



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

**USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE DE
CRECIMIENTO DE LUPINA (*Cytisus monspensulanus*), ALISO
(*Alnus acuminata*) y ACACIA (*Acacia melanoxylon*) EN EL VIVERO
DE LA ESPOCH**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

TANIA ELIZABETH WALLANCAÑAY LOPEZ

Riobamba – Ecuador

2022



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

**USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE DE
CRECIMIENTO DE LUPINA (*Cytisus monspensulanus*), ALISO
(*Alnus acuminata*) y ACACIA (*Acacia melanoxylon*) EN EL VIVERO
DE LA ESPOCH**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: TANIA ELIZABETH WALLANCAÑAY LOPEZ

DIRECTOR: Ing. PABLO ISRAEL ÁLVAREZ ROMERO PhD.

Riobamba - Ecuador

2022

©2022, Tania Elizabeth Wallancañay López

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, TANIA ELIZABETH WALLANCAÑAY LÓPEZ, 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, 24 de marzo del 2022

A handwritten signature in black ink. The name 'TANIA WALLANCAÑAY' is written in a slightly slanted, uppercase font across a horizontal line. Below the name, there are several stylized, scribbled lines that form a signature flourish.

Tania Elizabeth Wallancañay López

060399017-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE DE CRECIMIENTO DE LUPINA (*Cytisus monspensulanus*), ALISO (*Alnus acuminata*) y ACACIA (*Acacia melanoxylon*) EN EL VIVERO DE LA ESPOCH**, realizado por la señorita: **TANIA ELIZABETH WALLANCAÑAY LOPEZ**, 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 MSc PRESIDENTA DEL TRIBUNAL	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> VILMA FERNANDA NOBOA SILVA	 <hr/> 2022-03-24
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO <small>Firmado digitalmente por PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO</small>	 <hr/> 2022-03-24
Ing. Rosa Del Pilar Castro Gómez PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> ROSA DEL PILAR CASTRO GOMEZ	 <hr/> 2022-03-24

DEDICATORIA

A Dios y mi virgen de Guadalupe por acompañarme en todo momento y brindarme la maravillosa oportunidad de vivir.

A mi madre Teresa, mi flor de abril que desde el cielo guía mi camino, me ha dado su bendición y apoyo desde siempre, a mi padre Julio Cesar por convertirse en lo más importante; el guardián de mis sueños porque siempre hubo un sí de respuesta a todas mis locas aventuras, porque nunca me hizo faltar nada siempre estuvo ahí para darme ese cálido abrazo que me llena de mucha seguridad y confianza; por todo su amor, sus sabios consejos, apoyo incondicional y demostrarme que a pesar de todas las dificultades que nos presenta la vida siempre hay que sonreír, gracias por enseñarme el concepto vivo de superación y valentía.

A Estefy, la niña de mis ojos por ser una de las personas más importantes en mi vida, quien con su sonrisa alumbra mis días, por todo el tiempo, confianza, consejos y amor que me ha brindado a lo largo de mis 22 años; quien ha sido mi cómplice y mejor amiga en todas mis aventuras.

A mi prima Vanessa, por todas sus palabras de aliento, motivación, cariño y consejos que guiaron mi camino, por haberme regalado aquel primer cuaderno para empezar este gran sueño y especialmente por darme esa alegría que son mis pequeños Mateito y Pablito quienes me han dado esa chispa de ternura y amor.

Hasta el cielo.

Tania

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres, por ser un excelente ejemplo a seguir, por todo el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida y por darme la mejor herencia, mi educación.

A mis hermanas por formar parte de mi vida y juntas sobrellevar tantas situaciones que se nos ha presentado, por todo su cariño y consejos. Un eterno agradecimiento al Ing. Juan Hugo Rodríguez Guerra MSc, al Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD. e Ing Juan Guerra Buenaño quienes han compartido parte de su tiempo, valiosos conocimientos y sobre todo por toda la participación activa en el desarrollo de este trabajo.

A todos mis profesores de la carrera de Ingeniería Forestal, quienes me enseñaron tanto de la profesión como de la vida compartiendo todo su conocimiento a lo largo de toda la carrera y quienes se han convertido en pilares fundamentales para concluir esta etapa de mi formación académica. Gracias a Bryan, Pamela, Danny y Estefy quienes le han dado ese toque de locura, brillo y color a mi vida, por compartir conmigo momentos únicos e inolvidables, por nunca dejar de creer en mí y apoyarme en todo momento, siempre estuvieron día a día demostrándome su apoyo. De manera especial agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, institución que me abrió sus puertas hace 5 años cada espacio cuenta una experiencia, un aprendizaje.

Finalmente quiero agradecer a todos quienes han formado parte de este gran sueño.

Tania

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Información botánica de las especies forestales	5
1.1.1. <i>Lupina (Cytisus monspensulanus)</i>	5
1.1.1.1 <i>Taxonomía</i>	5
1.1.2. <i>Aliso (Alnus acuminata)</i>	6
1.1.1.2. <i>Taxonomía</i>	6
1.1.3. <i>Acacia negra (Acacia melanoxylon)</i>	7
1.1.1.3 <i>Taxonomía</i>	7
1.2. Definición y finalidad de un vivero forestal.....	8
1.2.1. <i>Componentes de un vivero forestal</i>	8
1.2.2. <i>Importancia de un vivero forestal</i>	9
1.3. Trasplante	9
1.4. <i>Trichoderma spp.</i>	10
1.4.1. <i>Generalidades</i>	10
1.4.2. <i>Taxonomía</i>	11
1.4.3. <i>Trichoderma harzianum</i>	11
1.4.4. <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	11
1.4.5. <i>Trichoderma hongo promotor del crecimiento vegetal</i>	11
1.5. Mecanismo de acción de <i>Trichoderma spp.</i>	12
1.6. Efecto de <i>Trichoderma spp.</i> en el desarrollo de las especies	14
1.7. Índice de calidad de Dickson (ICD).....	14

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	15
2.1. Materiales y métodos	15
2.1.1. <i>Características del lugar</i>	15

