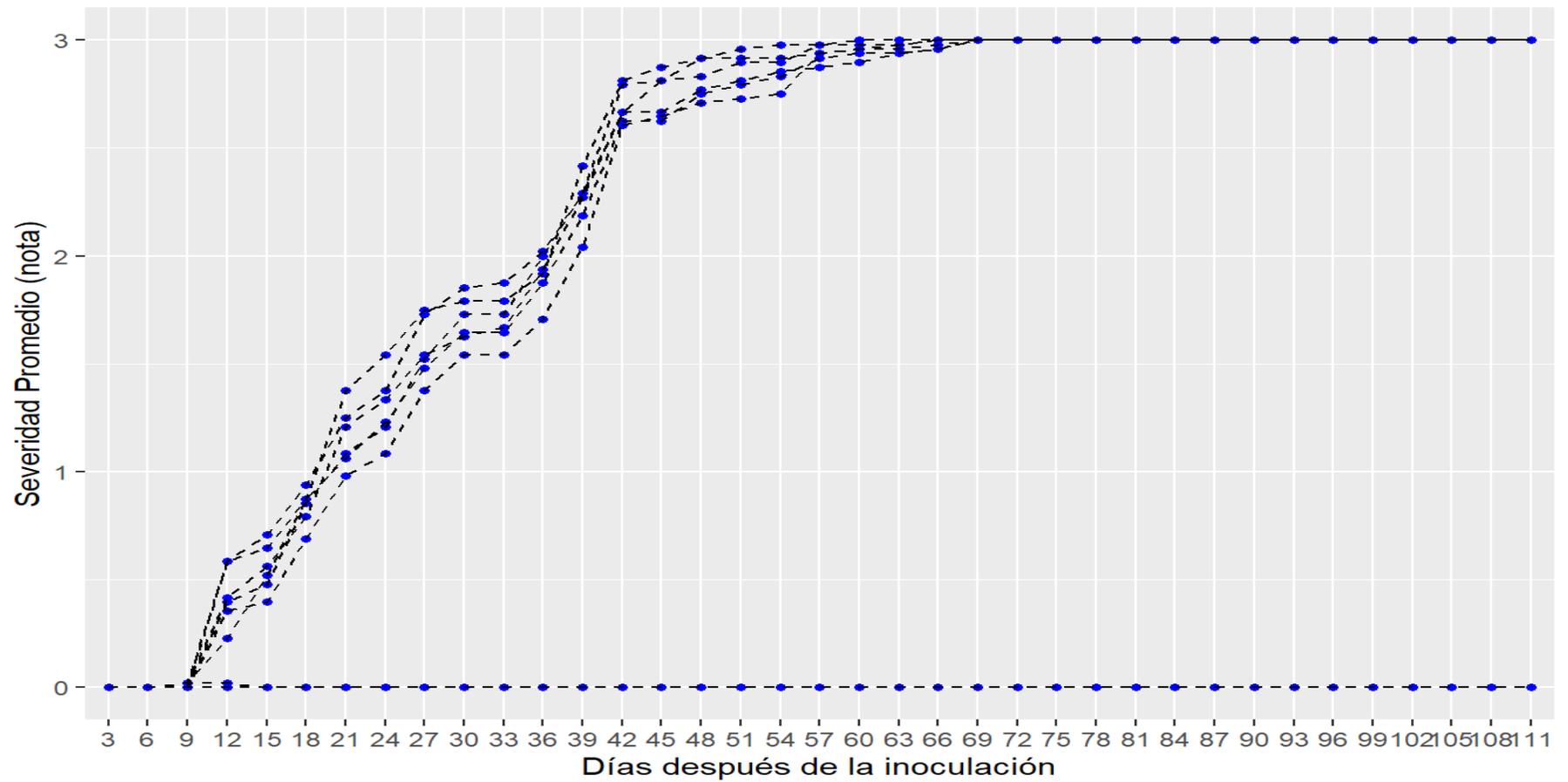


**Gráfico 8-3:** Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable incidencia por el método de Inyección.

**Realizado por:** Tixi, M. 2022

Luego de realizada la prueba de Tukey al 5% se determinó que el tratamiento 3 de valor 3175,000 es el que presentó el mayor valor para el área bajo la curva de la incidencia por el método de drench, contrario al tratamiento 4 de valor 2543,750 que fue el de menor valor; por su parte los tratamientos 7 y 8 de valor 0,000 presentaron incidencia nula (Tabla 15-3).

### 3.1.5. Severidad Final por el método de inyección



**Gráfico 9-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la severidad final por el método de inyección.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El Gráfico 9-3 nos indica la curva de progreso de la enfermedad de la severidad final por el método de inyección, en el mismo se pudo observar que a los 60 días posteriores a la inoculación uno de los tratamientos presenta mayor incidencia llegando a completar el 100% de plantas enfermas.

**Tabla 16-3:** Análisis de varianza de la severidad final por el método inyección

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	54	7,714	4,569e+30	<2e-16 ***
<b>Bloque</b>	3	0	0,000	8,870e-01	0.464
<b>Error</b>	21	0	0,000		

Realizado por: Tixi, M, 2022.

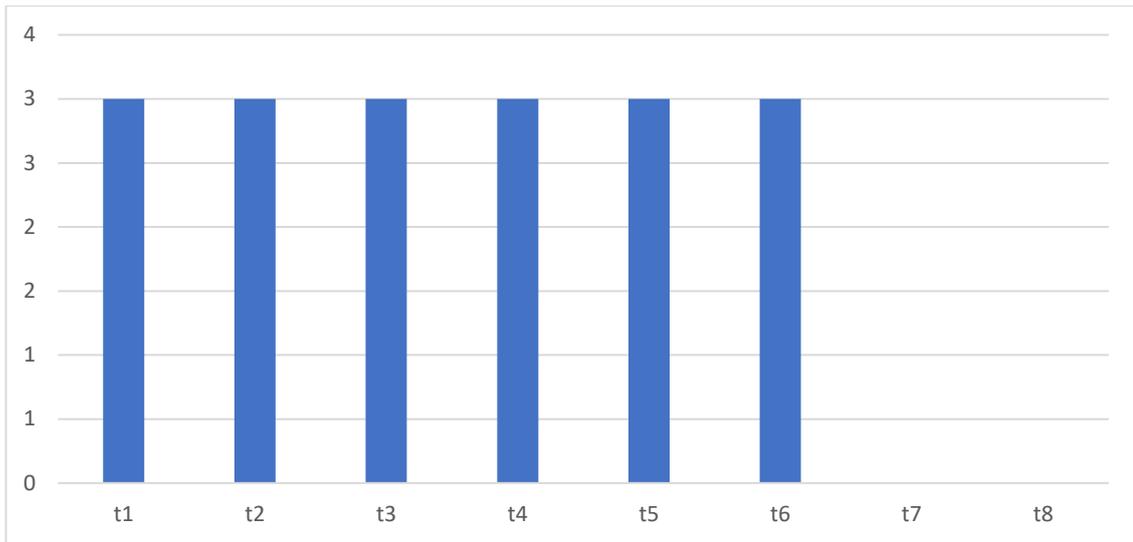
La prueba de ANOVA realizada para el área bajo la curva de la severidad por el método de inyección mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de <2e-16 (Tabla 16-3).

