



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

**USO DE *Trichoderma* spp. PARA EL DESARROLLO Y
CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA
PARROQUIA JUAN MONTALVO DEL CANTÓN
LATACUNGA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: KARLA ANTONELLA QUEVEDO JARAMILLO

DIRECTOR: ING. PABLO ISRAEL ÁLVAREZ ROMERO Ph.D.

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Karla Antonella Quevedo Jaramillo**

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, KARLA ANTONELLA QUEVEDO JARAMILLO, 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, 25 de marzo de 2022



Karla Antonella Quevedo Jaramillo

020261338-6

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, **USO DE *Trichoderma* spp. PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA PARROQUIA JUAN MONTALVO DEL CANTÓN LATACUNGA**, realizado por la señorita: **KARLA ANTONELLA QUEVEDO JARAMILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva M.Sc

2022-03-25

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D.

2022-03-25

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ing. Daniel Arturo Román Robalino M.Sc .

2022-03-25

MIEMBRO DE TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo con mucho amor y cariño a la persona que estuvo incondicionalmente en mi trayecto de vida y mi carrera hasta su deceso, en memoria de mi querida abuelita Mery (+), que sé que desde el cielo ella se siente muy orgullosa de que este gran logro. A mis queridos padres, pero en especial a mi madre quién ha estado siempre alentándome a no detenerme y seguir adelante hasta alcanzar mis objetivos, por todo su sacrificio, enseñanzas, confianza y apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos Emanuel, Said, Sofía, quienes con tan una impetuosa sonrisa me dieron el valor de seguir día a día con más fuerza. A mi tía Germa y mi tío Ronal quiénes son como mis segundos padres, y han estado para mí en muchos momentos como en esta etapa importante de culminación de mi carrera. A mis tíos César y Héctor, quienes me han brindado sus consejos y apoyo para culminar esta meta.

Por último, quiero dedicar gratitud hasta cielo para el Ingeniero Juan Hugo Rodríguez (+) quién ha sido un soporte de conocimientos y amistad en el trayecto de mi vida universitaria.

Antonella

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios por proporcionarme sabiduría, paciencia, fortaleza, salud y vida en mi carrera y en esta investigación, pero ante todo por permitirme finalizar este objetivo en mi vida profesional. A mi querida abuelita Mery (+) le extiendo mi agradecimiento por todos sus sabios consejos, por sus conocimientos y valores inculcados que me han ayudado a superarme como persona y que me ayudarán profesionalmente para toda mi vida, gracias por siempre hasta el cielo.

Eternos agradecimientos, a mi padre por su apoyo brindado, pero en especial a mi madre por ser ese cimiento de buenos valores mismos que me han permitido desenvolverme en varios ámbitos. A mi tía Germa, al tío Ronal, tío César y Héctor que siempre han estado incondicionalmente apoyándome, aconsejándome y alentándome para seguir a pesar de las adversidades.

Extender un fraterno agradecimiento a cada uno de los docentes quiénes han impartido sus conocimientos y enseñanzas para la vida profesional, especialmente al Ing. Juan Hugo Rodríguez (+) quién estuvo desde el primer momento de mi carrera universitaria siendo un amigo y guía en mi estadía como estudiante, así mismo quien hasta el final ha estado apoyándome y siendo parte de mi tribunal, conjuntamente con el Dr. Pablo Álvarez, al Ing. Daniel Román e Ing. Juan Guerra quiénes han transmitido sus saberes y experiencia en este preciado trabajo.

Agradezco a Jefferson mi enamorado, por todo su apoyo moral, comprensión y compañía en actividades de mi trabajo de titulación, a mis grandes amigos y compañeros de carrera Jairo y Karina, quienes han sido el equipo perfecto para apoyarnos en el trayecto de nuestra carrera.

Finalmente, a mis compañeras de aula y amigos, con los que formamos un gran equipo como grupo estudiantil, apoyándonos para diversos trabajos en el transcurso de nuestra carrera.

Antonella

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICES DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Especie Forestal 1	5
1.1.1. Taxonomía de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>).....	5
1.1.2. Generalidades de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>).....	5
1.1.3. Descripción botánica de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>).....	5
1.1.4. Usos de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>).....	6
1.2. Especies Forestal 2	6
1.2.1. Taxonomía de Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>).....	6
1.2.2. Generalidades de Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>).....	6
1.2.3. Descripción botánica de Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>).....	7
1.2.4. Usos de Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>).....	7
1.3. Especie Forestal 3.....	7
1.3.1. Taxonomía de Cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>).....	7
1.3.2. Generalidades Cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>).....	8
1.3.3. Descripción botánica Cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>).....	8
1.3.4. Usos de Cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>).....	8
1.4. <i>Trichoderma</i> spp.	9
1.4.1. Taxonomía de <i>Trichoderma</i> spp.	9
1.4.2. Generalidades.....	9
1.4.3. Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> spp.....	9
1.4.4. <i>Trichoderma harzianum</i>	10
1.4.5. <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	11
1.5. Promoción de crecimiento de <i>Trichoderma</i> spp.	12

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	14
2.1.	Materiales y Métodos	14
2.1.1.	Características del lugar	14
2.1.1.1.	<i>Localización</i>	14
2.1.2.	<i>Materiales y equipos</i>	15
2.1.2.7.	<i>Material biológico</i>	16
2.2.	Metodología	16
2.2.2.	<i>Diseño experimental</i>	16
2.2.3.	<i>Especificaciones del campo experimental</i>	17
2.2.5.	<i>Fase de campo</i>	18
2.2.6.	<i>Variables evaluadas</i>	21
2.2.7.	<i>Análisis de datos</i>	22

CAPÍTULO III

3.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	23
3.1.	Resultados	23
3.1.1.	<i>Altura de la planta</i>	23
3.1.2.	<i>Diámetro a la altura del cuello de la planta</i>	26
3.1.3.	<i>Número de hojas</i>	29
3.1.4.	<i>Longitud de la raíz</i>	32
3.1.5.	<i>Peso fresco de la planta</i>	35
3.1.6.	<i>Peso seco radicular</i>	38
3.1.7.	<i>Peso seco foliar</i>	41
3.1.2.	<i>Cálculo del Índice de Dickson</i>	43
3.2.	Discusión de resultados	47
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	50
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía de Aliso	5
Tabla 2-1:	Taxonomía de Ciprés.....	6
Tabla 3-1:	Taxonomía Cepillo blanco	7
Tabla 4-1:	Taxonomía <i>Trichoderma</i> spp.	9
Tabla 1-2:	Diseño experimental del estudio.....	17
Tabla 2-2:	Descripción de los tratamientos.....	18
Tabla 3-2:	Descripción de origen de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp.....	20
Tabla 1-3:	Prueba de Tukey al 5% de la variable Altura de la planta a los 75 días.....	24
Tabla 2-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable Dac de la planta a los 75 días.....	27
Tabla 3-3:	Prueba de Tukey al 5% de la variable Número de hojas a los 75 días	30
Tabla 4-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable Longitud de la raíz a los 75 días	33
Tabla 5-3:	Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso fresco de la planta a los 75 días	36
Tabla 6-3:	Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso fresco de la planta a los 75 días	39
Tabla 7-3:	Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso seco foliar a los 75 días	42
Tabla 8-3:	Índice de Dickson para la especie forestal <i>Cupressus macrocarpa</i>	43
Tabla 9-3:	Índice de Dickson para la especie forestal <i>Alnus acuminata</i>	44
Tabla 10-3:	Índice de Dickson para la especie forestal <i>Callistemon viminalis</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ubicación geográfica del Trabajo de Integración Curricular.....	14
Figura 1-3:	Tratamientos de estudio especie forestal Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>).....	45
Figura 2-3:	Tratamientos de estudio especie forestal aliso (<i>Alnus acuminata</i>).....	46
Figura 3-3:	Tratamientos de estudio cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>)	46

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Altura a los 15,30,45,60 y 75 días	23
Gráfico 2-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Altura de la planta a los 75 días ...	24
Gráfico 3-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Dac a los 15,30,45,60 y 75 días. ..	26
Gráfico 4-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Dac de la planta a los 75 días.....	27
Gráfico 5-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Número de hojas a los 75 días	29
Gráfico 6-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Número de hojas	30
Gráfico 7-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz a los 75 días ..	32
Gráfico 8-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz	33
Gráfico 9-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Peso fresco a los 75 días	35
Gráfico 10-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso fresco	36
Gráfico 11-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco radicular a los 75 días	38
Gráfico 12-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco radicular	39
Gráfico 13-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco foliar a los 75 días.....	41
Gráfico 14-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco foliar	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FASE DE CAMPO.

ANEXO B: FASE DE LABORATORIO.

ANEXO C: APLICACIÓN DEL INÓCULO DE TRICHODERMA.

ANEXO D: MEDICIONES DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

ANEXO E: MEDICIONES EN LABORATORIO DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

ANEXO F: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS DIFERENTES
VARIABLES.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue valorar el efecto de cuatro cepas de *Trichoderma* spp. pertenecientes a las especies *T. harzianum* y *T. longibrachiatum* como promotoras de crecimiento en tres especies forestales Aliso (*Alnus acuminata*), Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*), esta investigación fue desarrollada en la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga. Para lo cual, primero, se efectuó la identificación y trasplante de las plántulas forestales. El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar factorial mismo que constó de 15 tratamientos con 4 repeticiones, se evaluaron las variables: altura (cm), diámetro (mm), longitud de la raíz (cm), peso fresco (g), peso seco de las plantas (g) e índice de Dickson en los tiempos de 15, 30, 45, 60 y 75 días del trasplante. Se hicieron tres aplicaciones de las cepas fúngicas a una concentración de 6×10^6 propágulos por mL a los 30, 45 y 60 días en las especies forestales de estudio. Los resultados se ratificaron mediante el registro de datos, los cuales fueron tabulados y representados gráficamente obteniendo valores mayores usando *T. harzianum* cepa 2 en la especie de aliso, ciprés y cepillo blanco en las variables de altura, longitud radicular, peso fresco, peso seco radicular y foliar, por el contrario, *T. longibrachiatum* cepa 1 logró efectos en aliso y cepillo blanco en los pesos secos radicular y foliar, mientras que ciprés presentó efectos en el número de hojas. Se concluye que *T. harzianum* cepa 2 y *T. longibrachiatum* cepa 1 demostraron promoción de crecimiento y desarrollo en los tratamientos de estudio. Se recomienda realizar estudios similares con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* evaluando el efecto en la promoción de crecimiento de especies forestales para diferentes variables en un período de tiempo mayor.

Palabras claves: <PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO>, CIPRÉS (*Cupressus macrocarpa*), ALISO (*Alnus acuminata*), CEPILLO BLANCO (*Callistemon viminalis*), <TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*), (*Trichoderma longibrachiatum*) >, <VARIABLES MORFOLÓGICAS>.



Firmado electrónicamente por:
CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ



0700-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of four strains of *Trichoderma* spp. belonging to the species *T. harzianum* and *T. longibrachiatum* as growth promoters in three forest species Aliso (*Alnus acuminata*), Cypress (*Cupressus macrocarpa*), Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*), this research was developed in the Juan Montalvo parish of the canton Latacunga. The identification and transplanting of forest seedlings was carried out. The experimental design used was a randomized complete block factorial design consisting of 15 treatments with 4 replications. The following variables were evaluated: height (cm), diameter (mm), root length (cm), fresh weight (g), dry weight of the plants (g) and Dickson's index at 15, 30, 45, 60 and 75 days after transplantation. Three applications of the fungal strains were made at a concentration of 6×10^6 propagules per mL at 30, 45 and 60 days on the forest species under study. The results were ratified by recording data, which were tabulated and represented graphically, obtaining higher values using *T. harzianum* strain 2 in alder, cypress and white brush species in the variables of height, root length, fresh weight, root and foliar dry weight, on the contrary, *T. longibrachiatum* strain 1 achieved effects in alder and white brush in root and foliar dry weights, while cypress presented effects in the number of leaves. It is concluded that *T. harzianum* strain 2 and *T. longibrachiatum* strain 1 showed promotion of growth and development in the study treatments. It is recommended to carry out similar studies with *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum* evaluating the effect on growth promotion of forest species for different variables in a longer period of time.

Key words: <GROWTH PROMOTION>, CYPRESS (*Cupressus macrocarpa*), ALISO (*Alnus acuminata*), WHITE BRUSH (*Callistemon viminalis*), <TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*), (*Trichoderma longibrachiatum*) >, <MORPHOLOGICAL VARIABLES>.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA AMALIA
BASANTES
ARIAS**

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los pocos países que cuenta con el privilegio de tener condiciones y variedades de climas para producir un sin número de productos agrícolas y forestales (Aguirre et al., 2017, pp.1-8). *Trichoderma* spp. en los últimos tiempos en nuestro país se ha convertido en un agente de biocontrol muy estudiado, por poseer rápido crecimiento y desarrollo en varios suelos, mismo que ha sido determinado en varios estudios ventajosamente para muchos agricultores. Aguilar (2018) señala que *Trichoderma* tiende a ser un organismo tolerante en ambientes extremos y en diversos hábitats, teniendo en cuenta que en estos medios se producen distintos hongos promotores de enfermedades, es ahí en donde ingresa su actuación como agente de control.

La utilización del *Trichoderma* spp. permite controlar microorganismos patógenos que afectan a la producción forestal, además, ayuda a la descomposición de la materia orgánica proporcionando nutrientes esenciales a la planta para su desarrollo (Gonzales T. et.al, 2016, pp.1-3). Es por ello, que la presente investigación busca mejorar las características productivas de tres especies forestales mismas que son: Aliso (*Alnus acuminata*), Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), y Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*) mediante la utilización de especies y cepas de *Trichoderma* spp. garantizando con esto obtener plántulas de mejor calidad y cantidad para mejorar la producción de las plantaciones naturales del Ecuador.

El microorganismo fúngico posee la capacidad de competencia debiéndose a espacio, nutrimentos, reproducción y colonización en diversos ambientes contribuyendo principalmente al contenido de materia orgánica, la protección contra infecciones del sistema radicular y la resistencia a metabolitos deletéreos en respuesta a la invasión de organismos extraños (Hernández et al., 2017, p.314). Dicha idoneidad tiene un efecto inductor sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a la formación de sideróforos quelantes de hierro presentando hormonas reguladoras de crecimiento mismas que funcionan como estimulantes en tejidos meristemáticos primarios de fragmentos en plantas jóvenes (Candelero et al., 2015, pp.113-119).

Este trabajo plasmó la aplicación de concentraciones del hongo *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*, teniendo como objeto de estudio el efecto bioestimulante para la promoción y crecimiento de las especies forestales de ciprés, aliso y cepillo blanco en el cantón Latacunga.

ANTECEDENTES

Arguedas (2004) citado por Chavarría-Vega & Carmona-Solís (2018,p.22) reportó que existen serios problemas de mortalidad en grupos de plántulas principalmente con edades que pueden variar entre los primeros meses de vida, lo anterior asociado al ataque de microorganismos fitopatógenos y plagas, suelos inadecuados, condiciones climáticas improcedentes son algunas de las causas principales por las cuales varias especies forestales tienden a enfermarse y por consiguiente morir. En los últimos años, se ha incrementado el interés en buscar un método de control, pero de carácter preventivo usando un control biológico del género *Trichoderma* mediante su inoculación tanto a nivel de laboratorio como en plantas de vivero y plantaciones forestales.

La aplicación de *Trichoderma* spp. incluiría ventajas afines no solo con el biocontrol de fitopatógenos en plantas, sino que podría ayudar en el mejoramiento de ciertos parámetros fisiológicos en plantas forestales, aumentando los rendimientos por estimulación de mecanismos de defensa e incremento en el crecimiento vegetativo (Tortolero Parra, y otros, 2012, pp.10-15).

Estudios perpetrados en Ecuador con *Trichoderma* spp., por parte del Centro de Investigaciones de Palma Aceitera CIPAL , han demostrado la promoción de crecimiento que se genera tras la inoculación de este microorganismo, y dentro de los resultados obtenidos los autores manifiestan que “Es evidente el efecto de *Trichoderma* en el crecimiento de raíces... produce sustancias promotoras de crecimiento, como ácido 3-indol acético que actúa como catalizador de los tejidos meristemáticos primarios de la planta... microorganismo de alta importancia en el uso agrícola y forestal” Martínez et al. (2015, p.16) citado por (Osorio Parga , 2019, pp.25-50).

(Martirena V. et al., 2013,p.9) mencionó que a nivel de campo se ha tratado de reducir el empleo de agroquímicos esto debido a los efectos adversos que generan al ambiente y a la salud humana. Es por ello, que se estudiaron métodos de control alternativos como es el control biológico. Muchas investigaciones apuntan a la aplicación del hongo *Trichoderma* spp. el cual se caracteriza por ser un biocontrolador y biopromotor del crecimiento y desarrollo vegetal.

PROBLEMA

El problema principal que se presentó es la limitada información del uso de *Trichoderma* spp. para el crecimiento y desarrollo de especies forestales en plantas como ciprés, aliso, cepillo blanco mismas que tienden a mantener un lento desarrollo foliar y radicular desde la germinación hasta los primeros meses viéndose afectadas por varios factores que impide su normal desarrollo.

También, el hecho de producir estas plantas a nivel de vivero incluye mantener dificultades de enfermedades y plagas que afectan a semillas y plántulas, es por ello, que se pretende analizar una nueva alternativa al aplicar un hongo antagonista, con el fin de obtener rubros económicos y por supuesto, ventajas ambientales.

JUSTIFICACIÓN

Trichoderma spp. se muestra en suelos forestales en todo el mundo, y Ecuador es una evidencia de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales, de su flexibilidad ecológica (Martínez B. et al, 2013, p.11). Este antagonista muestra la alta prontitud de crecimiento que posee en sus aislamientos, además de la secreción de metabolitos que aplacan o a la vez eliminan a los competidores perteneciente a diferente naturaleza (Cunalata Toapasig, 2014, p.114).

Esta especie antagonista usualmente es empleada en el control de enfermedades originadas por hongos fitopatógenos por su inocuidad a disposición de su aislamiento y cultivo, al igual que su rápida adaptación a un sinnúmero de sustratos biológicos (Encalada , 2016, p.51).