2.1.1.1.	<i>Localización</i>	15
2.1.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	15
2.1.1.3.	<i>Características climatológicas</i>	16
2.1.2.	<i>Materiales y equipos</i>	16
2.1.2.1.	<i>Materiales de campo</i>	16
2.1.2.2.	<i>Equipos de campo</i>	16
2.1.2.3.	<i>Materiales y equipos de oficina</i>	16
2.1.2.4.	<i>Materiales de laboratorio</i>	16
2.1.2.5.	<i>Equipos de laboratorio</i>	16
2.1.2.6.	<i>Reactivos e insumos</i>	16
2.1.2.7.	<i>Material biológico</i>	16
2.2.	<i>METODOLOGÍA</i>	17
2.2.1.	<i>Especificaciones del campo experimental</i>	17
2.2.1.1.	<i>Diseño experimental</i>	17
2.2.1.2.	<i>Tratamientos</i>	17
2.2.1.	<i>VARIABLES A EVALUAR</i>	18
2.2.3.	<i>Fase de campo</i>	18
2.2.3.1.	<i>Identificación y descripción de las especies forestales</i>	18
2.2.3.2.	<i>Trasplante de las especies forestales</i>	18
2.2.3.3.	<i>Ubicación y etiquetado de las especies forestales según el diseño experimental</i>	19
2.2.3.4.	<i>Preparación del inóculo</i>	19
2.2.3.5.	<i>Inoculación de Trichoderma spp. en las diferentes especies forestales</i>	21
2.2.3.6.	<i>Riego</i>	21
2.2.3.7.	<i>Toma de datos</i>	21
2.2.4.	<i>Análisis de datos</i>	22

CAPÍTULO III

3.	<i>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</i>	23
3.1.	<i>Resultados de las variables de evaluación</i>	23
3.1.1.	<i>Evaluación de la variable altura de las especies forestales</i>	23
3.1.1.1	<i>Variable altura a los 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos de Trichoderma spp.</i>	24
3.1.1.2.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de la variable altura a los 75 días de las especies forestales</i>	25
3.1.1.3.	<i>Prueba de Tukey al 5 % de la variable altura en las especies forestales</i>	25
3.1.2.	<i>Evaluación de la variable Diámetro a la altura del cuello (DAC) de las especies</i>	

<i>forestales</i>	27
3.1.2.1. Variable DAC a los 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	28
3.1.2.2. ANOVA de la variable DAC a los 75 días de las especies forestales	29
3.1.2.3. Prueba de Tukey al 5% para la variable DAC de las especies forestales	29
3.1.3. Evaluación de la variable Número de hojas de las especies forestales	31
3.1.3.1. Variable Número de hojas a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	32
3.1.3.2. ANOVA de la variable número de hojas a los 75 días de las especies forestales.....	33
3.1.3.3. Prueba de Tukey al 5% para el Número de hojas a los 75 días	33
3.1.4. Evaluación de la variable Longitud de la raíz de las especies forestales.	35
3.1.4.1. Variable Longitud de la raíz a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	36
3.1.4.2. ANOVA de la variable Longitud de la raíz de las especies forestales	37
3.1.4.3. Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz	37
3.1.5. Evaluación de la variable Peso fresco de las especies forestales	39
3.1.5.1 Variable Peso fresco a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	40
3.1.5.2. ANOVA de la variable peso fresco de las especies forestales	41
3.1.5.3. Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de las especies forestales.....	41
3.1.6. Evaluación de la variable Peso seco foliar de las especies forestales	43
3.1.6.1. Variable Peso seco foliar a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	44
3.1.6.2. ANOVA de la variable peso seco foliar de las especies forestales	45
3.1.6.3. Prueba de Tukey al 5 % de la variable peso seco foliar de las especies forestales...	45
3.1.7. Evaluación de la variable Peso seco radicular de las especies forestales	47
3.1.7.1. Variable Peso seco radicular a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de <i>Trichoderma spp.</i>	48
3.1.7.2. ANOVA peso seco radicular de las especies forestales	49
3.1.7.3. Prueba de Tukey al 5 % peso seco radicular de las especies forestales	49
3.1.8. Cálculo del Índice de Dickson	51
3.1.9. Aplicaciones del <i>Trichoderma spp.</i> en las especies forestales	52
3.2. Discusión	55

CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía de Lupina (<i>Cytisus monspensulanus</i>)	5
Tabla 2-1:	Taxonomía de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)	6
Tabla 3-1:	Taxonomía de (<i>Acacia melanoxylon</i>)	7
Tabla 4-1:	Taxonomía <i>Trichoderma</i>	11
Tabla 1-2:	Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) Factorial	17
Tabla 2-2:	Descripción del tratamiento con las cepas de <i>Trichoderma</i>	17
Tabla 3-2:	Ubicación de las especies forestales según el diseño experimental definido.....	19
Tabla 4-2:	Principales características de las cepas <i>Trichoderma</i> spp. utilizadas en este estudio	20
Tabla 1-3:	Análisis de varianza de la variable altura a los 75 días de las 3 especies forestales	25
Tabla 2-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable altura a los 75 días.....	25
Tabla 3-3:	Análisis de varianza de la variable DAC a los 75 días de las 3 especies forestales.	29
Tabla 4-3:	Prueba de Tukey al 5% para el DAC a los 75 días	29
Tabla 5-3:	Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 75 días de las 3 especies	33
Tabla 6-3:	Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas a los 75 días.....	33
Tabla 7-3:	Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz a los 75 días	37
Tabla 8-3:	Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz a los 75 días.	37
Tabla 9-3:	Análisis de varianza de la variable peso fresco a los 75	41
Tabla 10-3:	Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco a los 75 días.....	41
Tabla 11-3:	Análisis de varianza de la variable peso seco foliar a los 75 días.	45
Tabla 12-3:	Prueba de Tukey al 5% para el peso seco foliar a los 75 días.	45
Tabla 13-3:	Análisis de varianza de la variable peso seco radicular a los 75 días.....	49
Tabla 14-3:	Prueba de Tukey al 5% para el peso seco radicular a los 75 días.....	49
Tabla 15-3:	Índice de Dickson para la especie forestal Lupina (<i>Cytisus monspensulanus</i>). .	51
Tabla 16-3:	Índice de Dickson para la especie forestal Aliso (<i>Alnus acuminata</i>).	51
Tabla 17-3:	Índice de Dickson para la especie forestal Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>).	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ubicación del vivero en la ESPOCH.....	15
Figura 1-3:	Lupina inoculada con <i>Trichoderma longibrachiatum</i> (Cepa 1), <i>Trichoderma harzianum</i> (Cepa 2) frente al testigo control (Agua).....	52
Figura 2-3:	Aliso inoculado con <i>Trichoderma harzianum</i> (Cepa 2), <i>Trichoderma longibrachiatum</i> (Cepa 1) frente al testigo control (Agua).....	52
Figura 3-3:	Acacia inoculada con <i>Trichoderma harzianum</i> (Cepa 2), <i>Trichoderma longibrachiatum</i> (Cepa 1) frente al testigo control (Agua).....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable altura A 15 días, B 30 días, C 45 días, D 60 días y E 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos.....	23
Gráfico 2-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable altura a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizados en las especies forestales.	24
Gráfico 3-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable DAC, A 15 días, B 30 días, C 45 días, D 60 días y E 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos.....	27
Gráfico 4-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable DAC a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizados en las especies forestales.	28
Gráfico 5-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Número de hojas a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos.....	31
Gráfico 6-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Número de hojas a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	32
Gráfico 7-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Longitud de la raíz a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	35
Gráfico 8-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	36
Gráfico 9-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso fresco a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	39
Gráfico 10-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Peso fresco a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	40
Gráfico 11-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco foliar a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos.....	43
Gráfico 12-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Peso seco foliar a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales.	44