**Tabla 17-3:** Test de Tukey para la variable severidad final por el método inyección.

<b>Tratamiento</b>	<b>Severidad</b>	<b>Grupo</b>
t1	3	a*
t2	3	a
t3	3	a
t4	3	a
t5	3	a
t6	3	a
t7	0	b
t8	0	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.

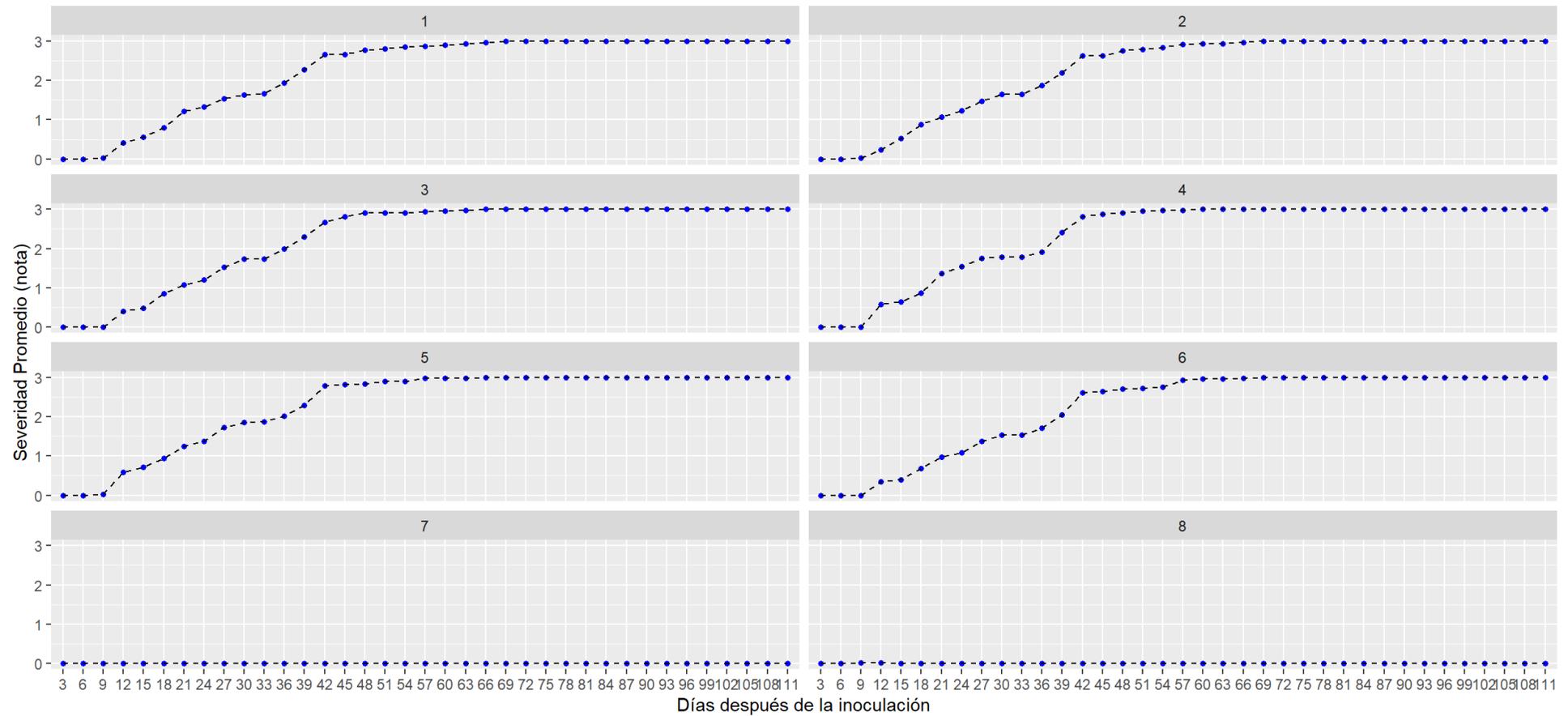


**Gráfico 10-3:** Severidad final por el método de inyección.

**Realizado por:** Tixi, M, 2022.

Luego de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% se determinó que todos los tratamientos que fueron inoculados con *Fusarium circinatum* llegaron a su nivel 3 en severidad, por otro lado, los tratamientos 7 y 8 son los que presentaron una severidad de 0 (Tabla 17-3).

### 3.1.6. Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la severidad por el método de inyección



**Gráfico 11-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la severidad de acuerdo al método de inoculación de inyección por cepa de *Fusarium*.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El Grafico 11-3 muestra la curva de progreso de la enfermedad de la severidad por el método de inyección, en el cual se pudo determinar que la mayor severidad se presentó en el tratamiento 4 llegando a los 60 días al nivel 3 en su totalidad contrario a lo observado en el tratamiento 1 que presentó menor severidad alcanzando el nivel 3 en su totalidad transcurridos 69 días posteriores a la inoculación, mientras los tratamientos 7 y 8 presentaron severidad 0, ya que al final de la evaluación se mantuvieron en el nivel 0.

**Tabla 18-3:** Análisis de varianza para el área bajo la curva para el progreso de la enfermedad para la variable severidad por el método de Inyección.

Cuadro del análisis de varianza					
	G.L.	S.C.	MEDIA S.C.	F valor	Pr(>F)
<b>Tratamiento</b>	7	43696	6242	158,22	< 2e-16 ***
<b>Bloque</b>	3	636	212	5,37	0,00666 **
<b>Error</b>	21	829	39		

Realizado por: Tixi, M, 2022.

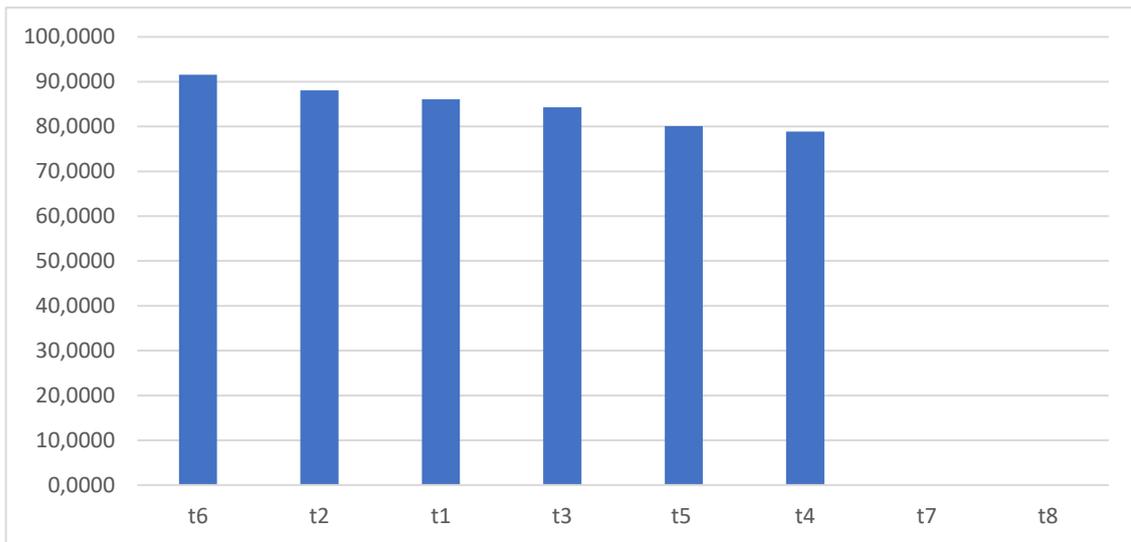
La prueba de ANOVA para el área bajo la curva de la severidad por el método de inyección mostró que existe efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de < 2e-16 (Tabla 18-3).