Es por eso que se expone como una opción en la producción de campo, sistemas agroforestales, forestales, entre otros, que se construyen por propios insumos para propietarios de viveros, sin la introducción de agrotóxicos, y empleando alternativas de manejo para los principales problemas fitosanitarios. Debido a estos antecedentes la presente investigación tiene como objetivo el estudio del uso de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento y desarrollo de tres especies forestales como son aliso (*Alnus acuminata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*), cepillo blanco (*Callistemon viminalis*) que benefician a la producción maderera, uso ornamental a nivel urbano, producción en campo y de esta manera ayudar a este gran problema expuesto.

OBJETIVOS

GENERAL

- Estudiar el efecto de *Trichoderma* spp. para el desarrollo y crecimiento de tres especies forestales ubicado en la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el desarrollo y crecimiento de ciprés (*Cupressus macrocarpa*), aliso (*Alnus acuminata*) y cepillo blanco (*Callistemon viminalis*).

- Evaluar el efecto de *Trichoderma longibrachiatum* en el desarrollo y crecimiento de ciprés (*Cupressus macrocarpa*), aliso (*Alnus acuminata*), cepillo blanco (*Callistemon viminalis*).

HIPÓTESIS

NULA

Ninguna de las especies de *Trichoderma* spp. presentan promoción de crecimiento y desarrollo de aliso (*Alnus acuminata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*), y cepillo blanco (*Callistemon viminalis*).

ALTERNATIVA

Al menos una de las especies de *Trichoderma* spp. presentan promoción de crecimiento y desarrollo de aliso (*Alnus acuminata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y cepillo blanco (*Callistemon viminalis*).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Especie Forestal 1

1.1.1. Taxonomía de Aliso (*Alnus acuminata*)

Tabla 1-1: Taxonomía de Aliso

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Betulaceae
Género	<i>Alnus</i>
Especie	<i>Alnus acuminata</i> Kunth

Fuente: (Guerra , 2019, pp.18-25)

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021

1.1.2. Generalidades de Aliso (*Alnus acuminata*)

La especie forestal aliso es originario de América, distribuida en varias zonas medias y altas montañas, exactamente de México hasta Argentina. En el Ecuador existen aproximadamente cien mil hectáreas cubiertas con aliso, de las cuales la mayoría son rodales producto de la regeneración natural y un pequeño porcentaje por plantaciones agrosilvopastoriles (Ospina C. et.al, 2005: pp.5-34). Para Ríos (2007) citado por Buenaño (2019) el aliso se lo encuentra en toda la Sierra desde Carchi hasta Loja, y en las estribaciones de las cordilleras hacia el Litoral y la Amazonía. Crece desde los 800 msnm, hasta los 3.500 msnm, el aliso no tolera las heladas o cambios bruscos de temperatura.

1.1.3. Descripción botánica de Aliso (*Alnus acuminata*)

Es un árbol de porte alto, crece hasta 25 m de altura, su tronco es recto y puede alcanzar hasta 150 cm de diámetro. El tronco tiene numerosas lenticelas amarillentas, ovales y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es estrecha, de hojas simples, alterna y puntiagudas y con los bordes aserrados, de color verde oscuro. Las flores son unisexuales, de

color amarillo y aparecen en inflorescencias alargadas, con apariencia de “cola de gato”, las flores masculinas y femeninas están separadas en el mismo árbol; las masculinas son largas (5 a 12 cm) y péndulas, y las femeninas son cortas de (2 cm) y erectas (Salazar R. et al., 2000, p.18).

1.1.4. Usos de Aliso (*Alnus acuminata*)

La madera de árboles adultos es de color crema uniforme en condición verde, y rosada en condición seca, es medianamente lustrosa, sin olor sin sabor, de grano recto, textura fina. Es usada en la fabricación de ataúdes, cajas para transporte de hortalizas, hormas para zapatos, palillos de fósforos, en carpintería, ebanistería y muebles de corte recto (Salazar R. et al., 2000, p.18).

1.2. Especies Forestal 2

1.2.1. Taxonomía de Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)

Tabla 2-1: Taxonomía de Ciprés

Reino	Plantae
Subreino	Pinofita
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Cupressaceae
Género	<i>Cupressus</i>
Especie	<i>Cupressus macrocarpa</i>

Fuente: (Puma , 2011, p.89)

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021

1.2.2. Generalidades de Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)

La especie *Cupressus macrocarpa*, pertenece a la familia de las Cupresáceas, está especie arbórea es originaria del sudoeste de EE. UU. Es natural de una zona limitada en la región de Monterrey, California, hacia la costa del Pacífico, habita en zonas expuestas a los vientos marinos, con escasa pluviosidad, pero con elevada humedad atmosférica; es bastante resistente a la sequía (Puma, 2011, p.89).

1.2.3. Descripción botánica de Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)

Son árboles gigantes monoicos con conos estaminadas y pistiladas separadas pero presentes en el mismo árbol. Son ejemplares majestuosos, la copa en forma triangular, del cual su nombre coníferas (Quilumbaquín, 2015, pp.63-100).

Puma (2011, p.89), nos menciona que estos árboles pueden alcanzar los 30 m de altura, el tallo es recto y de corteza delgada en la que, se forman fisuras longitudinales con un diámetro aproximado de unos 60 cm, es una conífera, las hojas son escamiformes, romboides, agudas u obtusas con glándulas resinosas en el haz finamente denticuladas en el margen y están ensartadas unas con otras, sus frutos son en forma de conos leñosos y dehiscentes, las brácteas peltadas.

1.2.4. Usos de Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)

La madera de la conífera se utiliza para construcciones, armazones, carpintería. Los árboles son buenos como ornamentales y se emplean en cortinas rompevientos, a causa de su denso follaje y resistencia al viento. Esta especie no tiene ningún uso medicinal que se haya documentado (Palli , 2011,pp.4-28).

1.3. Especie Forestal 3

1.3.1. Taxonomía de Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*)

Tabla 3-1: Taxonomía Cepillo blanco

Reino	Plantae
División	Magnoliofita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Callistemon</i>
Especie	<i>Callistemon viminalis</i> (Gaertn.)

Fuente: (Gibaljo , 2015)

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021

1.3.2. Generalidades Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*)

El género *Callistemon* tiene como lugar de procedencia en Australia, palabra que proviene del griego con significancia por sus hermosas inflorescencias en particularidad a los estambres vistosos. Mientras que *viminales*, proviene del latín tallos delgados y flexibles, en esta especie predomina la forma de su inflorescencia como un pequeño cepillo delgado como se le denomina en nombre común (Gibaljo , 2015).

1.3.3. Descripción botánica Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*)

Esta especie arbórea perennifolia de 6-10 m de altura, posee una copa globosa, ramas arqueadas y follaje colgante. Su corteza es rugosa, oscura y fisurada. Su follaje consta de hojas simples, lineares o linear-lanceoladas, de ápice y base agudos, y con margen entero. En cuanto a sus flores son espigas de color blanco con una forma singular de cepillo, con varios estambres unidos en la base. El fruto de cepillo blanco es una cápsula leñosa con numerosas semillas de aproximadamente 1 mm de longitud (Gibaljo , 2015).

En sus requerimientos y hábitat de *C. viminalis* éstas son árboles adaptadas a clima frío y cálido. Requieren suelos fértiles y bien drenados, situándose en emplazamientos soleados (Gibaljo, 2015).

1.3.4. Usos de Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*)

Callistemon viminalis tiene propiamente uso ornamental en parques o jardines de las ciudades. En sus usos menciona Quilumbaquin (2015, pp.63-100) que *C. viminalis* se emplea como ornamental en jardines, parques donde está poco representado a pesar de su exuberante floración. Su madera es rojiza, fuerte y dura, empleándose en mangos de herramientas y piezas de embarcaciones.

1.4. *Trichoderma* spp.

1.4.1. Taxonomía de *Trichoderma* spp.

Tabla 4-1: Taxonomía *Trichoderma* spp.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>

Fuente: (Peteira , 2015, pp.11-22)

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021

1.4.2. Generalidades

El género de *Trichoderma* fue descrito por Persoon en el año de 1974. Estos son hongos saprófitos del suelo y la madera, con un desarrollo muy rápido. Las especies que corresponden a este género se encuentran distribuidas por las latitudes y ambientes especialmente en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. (Martínez B. et al, 2013, p.11).

Valetti et al. (2017, p.2), menciona que las diferentes especies de *Trichoderma* ejercen mecanismos de control mediante: competencia directa (por espacio y nutrientes), producción de metabolitos antibióticos, la inactivación de enzimas del agente patógeno, modificación de las condiciones ambientales, producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal y por micoparasitismo. En varios estudios se han demostrado que el hongo *Trichoderma spp.* actúa contra un amplio rango de hongos fitopatógenos transmitidos por suelo y aire. Bastante usado en contra de pudriciones en un amplio rango de especies, causadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*; y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* y *Sclerotium* (Valetti L. et al., 2017, p.2).

1.4.3. Mecanismos de acción de *Trichoderma* spp.

Los mecanismos antagónicos que utiliza *Trichoderma* spp., son descritos y certificados por competencia, antibiosis y micoparasitismo, sin ser estos mutuamente excluyentes y pudiendo por lo tanto actuar a la vez (López-Ferrer et al., 2017, pp.91-100). A continuación, se presenta un breve resumen de cada uno de los mecanismos de acción del hongo *Trichoderma*:

1.4.3.1. Trichoderma spp. I mecanismo de competencia

La competencia de este hongo es por nutrientes, por oxígeno y por espacio, se entiende como el disímil comportamiento de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Por ello, un factor esencial para que exista competencia es mantener cantidades insuficientes de un elemento, si hay exceso no hay competencia y por último la desactivación de las enzimas de los patógenos (López-Ferrer et al., 2017, pp.91-100).

1.4.3.2. Trichoderma spp. II mecanismo de antibiosis

Para que exista antibiosis tiene que haber contacto directo o sin establecer contacto físico alguno con otras especies, *Trichoderma spp.*, puede inhibir el crecimiento de otros hongos y bacterias mediante la producción de varios metabolitos secundarios volátiles y no volátiles como lo son la gliotoxina, viridina y gliovirina, a lo que se llama antibiosis (López-Ferrer et al., 2017, pp.91-100).

1.4.3.3. Trichoderma spp. III mecanismo de micoparasitismo

El micoparasitismo está definido con el uso del patógeno como alimento para su antagonista, en el que generalmente se encuentran implicadas enzimas extracelulares como quitinasas, celulasas, β -1-3- glucanasas y proteasas que llegan a ser estar lisas o digieren las paredes de los hongos (López-Ferrer et al., 2017, pp.91-100).

1.4.4. *Trichoderma harzianum*

Es una especie fúngica que es reconocida y utilizada en el control biológico de enfermedades producidas por hongos patógenos en las plantas. Una de sus principales funciones es su tendencia a desarrollar relaciones simbióticas con las plantas, estos hongos crecen sobre las raíces, ayudando a desarrollar más para a su vez tener más espacio en donde crecer (Sango, 2017, pp.1-95).

1.4.4.1. Características

Trichoderma harzianum se caracteriza por desarrollarse rápidamente y emitir gran cantidad de esporas verdes, ligeramente algodonoso parecido a un moho, de color verde oscuro. En muchos estudios ya antes realizados se ha verificado que actúa como bioestimulante de crecimiento radicular promoviendo el desarrollo de las raíces, esto debido a que estimula a la planta a la secreción de fitohormonas, por lo tanto, incrementa la masa radicular permitiendo una mejor asimilación de nutrientes y una mayor altura de la planta (Salazar, 2017, pp.50-74).

1.4.4.2. Reproducción

Las especies de *Trichoderma harzianum* se reproducen asexualmente, éstas utilizan una gran variedad de sustratos como fuente de carbono. Las cepas regularmente crecen eficientemente en medios sólidos y líquidos y en un amplio rango de temperatura, son bastantes tolerantes a humedades bajas y crecen en suelos ligeramente ácidos (Salazar , 2017, pp.50-74).

1.4.5. *Trichoderma longibrachiatum*

La especie fúngica denominada *Trichoderma longibrachiatum* es un hongo filamentoso que se puede utilizar como fuente de carbono tanto glucosa como disacáridos e incluso celulosa. El aprovechamiento que tiene el hongo exige la producción y excreción al medio de las enzimas necesarias: celulasas. La cantidad de estas celulasas son excretadas al medio de cultivo, dependientemente de diversos factores, como la naturaleza del sustrato hidrocarbonado, edad del cultivo, pH, entre otras más que directamente influyen en él (Blanco, 1990, p.60).

1.4.5.1. Crecimiento y Morfología

Trichoderma longibrachiatum tiende a ser un hongo de rápido crecimiento. Generalmente, produce colonias blanquecinas que cambian a verde grisáceo con la edad. Esta especie puede crecer en un amplio rango de temperaturas; sin embargo, la temperatura óptima para el crecimiento es $\geq 35^{\circ}\text{C}$. *Trichoderma longibrachiatum* como especie clonal se reproduce a través de conidios unicelulares de paredes lisas (Martínez , 2015, pp.100-194).

1.4.5.2. Distribución y Hábitat

Trichoderma longibrachiatum a menudo se encuentra en madera muerta, en otros hongos, en material de construcción y hasta puede situarse en animales (Martínez , 2015, pp.100-194).

1.4.5.3. Metabolismo

La especie de *Trichoderma longibrachiatum* se desarrolla comúnmente en material vegetal en descomposición donde su función ecológica varía desde un saprótrofo estricto hasta un parásito de otros hongos saprótrofo, suele usar celulasas para digerir la celulosa de la biomasa vegetal en descomposición y quitinasas para digerir las paredes quitinosas de otros hongos (Martínez , 2015, pp.100-194).

1.4.5.4. *Uso industrial*

Las especies de *Trichoderma* son útiles en la industria debido a su alta capacidad para secretar grandes cantidades de proteínas y metabolitos. Se ha sugerido que *T. longibrachiatum* podría usarse como agente de control biológico por sus efectos parasitarios y letales sobre los quistes del nemátodo *Heterodera avenae* (Gonzales T. et.al, 2016, pp.1-3).

Dado que *T. longibrachiatum* es un micoparásito, también se ha investigado para su uso en la lucha contra las enfermedades fúngicas en cultivos agrícolas. Además, con algunos estudios ya evaluados se ha informado que *Trichoderma longibrachiatum* promueve el crecimiento de las plantas al aumentar la absorción de nutrientes, inhibir el crecimiento de los parásitos de las plantas, aumentar el metabolismo de los carbohidratos y la síntesis de fitohormonas (Martínez , 2015, pp.100-194).

1.5. **Promoción de crecimiento de *Trichoderma* spp.**

Para Martínez et al., (2013, p.11), es posible que el potencial enzimático de *Trichoderma* para detener el proceso infeccioso de los patógenos sea mucho mayor, pues este controlador biológico secreta más de 70 metabolitos, entre ellos: sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Según Santana-Díaz t. (2018, p.10), durante muchos años se supo de la habilidad de estos hongos para estimular el crecimiento de las plantas, en especial el sistema radicular, sin embargo, aún no se conocen con certeza los mecanismos involucrados. Continúan los estudios con cepas de *Trichoderma*, en obtener resultados que contribuyen al crecimiento de varias especies vegetales, haciendo que los cultivos sean más resistentes a factores climáticos, como la sequía. Este mismo autor observó, que aislamientos seleccionados de *Trichoderma* estimularon germinación y la altura de plantas de frijol con una ganancia en peso de 60% aproximadamente. Smith et al., (1990, pp.880-885) opinaron, que *Trichoderma* era capaz de producir un factor regulador del crecimiento sobre plantas de diferentes cultivos. Por su parte, Altomare C. et al., (1999, p.2926) sugirieron que la promoción del desarrollo se debe a que *Trichoderma* tiene la capacidad de solubilizar manganeso, sin importar el pH del medio, ni la disponibilidad del mismo, es decir, que lo solubiliza constantemente, y como este microelemento es requerido para funciones fisiológicas de las plantas, como fotosíntesis, metabolismo del nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos, y además, para precursores de aminoácidos y hormonas, de fenoles y de lignina, se asegura en parte el crecimiento y la resistencia a enfermedades en las plantas. Otros autores relacionaron este fenómeno con la influencia de *Trichoderma* sobre la nutrición mineral de las plantas superiores. Nicholas D. et al., (1965) indicaron que *T. viride* suprimía la absorción de iones orgánicos e incrementaba la de glucosa a través de las raíces. Harman G. et al., (1998, pp.129-136) refirieron que *Trichoderma* incrementaba la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del

desarrollo radicular o promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios. La demostración de estas hipótesis requerirá de investigaciones futuras.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1. Características del lugar

2.1.1.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia Juan Montalvo, perteneciente al cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

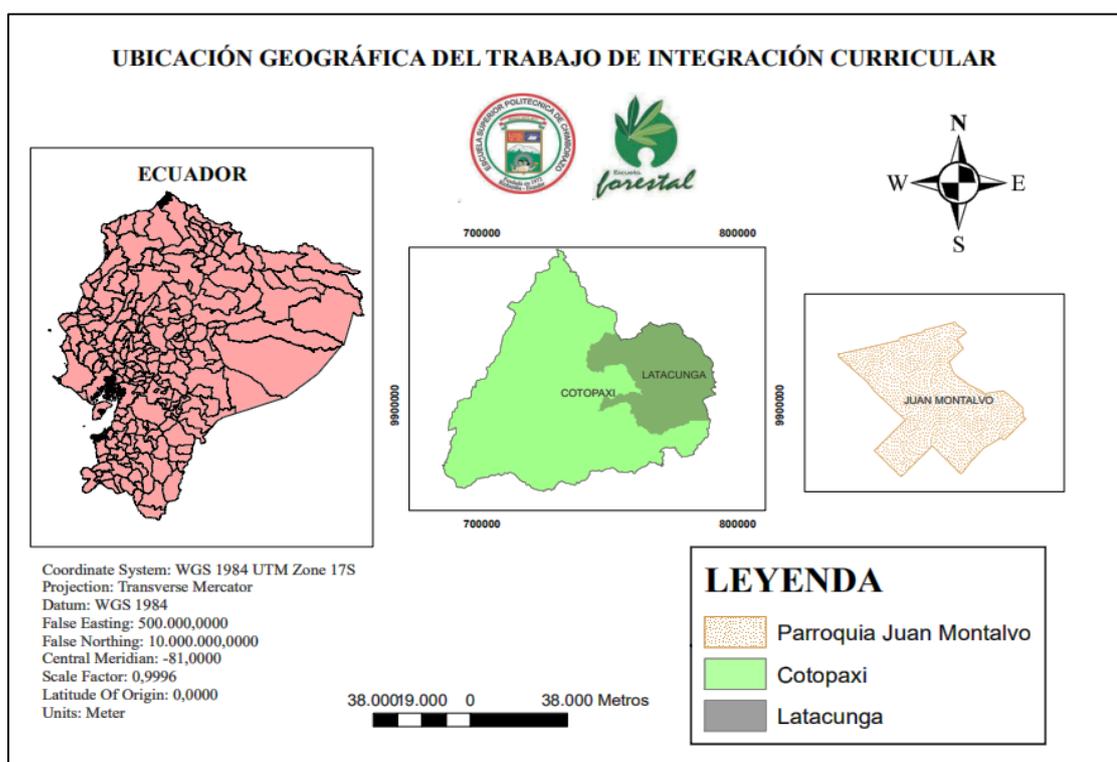


Figura 1-2. Ubicación geográfica del Trabajo de Integración Curricular

Realizado por: Quevedo, K. 2021

2.1.1.2. Ubicación geográfica

- ♦ Lugar: Parroquia Juan Montalvo, Cantón Latacunga
- ♦ Altitud: 2800 msnm
- ♦ Coordenadas: UTM

- ♦ Datum: WGS84
- ♦ Zona: 17S
- ♦ X: -0,92005
- ♦ Y: -78,600171

Fuente: (PDOT Provincia de Cotopaxi, 2021)

2.1.1.3. Características climáticas

- ♦ Temperatura media anual: 12 °C
- ♦ Precipitación media anual: 1946 mm
- ♦ Humedad relativa: 80%

Fuente: (PDOT Provincia de Cotopaxi, 2021)

2.1.2. Materiales y equipos

2.1.2.1. Materiales y equipos de campo

- ✓ Fundas plásticas (vivero), baldes, costales (para la tierra), regadera, paja, plástico, alambre, clavos, sustrato, GPS, cámara fotográfica del móvil.