Gráfico 13-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco radicular a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos	47
Gráfico 14-3:	Diagrama de caja y bigote para la variable Peso seco radicular a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B <i>Trichoderma longibrachiatum</i> y C <i>Trichoderma harzianum</i> utilizadas en las especies forestales	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE CAMPO
- ANEXO B:** LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE LABORATORIO
- ANEXO C:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE ALTURA A LOS 75 DÍAS
- ANEXO D:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE DAC A LOS 75 DÍAS
- ANEXO E:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ A LOS 75 DÍAS
- ANEXO F:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 75 DÍAS
- ANEXO G:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO FRESCO
- ANEXO H:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO FOLIAR A LOS 75 DÍAS
- ANEXO I:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO RADICULAR A LOS 75 DÍAS
- ANEXO J:** *Trichoderma* spp. APLICADO EN LA ESPECIE FORESTAL LUPINA
- ANEXO K:** *Trichoderma* spp. APLICADO EN LA ESPECIE FORESTAL ALISO
- ANEXO L:** *Trichoderma* spp. APLICADA A LA ESPECIE FORESTAL ACACIA

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de *Trichoderma* spp. como bioestimulante de crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) en el vivero de la ESPOCH. El estudio comprendió la identificación, descripción y trasplante de las especies forestales. La fase de vivero se realizó bajo un diseño experimental de Bloques Completos al Azar Factorial (DBCA) con quince tratamientos y cuatro repeticiones, el factor A, correspondió a las especies forestales, el factor B, a dos especies de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* y el factor C, a las cepas. Se realizaron tres inoculaciones de las distintas especies de *Trichoderma* spp. con una concentración de 1×10^6 ufc/mL. Se evaluaron las siguientes variables: altura (cm), diámetro a la altura del cuello (mm) a los 15, 30, 45, 60 y 75 días del trasplante (dt), número de hojas, longitud de la raíz, masa fresca, masa seca foliar y masa seca radicular estas últimas fueron evaluadas a los 75 días, finalmente se calculó el Índice de Dickson (ICD). El tratamiento que presentó mejores resultados fueron las plantas de lupina y aliso inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y *Trichoderma harzianum* cepa 2 respectivamente mientras que las plantas de acacia presentaron un mayor efecto con *Trichoderma harzianum* cepa 2 encontrándose diferencias significativas en las distintas variables. Se concluye que la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 1, 2 y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1, 2 a las especies forestales en estudio presentaron un efecto bioestimulante significativo sobre las variables estudiadas. Se recomienda replicar este estudio, pero utilizando diferentes dosis de *Trichoderma* spp.

Palabras clave: <LUPINA (*Cytisus monspensulanus*)>, <ALISO (*Alnus acuminata*)>, <ACACIA (*Acacia melanoxylon*)> <BIOESTIMULANTE DE CRECIMIENTO>, <*Trichoderma* spp. >



Firmado electrónicamente por:
**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**



0558-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effect of *Trichoderma spp.* as a biostimulant for the growth of Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) and Acacia (*Acacia melanoxylon*) in the ESPOCH nursery. The study included the identification, description and transplanting of forest species. The nursery phase was carried out under an experimental design of Randomized Complete Block Factorial (DBCA) with fifteen treatments and four replicates, factor A, corresponded to the forest species, factor B, to two species of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum* and factor C, to the strains. Three inoculations of different species of *Trichoderma spp.* were carried out with a concentration of 1x10⁶ cfu/mL. The following variables were evaluated: height (cm), diameter at collar height (mm) at 15, 30, 45, 60 and 75 days after transplanting (dt), number of leaves, root length, fresh mass, leaf dry mass and root dry mass, the latter were evaluated at 75 days, and finally the Dickson Index (DCI) was calculated. The treatment which presented better results were the lupine and alder plants inoculated with *Trichoderma longibrachiatum strain 1* and *Trichoderma harzianum strain 2* respectively, while the acacia plants presented a greater effect with *Trichoderma harzianum strain 2*, finding significant differences in the different variables. It is concluded that the inoculation of *Trichoderma harzianum strain 1,2* and *Trichoderma longibrachiatum strain 1,2* to the forest species in study presented a significant biostimulant effect on the studied variables. It is recommended to replicate this study, but using different doses of *Trichoderma spp.*

Key words: <LUPINA (*Cytisus monspensulanus*)>, <ALISO (*Alnus acuminata*)>, <ACACIA (*Acacia melanoxylon*)> <GROWTH BIOSTIMULANT>, <*Trichoderma spp.*>.



Firmado electrónicamente por:
ELSA
AMALIA
BASANTES
ARIAS

INTRODUCCIÓN

Los bioestimulantes son productos que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas). Interactúan con la planta promoviendo diferentes eventos metabólicos para estimular su crecimiento y desarrollo; conociendo las características bioestimulantes de *Trichoderma* se han realizado diferentes investigaciones para verificar este efecto en plántulas de vivero de especies forestales y así acortar el período en esta etapa (Santana, et. al., 2017 pp. 81-90).

Los hongos del género *Trichoderma* son un grupo de microorganismos que habitan naturalmente en un número importante de suelos, con abundante materia orgánica en descomposición y altas densidades de raíces. Se encuentran ampliamente distribuido en todo el mundo en diferentes zonas de vida, además también se suelen hallar asociados a la superficie de plantas y cortezas de madera descompuesta, en diferentes zonas de vida y hábitat (Ramos, et al., 2008 pp. 23-34).

En los últimos años, el interés científico se ha enfocado en las especies del género *Trichoderma* motivando al desarrollo de investigaciones sobre las principales características antagónicas que presentan frente a hongos fitopatógenos, efectos, mecanismos de acción y el impacto biotecnológico que tiene para el ser humano. Son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos gracias a su inocuidad, a su facilidad para ser aisladas y cultivadas, así como su crecimiento rápido en un gran número de sustratos; es capaz de utilizar una gran cantidad de sustratos como fuente de nutrimento, por ejemplo, en diferentes tipos de suelos, en madera, corteza, plantas, animales y hongos (Méndez, 2018 pp. 18-20).