**Tabla 19-3:** Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la variable severidad por el método de Inyección.

Tratamiento	Severidad	Grupo
t6	91,5625	a*
t2	88,0625	a
t1	86,0625	a
t3	84,3125	a
t5	80,0625	a
t4	78,8750	a
t7	0,0000	b
t8	0,0000	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.

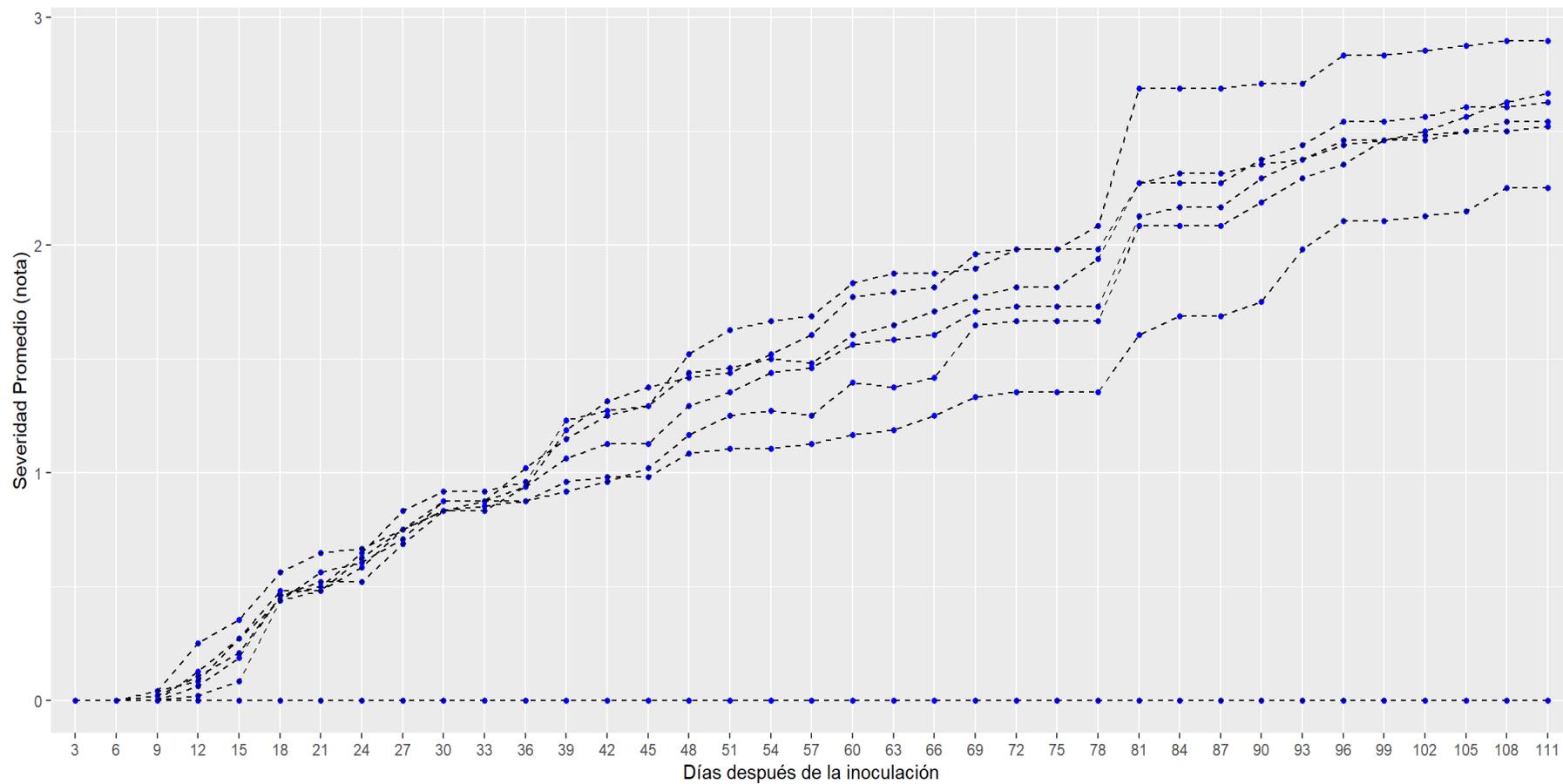


**Gráfico 12-3:** Progreso de la enfermedad severidad por el método Inyección.

Realizado por: Tixi, M. 2022

Luego de la prueba de Tukey al 5% se determinó que el tratamiento 6 de valor 91,5625 es el que presentó el mayor valor para severidad, mientras que el tratamiento 4 de valor 78,8750 presentó el menor valor, en tanto los tratamientos 7 y 8 presentaron valores 0, determinando una severidad nula.

### 3.1.7. Severidad Final por el método de Drench



**Gráfico 13-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la severidad por el método de Drench.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El Gráfico 13-3 nos indica la curva de progreso de la enfermedad de la severidad por el método de Drench, en el mismo se pudo observar que a los 69 días posteriores a la inoculación uno de los tratamientos presenta mayor severidad llegando a el nivel 2 de plantas enfermas.

**Tabla 20-3:** Análisis de varianza de la severidad final por el método Drench.

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	34.56	4,937	102,785	8,36e-15 ***
<b>Bloque</b>	3	0,40	0,135	2.807	0,0646
<b>Error</b>	21	1,01	0,048		

Realizado por: Tixi, M, 2022.