2.1.2.2. Materiales de oficina

- ✓ Computador, hojas, impresora, libreta, lápiz, borrador, tablero

2.1.2.3. Equipos de laboratorio

- ✓ Autoclave, cámara de flujo laminar, microscopio óptico, destilador, mechero de bunsen, cámara de Neubauer, balanza digital.

✓

2.1.2.4. Reactivos de laboratorio

- ✓ Papa Dextrosa Agar (PDA), antibiótico (cloranfenicol, estreptomycin)

2.1.2.5. Insumos de laboratorio

- ✓ Cajas petri, palillos estériles, cinta parafilm, cepillos de dientes, jeringas de 10 ml, porta y cubre objetos, puntas de micropipeta

2.1.2.6. Cristalería

- ✓ Envases, matraz de Erlenmeyer, vasos de precipitación

2.1.2.7. Material biológico

- ✓ Plántulas de especies forestales en estudio, Aislados fúngicos de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*.

2.2. Metodología

2.2.1. Factores en estudio

Los factores en estudio se componen por: el Factor A las especies forestales: Ciprés (*Cupressus macrocarpa*, Aliso (*Alnus acuminata*) y Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*). El Factor B representó las especies de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*, y por último el Factor C lo formó las cepas de *Trichoderma harzianum* cepa 1; *T. harzianum* cepa 2 y *T. longibrachiatum* cepa 1; *T. longibrachiatum* cepa 2.

2.2.2. Diseño experimental

2.2.2.1. Tipo de diseño experimental

Para este estudio se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con Arreglo Factorial (D. B.C. A); siendo sus factores de estudio los siguientes:

Tabla 1-2: Diseño experimental del estudio

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR FACTORIAL	
NÚMERO DE BLOQUES	4
FACTOR A	Especies forestales Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>) Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) Cepillo blanco (<i>Callistemon viminalis</i>)
FACTOR B	Especies de <i>Trichoderma</i> spp. <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma longibrachiatum</i>
FACTOR C	Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. <i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 <i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 <i>Trichoderma longibrachiatum</i> 1 <i>Trichoderma longibrachiatum</i> 2
SEPARACIÓN DE MEDIAS	Test de Tukey al 5%

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

2.2.3. Especificaciones del campo experimental

- Número de tratamientos: 15
- Número de repeticiones: 4
- Números de total de unidades experimentales: 60
- Forma parcela: Rectangular
- Largo: 335 cm
- Ancho: 80 cm
- Distancia entre parcelas: 25 cm

2.2.4.1. Tratamientos

El número de repeticiones por tratamiento fue de 4, dando un total de 60 unidades experimentales.

Tabla 2-2: Descripción de los tratamientos

N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	T1	<i>Trichoderma harzianum cepa 1 * Cupressus macrocarpa</i>
2	T2	<i>Trichoderma harzianum cepa 2 * Cupressus macrocarpa</i>
3	T3	<i>Trichoderma longibrachiatum cepa 1 * Cupressus macrocarpa</i>
4	T4	<i>Trichoderma longibrachiatum 2 * Cupressus macrocarpa</i>
5	T5	Control (Agua) * <i>Cupressus macrocarpa</i>
6	T6	<i>Trichoderma harzianum cepa 1 * Alnus acuminata</i>
7	T7	<i>Trichoderma harzianum cepa 2 * Alnus acuminata</i>
8	T8	<i>Trichoderma longibrachiatum cepa 1 * Alnus acuminata</i>
9	T9	<i>Trichoderma longibrachiatum cepa 2 * Alnus acuminata</i>
10	T10	Control (Agua) * <i>Alnus acuminata</i>
11	T11	<i>Trichoderma harzianum cepa 1 * Callistemon viminalis</i>
12	T12	<i>Trichoderma harzianum cepa 2 * Callistemon viminalis</i>
13	T13	<i>Trichoderma longibrachiatum cepa 1 * Callistemon viminalis</i>
14	T14	<i>Trichoderma longibrachiatum cepa 2 * Callistemon viminalis</i>
15	T15	Control (Agua) * <i>Callistemon viminalis</i>

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

2.2.5. Fase de campo

2.2.5.1. Identificación y descripción de las especies forestales

El presente estudio fue identificado con tres especies forestales Aliso (*Alnus acuminata*) como especie nativa, mientras que Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y Cepillo blanco (*Callistemon viminalis*) pertenecen a especies introducidas en Ecuador.

2.2.5.2. Preparación del sustrato

Se realizó la mezcla de sustrato compuesto de 50% de tierra negra, 10% de turba, 5% de arena, 10% abono orgánico (humus) y 25% de cascarilla de arroz hasta obtener una mezcla homogénea del sustrato, mismo que se utilizó para la siembra y enfundado (ANEXO A).

2.2.5.3. *Enfundado*

Teniendo la mezcla del sustrato, se procedió al llenado de bolsa en fundas negras de vivero 8 x 15 cm, con la tierra cernida y humedecida de forma manual se tomó la bolsa y se llenó hasta la mitad en una base sólida oprimiendo el medio con los dedos y con la base de la bolsa hasta que no queden espacios de aire en el sustrato, dejando que permanezca uno o dos centímetros debajo de la capacidad de la bolsa (**ANEXO A**).

2.2.5.4. *Siembra de las semillas de ciprés, aliso y cepillo blanco*

Después de tener preparado el sustrato se continuó con la siembra de las semillas, para las tres especies forestales se hizo siembra en voleo sin un orden prefijado. En el caso de cepillo blanco, por contener semillas bastantes pequeñas se usó un almácigo en el que se seleccionó un lugar en el suelo adecuado sin maleza, con el fin de obtener como comúnmente es llamado “cama de siembra”, en el que se utilizó madera que sirvió como base para los extremos del mismo, reflejado de forma rectangular. Para las especies de aliso y ciprés se efectuó la siembra directa de semillas hacia la funda de sustrato (**ANEXO A**).

2.2.5.5. *Trasplante de plantas*

El trasplante se efectuó para las tres especies forestales a 40 días de siembra, proceso que consistió en extraer la planta del almácigo y ponerla en un recipiente con agua para que las raíces no queden mucho tiempo expuestas al sol o al aire. Se tomó una estaca de aproximadamente 1.5 cm, tomando en cuenta a las plántulas cuyas características de crecimiento se consideraron las más adecuadas para el trasplante. En este proceso se trasplantó 60 plántulas por especie, obteniendo un total de 240 plantas en estudio (**ANEXO A**).

2.2.5.6. *Aplicación de tratamientos basados en *Trichoderma* spp. en estudio*

Se usaron cepas de *Trichoderma* spp. pertenecientes al proyecto “Estudio de *Trichoderma* spp. en viveros forestales de la provincia de Chimborazo y suelos agrícolas en Santa Cruz, Islas Galápagos”, el detalle de cada una de las cepas en la siguiente (**Tabla 3-2**):

Tabla 3-2: Descripción de origen de las cepas de *Trichoderma* spp.

CÓDIGO ORIGINAL	CÓDIGO DEL AISLADO	FECHA DE RECOLECCIÓN	LOCALIDAD	ORIGEN	MÉTODO DE AISLAMIENTO
MTST2R1(1)	TH1	3/12/2019	ESPOCH, vivero de la FRN	Suelo	Diluciones seriadas
P3B	TH2	9/1/2019	Fragmento de raíz, de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)	Fracción radicular	Inclusión directa de fragmento
MTST2R3(1)	TL1	3/12/2019	ESPOCH, vivero de la FRN.	Suelo	Diluciones seriadas
H329	TL2	18/8/2020	Fragmento de foliolo de Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)	Foliolo	Inclusión directa de fragmento

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

2.2.5.6. Preparación del inóculo de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*

Se inició efectuando el repique en un medio de cultivo PDA más cloranfenicol en una concentración del 5%, posterior se lleva a la incubadora marca BIOBASE ® se incubaron a 25°C durante 10 días en condiciones de oscuridad, luego de esto se colocó en una caja petri 10 mL de agua destilada estéril, con un cepillo estéril se recogieron las esporas en un matraz Erlenmeyer de 1000 mL de agua, el contenido se ajustó ajustado a una concentración de 6×10^6 propágulos por mL, verificación que efectúo en la cámara de Neubauer (**ANEXO B**).

2.2.5.7. Inoculación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*

Posteriormente después de obtener el inóculo de *Trichoderma*, se llevó a cabo la aplicación de las cepas mediante aspersión del inóculo al sustrato de las plantas forestales aliso (*Alnus acuminata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y cepillo blanco (*Callistemon viminalis*). Se realizaron tres aplicaciones, la primera a los 30 días, la segunda a los 45 días y la tercera a los 75 días después del trasplante de las plántulas. Además, como control fue aplicado agua destilada en los tratamientos.

La inoculación de las especies de *Trichoderma* fue colocada en una cantidad de 50 mL para *Trichoderma harzianum* cepa 1 y 2, *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y 2, así como el agua destilada para cada uno de los tratamientos de forma directa a la plántula. Cabe mencionar que las aplicaciones de los inóculos fueron calibrados a una concentración de 1×10^6 propágulos por mL (**ANEXO C**).

2.2.6. Variables evaluadas

Para evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* se midió las siguientes variables:

2.2.6.1. Altura de la planta

En la altura de la planta se consideró la medición desde la base del tallo hasta el meristemo más distal de la parte aérea de la planta en los tiempos establecidos después del trasplante de 15,30,45, 60 y 75 días, para cada una de las medidas se hizo uso de una regla de 30 cm en las plántulas forestales (**ANEXO D**).

2.2.6.2. Diámetro del tallo (DAC)

Para el diámetro del tallo se tomó como base el tallo principal a la altura del cuello de la planta, para lo cual se utilizó el pie de rey, instrumento de medición en mm, a los tiempos correspondientes de 15,30,45, 60 y 75 días después del trasplante (**ANEXO D**).

2.2.6.3. Número de hojas verdaderas

Después del trasplante a los 75 días, se valoró el número de hojas verdaderas de cada una de las plántulas en estudio, considerando las hojas primordiales de las especies forestales (**ANEXO D**).

2.2.6.4. Longitud de la raíz

Al transcurrir los 75 días después del trasplante, se midió la planta desde el cuello hasta el extremo distal de la raíz, la medición se verificó a partir del cuello de la raíz usando una regla de 30 cm (**ANEXO E**).

2.2.6.5. Masa fresca radicular y parte aérea

Para determinar la masa fresca radicular y foliar se tomó la planta mediante un muestreo destructivo, se seleccionó por el cuello de la raíz, para posterior mediante el uso de la balanza analítica RAD WAG, AS 220.R2 en gramos (g), se registró el peso de la planta a los 75 días después del trasplante (**ANEXO E**).

2.2.6.6. *Masa seca radicular y parte aérea*

A los 75 días se tomó datos de la masa seca radicular y parte aérea de las plantas, después de que las plántulas pasaron por el secado en la estufa HDM P SELECTA® a una temperatura de 60°C durante 48 horas, después de haber transcurrido el tiempo mencionado, se procedió a medir la masa seca radicular y masa seca foliar por separado en una balanza analítica RAD WAG, AS 220.R2 en (g) (**ANEXO E**).

2.2.6.7. *Índice de Dickson*

El índice de Dickson es un parámetro muy utilizado para demostrar la calidad de planta, expresa el equilibrio de la distribución de la masa, así como la robustez, evita seleccionar plantas desproporcionadas descartando a la planta de menor altura, pero con mayor vigor (Sáenz, R. et al., 2010) citado por (López; & Ramírez, 2014).

El ICD agrupa varios caracteres morfológicos en un solo valor por rango propuesto por (Ramos-Huapaya & Lombardi-Indacochea, 2020), por lo que el índice se evalúa a partir de la siguiente fórmula:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

2.2.7. *Análisis de datos*

El procesamiento de datos se tabuló en una planilla formato (.xlsx), posteriormente se usó el software “R versión 4.1.1” herramienta en la que se realizó el estudio de estadística descriptiva e inferencial para estimar las variables de estudio tanto para las especies forestales como para las especies fúngicas. Además, se utilizó un diseño experimental DBCA factorial, en las tablas se presentó valores de media aritmética, media de tendencia central y desviación estándar como medida de dispersión. Para el análisis inferencial se demostró tablas ANOVA, seguido de la prueba de Tukey al 5%, las variables fueron representadas en diagramas de cajas y bigotes (bloxplot).

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Altura de la planta

3.1.1.1. Altura de la planta a los 15,30,45,60 y 75 días

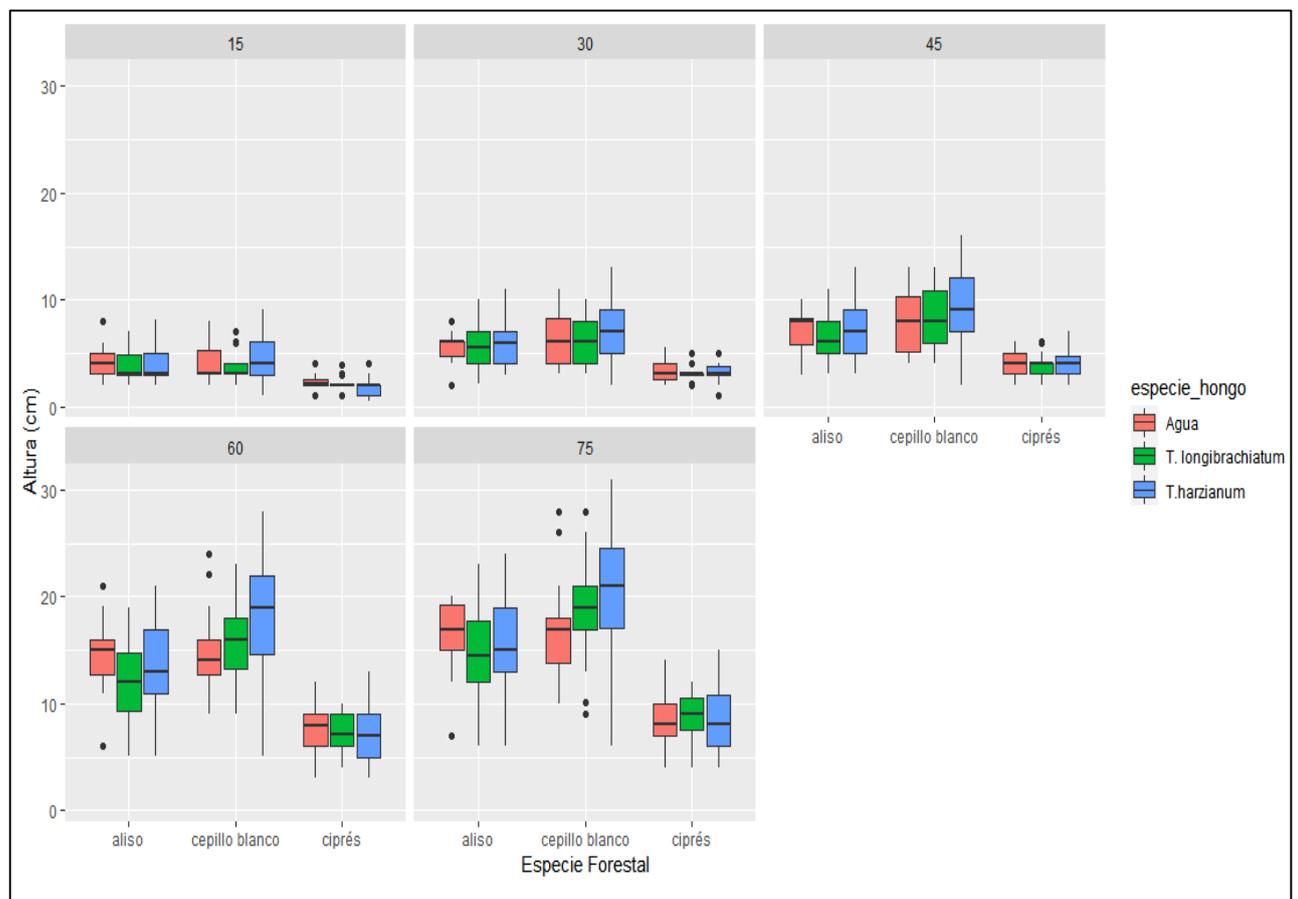


Gráfico 1-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Altura a los 15,30,45,60 y 75 días