Importancia

Los hongos del género *Trichoderma* tienen gran importancia como controladores biológicos por la extensa variedad de hongos fitopatógenos que atacan, considerado uno de los agentes de biocontrol más eficaces. Son hongos bioestimulantes capaces de promover el crecimiento y el vigor en las plantas, por la capacidad que poseen para hacer que las raíces sean más robustas, logrando mayor profundidad, por ende, son más resistentes a las sequías y pueden absorber más nutrientes (Ramos, et al., 2008). La bioprospección de microorganismos antagonistas como *Trichoderma* spp. es una de las alternativas recientes para combatir hongos fitopatógenos; la versatilidad, adaptabilidad y simple manipulación lo han convertido como uno de los antagonistas más usados para el control fitosanitario (Ramos, et al., 2008).

Partiendo de un enfoque ecológico y ambiental, los hongos poseen un papel fundamental en la

descomposición de materia orgánica y aun cuando ciertos son responsables de enfermedades en plantas (hongos patógenos), otros actúan como hongos benéficos en la agricultura, considerados agentes de biocontrol, éstos son capaces de minimizar los efectos negativos de los patógenos inclusive promueven el crecimiento de la planta (Méndez, 2018 p. 14).

También es importante resaltar el papel que cumple el género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas, actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos, enzimas hidrolíticas y micoparasitismo, además de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Barocio, 2014 p. 37).

Problema

La escasa información existente acerca de los distintos efectos de *Trichoderma* en especies forestales, en los últimos años, cabe mencionar que muchos de ellos han despertado interés científico en cuanto a su función como promotores del crecimiento vegetal inclusive algunas especies del género *Trichoderma* se emplean con éxito para el control biológico de microorganismos motivando la realización de diferentes acciones encaminadas a su identificación y manejo oportuno, dichas acciones comienzan con el desarrollo de investigaciones sobre las principales plagas y enfermedades presentes en los viveros forestales de nuestro país por ende traen consigo graves pérdidas económicas a los productores de especies forestales en sus diferentes etapas de desarrollo.

Actualmente, existe escasa información acerca de los efectos benéficos de *Trichoderma* en el crecimiento de especies forestales como: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) a nivel de vivero.

Justificación

El uso de agentes de control biológico para prevenir o controlar enfermedades en plantas cultivadas, es una alternativa sustentable que ha mostrado efectividad en amplio número de casos de enfermedades de plantas, son alternativas que deben explorarse para reducir los riesgos de agroquímicos en la salud humana y en los ecosistemas. En este sentido, la utilización de *Trichoderma* spp. en el manejo de enfermedades que atacan a las raíces de las plantas se ha documentado con amplitud (Méndez, 2018 p. 13).

Por tal motivo, es importante profundizar en la investigación sobre los organismos que son benéficos para la agricultura e implementar esta tecnología hacia los productores, ya que además de disminuir sus costos de producción, no ocasiona un deterioro al medio ambiente, ni son causa de

problemas de salud provocadas a las personas en comparación con el uso de fungicidas.

Como resultado de este trabajo se generará información de utilidad acerca de los efectos benéficos de la interacción del hongo sobre la planta. *Trichoderma* spp. cumple un papel relevante en los sistemas agrícolas y forestales considerado un hongo micoparásito, antagonista y un agente de biocontrol de patógenos eficiente además ayuda a que la planta se encuentre menos expuesta a los patógenos o bien a que su sistema de resistencia éste prevenido y listo para combatir a un eventual ataque por un patógeno.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del hongo *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*, en el crecimiento de tres especies forestales con la finalidad de aportar información actualizada y detallada proporcionando sin duda algún conocimiento en el campo forestal.

OBJETIVOS

GENERAL

- Estudiar el efecto de *Trichoderma* spp. como bioestimulante de crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) en el vivero de la ESPOCH.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el uso de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante de crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*).
- Analizar el uso de *Trichoderma longibrachiatum* como bioestimulante de crecimiento para las especies forestales: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*).

HIPÓTESIS

NULA

Ninguna de las especies de *Trichoderma* spp. tiene efecto en el crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) a nivel de vivero.

ALTERNATIVA

Al menos una de las dos especies de *Trichoderma* spp. tiene efecto en el crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) a nivel de vivero.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Ecuador es considerado como uno de los países más ricos en diversidad de especies y ecosistemas en todo el mundo (Checa, et al., 2012 pp. 7-11). La abundancia de formas de vida es indicativo de la existencia de una extraordinaria variedad de hábitats y ecosistemas, y del enorme potencial para generar bienes y servicios, ingresos económicos para el Estado y bienestar para la población, a partir del uso racional de los recursos naturales (Checa, et al., 2012 pp. 7-11).

1.1. Información botánica de las especies forestales

1.1.1. *Lupina (Cytisus monspessulanus)*

1.1.1.1 Taxonomía

Tabla 1-1: Taxonomía de *Lupina (Cytisus monspessulanus)*

Reino:	Plantae
División:	Angiosmermae
Clase:	Dicotiledónea
Orden:	Rosales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Cytisus</i>
Especie:	<i>Cytisus monspessulans</i>

Fuente: (Yanqui, 2001 pp. 4-6).

Descripción:

La lupina es una especie arbustiva, ramosa, densamente foliada, erecta de uno a dos metros de altura, pubescente; ramillas estriado resalta la nervadura central. Es un arbusto que posee gran capacidad de rebrote. Resiste temperaturas bajas. Alcanza un mayor tamaño a los seis meses, forma un tallo leñoso (Añazco, 2000 pp. 78-79).

Las hojas son de color verde, trifoliadas, subsésiles, hasta 1, 6 cm de longitud, en general menores. Presenta flores distribuidas en pequeñas umbelitas o racimitos entre las hojas superiores, no más de 5 o 6 por ápice pedicelos de 3 o 5 mm. Cáliz campanulado, pequeño, corola amarilla de 1 cm de longitud aproximadamente, vainas oblongas lineales, bivalvas, hasta 6 semillas (Añazco, 2000 pp. 78-79). Se puede propagar fácilmente mediante semillas en semillero o directamente en los lugares

definitivos. Su poder germinativo es bueno. Esta especie forestal se adapta a toda clase de suelos. La lupina tiene una tolerancia a la sequía de 5 a 7 meses y una buena tolerancia a las heladas (Espinoza, 2008 p. 5).