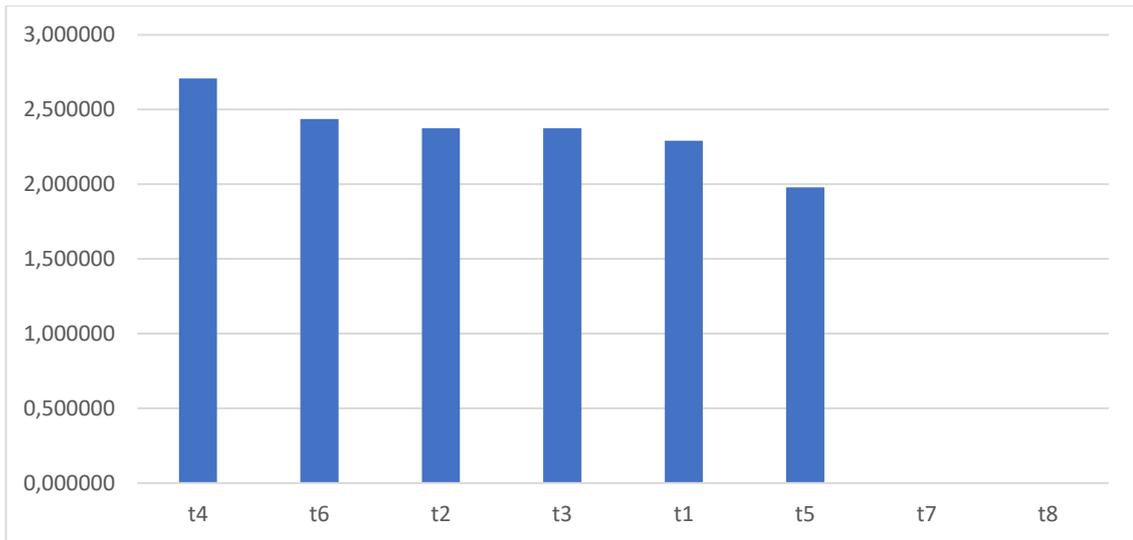
La prueba de ANOVA realizada para el área bajo la curva de la incidencia por el método de inyección mostró efecto altamente significativo de los tratamientos con un P valor de 8,36e-15 (Tabla 20-3).

**Tabla 21-3:** Test de Tukey para la variable severidad final por el método Drench.

<b>Tratamiento</b>	<b>Severidad</b>	<b>Grupo</b>
t4	2,708333	a*
t6	2,437500	a
t2	2,375000	a
t3	2,375000	a
t1	2,291667	a
t5	1,979167	a
t7	0,000000	b
t8	0,000000	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M, 2022.

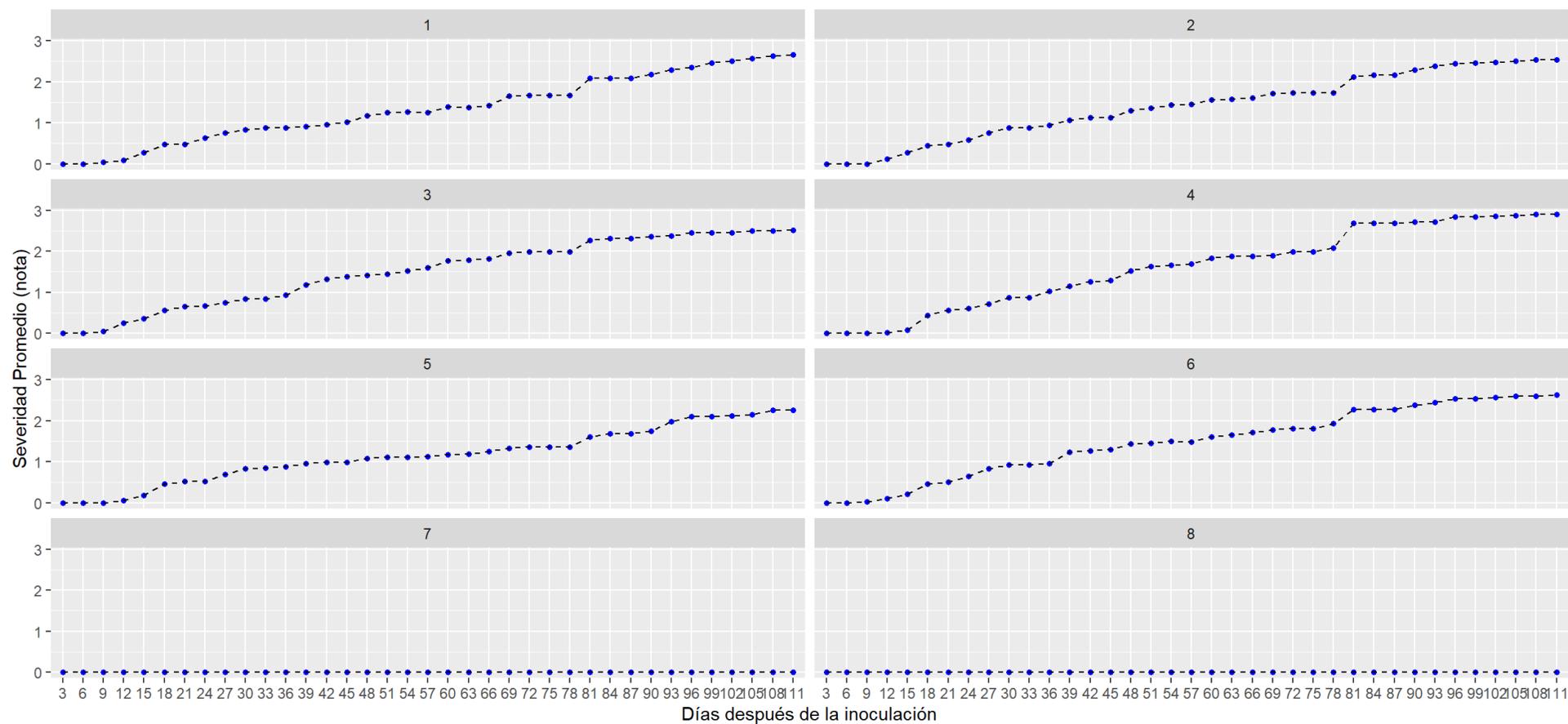


**Gráfico 14-3:** Severidad final por el método de Drench.

**Realizado por:** Tixi, M, 2022.

Luego de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% se determinó que todos los tratamientos que fueron inoculados con *Fusarium circinatum* llegaron a su nivel 2 en severidad, por otro lado, los tratamientos 7 y 8 son los que presentaron una severidad de 0 (Tabla 21-3).

### 3.1.8. Área bajo la curva para el progreso de la enfermedad de la Severidad por el método de Drench



**Gráfico 15-3:** Curva de progreso de la enfermedad de la incidencia de acuerdo a la inoculación en drench por cepa de *Fusarium*.

Realizado por: Tixi, M, 2022.

El gráfico 7-3 muestra la curva de progreso de la enfermedad de la severidad en el método de drench en el cual podemos determinar que el tratamiento 3 fue el primero en alcanzar el nivel 2 a los 69 días mientras el tratamiento 5 tardó 93 días en alcanzar el nivel 2 su totalidad, en tanto el tratamiento 7 y 8 no pasaron de nivel 0 al final de la evaluación.