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

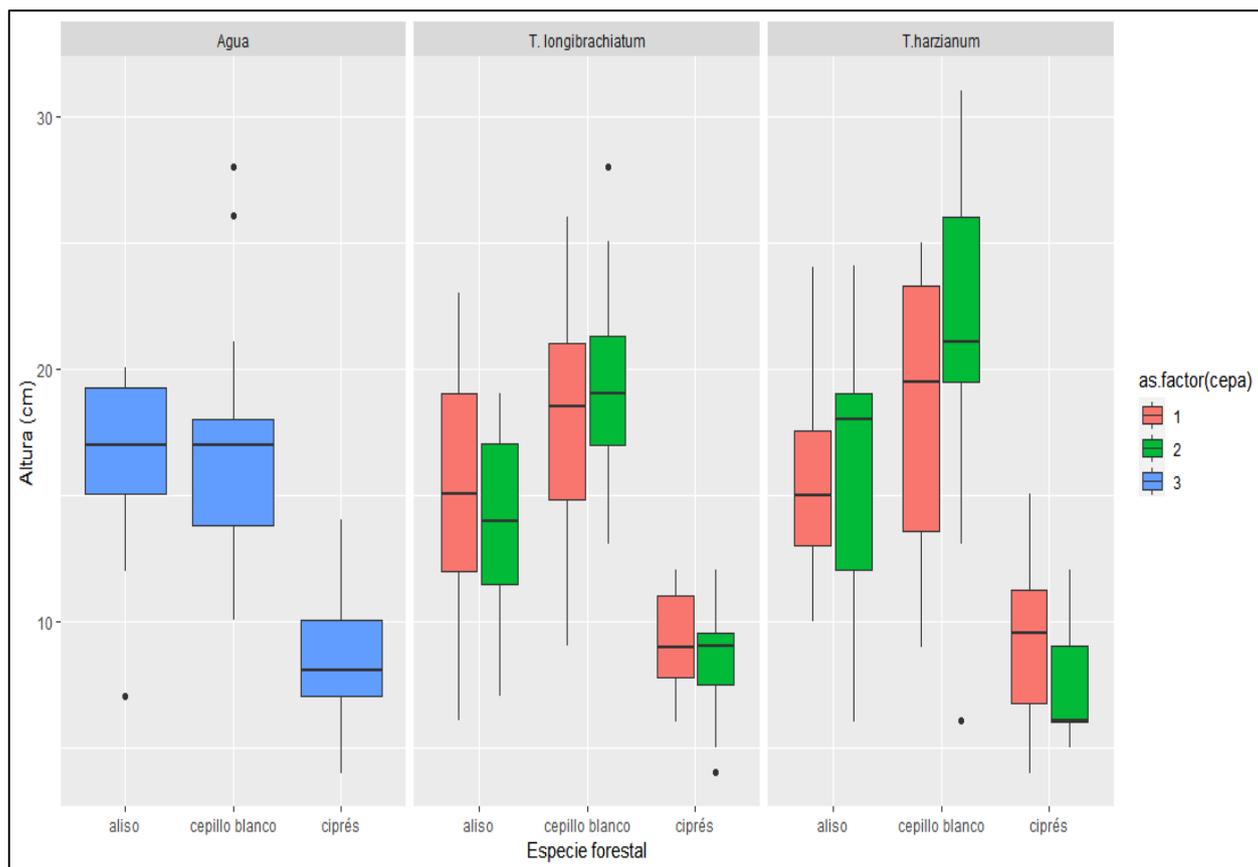


Gráfico 2-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Altura de la planta a los 75 días
Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 1-3: Prueba de Tukey al 5% de la variable Altura de la planta a los 75 días

TRATAMIENTOS DE ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(cm)	GRUPOS
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :2	21,65	a ¹
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :1	19,22	ab
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	18,46	ab
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	18,20	ab
cepillo blanco:Agua:3	17,03	ab
aliso:Agua:3	16,39	ab
aliso: <i>T.harzianum</i> :1	15,76	ab
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	15,05	bc
aliso: <i>T.harzianum</i> :2	14,83	bcd
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	13,97	bcde
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	9,14	cdef
ciprés: <i>T.harzianum</i> :1	8,89	def
ciprés:Agua:3	8,69	ef
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	8,30	ef
ciprés: <i>T.harzianum</i> :2	7,71	f ¹

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencia significativa para el factor especie forestal para la variable altura de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie de hongo, cepa, bloque, interacción especies forestal: especie hongo, interacción triple especie forestal: cepa, especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 1-3; Gráfico 2-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró 6 grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor altura fue el cepillo blanco con la inoculación de *Trichoderma harzianum* de la cepa 2 con un promedio 21,65 cm, por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor altura con un promedio de 7,71 cm, tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma harzianum* cepa 2 (**Tabla 1-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó una altura superior con un promedio de 21,65 cm \pm 6,14 mismas que fueron tratadas con *T. harzianum* cepa 2, mientras que la menor altura reflejó un promedio de 17,03 cm \pm 4,86, aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento control (agua destilada). Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió una mayor altura con el tratamiento control (agua destilada) con un promedio de 16,39 cm \pm 3,42 y la que presentó menor altura fue con promedio de 13,97 cm \pm 4,36 inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2. Por último, la especie forestal ciprés reflejó una máxima altura con un promedio de 9,14 cm \pm 2,05, siendo inoculada con *T. longibrachiatum* cepa 1, para esta especie se presentó el menor valor con un promedio de 7,71 cm \pm 3,04 tratadas con *T. harzianum* cepa 2.

3.1.2. Diámetro a la altura del cuello de la planta

3.1.1.2. Diámetro a la altura del cuello de la planta a los 15,30,45,60 y 75 días

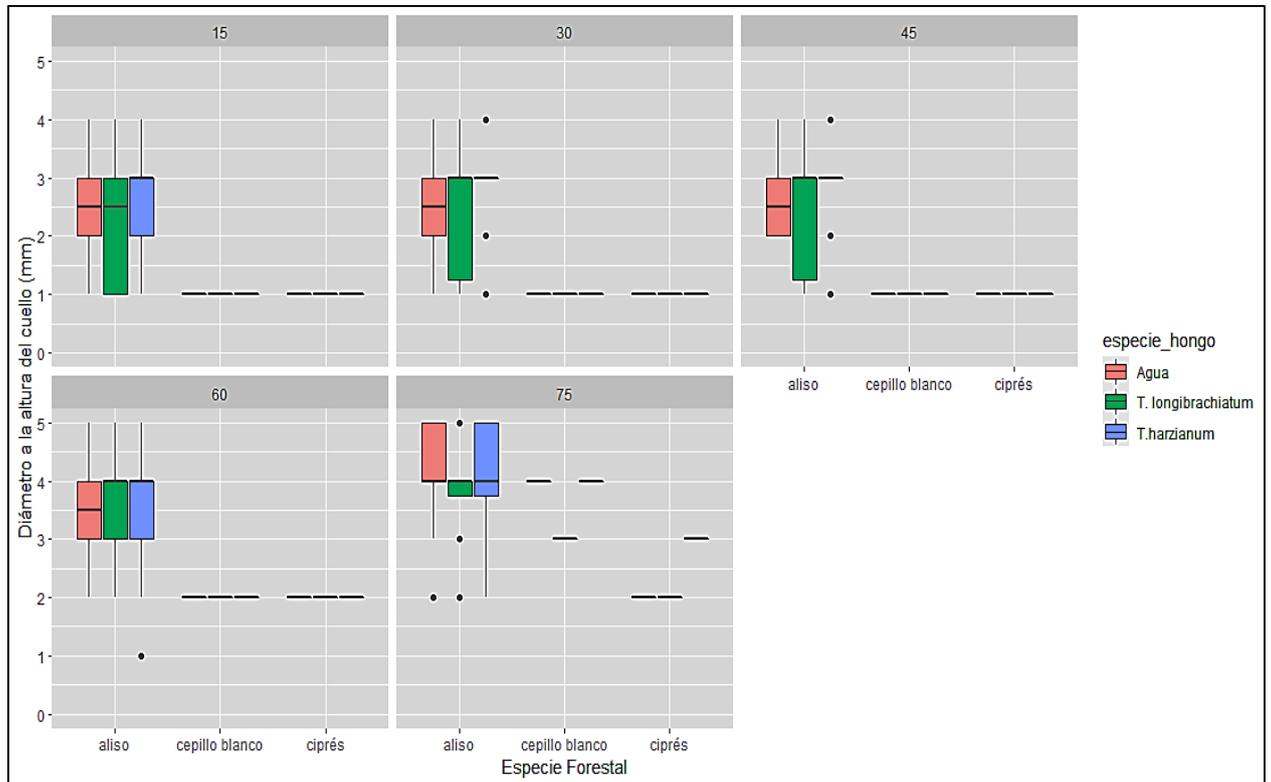


Gráfico 3-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Dac a los 15,30,45,60 y 75 días.

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

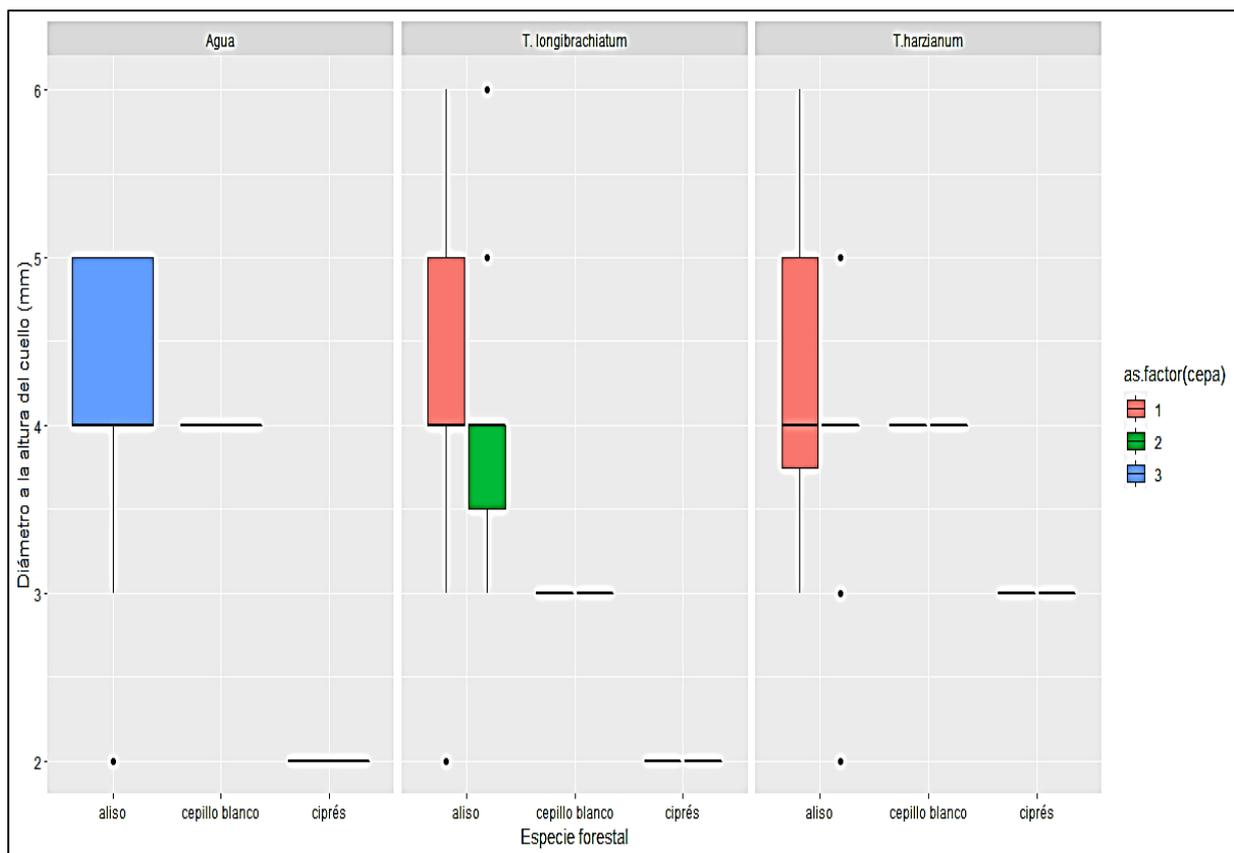


Gráfico 4-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Dac de la planta a los 75 días.

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 2-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable Dac de la planta a los 75 días

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(mm)	GRUPOS
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	4,22	a ¹
aliso: <i>T. harzianum</i> :1	4,18	a
aliso:Agua:3	4,06	a
cepillo blanco:Agua:3	4,00	a
cepillo blanco: <i>T. harzianum</i> :1	4,00	a
cepillo blanco: <i>T. harzianum</i> :2	4,00	a
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	3,93	a
aliso: <i>T. harzianum</i> :2	3,60	a
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	3,00	b
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	3,00	b
ciprés: <i>T. harzianum</i> :1	3,00	b
ciprés: <i>T. harzianum</i> :2	3,00	b
ciprés:Agua:3	2,00	c
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	2,00	c
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	2,00	c

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los factores especie forestal, especie hongo e interacción especie forestal: especie hongo para la variable diámetro a la altura del cuello de la planta a los 75 días, mientras que, para la cepa, bloque, interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa y especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 3-3; Gráfico 4-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró 3 grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor diámetro fue aliso con la inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un promedio 4,22 mm, por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor altura con un promedio de 2 mm, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (**Tabla 2-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó un diámetro superior con un promedio de $4 \text{ mm} \pm 6,14$ mismas que fueron tratadas con *T. harzianum* cepa 1 y 2, mientras que el menor diámetro reflejó un promedio de $3 \text{ mm} \pm 1$, aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 1 y 2. Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió una mayor altura con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 1 con un promedio de $4,22 \text{ mm} \pm 0,90$ y la que presentó menor diámetro fue con un promedio de $3,60 \text{ mm} \pm 0,94$ inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2. Por último, la especie forestal ciprés reflejó un máximo diámetro con un promedio de $3 \text{ mm} \pm 1$, siendo inoculada con *T. harzianum* cepa 1 y 2, además, para esta especie se presentó un menor valor con un promedio de $2 \text{ mm} \pm 1$ tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 y 2.

3.1.3. Número de hojas

3.1.1.3. Número de hojas verdaderas a los 75 días

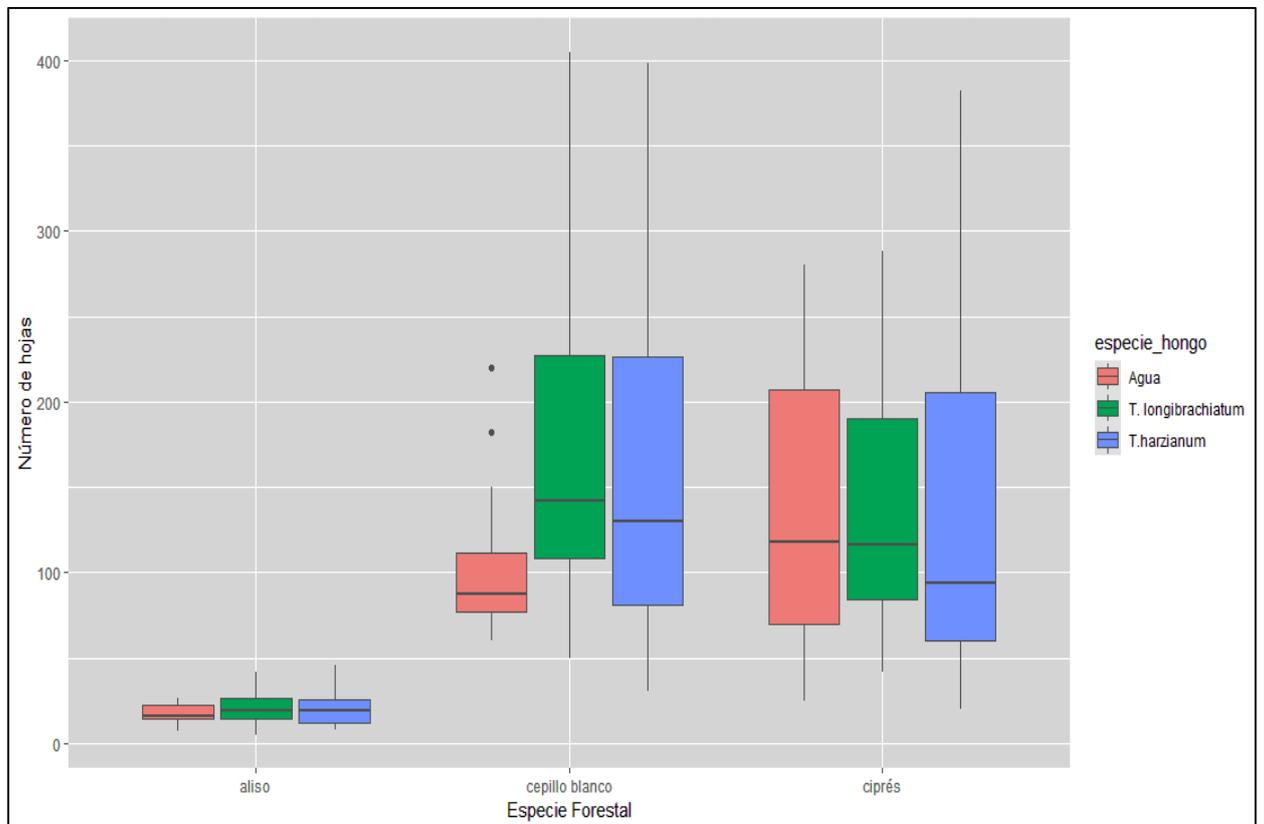


Gráfico 5-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Número de hojas a los 75 días