Usos

Especie muy apropiada para la rehabilitación de suelos muy degradados, control de la erosión, protege los taludes, incorpora nitrógeno al suelo, como también es un buen forraje, combustible y hasta ornamental (Dimitri, 2000).

1.1.2. Aliso (*Alnus acuminata*)

1.1.1.2 Taxonomía

Tabla 2-1: Taxonomía de Aliso (*Alnus acuminata*)

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

Fuente: (Ordóñez, et al., 2001 p. 16).

Descripción:

El aliso pertenece a la familia Betulaceae, se propaga por semilla y por estacas. Este árbol es muy importante, especialmente por ser una especie fijadora de nitrógeno, produce madera útil para artesanías y construcciones rurales. Sus hojas son ricas en proteínas sirven de forraje, para mejorar el suelo (Ordóñez, et al., 2001).

El aliso es una especie ampliamente distribuida en América, principalmente, en zonas de media y alta montaña, desde México hasta el norte de Argentina. Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm. Tiene fuste recto, y es cónico; sus hojas son simples, alternas, acuminadas, de forma elíptica u ovoide de 8 a 15 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho (Ordóñez, et al., 2001).

Usos

Esta especie está sustituyendo progresivamente al cedro en laminados, chapas decorativas, mueblería fina, ebanistería, artesanías, así como también artesanías menores (bateas, cucharas, hormas, tacos, reglas de madera). También es importante para los tableros aglomerados, encofrados, carpintería en general y en toda clase de revestimientos (Forestal, 2010).

Como combustible (leña) se seca muy bien y arde en forma pareja, calienta más que el eucalipto, pero se consume rápido. Esta especie es de gran valor para el control de erosión en suelos de fuerte pendiente e inestables, y para la recuperación de taludes, gracias a que su sistema radical es superficial y extendido. De otra parte, el aporte al suelo de una alta cantidad de materia orgánica rica en nitrógeno aumenta la fertilidad del mismo, especialmente de hojas, las cuales se descomponen rápidamente (Forestal, 2010 pp. 1-2).

Así mismo, el aliso es una especie de gran valor para la protección de las cabeceras y márgenes de ríos y quebradas, y en general, para la protección de cuencas hidrográficas, debido a que la materia orgánica que aporta contribuye significativamente a incrementar la porosidad del suelo, la capacidad de infiltración y la conservación del agua en el suelo (Ospina, et al., 2005 pp. 5-10).

1.1.3. *Acacia negra (Acacia melanoxylon)*

1.1.1.3 Taxonomía

Tabla 3-1: Taxonomía de (*Acacia melanoxylon*)

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Género:	<i>Acacia</i>
Especie:	<i>Acacia melanoxylon</i>

Fuente: (Flores, 2012 pp. 22-29).

Descripción:

Árbol perenne de 10-15 m de altura, copa densa, globosa a piramidal. Corteza gris oscuro, surcados hojas con filodios elípticos o lanceolados, algo coriáceos, de color verde oscuro. Cuando jóvenes pueden encontrarse hojas bipinnadas. Inflorescencia en racimos axilares. Sus flores son capítulos globosos de color amarillo pálido o crema de 5 a 10 mm de diámetro. El fruto es

una legumbre elipsoidal de entre 4 y 12 cm, las semillas son negruzcas. La madera es de muy buena calidad, se emplea para chapas, parquet, ebanistería, construcción, también, para postes de cercas, leña y carbón, es una especie muy apreciada para cortinas rompevientos, conservación de suelos, forraje, goma y ornamental (Cuasquer, 2017 pp. 16-17).

Usos

Acacia melanoxylon posee una madera valiosa para ser utilizada en ebanistería, revestimientos, paneles, pisos y tornería. Es cultivada a gran escala debido a la gran variedad de usos que se pueden hacer de ella. Para empezar, su madera se emplea como leña y para fabricar postes de cercas. Las acacias son plantadas en los linderos de terrenos, donde funcionan como cercas vivas. Por otro lado, esta especie, al igual que otras acacias y miembros de la familia de las leguminosas, alberga bacterias fijadoras de nitrógeno en sus raíces y es usada para recuperar terrenos erosionados. Finalmente, es una especie ornamental apreciada para parques y jardines (Carranza, 2007 pp. 145-154).

1.2. Definición y finalidad de un vivero forestal

Un vivero forestal se define como una superficie de terreno dedicada a la producción de plantas de especies forestales, destinadas a las repoblaciones forestales. En esencia, las plántulas producidas en el vivero forestal, deben poseer la máxima calidad con el menor costo posible (Martínez, 2008 p. 19).

La connotación de calidad, referida a la planta forestal, posee un carácter específico que la diferencia de cualquier otra planta destinada a jardinería u hortofruticultura, y es que debe supervivir y arraigar en un medio natural, la mayoría de las veces hostil, sin ayuda de ningún tipo (Martínez, 2008 p. 20).

Por tanto, la planta como material vegetal de repoblación, debe poseer unas características morfológicas y fisiológicas especiales que avalen su supervivencia en el monte (en el espacio y en el tiempo), y con ello contribuyan al éxito de una repoblación forestal (Martínez, 2008 p. 20).

1.2.1. Componentes de un vivero forestal

Los componentes son varios, algunos de ellos son fundamentales y otros son complementarios y dependen del tipo de vivero y de las condiciones del sitio. Dentro de los componentes fundamentales tenemos:

- ✓ Terreno de buenas características
- ✓ Cercas

- ✓ Fuentes de agua
- ✓ Plántulas y semillas
- ✓ Buenos viveristas
- ✓ Herramientas
- ✓ Recurso económico
- ✓ Clientes

Los complementos secundarios, son los siguientes:

- ✓ Bodega
- ✓ Cortina rompevientos
- ✓ Caminos
- ✓ Equipo permanente de riego
- ✓ Maquinaria
- ✓ Germinadores (ITTO, 2014 p. 8).

1.2.2. Importancia de un vivero forestal

Establecer un vivero forestal puede producir muchos beneficios, entre ellos destacan:

- ✓ Se evita depender de otros
- ✓ Los costos de producción son bajos
- ✓ Los árboles sufren menos daños al plantarlos cerca del lugar de producción
- ✓ Producen especies deseadas
- ✓ Se produce la cantidad deseada
- ✓ Se controla la calidad del material a plantar
- ✓ Es un negocio muy rentable si está bien planificado
- ✓ Se contribuye a mejorar el ambiente con los programas de reforestación (Oliva, et al., 2014).