**Tabla 22-3:** Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad - Severidad método Drench.

<b>Cuadro del análisis de varianza</b>					
	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>MEDIA S.C.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	7	110097	15728	80,730	9,56e-14 ***
<b>Bloque</b>	3	1241	414	2,124	0,128
<b>Error</b>	21	4091	195		

Realizado por: Tixi, M. 2022

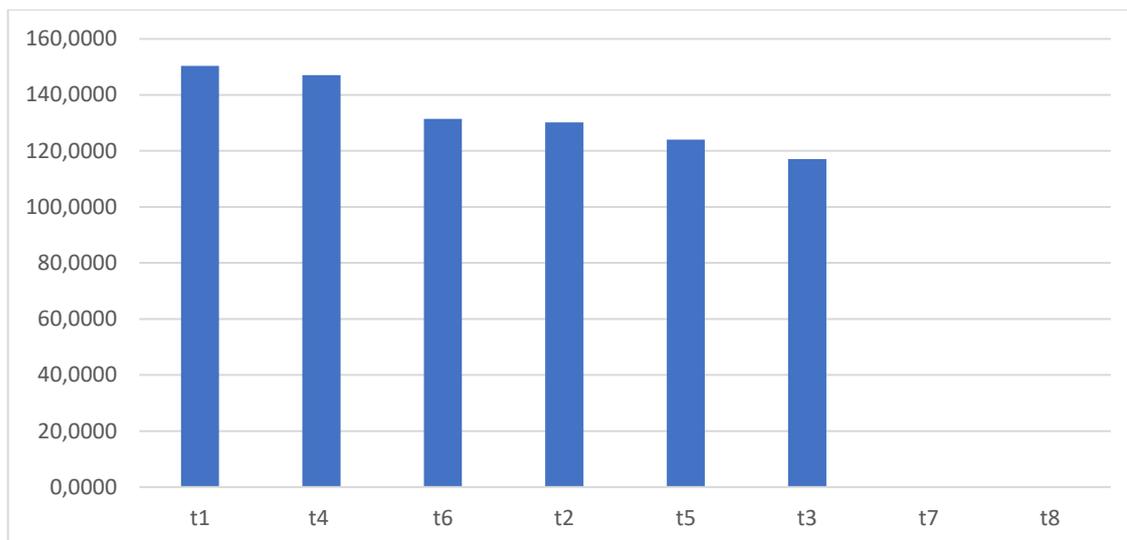
La prueba de ANOVA para el área bajo la curva de la severidad por el método de inyección el resultó altamente significativa con un valor de 9,56e-14 (Tabla 22-3).

**Tabla 23-3:** Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad por el método Drench.

<b>Tratamiento</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Grupo</b>
t1	150,3750	a
t4	147,0938	a
t6	131,4375	a
t2	130,1875	a
t5	124,0625	a
t3	117,0312	a
t7	0,0000	b
t8	0,0000	b

\*Los tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares según el Test de Tukey al 5%

Realizado por: Tixi, M. 2022.



**Gráfico 16-3:** Progreso de la enfermedad severidad por el método Drench.

**Realizado por:** Tixi, M. 2022

Luego de la prueba de Tukey al 5% se determinó que el tratamiento 1 de valor 150,3750 es el que presentó el mayor para severidad en el método Drench y el tratamiento 3 de valor 117, 0312 presentó el menor valor para la media, por su parte el tratamiento 7 y 8 de valor 0,0000 presentaron valores de 0 para severidad.

## DISCUSIÓN

La enfermedad del chancro resinoso es causada por el hongo ascomicete *Fusarium circinatum* Nirenberg et O'Donnell (teleomorfo = *circinata*) que afecta a numerosas especies de coníferas y hasta la fecha se ha presentado en todos los continentes del mundo, a excepción de la Antártida.

Debido a las variaciones climatológicas y ambientales a nivel global han favorecido el rango biológico de dispersión de la enfermedad, sumado al comercio internacional de madera y sus derivados con medidas cuarentenarias insuficientes, actualmente el hongo amenaza con expandirse a zonas libres de la infección. En ciertas zonas que se han confirmado la presencia de la enfermedad se reportan importantes pérdidas económicas en semilleros forestales, viveros, comerciales de distintas especies de coníferas y plantaciones silvestres. Además de pérdida ecosistémica causada por la inestabilidad de los bosques. Actualmente el chancro resinoso es considerado la patología más importante a nivel mundial de las coníferas, y no posee tratamiento curativo por lo que los esfuerzos están centrados en el tratamiento preventivo. Dentro del ámbito científico se destacan las investigaciones en resistencia genética del hospedante y el uso de controladores biológicos que prometan resultados significativos.

Castaño, Zapata (2002) menciona que cuanto mayor es la incidencia de una enfermedad, mayor es su velocidad de desarrollo. El presente trabajo de investigación permitió corroborar la patogenicidad de los 6 aislados de *Fusarium circinatum* evaluados, en donde dado el grado de incidencia y severidad se determinó al aislado del tratamiento 4 (FC1P) como el más agresivo, presentando los síntomas en un periodo de incubación más corto en relación a los demás tratamientos y también en donde la severidad alcanzó uno de los niveles más alto, afectando al desarrollo de las plantas de *Pinus* spp.

La enfermedad se manifestó después del día 12 de la inoculación con los aislados de *Fusarium circinatum*, causando síntomas externos de amarillamiento, decoloración del follaje, doblamiento del brote de crecimiento, más del 50% del follaje muerto y marchitamiento de la planta, seguido de la muerte.

Por otra parte, se determinó que el método de inoculación que fue más efectivo al momento de infectar las plantas corresponde al método 1, inoculación de plantas por inyección, esto se debe a la interacción mucho más rápida del patógeno con el tejido vegetal a colonizar. Las plántulas infectadas por el método drench presentaron un periodo de incubación mucho más retardado.

Durante el día 9 del ensayo, se observaron pequeñas lesiones de las plántulas, sin síntomas claros de cancro resinoso, mientras que a partir del día 15 las lesiones necróticas en las plántulas fueron más evidentes, mostrando síntomas típicos de enfermedades como la muerte regresiva de acículas basales, el marchitamiento y la muerte regresiva de brotes laterales.

Se observó decoloración del follaje, con aspecto de deshidratación, luego de unos días la plántula no se mantenía erecta y moría, también se observó que las coníferas son susceptibles a la enfermedad y el hongo crece en el tejido vascular causando marchitamiento y posteriormente la muerte de la planta. López, Castaño (2013) inocularon la bacteria *Pseudomonas* sp. Mediante el método de inyección en el cual se hunde la aguja en el tallo principal para llegar a los vasos conductores de xilema y floema, causando la interacción mucho más rápida del patógeno con el tejido vegetal a colonizar.

El efecto de *Fusarium circinatum* en *Pinus* mostró una alta tasa de mortalidad, coincidiendo con lo argumentado por García-Díaz (2017) al afirmar que *Fusarium circinatum* es el patógeno más importante en plántulas de pino en diferentes partes del mundo. Además, Gordon, Swett (2015) informan que las especies de *Fusarium* causan daños significativos a las plántulas de coníferas.

La correcta separación de las unidades muestrales permitió medir con eficiencia las variables definidas, ya que en una prueba piloto se evidencio que al estar muy continuas las plántulas, se generaba condiciones adecuadas para el desarrollo de hongos y la proliferación de moho, afectando al ensayo propuesto.

## CONCLUSIONES

- Las plantas de *Pinus* inoculadas con los seis aislados de *Fusarium circinatum*, por los dos métodos fueron patogénicos causando síntomas externos de amarillamiento, decoloración del follaje, doblamiento del brote de crecimiento, más del 50% del follaje muerto y marchitamiento de la planta.
- Los seis aislados de *Fusarium circinatum* inoculadas en las plantas de *Pinus* spp, la incidencia en los dos métodos, se determinó que el tratamiento 4 (FC1P) fue el de mayor incidencia presentando los síntomas en un periodo de tiempo más corto en comparación a los demás tratamientos.
- El tratamiento 4 (FC1P), mostró ser más agresiva según el índice de infección, área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios en otras zonas productoras de *Pinus* para determinar la patogenicidad y agresividad con respecto a *Fusarium circinatum*.
- Realizar estudios para la evaluación de antagonistas para el control biológico y químico en *Pinus* spp.
- Realizar estudios para la evaluación de medidas de manejo cultural, biológico, químico, para *Fusarium circinatum*.