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

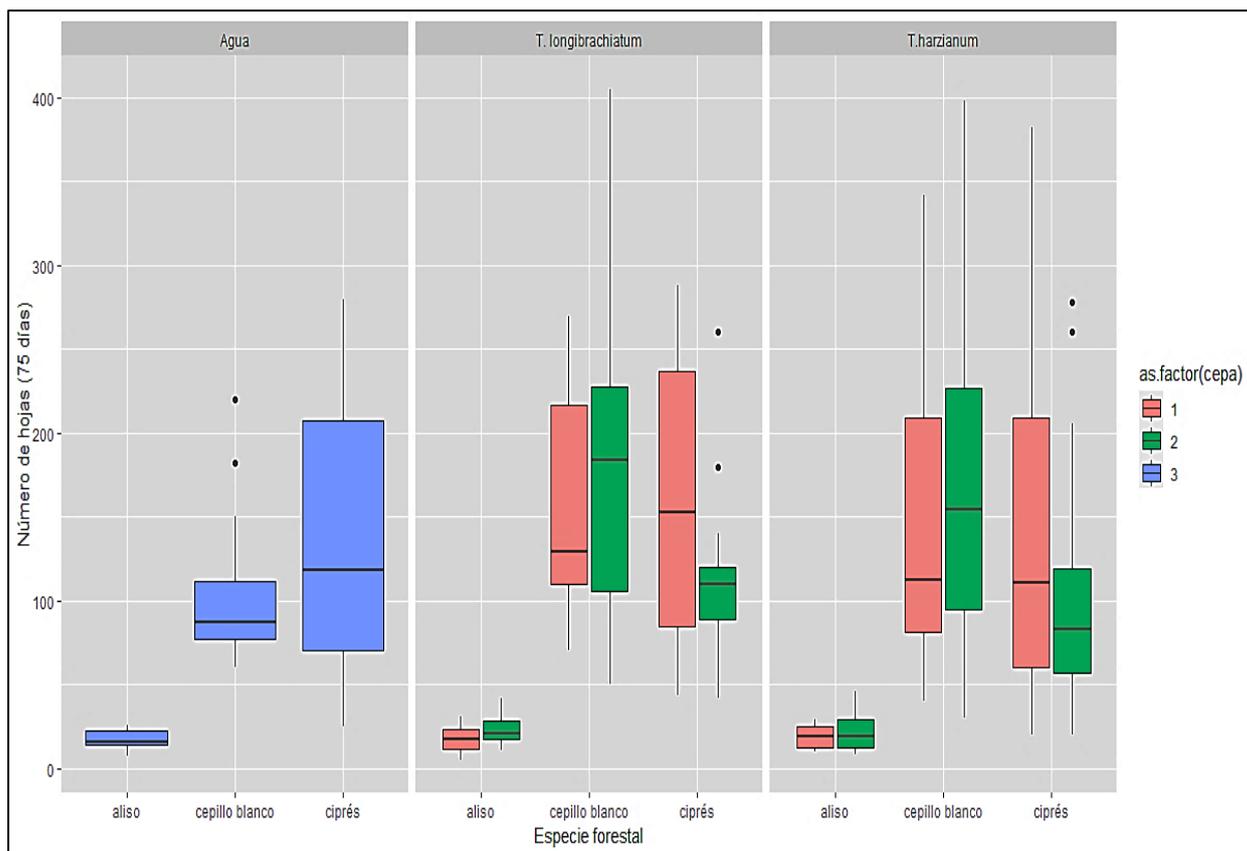


Gráfico 6-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Número de hojas

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 3-3: Prueba de Tukey al 5% de la variable Número de hojas a los 75 días

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA (n° de hojas)	GRUPOS
cepillo blanco:T. longibrachiatum:2	176	a ¹
cepillo blanco:T. longibrachiatum:1	154	a
ciprés:T. longibrachiatum:1	163	a
cepillo blanco: T.harzianum:2	169	a
cepillo blanco:T.harzianum:1	156	a
ciprés:Agua:3	143	a
ciprés:T.harzianum:1	139	a
ciprés:T. longibrachiatum:2	113	a
cepillo blanco:Agua:3	104	a
ciprés:T.harzianum:2	109	a
aliso:T. longibrachiatum:2	23	b
aliso:T.harzianum:2	21	b
aliso:T.harzianum:1	19	b
aliso:Agua:3	18	b
aliso:T. longibrachiatum:1	17	b ¹

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla. 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los factores especie forestal y bloque para la variable longitud de la raíz de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie hongo, cepa, interacción especie forestal: hongo, especie forestal: cepa, especie hongo: cepa e interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 5-3; Gráfico 6-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró 2 grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor número de hojas fue cepillo blanco con la inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un promedio 176 hojas, por otro lado, la especie forestal aliso obtuvo menor número de hojas con un promedio de 17 hojas, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 (**Tabla 3-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó un número de hojas superior con un promedio de 176 hojas \pm 78,87 mismas que fueron tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 2, mientras que el menor número de hojas se reflejó con un promedio de 104 hojas \pm 44,55 aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento control (agua destilada). Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió un mayor número de hojas con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 2 con un promedio de 23 hojas \pm 8,45 y la que presentó menor número de hojas fue con un promedio de 17 hojas \pm 5,45 inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1. Por último, la especie forestal ciprés reflejó un mayor número de hojas con un promedio de 143 hojas \pm 90,5 con el tratamiento control (agua destilada), además, para esta especie se presentó un menor valor de hojas con un promedio de 109 \pm 16,5 tratadas con *T. harzianum* cepa 2.

3.1.4. Longitud de la raíz

3.1.1.4. Longitud de la raíz a los 75 días

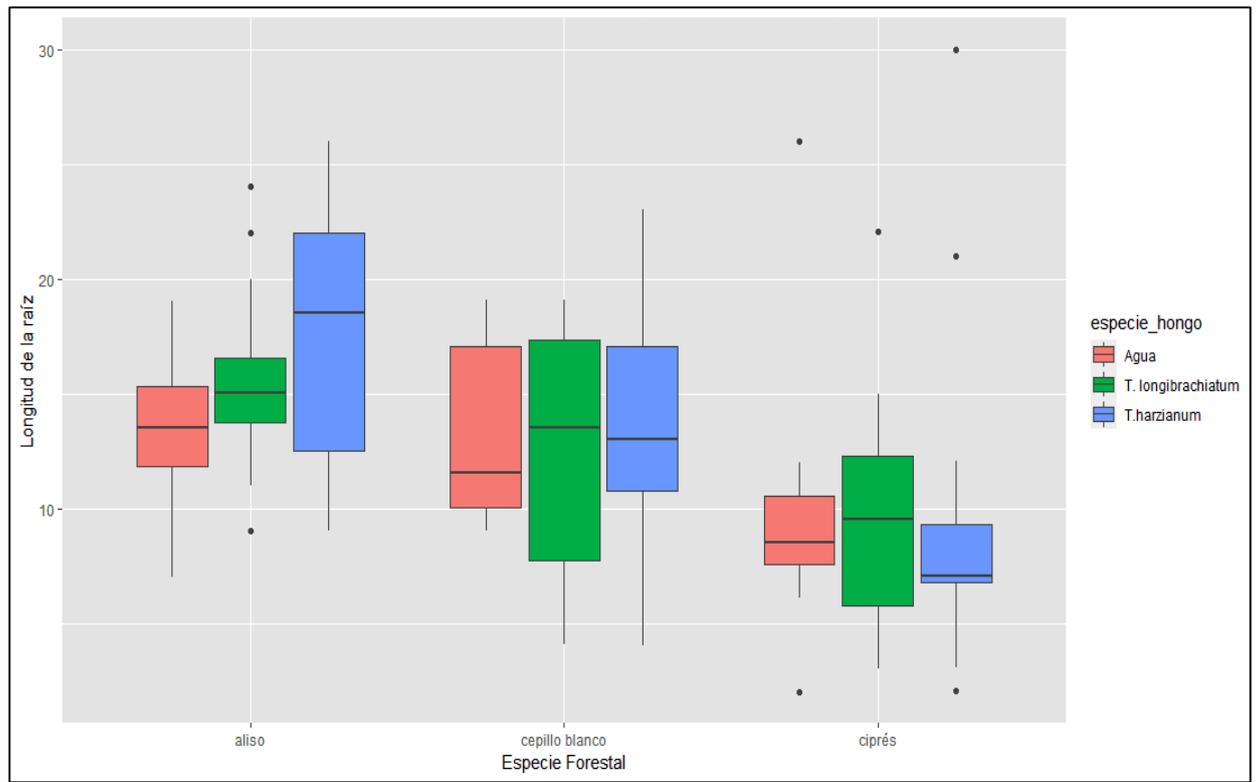


Gráfico 7-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz a los 75 días
Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

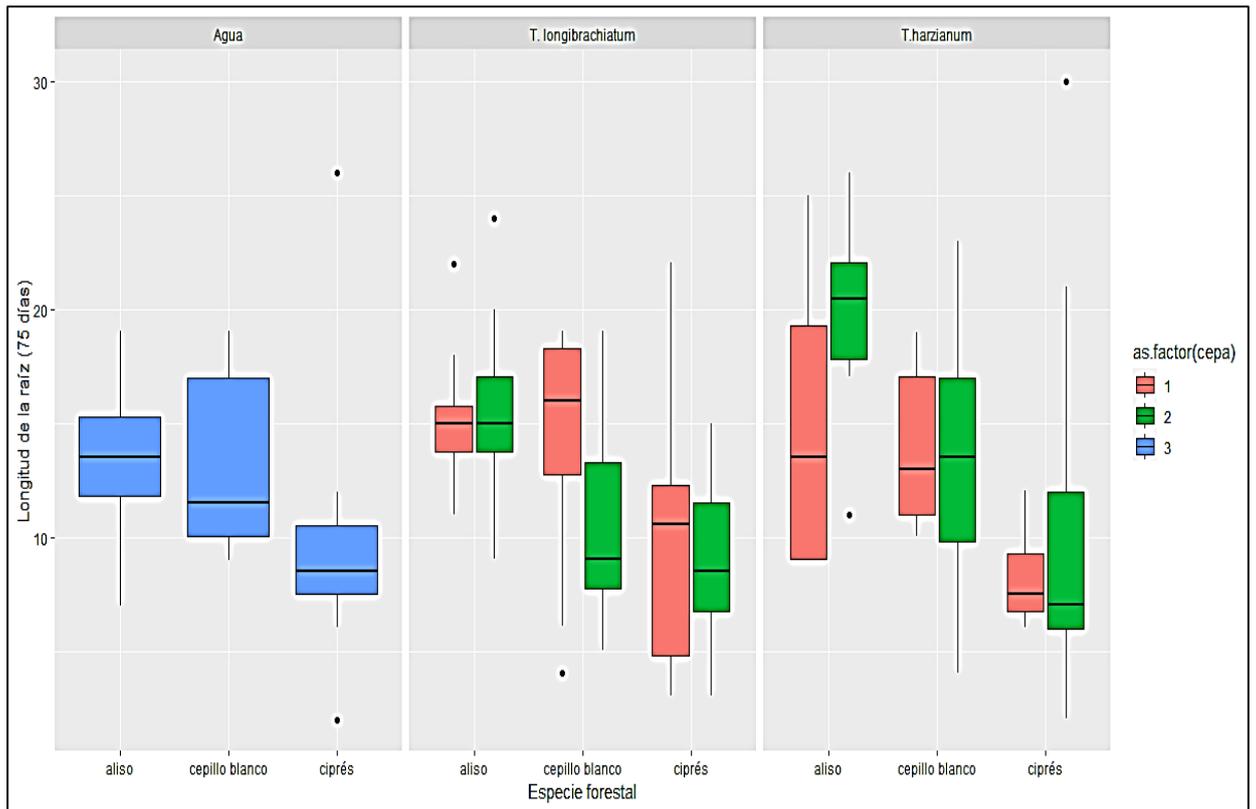


Gráfico 8-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 4-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable Longitud de la raíz a los 75 días

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(cm)	GRUPOS
aliso: <i>T.harzianum</i> :2	19,04	a ¹
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	15,77	a
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	15,39	a
aliso: <i>T.harzianum</i> :1	14,77	a
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	14,17	a
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :1	13,90	a
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :2	13,41	a
aliso:Agua:3	13,41	a
cepillo blanco:Agua:3	13,15	a
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	10,79	a
ciprés: <i>T.harzianum</i> :2	10,78	a
ciprés:Agua:3	10,15	a
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	10,05	a
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	9,03	a
ciprés: <i>T.harzianum</i> :1	8,16	a

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor especie forestal para la variable longitud de la raíz de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie hongo, cepa, bloque, interacción especie forestal: hongo, especie forestal: cepa, especie hongo: cepa e interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 7-3; Gráfico 8-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró un grupo, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor longitud de raíz fue aliso con la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un promedio 19,04 cm por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor longitud de raíz con un promedio de 9,03 cm, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (**Tabla 4-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó una longitud de raíz con un promedio de 14,17 cm \pm 5,51 mismas que fueron tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 1, mientras que la menor longitud de la raíz se reflejó en un promedio de 10,79 cm \pm 5,40 aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 2. Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió una mayor longitud de la raíz con el tratamiento *T. harzianum* cepa 2 con un promedio de 19,04 cm \pm 5,71 y la que presentó menor longitud de raíz fue con un promedio de 13,41 \pm 3,59 aplicadas control (agua destilada). Por último, la especie forestal ciprés reflejó una mayor longitud de raíz con un promedio de 10,78 \pm 6,89 con el tratamiento *T. harzianum* cepa 2, además, para esta especie se presentó un menor valor de longitud de raíz con un promedio de 8,16 \pm 6,50 tratadas con *T. harzianum* cepa 1.

3.1.5. Peso fresco de la planta

3.1.1.5. Peso fresco de la planta a los 75 días

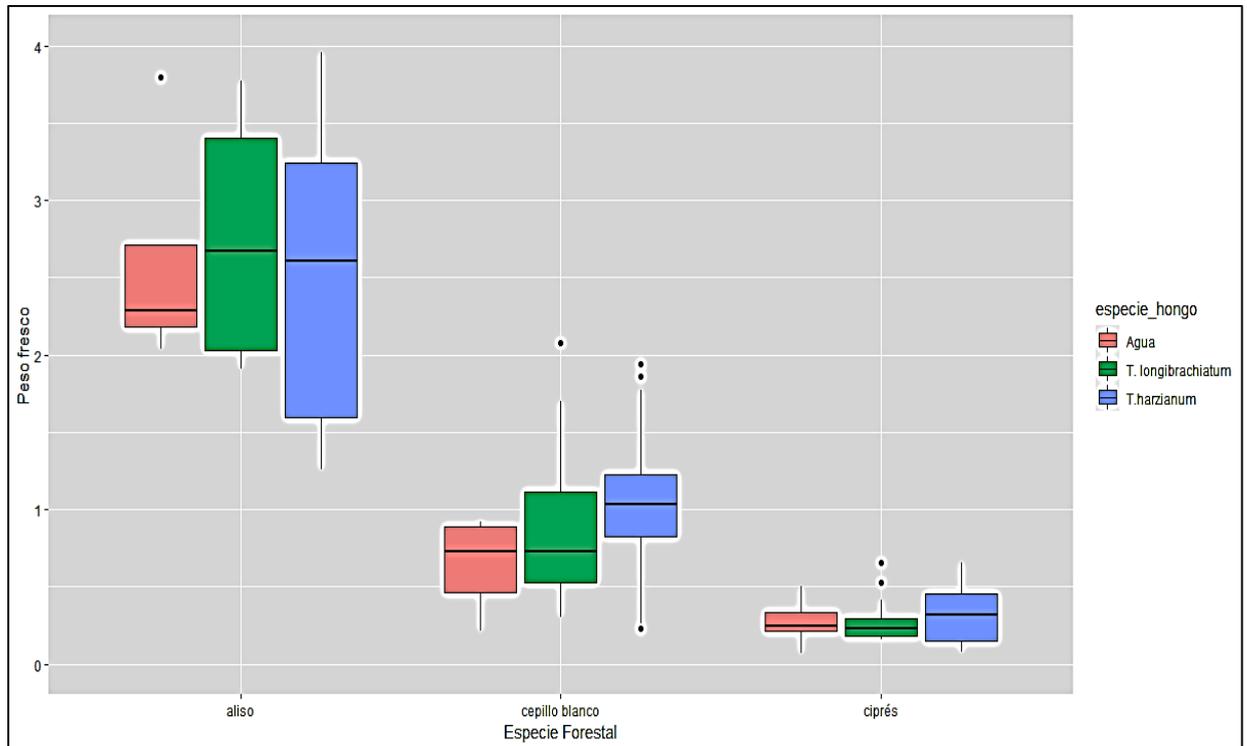


Gráfico 9-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Peso fresco a los 75 días

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

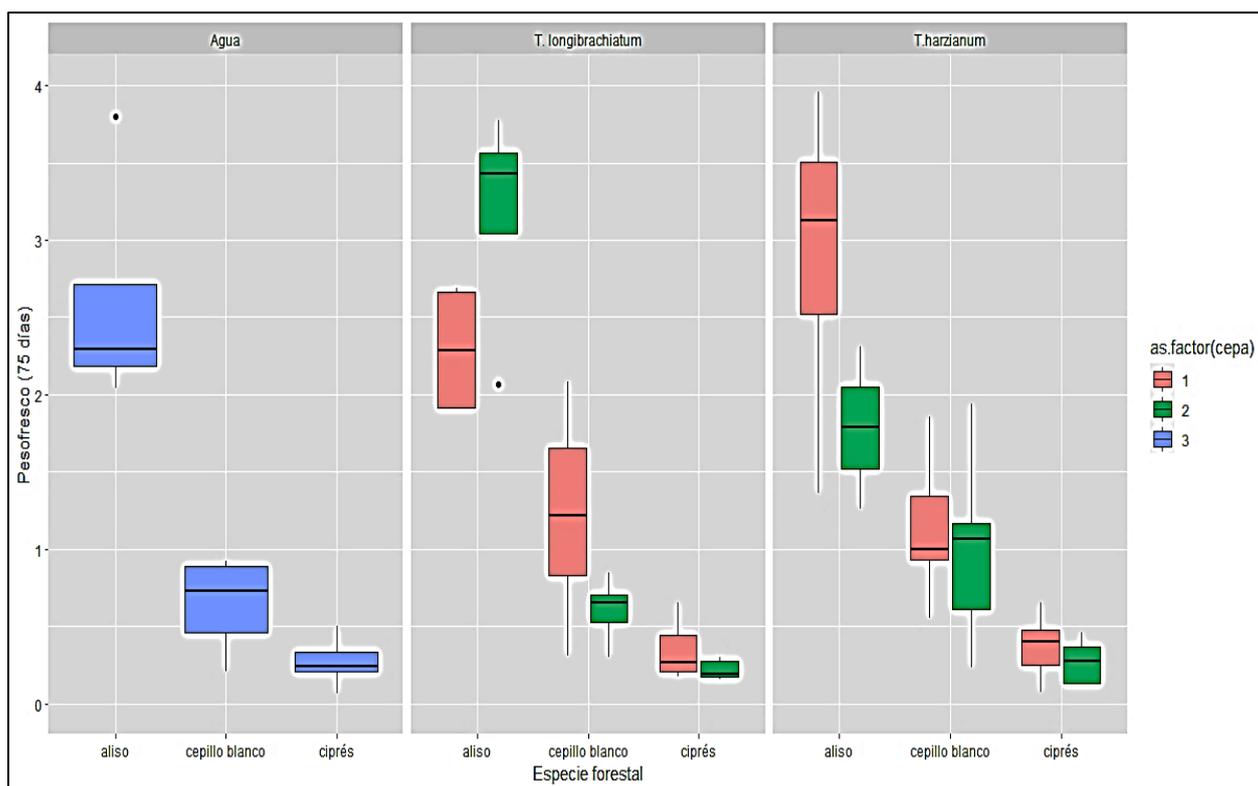


Gráfico 10-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Peso fresco

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 5-3: Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso fresco de la planta a los 75 días }