1.3. Trasplante

Está destinada a recibir las plantas que provienen de los almácigos, cuando alcanzan un tamaño adecuado para ser trasplantadas. Puede tener dos sectores, dependiendo de las especies a cultivar y de la técnica elegida. Uno de estos sectores se denomina cancha de cría y en él se trasplantan las plantas de los almácigos a envases. Esta técnica se emplea principalmente para plantas de hojas perennes, aunque actualmente está muy extendido su uso.

El otro sector, denominado vivero de cría también recibe las plantas del almácigo, pero se las planta directamente en tierra. Las plantas que son trasplantadas al vivero de cría son por lo general

especies de hoja caduca que resisten un posterior trasplante al lugar definitivo a raíz desnuda, es decir, sin pan de tierra (INTA, et al., 2018 p. 16).

1.4. *Trichoderma* spp.

1.4.1. Generalidades

Los hongos del género *Trichoderma* son ascomicetos, se caracterizan por una esporulación y una ramificación alta con estructuras tipo conidióforo, hifa especializada o prolongación del tallo que soporta a los conidios (Alviter, 2018 pp. 1-7).

El género *Trichoderma* posee mecanismos de defensa químicos y enzimáticos que lo hacen un hongo micoparásito, antagonista y un agente de biocontrol de patógenos eficiente. Algunas especies del género *Trichoderma* se emplean con éxito para el control biológico de microorganismos, en particular como biofungicidas en el suelo, lo anterior debido a que posee mecanismos antagonísticos tales como:

a) Eficiente competencia por espacio y nutrientes con otros microorganismos.

Se considera al género *Trichoderma* como colonizadores exitosos de sus hábitats, debido a que presenta un crecimiento acelerado y a su capacidad de degradar eficientemente una gran variedad de sustratos disponibles, por su capacidad para vivir como saprófitos (Alviter, 2018 pp. 1-7).

b) Antibiosis

Varias especies de *Trichoderma* son prolíficos productores de una gran diversidad de metabolitos secundarios (MS), los que permiten la sobrevivencia del hongo en diferentes nichos ecológicos, algunos de ellos producen compuestos con actividad herbicida, actuando contra las malezas como además de ser efectivos bactericidas, fungicidas y reguladores del crecimiento, entre otros (Alviter, 2018 pp. 1-7).

c) Micoparasitismo

Las especies del género *Trichoderma* tienen la capacidad de emplear un mecanismo de acción donde el agente biocontrol (*Trichoderma*) reconoce al patógeno, se enrolla en las hifas y las estrangula, para luego degradar su pared celular con enzimas específicas (Alviter, 2018 pp. 1-7).

d) Inducción de la respuesta de defensa de la planta

Una vez que *Trichoderma* ha colonizado las raíces de una planta, éste induce los mecanismos de

defensa de esta contra infecciones posteriores, particularmente la resistencia sistémica inducida (Alviter, 2018 pp. 1-7).

1.4.2. Taxonomía

Tabla 4-1: Taxonomía *Trichoderma*

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

Fuente: (Schoch, 2020).

1.4.3. *Trichoderma harzianum*

Es un hongo antagonista de patógenos vegetales, y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente. Algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que éstas se desarrollan (Borja, 2009 p. 21).

Su aplicación, una vez formulado el producto, es fácil, pues puede añadirse directamente a las semillas o al suelo, semilleros, trasplantes, bandejas y plantas de maceta, empleando cualquier método convencional. *Trichoderma harzianum* tiene excelentes propiedades para el control biológico, siendo especialmente efectiva contra *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*. A su vez, es un excelente estimulador del crecimiento radicular (Borja, 2009 pp. 21-22).

1.4.4. *Trichoderma longibrachiatum*

En el caso concreto de *T. longibrachiatum* además de las características propias de su género, es caracterizado y diferenciado de otras especies de *Trichoderma* por los conidióforos escasamente ramificados que tienen una alta proporción de fiálides solitarios. Las características del cultivo incluyen un crecimiento muy rápido y la producción de pigmentos característicos de color amarillo verdoso brillante visibles en el reverso de la colonia (Bisset, 1984).

1.4.5. *Trichoderma* hongo promotor del crecimiento vegetal

Todo lo mencionado anteriormente permite no solo el crecimiento de los hongos del género *Trichoderma* en la rizósfera, sino también lo permite actuar como simbiote de las plantas, además ayuda a que la planta esté menos expuesta a los patógenos o bien a que su sistema de

resistencia se encuentre prevenido y listo para combatir a un eventual ataque por un patógeno (Alviter, 2018 pp. 1-7).

Sin embargo, el efecto promotor del crecimiento vegetal puede ser debido a una combinación de metabolitos o ajustes metabólicos de la planta. Por ejemplo, hay especies de *Trichoderma* que producen auxinas o sus análogos, hormonas que son capaces de promover el crecimiento vegetal (Méndez, 2018 pp. 18-20).

Adicionalmente, hay otros efectos que son benéficos para el crecimiento o establecimiento de la planta, como el mejorar la viabilidad de semillas de baja calidad; aumento en la eficiencia fotosintética, el incremento del desarrollo de la planta, especialmente las raíces; modificación en la arquitectura de la raíz a través del incremento en el número y densidad de pelos radiculares. El aumento de la superficie radicular supone un aumento en la capacidad de la planta para la toma de nutrientes (Méndez, 2018 pp. 18-20).

Los efectos benéficos de la interacción del hongo sobre la planta se pueden deber a diversas causas:

a) Aumento en la solubilización de nutrientes

El hongo ayuda a la solubilización de nutrientes presentes en el suelo, mediante la secreción de enzimas como las fitasas que ayudan a solubilizar el fosfato del medio, también moléculas quelantes que permiten que el hierro y el cobre sean absorbidos del suelo, así como agentes reductores y la liberación de ácidos orgánicos. Todo ello permite una disponibilidad mayor de minerales para el crecimiento de la planta (Alviter, 2018 p. 8).

b) Cambios en la arquitectura radicular

Los cambios en la arquitectura del sistema de raíces afectan la capacidad de absorción de los nutrientes y el agua de las plantas. Se conoce que *Trichoderma* spp. promueve un desarrollo mejorado de las raíces y brotes (Alviter, 2018 p. 9).

1.5. Mecanismo de acción de *Trichoderma* spp.

En la acción biocontroladora de *Trichoderma* se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos. Entre estos, los principales son la competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógeno (Infante, et al., 2009 p. 16).

Competencia

La competencia constituye un mecanismo de antagonismo muy importante. Se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento (sustrato, nutrientes), siempre y cuando la utilización de este por uno de los organismos reduzca la cantidad de espacio disponible para los demás (Infante, et al., 2009 p. 16).