## **GLOSARIO**

**Agresividad:** Capacidad de un parásito para invadir y crecer en su planta hospedante y reproducirse sobre o en él (Hernández, 2013, p. 8).

**Aislado:** Cepa de un organismo que es mantenido en cultivo puro, ya sea activo o preservado, bajo condiciones de laboratorio (Ulloa & Hanlin, 2006, p.14).

**Cancro:** Son lesiones necróticas que forman depresiones en los tejidos corticales de los tallos, tubérculos y raíces. Generalmente tiene un área delimitada y bordes definidos (Rivera, 2007, p. 11).

**Inoculación:** Acto o proceso de inocular; especialmente la introducción de un patógeno en un organismo vivo (Ulloa & Hanlin, 2006, p.314).

**Inóculo:** Material fúngico que es transferido (micelio, esporas) que es transferido a un organismo, un sustrato o un medio de cultivo con el fin de propagarlo (Ulloa & Hanlin, 2006, p.314).

**Marchitez:** Es la manifestación externa de una deficiencia en el suministro de agua en toda la planta o parte de ella. Su origen está en el bloqueo del sistema vascular, la acción de toxinas sobre la transpiración de las hojas o simplemente por la falta de agua en el suelo (Rivera, 2007, p. 9).

**Medio:** sistema o sustrato nutritivo que se utiliza para el cultivo artificial de hongos y otros microorganismos (Ulloa & Hanlin, 2006, p.357).

**Plantines:** es una plantita ya establecida, con hojas y un sistema radicular parcialmente desarrollado (Ramoá, 2013, p. 2).

## BIBLIOGRAFÍA

**AGRIOS, George.** *Plant Pathology*. [En línea]. 1aed. United States of America: Elsevier Academic Press, 2005. [Consulta: 19 diciembre 2021]. Disponible en: ISBN 0-12-044565-4

**BEZOS, Diana; & LOMBA, P; & MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, Pablo; & FERNÁNDEZ, Mercedes.** *Effects of pruning in Monterrey pine plantations affected by Fusarium circinatum: Forest Systems*. [En línea]. Monterrey- Mexico, 2012, pp. 481-488. [Consulta: 01 enero 2022]. Disponible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/2262-8835-1-PB.pdf>

**BEZOS, Diana; & LOMBA, P; & MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, Pablo; & FERNÁNDEZ, Mercedes; & Diez, Julio.** *Epidemiology and management of Pine Pitch Canker disease in Europe - A Review*. [En línea]. *Baltic Forestry - International Scientific Journal*, 2017, pp. 279–293. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF\\_Articles/2017-23%5B1%5D/Baltic%20Forestry%202017.1\\_279-293.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2017-23%5B1%5D/Baltic%20Forestry%202017.1_279-293.pdf)

**BRITZ, Henriette.** *Diversidad y diferenciación en dos poblaciones de Gibberella circinata en el SurÁfrica*. [En línea]. *Planta Patología*, 2005, pp. 46 – 52. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Diversidad+y+diferenciaci%C3%B3n+en+dospoblaciones+de+Gibberella+circinata+en+el+Sur%C3%81frica.&rlz=1C1CHBD\\_esEC959EC959&oq=Diversidad+y+diferenciaci%C3%B3n+en+dospoblaciones+de+Gibberella+circinata+en+el+Sur%C3%81frica.&aqs=chrome..69i57.441j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Diversidad+y+diferenciaci%C3%B3n+en+dospoblaciones+de+Gibberella+circinata+en+el+Sur%C3%81frica.&rlz=1C1CHBD_esEC959EC959&oq=Diversidad+y+diferenciaci%C3%B3n+en+dospoblaciones+de+Gibberella+circinata+en+el+Sur%C3%81frica.&aqs=chrome..69i57.441j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

**BROCKERHOFF, E.** *Role of insect vectors in epidemiology and invasion risk of Fusarium circinatum, and risk assessment of biological control of invasive Pinus contorta*. [En línea]. *Biological Invasions*, 2016, pp. 1177–1190. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1059-8>

**Carrasco, Angela.** *Cancro resinoso del pino: ¿una amenaza potencial para las plantaciones de Pinus radiata en Chile*. [En línea]. Chile, 2016, p. 2. [Consulta: 25 diciembre 2021]. Disponible en: [https://revistas.udec.cl/index.php/gayana\\_botanica/article/view/4108](https://revistas.udec.cl/index.php/gayana_botanica/article/view/4108)

**CIBRIÁN, T.; & GARCÍA, Juan.** *Manual de identificación y manejo de plagas y enfermedades en germoplasma y planta producida en viveros*. [En línea]. CONAFOR, 2008, p. 6. [Consulta:

27 diciembre 2021]. Disponible en:  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15374/mod\\_resource/content/0/Enfermedades\\_2013/Lectura\\_obligatoria\\_yo\\_complementaria/Vol\\_5\\_cap\\_1.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15374/mod_resource/content/0/Enfermedades_2013/Lectura_obligatoria_yo_complementaria/Vol_5_cap_1.pdf)

**COUTINHO, Tereza.** *Pitch canker caused by Fusarium circinatum - a growing threat to pine plantations and forests worldwide.* [En línea]. 2008. p. 2. [Consulta: 27 diciembre 2021]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/235444883\\_Pitch\\_canker\\_caused\\_by\\_Fusarium\\_circinatum\\_-\\_A\\_growing\\_threat\\_to\\_pine\\_plantations\\_and\\_forests\\_worldwide](https://www.researchgate.net/publication/235444883_Pitch_canker_caused_by_Fusarium_circinatum_-_A_growing_threat_to_pine_plantations_and_forests_worldwide)

**CSF, Calabazanos.** *Seguimiento y control del organismo de cuarentena fusarium circinatum en castilla y león.* [En línea]. 2016, p. 1. [Consulta: 25 diciembre 2021]. Disponible en:  
[https://www.google.com/search?q=Seguimiento+y+control+del+organismo+de+cuarentena+fusarium+circinatum+en+castilla+y+le%C3%B3n&rlz=1C1CHBD\\_esEC959EC959&oq=Seguimiento+y+control+del+organismo+de+cuarentena+fusarium+circinatum+en+castilla+y+le%C3%B3n&aqs=chrome..69i57j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Seguimiento+y+control+del+organismo+de+cuarentena+fusarium+circinatum+en+castilla+y+le%C3%B3n&rlz=1C1CHBD_esEC959EC959&oq=Seguimiento+y+control+del+organismo+de+cuarentena+fusarium+circinatum+en+castilla+y+le%C3%B3n&aqs=chrome..69i57j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

**FLORES, Juan.** *Chancro resinoso del pino (fusarium circinatum) historia, evolución, dispersión y estrategias de manejo.* [En línea]. Universidad Nacional de Ingeniería. Bluefields, Nicaragua, 2017. p. 28. [Consulta: 26 diciembre 2021]. Disponible en:  
<https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/view/5170>