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(g)	GRUPOS
aliso: <i>T.harzianum</i> :2	5,00	a ¹
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	4,89	a
aliso:Agua:3	4,69	ab
aliso: <i>T.harzianum</i> :1	4,30	abc
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	4,22	abcd
cepillo blanco:Agua:3	2,94	abcde
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	1,18	abcde
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :1	1,14	abcde
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :2	0,96	bcde
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,60	cde
ciprés: <i>T.harzianum</i> :1	0,36	de
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,33	de
ciprés: <i>T.harzianum</i> :2	0,26	e
ciprés:Agua:3	0,26	e
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,21	e

¹Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los factores en especie forestal y bloque para el peso fresco de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie hongo, cepa, interacción especie forestal: hongo, especie forestal: cepa, especie hongo: cepa e interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 9-3; Gráfico 10-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró cinco grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor peso fresco fue aliso con la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un promedio 5 g por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor peso fresco con un promedio de 0,21g, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (**Tabla 5-3**). En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó un peso fresco con un promedio de 2,94 g \pm 1,49 mismas que fueron aplicadas al control (agua destilada), mientras que el menor peso fresco se reflejó en un promedio de 0,60 g \pm 0,54 aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 2. Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió un mayor peso fresco con el tratamiento *T. harzianum* cepa 2 con un promedio de 5 g \pm 2,52 y la que presentó menor peso fresco fue con un promedio de 4,22 \pm 2,49 tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 1. Por último, la especie forestal ciprés reflejó un mayor peso fresco con un promedio de 0,36 \pm 0,16 con el tratamiento *T. harzianum* cepa 1, además, para esta especie se presentó un menor valor de peso fresco con un promedio de 0,21 \pm 0,14 tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 2.

3.1.6. *Peso seco radicular*

3.1.1.6. *Peso seco radicular a los 75 días*

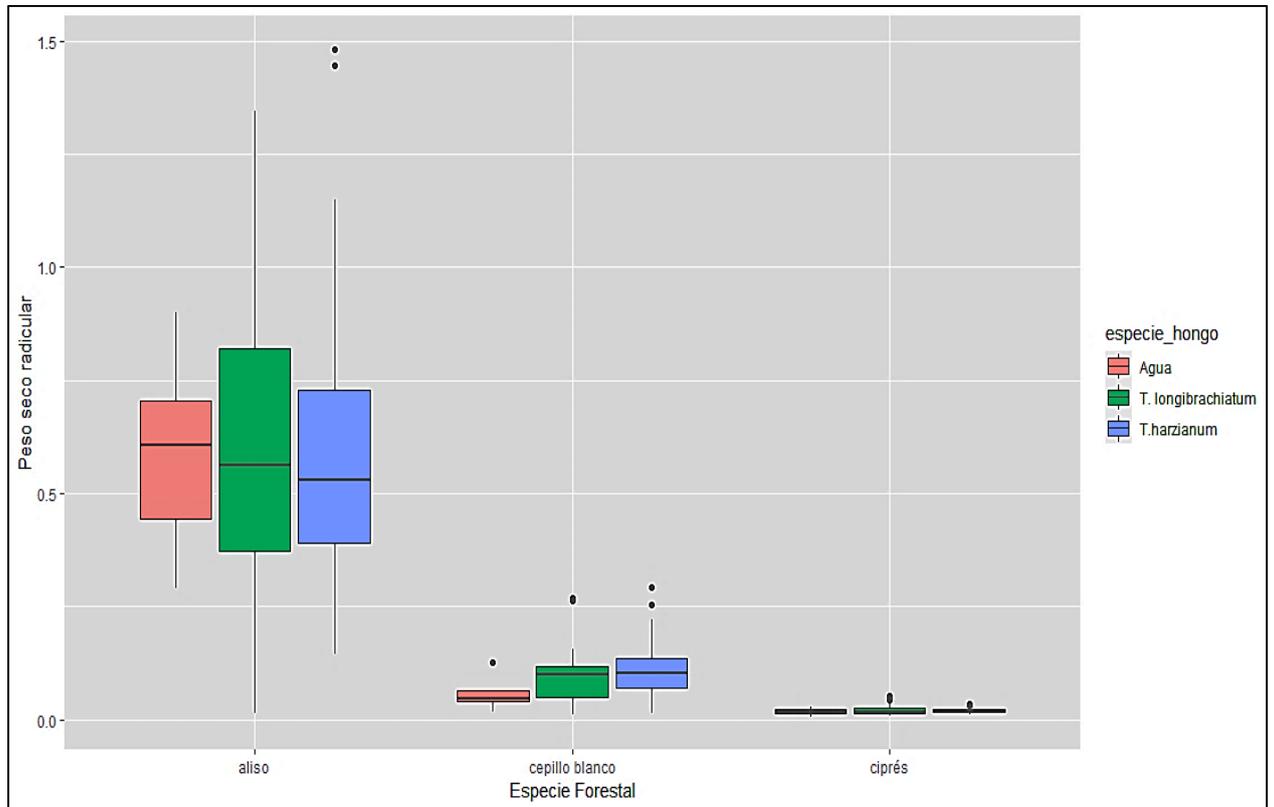


Gráfico 11-3.. Diagrama de caja y bigote de la variable *Peso seco radicular a los 75 días*

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

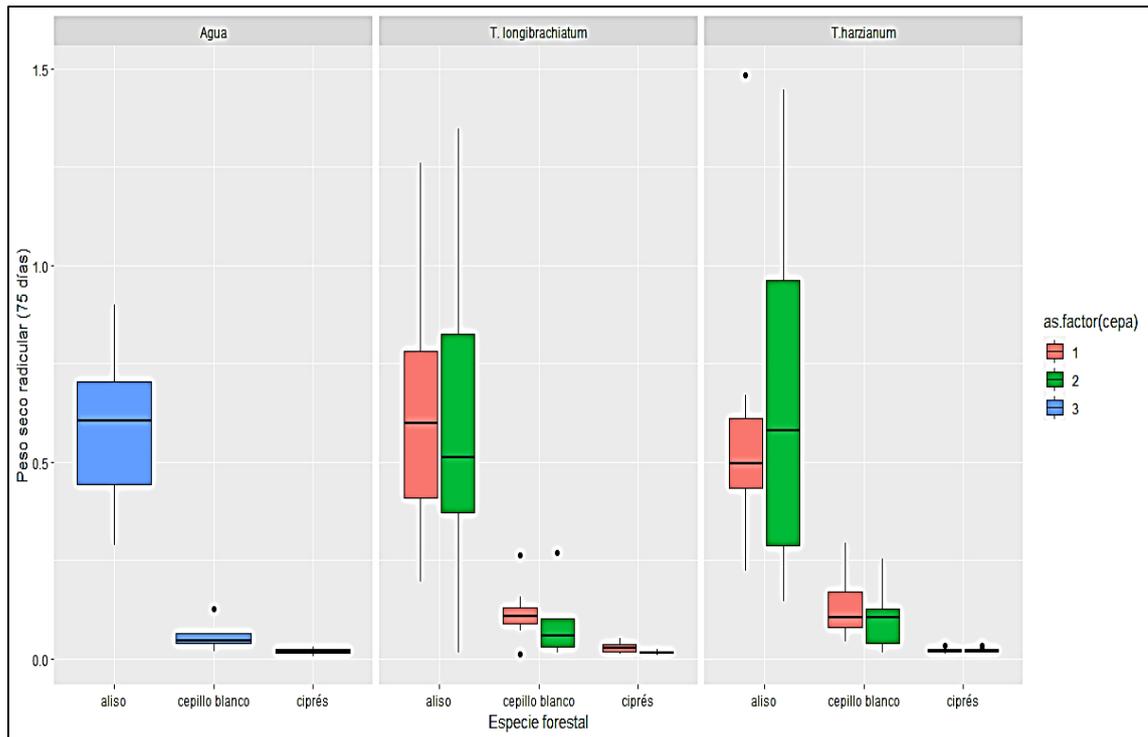


Gráfico 12-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco radicular

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 6-3: Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso seco radicular a los 75 días

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(g)	GRUPOS
aliso: <i>T.harzianum</i> :2	0,66	a ¹
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,62	a
aliso: <i>T.harzianum</i> :1	0,60	a
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,59	a
aliso:Agua:3	0,58	a
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :1	0,13	b
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,11	b
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :2	0,10	b
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,08	b
cepillo blanco:Agua:3	0,05	b
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,028	b
ciprés: <i>T.harzianum</i> :2	0,021	b
ciprés: <i>T.harzianum</i> :1	0,020	b
ciprés:Agua:3	0,017	b
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,015	b

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor especie forestal para el peso seco radicular de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie hongo, bloque, cepa, interacción especie forestal: hongo, especie forestal: cepa, especie hongo: cepa e interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 11-3; Gráfico 12-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró dos grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor peso seco radicular fue aliso con la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un promedio 0,66 g por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor peso fresco con un promedio de 0,015 g, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (**Tabla 6-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó un peso seco radicular con un promedio de $0,13 \text{ g} \pm 0,079$ mismas que fueron aplicadas al tratamiento *T. harzianum* cepa 1, mientras que el menor peso seco radicular se reflejó en un promedio de $0,055 \text{ g} \pm 0,032$ aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento control (agua destilada). Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió un mayor peso seco radicular con el tratamiento *T. harzianum* cepa 2 con un promedio de $0,66 \text{ g} \pm 0,41$ y la que presentó menor peso seco radicular fue con un promedio de $0,58 \pm 0,19$ aplicadas el tratamiento control (agua destilada). Por último, la especie forestal ciprés reflejó un mayor peso seco radicular con un promedio de $0,028 \text{ g} \pm 0,012$ con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 1, además, para esta especie se presentó un menor valor de peso seco radicular con un promedio de $0,015 \text{ g} \pm 0,013$ tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 2.

3.1.7. *Peso seco foliar*

3.1.1.7. *Peso seco foliar a los 75 días*

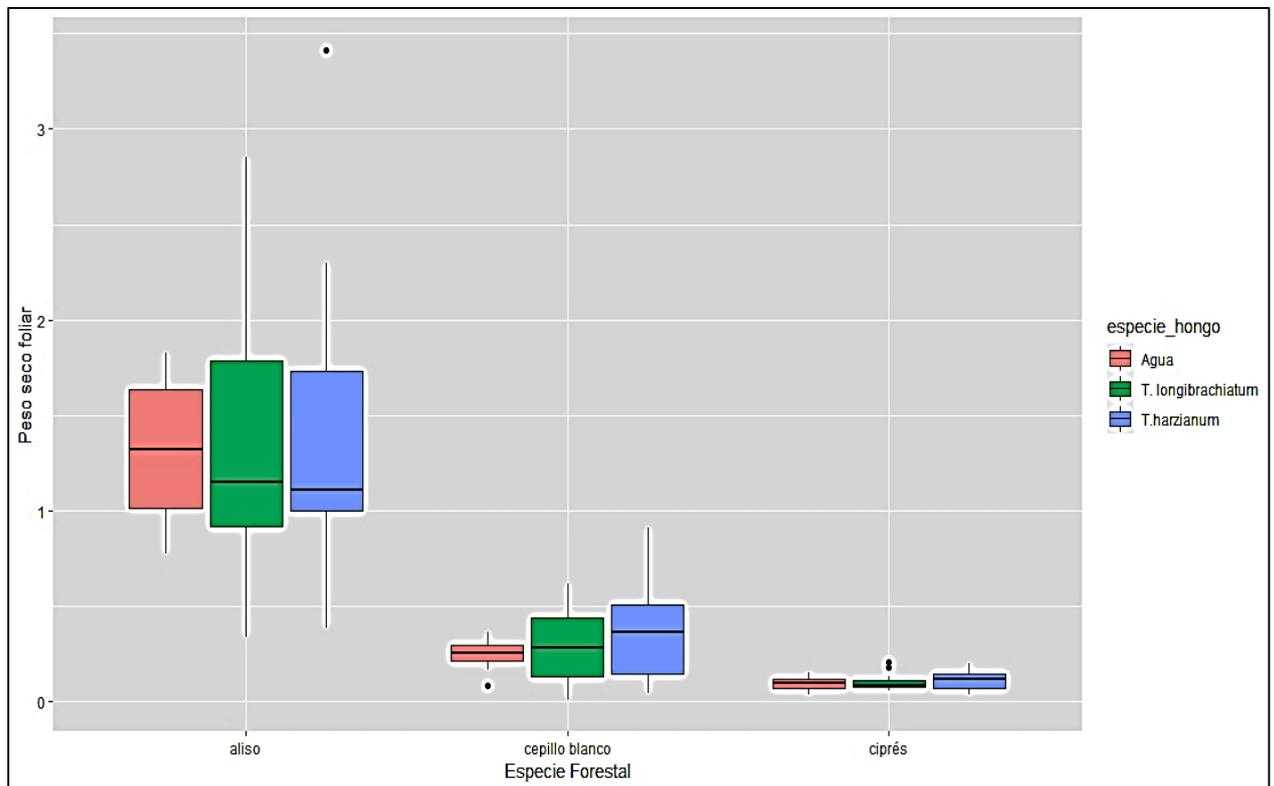


Gráfico 13-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco foliar a los 75 días

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

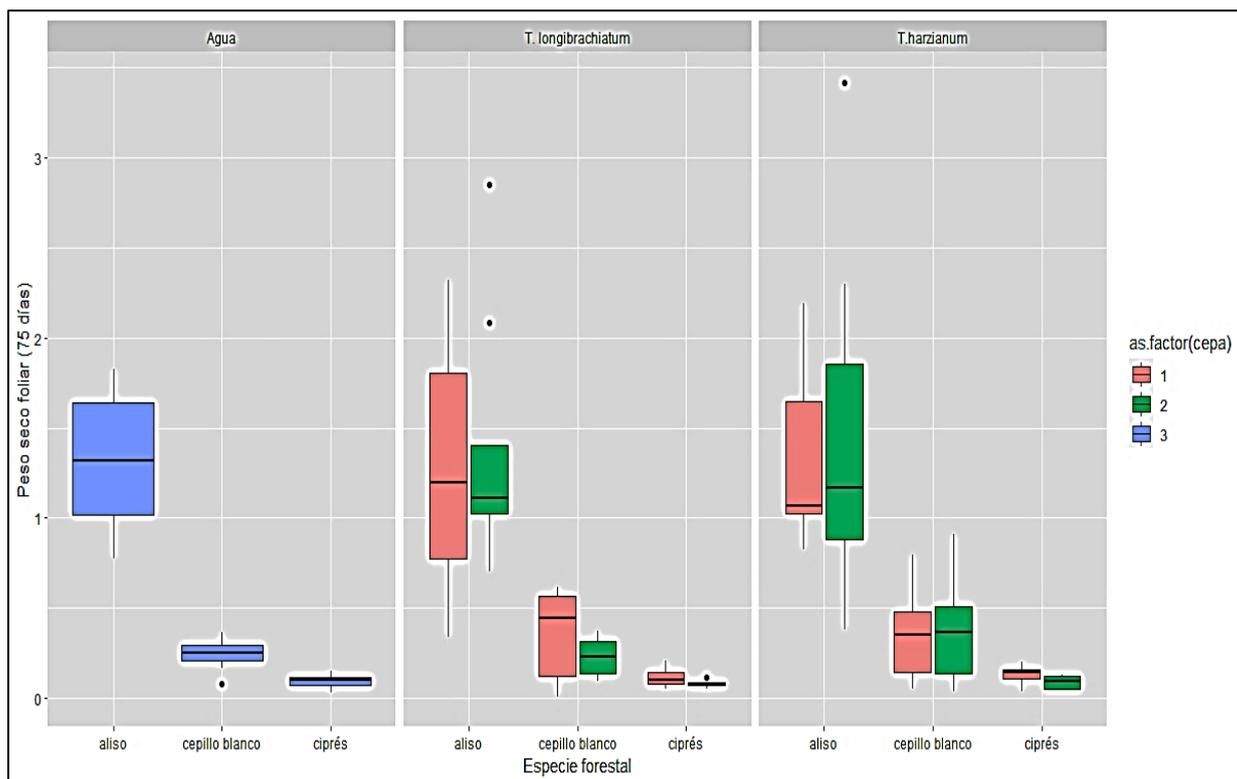


Gráfico 14-3: Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco foliar

Realizado por: Quevedo, Karla. 2021

Tabla 7-3: Prueba de Tukey al 5% de la variable Peso seco foliar a los 75 días

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	MEDIA ARITMÉTICA(g)	GRUPOS
aliso: <i>T.harzianum</i> :2	1,47	a ¹
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	1,37	a
aliso:Agua:3	1,32	a
aliso: <i>T.harzianum</i> :1	1,32	a
aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	1,28	a
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :2	0,36	b
cepillo blanco: <i>T.harzianum</i> :1	0,36	b
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,36	b
cepillo blanco:Agua:3	0,24	b
cepillo blanco: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,22	b
ciprés: <i>T.harzianum</i> :1	0,13	b
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,11	b
ciprés:Agua:3	0,09	b
ciprés: <i>T.harzianum</i> :2	0,09	b
ciprés: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,07	b

¹ Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor especie forestal para el peso seco foliar de la planta a los 75 días, mientras que, para la especie hongo, bloque, cepa, interacción especie forestal: hongo, especie forestal: cepa, especie hongo: cepa e interacción triple especie forestal: especie hongo: cepa no se mostró significancia estadística (**ANEXO F; Gráfico 13-3; Gráfico 14-3**).