Es el proceso que le permite al organismo crecer en la rizósfera y competir por nutrientes (carbono, nitrógeno y otros factores) y espacio con el patógeno hospedero de la planta. La presencia de *Trichoderma* spp. además, aumenta por parte de la planta la toma y la concentración de nutrientes como cobre, fósforo, hierro magnesio y sodio en las raíces (Guzmán, 2013 p. 12).

Micoparasitismo

El micoparasitismo es definido como una simbiosis antagónica entre organismos, en el que generalmente están implicadas enzimas extracelulares tales como quitinasas, celulasas, y que se corresponden con la composición y estructura de las paredes celulares de los hongos parasitados (Infante, et al., 2009 p. 16).

El micoparasitismo es el ataque directo de un hongo sobre otro y es uno de los mecanismos principales de las interacciones antagonistas entre microorganismos. El parasitismo de *Trichoderma* es destructivo, causando la muerte del hongo huésped *Trichoderma* puede detectar a distancia a su huésped e iniciar un crecimiento focalizado hacia el hongo fitopatógeno (Flores, 2002 pp. 1-2).

En el caso de *Trichoderma* spp. se ha demostrado que uno de los principales mecanismos de antagonismo es el micoparasitismo, por lo que una alta viabilidad del mismo es una característica indispensable. Sin embargo, en hongos filamentosos, la determinación de la viabilidad es compleja debido a la también compleja estructura micelial (pluricelular) que presentan (Flores, 2002 p. 4).

Antibiosis

La antibiosis es la acción directa de antibióticos o metabolitos tóxicos producidos por un microorganismo sobre otro sensible a estos. Algunos autores opinan que la antibiosis no debe ser el principal mecanismo de acción de un antagonista, ya que existe el riesgo de aparición de cepas del patógeno resistente al antibiótico (Infante, et al., 2009 p. 18).

El tipo de antibióticos sintetizados y secretados por *Trichoderma* dependen de la cepa. Las sustancias antifúngicas sintetizadas por *Trichoderma* spp. son: 1) antibióticos volátiles, 2)

compuestos solubles en agua y 3) peptaibols (antimicrobianos) (Guzmán, 2013 p. 12).

La antibiosis ocurre a dos niveles: 1) La secreción en el suelo de una alta concentración de compuestos volátiles de bajo peso molecular, no polares que tienen un rango de acción a larga distancia, y 2) La producción de antibióticos y peptaibols que actúan en regiones próximas a la hifa productora (Guzmán, 2013 p. 12).

1.6. Efecto de *Trichoderma* spp. en el desarrollo de las especies.

Se ha comprobado que *Trichoderma* produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios (los que tienen potencial de formar nuevas raíces) en las partes jóvenes de éstas, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo (Andrade, 2012 p. 7).

Trichoderma tiene diversas ventajas como agente de control biológico, pues posee un rápido crecimiento y desarrollo, también produce una gran cantidad de enzimas, inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos. Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y hábitat, donde los hongos son causantes de diversas enfermedades, le permiten ser eficiente agente de biocontrol (Andrade, 2012 p. 7).

1.7. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura pero con mayor vigor (Sáenz Reyes, et al., 2014). Combina parámetros morfológicos de longitud y peso (Ramos, et al., 2020).

Se calcula con la siguiente fórmula:

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

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Características del lugar

2.1.1.1. Localización

El presente trabajo se desarrolló en el vivero de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicado en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

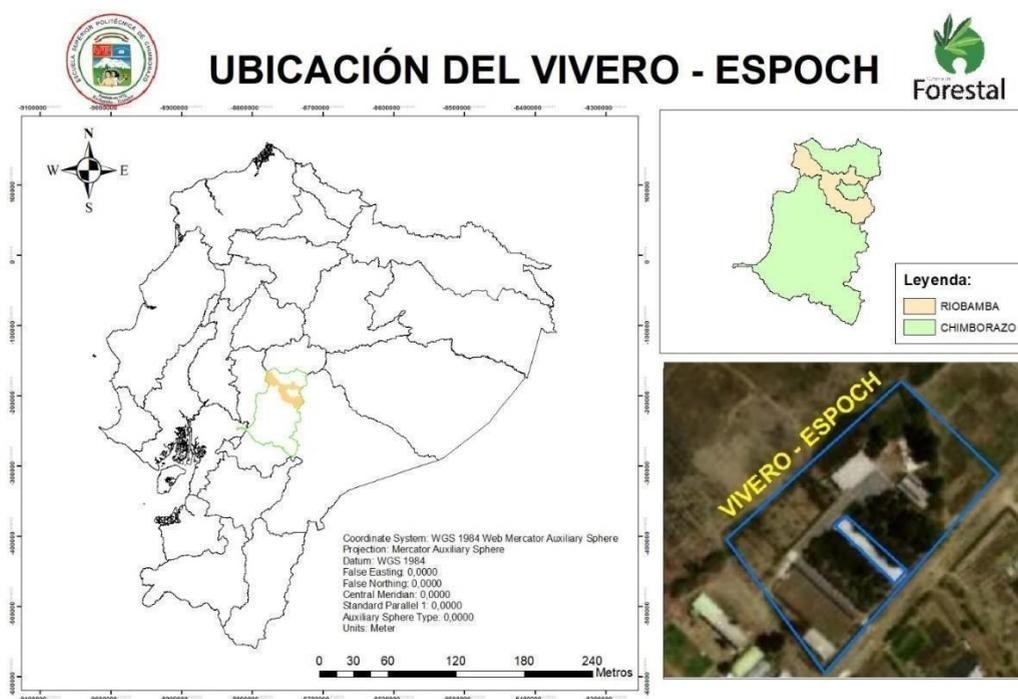


Figura 1-2. Ubicación del vivero en la ESPOCH

Realizado: Wallancañay, T. 2021

2.1.1.2. Ubicación geográfica

Lugar: vivero de la ESPOCH

Altitud: 2754 msnm

Coordenadas UTM

X: 78°40'54,35"O

Y: 1°39'2,20"S

2.1.1.3. *Características climatológicas*

Temperatura media anual: 14 °C

Precipitación media anual: 1462 mm

2.1.2. *Materiales y equipos*

2.1.2.1. *Materiales de campo*

Regadera, libreta, lápiz, mochila, etiquetas y piola.

2.1.2.2. *Equipos de campo*

Cámara del celular

2.1.2.3. *Materiales y equipos de oficina*

Hojas de papel bond, libreta, computador, impresora y regla 30 cm

2.1.2.4. *Materiales de laboratorio*

Envases plásticos, plancha de cepillos dentales, parafilm, jeringas, cajas Petri, tamiz, pipetas, probetas, tubos de ensayo, vasos de precipitación y porta y cubre objetos.