**HERNÁNDEZ, Yonis.** *Defensa de las plantas a los Fitopatógenos.* [En línea]. Maracay-Venezuela, 2010.p. 8. [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en:  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Fitopatologia/Defensa\\_de\\_Plantas\\_2010.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Fitopatologia/Defensa_de_Plantas_2010.pdf)

**LEIVA, Michel.** *Agresividad diferencial entre aislados de Botrytis cinerea Pers.* [En línea]. en *Fragaria vesca L. cv. Albion*, Riobamba- Ecuador, 2019, p. 1. [Consulta: 01 enero 2022]. Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522019000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522019000100001)

**MANCHENO, Andrea.** Análisis de los impactos en la calidad del suelo causados por el Pino (*Pinus patula*) en comparación con el suelo ocupado por *Polylepis* (*Polylepis reticulata*) en el parque Nacional Cajas. (Trabajo de titulación). (Tesis). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca- Ecuador. 2011.p.61.

**NACIONAL, M.** *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell: conocimiento del patógeno y establecimiento de bases para su control en *Pinus radiata*. [En línea]. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN- Chile. 2007,p. 4. [Consulta: 17 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.sag.cl/sites/default/files/INFORME%20%20FINAL%20CPF%20Fusarium%20C3-72-08-12.pdf>

**PADILLA, María.** Estudio multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal natural en el páramo de la parroquia Mulaló (trabajo de titulación) (Magister). Facultad de Ciencias Agropecuarias dirección de posgrado Maestría en Agroecología y Ambiente – Ambato. 2014.p. 24.

**PETERSON, Michael.** *Fusarium species-a British Columbia perspective in forest seedling production*. [blog]. EE. UU, 2008. [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/31841>

**PILDAIN, María & ERRASTI Andrés.** *Hongos patógenos de Pinos en la Patagonia y su asociación con plagas entomológicas*. [En línea]. Manejo Integrado de Plagas Forestales. 2011, p. 4. [Consulta: 16 diciembre 2021]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_cuadernillo12\\_-\\_hongos\\_patgenos\\_de\\_pinos\\_en\\_pat.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_cuadernillo12_-_hongos_patgenos_de_pinos_en_pat.pdf)

**RAMOA, María.** *Producción de plantines*. [En línea]. INTA Reconquista. 2013, p. 2. [Consulta: 20 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Producci%C3%B3n+de+plantines+maria+virginia&rlz=1C1CHBD\\_esEC959EC959&oq=Producci%C3%B3n+de+plantines+maria+virginia&aqs=chrome..69i57.6972j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Producci%C3%B3n+de+plantines+maria+virginia&rlz=1C1CHBD_esEC959EC959&oq=Producci%C3%B3n+de+plantines+maria+virginia&aqs=chrome..69i57.6972j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

**RIVERA, Germán.** *Conceptos Introductorios a la Fitopatología*. [En línea]. 1aed. Costa Rica. Universidad Estatal a distancia, 2007. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=xpTHXEWG\\_t8C&printsec=frontcover&dq=Conceptos+Introductorios+a+la+Fitopatolog%C3%ADa&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Conceptos%20Introductorios%20a%20la%20Fitopatolog%C3%ADa&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=xpTHXEWG_t8C&printsec=frontcover&dq=Conceptos+Introductorios+a+la+Fitopatolog%C3%ADa&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Conceptos%20Introductorios%20a%20la%20Fitopatolog%C3%ADa&f=false)

**RIVERO, Juan.** *Cultivo de pino*. [En línea]. Agropedia, 2020, p. 2. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-pino/>

**SAG.** *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (Hypocreales: Nectriaceae). [En línea]. Servicio Agrícola y Ganadero-Chile. 2018, p.1. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/fusarium-circinatum-nirenberg-odonnell-hypocreales-nectriaceae>

**SCHWEIGKOFER, W., O'Donnell, K., & GARBELOTTO, M.** Detection and quantification of airborne conidia of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pine pitch canker, from two California sites by using a real-time PCR approach combined with a simple spore trapping method. *Applied and Environmental Microbiology*, [ en línea], 2004, p. 1. California. [Consulta: 27 marzo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/AEM.70.6.3512-3520.2004>

**STORER, A., WOOD, D., & GORDON, T.** The epidemiology of pitch canker of Monterey pine in California. *Forest Science*, [ en línea], 2002, p. 694–700. California. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://academic.oup.com/forestscience/article/48/4/694/4617199>

**ULLOA, M; & HANLIN, R.** *Nuevo Diccionario Ilustrado de Micología*. Minnesota-U.S.A.: The American Phytopathological Society, 2006. ISBN-13: 978-0-89054-3412, pp. 4-482.

**VOLCY, Charles.** *Génesis y evolución de los postulados de Koch y su relación con la fitopatología*. *Agronomía Colombiana*, [ en línea], 2008, (Colombia- Medellín). [Consulta: 27 diciembre 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652008000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

**ZAMBRANO, Polanco.** *Pinos (pinus): características, reproducción, tipo de hoja y especies*. *Animales y Biología*. [ en línea], 2017, p. 10-15. [Consulta: 27 diciembre 2021]. Disponible en: <https://naturaleza.animalesbiologia.com/plantas/arboles/pinos-pinus>

## ANEXOS

### ANEXO A: RECEPCIÓN DE PLANTAS

#### A. Limpieza de las camas



#### A. Acomodación de bandejas en camas germinadoras del vivero.



Realizado por: Tixi, M. 2022

## ANEXO B: ARREGLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

### A. Arreglo de las bandejas y unidades experimentales.



Realizado por: Tixi, M. 2022

### B. Etiquetado de los bloques y tratamientos experimentales



Realizado por: Tixi, M. 2022

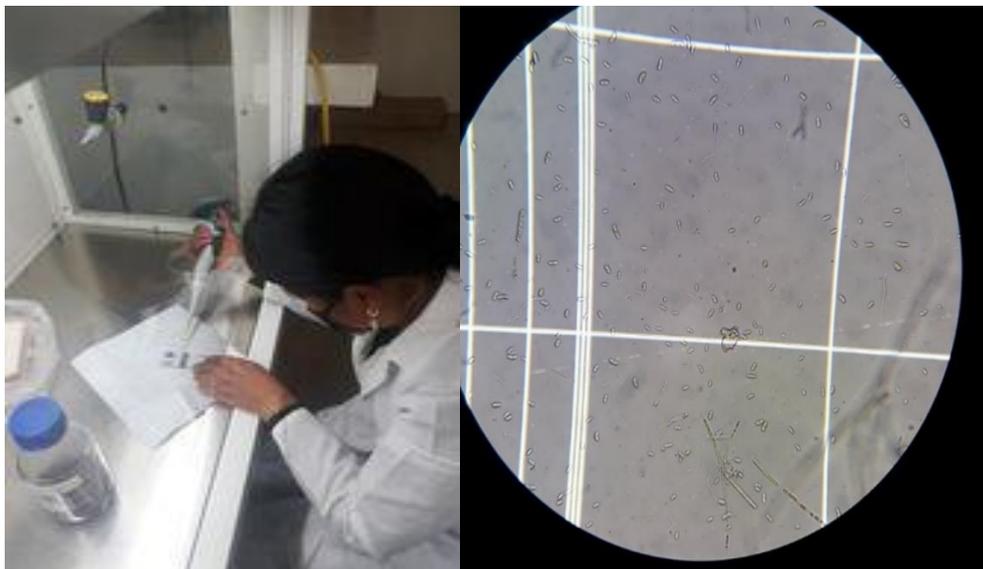
## ANEXO C: PREPARACIÓN DE INOCULO.