La prueba de Tukey al 5% mostró dos grupos, la especie forestal y tratamiento que presentó mayor peso seco foliar fue aliso con la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un promedio 1,47 g por otro lado, la especie forestal ciprés obtuvo menor peso fresco con un promedio de 0,07 g, plantas tratadas con la cepa fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (**Tabla 7-3**).

En el período de tiempo a los 75 días, la especie forestal cepillo blanco alcanzó un peso seco foliar con un promedio de 0,36 g \pm 0,75 mismas que fueron aplicadas al tratamiento *T. harzianum* cepa 2, mientras que el menor peso seco foliar se reflejó en un promedio de 0,22 g \pm 0,19 aplicación que se llevó a cabo con el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 2. Por otra parte, la especie forestal aliso adquirió un mayor peso seco foliar con el tratamiento *T. harzianum* cepa 2 con un promedio de 1,47 g \pm 0,75 y la que presentó menor peso seco foliar fue con un promedio de 1,28 g \pm 0,69 aplicadas el tratamiento *T. longibrachiatum* cepa 1. Por último, la especie forestal ciprés reflejó un mayor peso seco foliar con un promedio de 0,13 g \pm 0,04 con el tratamiento *T. harzianum* cepa 1, además, para esta especie se presentó un menor valor de peso seco foliar con un promedio de 0,07 g \pm 0,04 tratadas con *T. longibrachiatum* cepa 2.

3.1.2. Cálculo del Índice de Dickson

Con la fórmula indicada por (Ramos-Huapaya & Lombardi-Indacochea, 2020), se hizo el cálculo con los datos pertinentes para las especies forestales en estudio.

Tabla 8-3: Índice de Dickson para la especie forestal *Cupressus macrocarpa*

Tratamiento	Especie Forestal	Especie Fúngica	Valores ICD
T1	Ciprés	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,061
T2	Ciprés	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,059
T3	Ciprés	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,044
T4	Ciprés	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,035
T5	Ciprés	Agua	0,030

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El índice de Dickson evaluó sus parámetros y se determinó que en la especie forestal *Cupressus macrocarpa* el tratamiento T1 inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 presentó el mayor valor de 0,061 mientras que el tratamiento T5 aplicado al control (agua destilada) mostró ser el valor menor de 0,030 para este índice en relación a los demás tratamientos de ciprés (**Tabla 8-3**).

Tabla 9-3: Índice de Dickson para la especie forestal *Alnus acuminata*

Tratamiento	Especie Forestal	Especies fúngicas	Valores ICD
T6	Aliso	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,520
T7	Aliso	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,619
T8	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,663
T9	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,710
T10	Aliso	Agua	0,672

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El índice de Dickson evaluó sus parámetros y se determinó que en la especie forestal *Alnus acuminata* el tratamiento T9 inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 presentó el mayor valor de 0,71 mientras que el tratamiento T6 aplicada con *Trichoderma harzianum* cepa 1 mostró ser el valor menor de 0,52 para este índice en relación a los demás tratamientos de aliso (Tabla 9-3).

Tabla 10-3: Índice de Dickson para la especie forestal *Callistemon viminalis*

Tratamientos	Especie forestal	Especies fúngicas	Valores ICD
T11	Cepillo blanco	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,190
T12	Cepillo blanco	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,252
T13	Cepillo blanco	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,143
T14	Cepillo blanco	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,067
T15	Cepillo blanco	Agua	0,073

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

El índice de Dickson evaluó sus parámetros y se determinó que en la especie forestal *Callistemon viminalis* el tratamiento T12 tratadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 presentó el mayor valor de 0,25 mientras que el tratamiento T14 aplicada con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 mostró ser el valor menor de 0,067 para este índice en relación a los demás tratamientos de cepillo blanco (Tabla 10-3).



Figura 1-3. Tratamientos de estudio especie forestal Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)



Figura 2-3. Tratamientos de estudio especie forestal aliso (*Alnus acuminata*)



Figura 3-3. Tratamientos de estudio cepillo blanco (*Callistemon viminalis*)

3.2. Discusión de resultados

González-Marquetti et al. (2019), mencionan que las especies de *Trichoderma* son habitualmente usadas como agentes de control biológico contra hongos fitopatógenos, además, algunas de estas cepas fúngicas se han empleado para inducir metabolitos que incrementan el crecimiento vegetal en especies forestales.

El presente estudio demostró que la evaluación estadística de las variables: longitud de raíz, peso fresco, peso seco foliar y radicular a los 75 días, tratadas con *T. harzianum* cepa 2 presentaron los valores máximos en las especies forestales aliso, seguido de cepillo blanco y ciprés (**Gráficos 8-3; 10-3; 12-3; 14-3**). Resultados comunes se han obtenido en la mayoría de pruebas enmarcadas a temática agrícola, por lo tanto, algunas investigaciones que son explícitamente forestales, como nos indica Cunalata, (2014, p. 109) aliso *Alnus acuminata* a los 120 días de plantación con aplicación de *Trichoderma harzianum* reportaron mayor volumen de nódulos radiculares infiriendo que las plantas presentaron mayor crecimiento y desarrollo radicular.

También, se relacionan a varias investigaciones como lo muestra Baños et al., (2010) citado por Gordillo, (2017, pp.74-84), quienes describen que en el cultivo de tomate se evaluó el efecto de *Trichoderma* spp., encontrando un resultado positivo en la estimulación de variables como: altura, diámetro de tallo, longitud de raíz y peso de frutos. Además, Fernández et al. (2006) citado por Gordillo, (2017, pp.74-84), observaron que la biomasa foliar y radicular de plantas de tomate incrementó con la aplicación de *T. harzianum*.

La aplicación de la especie de *T. harzianum* desempeña mayor capacidad sobre el crecimiento vegetativo, incitando a la nutrición, así como, potenciando el ciclo metabólico para la absorción de nutrientes y secreción de metabolitos que proveen al crecimiento tales como las hormonas. Furtivamente, el crecimiento estaría suscitado por la inhibición de fitopatógenos, mismo que promueven la promoción y estimulación del crecimiento de la planta. En estudios con especies forestales Craig E1, (2015, p.6) menciona que obtuvo resultados favorables con la especie fúngica de *T. harzianum* que mostró efectos positivos y estadísticamente significativos sobre las variables de crecimiento analizadas en especies de *Eucalyptus grandis* en un tiempo de 60 días.

Mastouri et al.; Shores et al., (2010) citado por Moya, (2016, pp.82-101) expusieron que *Trichoderma* mejora el crecimiento de las plantas a través de la solubilización de nutrientes y por lo tanto muestra mejores efectos en las plantas que están bajo condiciones de estrés nutricional.

La especie fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 obtuvo mayor valor en ciprés para las variables de altura, peso seco radicular (**Gráfico 2-3; 12-3**), (**Tabla 1-3; 6-3**), estos efectos se reafirman con el estudio forestal de (Álvarez et al., 2021, pp.1-5) en donde el mayor peso fresco de las plántulas tratadas con *Trichoderma longibrachiatum* adquirieron las especies forestales acacia y ciprés. El efecto de *Trichoderma* en el desarrollo de las plantas ha sido reportado y relacionado

con la capacidad de este género para producir fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas (Domínguez et al., 2016) citado por (Álvarez et al., 2021, pp.1-5).

Las 2 cepas de *T. harzianum*, así como las 2 cepas de *T. longibrachiatum* evaluadas dieron un excelente impulso a las especies forestales para su desarrollo y crecimiento con importantes incrementos de la mayoría de variables evaluadas, prevaleciendo un efecto en la longitud de raíz, peso fresco, peso seco radicular y foliar de las plantas.

Ramos-Huapaya & Lombardi-Indacochea, (2020, p. 14), en su investigación “Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con *Eucalipto urograndis*” los valores promedios para el ICD fue de: 0.05, respectivamente, calificando a la planta con baja calidad. Los valores obtenidos para ICD se encuentran lejos de lo recomendado y por ello, se califica al lote de plantas de baja a mala calidad. De manera complementaria, Sáenz et al. (2010) señalan que valores bajos (< 0.2) reflejan un desbalance entre la parte aérea y la radical, o la altura y el diámetro, lo que se puede traducir en la baja potencialidad en su lugar de plantación, (según sus experiencias con *Pinus* sp. y latifoliadas).

Por su parte Quiroz et al. (2009), citado por Villalón-Mendoza et al. (2016) mencionan que los atributos morfológicos comúnmente medidos, para determinar la calidad de una planta, se relacionan con el diámetro del cuello y la altura de la planta. No obstante, Piña y Arboleda (2010) señalan que ningún atributo es decisivo por sí solo, y concuerdan con Rodríguez (2008) al recomendar el análisis de más de un atributo con fines de aceptación o rechazo de un lote de plantas.

Las especies forestales aliso, cepillo blanco y ciprés de acuerdo a lo evaluado en función del ICD del tratamiento control (agua), se estimó que los valores superiores al control indican una proporcionada calidad de la planta y en el caso contrario, valores inferiores al control (agua destilada) reflejó menor calidad a su sobrevivencia, con esto se manifestó que estas especies forestales están mucho más aptas a desarrollarse y crecer en un campo definitivo.

CONCLUSIONES

- En base a los resultados se infiere que *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento en la especie forestal aliso (*Alnus acuminata*) con la aplicación de *T. harzianum* cepa 2 se obtuvo mayor desarrollo en las variables morfológicas de altura con un promedio de 14,83 cm, longitud de raíz con 19,04 cm, peso seco radicular con 0,66 g y peso seco foliar con 1,47g. Para cepillo blanco (*Callistemon viminalis*) el mejor comportamiento se presentó con *T. harzianum* cepa 2 para las variables altura con 21,65 cm y número de hojas con 169 hojas. En el caso de ciprés (*Cupressus macrocarpa*) mostró mayor efecto con *T. harzianum* cepa 2 en longitud de la raíz con 10,7 cm.
- La especie fúngica *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 en la especie forestal aliso (*Alnus acuminata*) reflejó un efecto positivo en las variables de crecimiento y desarrollo, en peso seco radicular con un valor de 0,62g y 1,28g en peso seco foliar. De la misma forma, en cepillo blanco (*Callistemon viminalis*) se presentó promedios mayores con *T. longibrachiatum* cepa 1 para la variable longitud de la raíz con 14,17 cm, peso fresco con 1,18g y peso seco foliar con 0,36g. Por último, ciprés (*Cupressus macrocarpa*) demostró efecto con la aplicación de *T. longibrachiatum* cepa 1 se obtuvo promedios mayores en el número de hojas con un valor de 163 hojas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar las especies fúngicas de *Trichoderma harzianum* cepa 2 en las especies forestales aliso y cepillo blanco en las variables de altura, longitud de raíz, número de hojas, peso seco radicular y foliar, del mismo modo, emplear dosis de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 en la especie forestal aliso para peso seco radicular y foliar, en cepillo blanco para longitud de raíz, peso fresco y peso seco foliar, y en ciprés para el número de hojas.
- Considerar la realización de pruebas de aplicación del inóculo de *Trichoderma harzianum* cepa 2 y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 como microorganismos eficientes que contribuyen al crecimiento y desarrollo de especies forestales con potencial en producción maderera como: laurel, teca, melina, pachaco; de la misma forma aplicar en especies forestales nativas como: pumamaqui, yagual, romerillo, nogal, entre otros.
- Realizar estudios similares de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* evaluando el efecto en la promoción de crecimiento de especies forestales para diferentes variables en un período de tiempo mayor.

Glosario

Agroquímico: Sustancia química que utiliza el ser humano para optimizar el rendimiento de una explotación agrícola. Productos que suelen utilizarse en la lucha contra las plagas de los cultivos y que favorece un crecimiento más rápido de las plantas (Peña y Páez, 2018, pp.1-15).

Biocontrolador: Organismo que actúa como agente en el combate de otros organismos, micro- o macroscópicos (Peña y Páez, 2018, pp.1-15).

Cepa: Progenie de un solo aislamiento en un cultivo puro; aislado. En los virus de las plantas, es un grupo de aislados virales que comparten en común la mayoría de sus antígenos (Arenas, 2021, p.8).

Crecimiento vegetal: El meristema es un tipo de tejido vegetal que está formado por células indiferenciadas que pueden continuar la división y la diferenciación (Flex, 2021, p.56).

Desinfestante: Agente que destruye o inactiva a los patógenos del ambiente o de la superficie de una planta u órgano, antes de que ocurra la infección (Arenas, 2021, p.8).

Desarrollo vegetativo: Es un brote juvenil o embrionario de una planta. Las yemas encierran hojas, tallos o flores sin desarrollar y mediante el desarrollo de estas se puede decir si se trata de yemas vegetativas o reproductivas (Fagro,2019).

Espora: Parte de los hongos, que estos utilizan para su reproducción. Pueden desencadenar enfermedades, luego también son inóculos (Arenas, 2021, p.8).

Endófito: Organismo que habita en el interior de las plantas en una asociación simbiótica

Funguicida: Compuesto tóxico para los hongos (Peña y Páez, 2018, pp.1-15).

Inóculo: Patógeno o parte del patógeno capaz de desencadenar una enfermedad (Arenas, 2021, p.8).

Inoculación: Se llama así a la introducción de una sustancia en tejidos vivos o en medios de cultivo (Alpízar, 2014, p.26).

Fitopatógeno: Microorganismos que producen enfermedades en las plantas (Peña y Páez, 2018, pp.1-15).

Medio de cultivo. Es una sustancia o solución que permite el desarrollo de microorganismos, mientras que el cultivo es el producto del crecimiento de un organismo (Bermeo, 2018, p.14).

Micelio: Estado vegetativo del hongo, un agregado de muchos filamentos (hifas) de los hongos, comúnmente entrelazados en una masa más o menos tejida (Bermeo, 2018, p.14).

Microorganismo: Organismos vivos pequeños que no son observados a simple vista, como las bacterias, los virus, los protozoos, las algas unicelulares y numerosas especies de hongos (Bermeo, 2018, p.14).

Patógeno: Es aquel ser vivo microscópico que se alimenta a nivel celular de las plantas (Arenas, 2021, p.8).

Promotores de crecimiento: Son un grupo de microorganismos diferentes especies que pueden incrementar el crecimiento y productividad en las plantas (González F. y Fuentes M., 2017, p.5-8).

Resistencia: Capacidad que tiene un organismo para superar, totalmente o hasta cierto grado, el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial (González F. y Fuentes M., 2017, p.5-8).

Regulador del crecimiento: Sustancia natural que regula el alargamiento, división y activación de las células vegetales (González F. y Fuentes M., 2017, p.5-8).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, E. et al. “Uso de *Trichoderma* en la agricultura”. [en línea], 2018. Colombia [Consulta: 14 mayo 2021.] Disponible en: <https://westanalitica.com.mx/wp-content/uploads/2018/08/USO-DE-TRICHODERMA-EN-AGRICULTURA.pdf>.

AGUIRRE et al. “Biodiversidad de la provincia de Loja Ecuador”. [en línea], 2017. (Ecuador) 24 (2), pp.1-8. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISSN 2413-3299. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992017000200006.

ALPÍZAR R. *Inóculo, inoculación*. [blog]. Colombia, 2019. [Consulta: 12 noviembre 2021]. Disponible en: <https://temas.sld.cu/traduccion/2014/09/15/inoculo-inoculacion-2/>

ALTOMORE C. et al. “Solubilización de fosfatos y micronutrientes por el hongo promotor del crecimiento vegetal y control biológico *Trichoderma harzianum* Rifai”. *Environmental Microbiology*, 5 (1999),(EEUU) pp. 2926-2933.

ÁLVAREZ P. et al. “Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* en el desarrollo de diferentes plántulas de especies forestales”. *Revista Académica Agraria*. [en línea],2021, (Ecuador) 4(4),pp. 1-5. [Consulta: 2021-11-22]. Disponible en: <https://agrariacad.com/2021/08/02/efeito-do-trichoderma-harzianum-e-trichoderma-longibrachiatum-no-desenvolvimento-de-diferentes-mudas-de-especies-florestais/>

BERMEO ROJAS, Yessenia Elizabeth. Biodegradación de residuos procedentes de una línea de producción de laminados empleando *Trichoderma* spp. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 49-56. [Consulta: 2021-11-22]. Disponible en: <file:///C:/Users/pc/Downloads/8%20biodegradacion%20de%20residuos.pdf>

BLANCO, M. “Producción de celulasas a partir de dos cepas hiperproductoras de *Trichoderma longibrachiatum*: qm 9414 y rut c 30”. Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas. [en línea], 1990, (Madrid) 1(2), pp.1-60. [Consulta: 11 mayo 2021]. Disponible en: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/38/064/38064908.pdf>

CANDELERO et al. “*Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense*”. *Revista internacional Fyton de Botánica Experimental* [en línea], 2015,(México) 84

pp. 113-119 [Consulta: 11 mayo 2021.] Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/519/1/2015_AI_id37069_Marcela_Gamboa.pdf.

CHAVARRÍA-VEGA, M. & CARMONA-SOLÍS, R. "Efecto de microorganismos antagonistas en el control de la enfermedad denominada “*Nectria*” en la melina *Gmelina arborea* Roxb”. Revista Forestal Mesoamericana Kurú [en línea], 2018, (Costa Rica) volumen especial, pp.21-29. p.22. [Consulta: 10 mayo 2021.]. ISSN:2215-2504. Disponible en: doi:10.18845/rfmk.v0i0.2549 | revistas.tec.ac.cr/kuru

CRAIG E. et al. “Respuesta al uso de *Trichoderma harzianum* Rifai en distintos géneros y especies, dosis de uso, número de aplicaciones, momento de aplicación, interacciones con fertilización, estrés hídrico, y sobrevivencia del promotor”. FAUBA - INTA Concordia. [en línea], 2015, (Luján) 2 (1), pp. 1-6. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_respuesta_al_uso_de_trichoderma_harzianum_rifai_en_distintos_generos_y_especies_carga_web.pdf

CUNALATA TOAPASIG, Giovanni Fernando. Evaluación de cuatro especies forestales nativas en tres pisos altitudinales con la utilización de 2 bioestimulantes para propiciar una revegetación ecológica activa en los páramos de la Comunidad de Poatug. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agrarias. Ambato, Ecuador. 2014. pp.1-113. [Consulta: 2021-04-08]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7558/1/tesis-020%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20243.pdf>.