### A. Reactivación de aislados de *fusarium circinatum*.



Realizado por: Tixi, M. 2022

### B. Suspensión de esporas recolectadas en Erlenmeyer



Realizado por: Tixi, M. 2022

## ANEXO D: APLICACIÓN DE INÓCULO.

### A. Aplicación de inóculo por el método de inyección.



Realizado por: Tixi, M. 2022

### A. Aplicación de inóculo por el método de drench.



Realizado por: Tixi, M. 2022

## ANEXO E: RE AISLAMIENTO DE PATÓGENOS, POSTULADOS DE KOCH.

### A. Recolección de raíces



Realizado por: Tixi, M. 2022

### B. Siembra de fragmentos.



Realizado por: Tixi, M. 2022

## ANEXO F: TOMA DE DATOS.

### A. Evaluación de incidencia.



Realizado por: Tixi, M. 2022

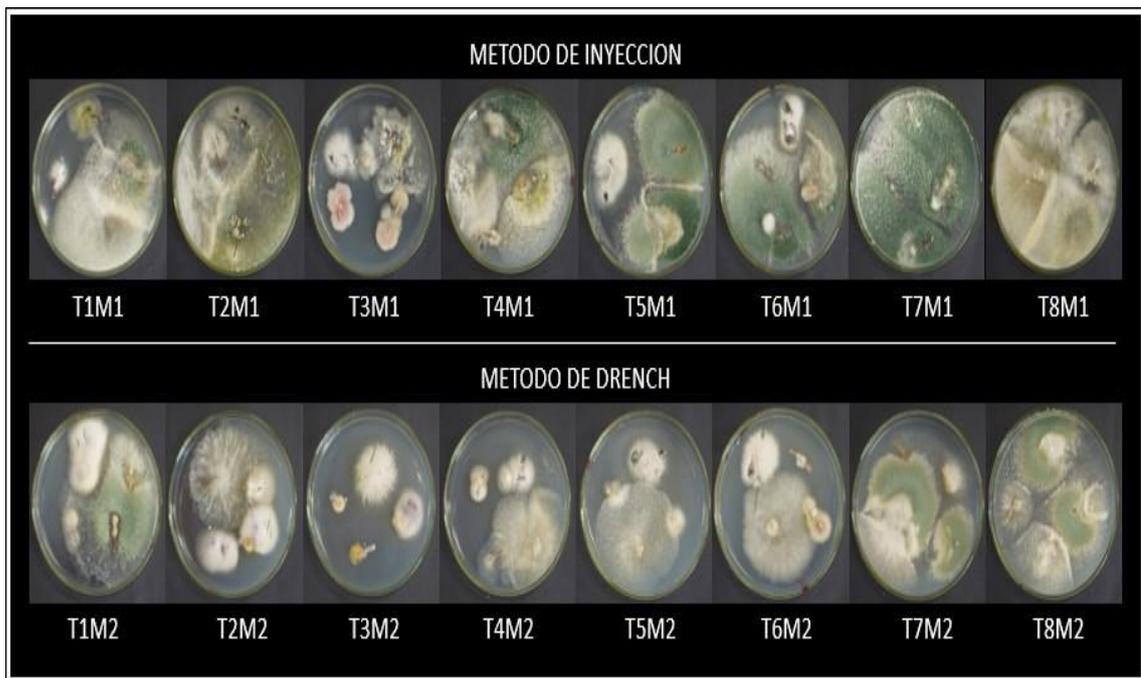
### B. Evaluación de severidad



Realizado por: Tixi, M. 2022

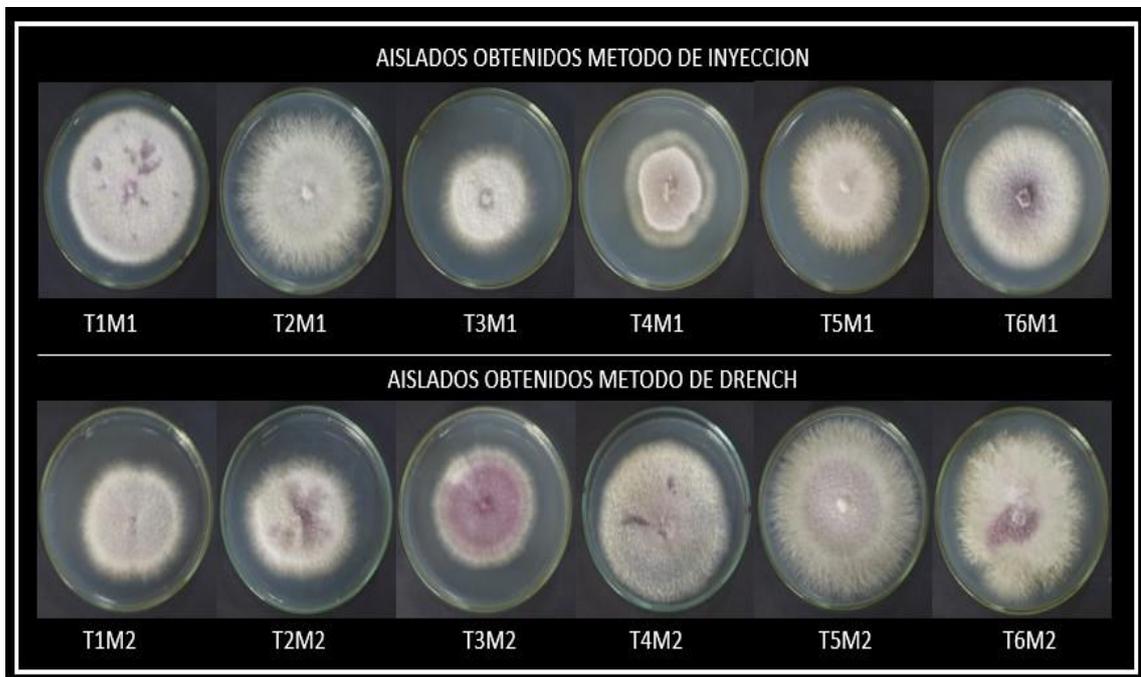
## ANEXO G: CULTIVOS OBTENIDOS POR RE AISLAMIENTO.

### A. Cultivo de fragmentos de raíz.



Realizado por: Tixi, M. 2022

### B. Cultivos puros obtenidos.



Realizado por: Tixi, M. 2022



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 08 / 11 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Mónica Alexandra Tixi Ñamiña
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Forestal
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
D.B.R.A.J.  
Ing. Cristhian Castillo



2029-UPT-DBRA-2022