ENCALADA RÍOS, Edison Hernán. Evaluación de dos especies de *Trichoderma* para el manejo de enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) a nivel radicular en condiciones de invernadero. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Mestría) Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca, Ecuador. 2016. pp.1-51, 2016. [Consulta: 05 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25530/1/tesis.pdf>.

FAGRO, M. *El Desarrollo Vegetativo*. [blog]. México, 2019. [Consulta: 12 noviembre 2021]. Disponible en: <https://blogdefagro.com/2019/02/28/el-desarrollo-vegetativo-plantas/>

GIBALJO , E. *Callistemon viminalis* [blog]. España: Jardín Botánico de la Universidad de Málaga. Desarrollo diseño y elaboración Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales 2015. [Consulta: 09 abril 2021]. Disponible en: [http://www.jardinbotanico.uma.es/bbdd/index.php/jb-4411/#:~:text=Callistemon%2C%20proviene%20del%20griego%2C%20y,Sin%C3%B3nimos%3A%20Melaleuca%20viminalis%20\(Sol.](http://www.jardinbotanico.uma.es/bbdd/index.php/jb-4411/#:~:text=Callistemon%2C%20proviene%20del%20griego%2C%20y,Sin%C3%B3nimos%3A%20Melaleuca%20viminalis%20(Sol.)

GORDILLO DELGADO, ABRAHAM ISRAEL. Efectividad de aislados nativos de *Trichoderma* spp., en el control biológico del nemátodo agallador *Meloidogyne incognita* (kofoid & white) chitwood de las raíces de tomate (*Solanum lycopersicum*). (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja, Ecuador. 2017. pp. 74-84. [Consulta: 09 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19044/1/ABRAHAM%20ISRAEL%20GORDILLO%20DELGADO.pdf>

GÓNZALES T. et.al. “Inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* en algodón transgénico: Cambios en compuestos fenólicos y enzimas de estrés oxidativo”. [en línea], 2016, (México) 35 (1), pp.1-3. 2016. [Consulta: 09 abril 2021]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000100004. ISSN 0718-3429.

GONZALEZ, H., & FUENTES, N. “Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal”. Revista Ciencia Agrícola. [en línea], 2017, (Colombia) 34(1), pp. 17 - 31. doi: 173401.61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia>

GUERRA BUEÑAÑO, Juan Luis . Caracterización de mecanismos biocontroladores de *Trichoderma* spp. y evaluación del efecto protector en aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en vivero. [En línea]. (Trabajo de Titulación).(Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal.Riobamba, Ecuador.2019.pp.18-25. [Consulta: 2021-04-09] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14337/1/33T00236.pdf>

HARMAN G. et al. “Estudios ecológicos de *Trichoderma harzianum* Straim 1295-22 transformado en la rizosfera y en el filoplano de bentgrass rastrero”. *Fitopatología*, 88(2) (1998), (EEUU) pp.129-136.

HERNÁNDEZ et al. “Promoción del crecimiento en especies forestales para su adaptación y reforestación”. Revista de Divulgación Científica Jóvenes en la Ciencia. [en línea] 2017, (México) 3 (1), pp.314-318 [Consulta: 11 mayo 2021.] Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/904/pdf1>

LÓPEZ-FERRER et al. “Papel de *Trichoderma* en los sistemas agroforestales cacaotal como un agente antagónico”. Tropical and Subtropical Agroecosystems [en línea] , 2017.(México) 20 (1), pp.91-100 [Consulta: 09 abril 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93950595003.pdf>

MARTÍNEZ FELTRER, Raúl. Análisis de la formación de cloroanisoles por *Trichoderma longibrachiatum*: caracterización : del gen codificante del enzima clorofenol o-metiltransferasa (cpomt). [En línea] (Trabajo de Titulación).(Pregrado).Universidad de León, INBIOTEC. León-España. 2015.pp.1-194. [Consulta: 2021-04-08] Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/924/2009ON-FELTRER%20MART%20CDNEZ,%20RA%20DAL.pdf;jsessionid=067ADA2F41B7B06B2A0D1D15B21CA913?sequence=1>

MARTÍNEZ B. et al. “*Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos”. Revista Protección Vegetal. [En línea], 2013, (Cuba) 28 (1), pp. 1-11 [Consulta: 08 abril 2021.] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>

MARTIRENA V. et al. Evaluación de metabolitos inducidos en plantines de *Eucalyptus grandis* y *E. globulus* creciendo en vivero sobre sustrato inoculado con *Trichoderma harzianum*. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad de la República, Facultad de Agronomía. (Montevideo,Uruguay).2013. p.9. [Consulta: 2021-05-12]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1756/1/3855kur.pdf>

MOYA P. Antagonismo y efecto biocontrolador de *Trichoderma* spp. sobre *Drechslera teres*, agente causal de la "mancha en red" de la cebada (*Hordeum vulgare* L. var. *vulgare*). [En línea] (Trabajo de Titulación). (Doctorado) Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Buenos Aires. 2016. pp. 82-101. [Consulta: 2021-11-21]. Disponible en: http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/tesis/tesis_1488.pdf

OSORIO PARGA , Daniel Alejandro . Modelo piloto para la adaptación de especies arbóreas en la laguna La Herrera en Mosquera, Cundinamarca a partir de hongos micorrízicos arbusculares y *Trichoderma* spp. [en línea] (Trabajo de Titulación).(Maestría). UNIVERSIDAD DE

CUNDINAMARCA, Facultad de Ciencias Agropecuarias, (Colombia-Cundinamarca).2019.pp.25-50. [Consulta: 2021-05-11] Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2329/OSORIOPARGADANIEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OSPINA C. et.al. “El Aliso o Cerezo (*Alnus acuminata Kunth*)”. *Centro Nacional de Investigaciones de Café,FNC-Cenicafé*. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. 5(1) (2005) , (Colombia). pp.5-34.

PALLI POMACAHUA, Angel Gabriel. Descripción dendrológica y germinativa del ciprés (*Cupressus macrocarpa*) en tres tratamientos en la comunidad del Puerto Acosta, Provincia Camacho. [en línea] (Trabajo de Titulación).(Pregrado).Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica. (La Paz-Bolivia).2011.pp.4-28. [Consulta: 2021-05-10]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10019/T-1495.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PETEIRA , B. “Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*”. Protección Vegetal. [en línea], 2015, (Cuba), 30 (número especial) ,pp:11-22, 2015. [Consulta: 11 mayo de 2021.]. ISSN: 2224-4697. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30s1/rpv004s15.pdf>

PEÑA SÁNCHEZ, Rafael Ricardo, & PAÉZ MENDIENTA, Jaime Eduardo. *Fitopatología*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [blog], pp.1-15. [Consulta: 20 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.uptc.edu.co/sitio/portal/>

PUMA QUISHPE, Narcisa Elizabeth . Inventario de especies arbóreas de la zona rural del Cantón Cayambe [en línea] (Trabajo de Titulación).(Pregrado).Univesidad Politécnica Salesiana Sede Quito,Carrera Ingeniería Agropecuaria. (Cayambe-Ecuador).2011.pp.1-89, [Consulta: 2021-04-21] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1820/12/UPS-YT00081.pdf>

PDOT PROVINCIA DE COTOPAXI, Plan de Ordenamiento Territorial 2021-2025. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. Diagnóstico Biofísico Clima. 2021. [Consulta: 2021-04-22] Disponible en: <https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/2021/PDYOT/PDYOTCOTOPAXI2021-2025.pdf>

QUILUMBAQUÍN, Luis Alfredo . Inventario de especies arbóreas de la zona urbana del cantón Cayambe. (Trabajo de Titulación).(Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Cayambe, Ecuador. 2015. pp.63-100.

RAMOS-HUAPAYA A., & LOMBARDI-INDACOCHEA I. “Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con *Eucalipto urograndis*”. Revista Forestal del Perú [en línea], 2020, (Perú) 35 (2), pp.1-14. [Consulta: 09 noviembre 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/pc/Downloads/marilynbuendia,+05_51242_Art%C3%ADculo_\[RFP\]_VF%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/marilynbuendia,+05_51242_Art%C3%ADculo_[RFP]_VF%20(1).pdf)

SALAZAR LÓPEZ, María José . Efecto del *Trichoderma harzianum* en el agua de riego, y la microbiología del suelo. [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Ecuador. 2017. pp.1-74, [Consulta: 2021-04-08]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27126/1/Tesis-186%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20554.pdf>

SALAZAR R. et al. “Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina”. *Danida Forest Seed Centre*, 1 (41) (2000) (Costa Rica) p.18.

SANGO CAIZA, Silvia Elizabeth. Evaluación in vitro de la capacidad antagónica de *Trichoderma* comercial (*Trichoderma harzianum*) y *Trichoderma* nativo (*Trichoderma* sp) frente a los patógenos (*Alternaria* sp, *Fusarium oxysporum* y *Heterosporium echinolatum*) del cultivo del clavel. [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Quito-Ecuador. 2017. pp.1-95, [Consulta: 2021-04-07]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17534/1/CD-8039.pdf>

SANTANA-DÍAZ, T., & CASTELLANO GÓNZALES, L. “Efecto bioestimulante de *Trichoderma harzianum* Rifai en posturas de leucaena, cedro y samán”. Revista Udistrital Colombia Forestal [en línea], 2017, (Colombia) 21(1), pp.1-10. [Consulta: 10 abril 2021.] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v21n1/0120-0739-cofo-21-01-00081.pdf>

SMITH et al. “Potencial para el control biológico de *Phytophthora* y *Crown Rots* de manzana por *Trichoderma* y *Gliocladium* spp”. *Fitopatología*, 80 (9) (1990), (EEUU) pp.880-885.

TORTOLERO, J., & PAVONE M, D . "Efecto de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* y algunos parámetros fisiológicos en *Zea mays* bajo condiciones de vivero". Fitopatol Venez [en línea], 2012 (Venezuela) 25 (1), pp. 10-15. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Domenico-Pavone/publication/264010211_EFECTO_DE_TRICHODERMA_SPP_SOBRE_RHIZOCTONIA_SOLANI_Y_ALGUNOS_PARAMETROS_FISIOLOGICOS_EN_ZEA_MAYS_L_BAJO_CONDICIONES_DE_VIVERO/links/0f31753c8de6cd39ce000000/EFECTO-D.

VALETTI L. et al. 2017. "Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* sp. como agente de control". IPAVE-CIAP-INTA, UFYMA.Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC [en línea], 2017, (Argentina) 6 (1), pp.1-2. [Consulta: 10 mayo 2021.] Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8530/INTA_CIAP_InstitutodePatologiaVegetal_Valetti_L_Evaluacion_de_aislamientos.pdf?sequence=2&isAllowed=y

VALLEJO RAMÍREZ, Carlos Arnaldo. Utilización de *Trichoderma* spp. y humus líquido (trico-humus) como abono foliar en la fertilización de medicago sativa (alfalfa) y su efecto en los rendimientos productivos. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias.Carrera de Ingeniería Zootécnica. Riobamba, Ecuador.2015. pp.1-101. [Consulta:2021-04-05] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5284/1/TESIS%20TRICHODERMA.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: FASE DE CAMPO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO		
Preparación del sustrato	Enfundado	
		
Preparación del almácigo y siembra de las semillas de cepillo blanco	Siembra de las semillas de ciprés, aliso	
		

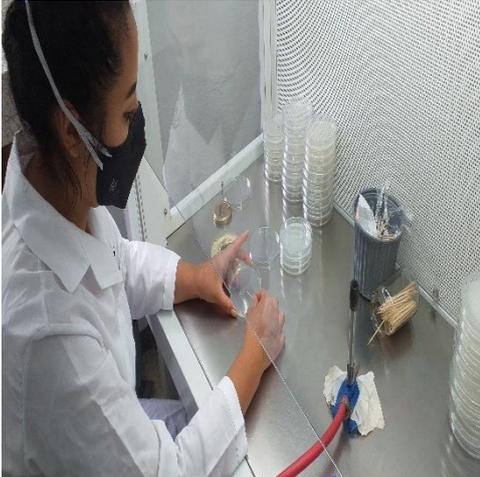
Trasplante de plántulas



Desarrollo del diseño experimental



ANEXO B: FASE DE LABORATORIO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO		
Repique de las cepas de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i>	Preparación del inóculo de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i>	
		
Aplicación de esporas de la cepa de <i>Trichoderma</i> en la cámara de Neubauer	Vista microscópica de esporas de <i>Trichoderma</i> spp.	
		

ANEXO C: APLICACIÓN DEL INÓCULO DE *TRICHODERMA*.

REGISTRO FOTOGRÁFICO APLICACIÓN DE LAS CEPAS DE <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma Longibrachiatum</i>		
Primera aplicación de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i>	Segunda aplicación de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i>	
		
Tercera aplicación de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i>	Aplicación del control agua destilada	
		

ANEXO D: MEDICIONES DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO MEDICIONES DE LAS PLANTAS EN ESTUDIO		
Mediciones a los 15,30,45, 60 y 75 días de las plántulas en estudio	Medición del diámetro a la altura del cuello de la planta	
		
Medición de la altura de la planta	Conteo del número de hojas	
		

ANEXO E: MEDICIONES EN LABORATORIO DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO PESAJE Y MEDICIÓN EN LABORATORIO		
Medición de la longitud de la raíz de las plántulas	Pesaje del peso fresco de la planta	
		
Registro de datos correspondiente al pesaje de las plántulas en estudio	Pesaje parte radicular y aérea de la planta	
		

ANEXO F: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS DIFERENTES VARIABLES.

• **Altura de la planta a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	1102,9	551,44	100,45	<2e-16 ***
Especie hongo	2	4,41	2,21	0,40	0,68
Cepa	1	0,0	0,0	0,002	0,96
Bloque	3	23,1	7,7	1,40	0,25
Especie_forestal:especie_hongo	4	30,84	7,7	1,40	0,24
Especie_forestal:cepa	2	25,7	12,83	2,33	0,10
Especie_hongo:cepa	1	1,32	1,32	0,24	0,63
Especie_forestal:especie_hongo:cepa	2	3,54	1,8	0,32	0,73
Error	42	230,6	5,5		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

• **Diámetro a la altura del cuello de la planta a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	27,84	13,92	117,04	< 2e-16 ***
Especie hongo	2	4,39	2,19	18,43	1.79e-06 ***
Cepa	1	0,26	0,26	2,14	0,15
Bloque	3	0,36	0,12	1,018	0,39
Especie forestal: especie hongo	4	5,37	1,34	11,29	2.61e-06 ***
Especie forestal: cepa	2	0,51	0,26	2,14	0,13
Especie_hongo:cepa	1	0,028	0,028	0,24	0,63
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,06	0,028	0,24	0,79
Error	42	5,15	0,12		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

- **Número de hojas verdaderas a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	9,00	4,50	208,47	< 2e-16 ***
Especie hongo	2	0,05	0,02	1,15	0,32
Cepa	1	0,001	0,001	0,02	0,87
Bloque	3	0,311	0,100	4,83	0,00577 **
Especie_forestal:especie_hongo	4	0,07	0,017	0,79	0,53
Especie_forestal:cepa	2	0,08	0,042	1,93	0,15
Especie_hongo:cepa	1	0,001	0,001	0,062	0,80
Especie_forestal:especie_hongo:cepa	2	0,022	0,011	0,502	0,60
Error	42	0,906	0,022		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

- **Longitud de la raíz a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	381,8	190,89	8,87	0.000609 ***
Especie hongo	2	15,42	7,71	0,35	0,70
Cepa	1	3,00	2,98	0,14	0,71
Bloque	3	58,9	19,64	0,91	0,44
Especie_forestal:especie_hongo	4	30,6	7,65	0,35	0,83
Especie_forestal:cepa	2	42,13	21,07	0,98	0,38
Especie_hongo:cepa	1	40,4	40,39	1,87	0,17
Especie_forestal:especie_hongo:cepa	2	1,31	0,66	0,03	0,96
Error	42	903,2	21,51		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

- **Peso fresco de la planta**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	203,26	101,63	43,09	6.65e-11 ***
Especie hongo	2	4,52	2,26	0,95	0,39
Cepa	1	0,05	0,05	0,02	0,88
Bloque	3	26,00	8,67	3,67	0.0194 *
Especie_forestal:especie_hongo	4	8,08	2,02	0,85	0,49
Especie_forestal:cepa	2	2,46	1,23	0,52	0,59
Especie_hongo:cepa	1	0,06	0,06	0,027	0,87
Especie_forestal:especie_hongo:cepa	2	0,09	0,05	0,019	0,98
Error	42	99,04	2,36		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

- **Peso seco radicular a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	4,16	2,08	67,95	6.82e-14 ***
Especie hongo	2	0,01	0,05	0,19	0,83
Cepa	1	0,01	0,007	0,02	0,88
Bloque	3	0,079	0,026	0,85	0,47
Especie forestal: especie hongo	4	0,05	0,0013	0,04	1,00
Especie_forestal:cepa	2	0,05	0,0027	0,088	0,91
Especie hongo: cepa	1	0,03	0,0032	0,11	0,75
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,04	0,0020	0,093	0,94
Error	44	1,287	0,030		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.

- **Peso seco foliar a los 75 días**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Especie forestal	2	18,03	9,041	102,74	<2e-16 ***
Especie hongo	2	0,051	0,025	0,28	0,75
Cepa	1	0,00	0,00	0,005	0,94
Bloque	3	0,64	0,21	2,42	0,079
Especie_forestal:especie_hongo	4	0,017	0,004	0,050	0,99
Especie_forestal:cepa	2	0,079	0,040	0,44	0,64
Especie_hongo:cepa	1	0,013	0,013	0,14	0,70
Especie_forestal:especie_hongo:cepa	2	0,010	0,005	0,059	0,94
Error	42	3,69	0,088		

Códigos de significancias: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Realizado por: Quevedo Jaramillo, Karla, 2021.



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: 25 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)	
Nombres – Apellidos: Karla Antonella Quevedo Jaramillo	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Recursos Naturales	
Carrera: Ingeniería Forestal	
Título a optar: Ingeniera Forestal	
f. responsable:	 CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ



0700-DBRA-UTP-2022