2.1.2.5. *Equipos de laboratorio*

Autoclave, cámara de flujo laminar, incubadora, microscopio óptico, mechero bunsen, cámara, pie de rey, cámara de esporulación.

2.1.2.6. *Reactivos e insumos*

Papa dextrosa agar (PDA), NaCl, cloranfenicol, alcohol 70%, lactoglicerol, agua destilada.

2.1.2.7. *Material biológico*

Material vegetal de 1 mes de edad: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*).

Aislados fúngicos: *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Especificaciones del campo experimental

2.2.1.1. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) Factorial (Factor A, las especies forestales, Factor B, las especies de *Trichoderma* spp. y Factor C, las cepas).

Tabla 1-2: Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) Factorial

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (DBCA) FACTORIAL	
Tratamientos:	15
Número de Bloques:	4
Factor A: Especies forestales	Lupina (<i>Cytisus monspesulanus</i>), Aliso (<i>Alnus acuminata</i>), Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>)
Factor B: Especies de <i>Trichoderma</i> spp.	<i>T. harzianum</i> , <i>T. longibrachiatum</i>
Factor C: Cepas <i>Trichoderma</i> spp.	<i>T. harzianum</i> cepa 1 y 2 <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1 y 2
Separación de medias:	Prueba de Tukey al 5%

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

2.2.1.2. Tratamientos

Tabla 2-2: Descripción del tratamiento con las cepas de *Trichoderma*

Nº DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Lupina
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Lupina
T3	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Lupina
T4	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Lupina
T5	Testigo control (Agua destilada) * Lupina
T6	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Aliso
T7	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Aliso
T8	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Aliso
T9	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Aliso
T10	Testigo control (Agua destilada) * Aliso
T11	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Acacia
T12	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Acacia
T13	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Acacia
T14	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Acacia
T15	Testigo control (Agua destilada) * Acacia

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El número de repeticiones fue de 4, dando como resultado un total de 60 unidades experimentales.

2.2.1 Variables a evaluar

Se evaluó el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* en:

- Altura de la planta desde la base del tallo a los 15, 30, 45, 60 y 75 días (dt).
- Diámetro a la altura del cuello (DAC) a los 15, 30, 45, 60 y 75 días (dt).
- Longitud de la raíz a los 75 días (dt).
- Número de hojas verdaderas a los 75 días después del trasplante (dt).
- Masa fresca foliar a los 75 días (dt).
- Masa fresca radicular a los 75 días (dt).
- Masa seca foliar a los 75 días (dt).
- Masa seca radicular a los 75 días (dt).
- Masa seca total a los 75 días (dt).
- Índice de Calidad de Dickson.

De las siguientes especies forestales: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*).

2.2.3. Fase de campo

2.2.3.1. Identificación y descripción de las especies forestales

El presente estudio se desarrolló en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, con tres especies forestales: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) (**Anexo A**).

2.2.3.2. Trasplante de las especies forestales

Se adquirió las plantas del vivero JB Agriconsec ubicado en la parroquia de San Juan con las siguientes características: 30 días de edad de las tres especies forestales, las mismas que fueron transportadas al vivero de la ESPOCH.

Esta etapa comenzó con la preparación de las fundas con el sustrato proporcionado por el vivero, el mismo que partió de la mezcla de tierra negra, turba y cascarilla de arroz. El trasplante se realizó de un semillero de las tres especies antes mencionadas, finalmente este proceso se realizó para cada especie forestal se utilizaron 160 plantas dando un total de 480 plantas (**Anexo A**).

2.2.3.3 Ubicación y etiquetado de las especies forestales según el diseño experimental

De acuerdo al diseño experimental se fueron ubicando las especies forestales en la cama del vivero, se dividió por filas y columnas con la ayuda de cuerdas y clavos.

Se realizó el etiquetado de las fundas con letreros con la siguiente información:

-Número y descripción de tratamiento

-Número de bloque

Para facilitar el trabajo al momento de la aplicación y la toma de datos, cada letrero fue colocado en las fundas de acuerdo al tratamiento correspondiente (**Anexo A**).

Tabla 3-2: Ubicación de las especies forestales según el diseño experimental definido

BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III				BLOQUE IV			
L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	AC	AC	AC	AC
L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	AC	AC	AC	AC
L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	AL	AL	AL	AL	AC	AC	AC	AC
L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AC	AC	AC	AC
AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AC	AC	AC	AC	AL	AL	AL	AL
AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AC	AC	AC	AC	AL	AL	AL	AL
AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AC	AC	AC	AC	L	L	L	L
AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	L	L	L	L
AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	AC	AC	AC	AC	L	L	L	L
AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	L	L	L	L	AC	AC	AC	AC
AC	AC	AC	AC	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L: Lupina (<i>Cytisus monspensulanus</i>) AL: Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) AC: Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>)															

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

2.2.3.4 Preparación del inóculo

Se utilizaron cuatro cepas de *Trichoderma* spp. las cuales fueron *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* dos cepas respectivamente. Las cepas utilizadas pertenecieron a la colección del proyecto “Estudio de *Trichoderma* spp. en viveros forestales de la provincia de Chimborazo y suelos agrícolas en Santa Cruz, Islas Galápagos” la información de las principales características esta detallada en la siguiente tabla:

Tabla 4-2: Principales características de las cepas *Trichoderma* spp. utilizadas en este estudio.

Código original	Código de ensayo	Responsable de la recolección	Fecha de recolección	Tipo de muestra	Descripción de la muestra	Lugar de aislamiento	Método de aislamiento
MTST2R1(1)	TH1	María Toaquiza	3/12/2019	Suelo	Tipo de suelo Franco-arenoso color marrón oscuro. Suelo sin vegetación, preparación de platabandas para ensayo.	Tomadas de la ESPOCH en el vivero forestal de la facultad de recursos naturales, zona de ensayos in situ.	Diluciones seriadas
P3B	TH2	Juan Guerra	9/1/2019	Fracción radicular	Fragmento de raíz, de Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en condiciones sanas.	Recolectado en el vivero JB Agriconsec Parroquia San Juan	Inclusión directa de fragmento
MTST2R3(1)	TL1	María Toaquiza	3/12/2019	Suelo	Tipo de suelo Franco-arenoso color marrón oscuro. Suelo sin vegetación, preparación de platabandas para ensayo.	Tomadas de la ESPOCH en el vivero forestal de la facultad de recursos naturales, zona de ensayos in situ.	Diluciones seriadas
H329	TL2	Camila Uvidia	18/8/2020	Folíolo	Fragmento de folíolo de Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en condiciones sanas.	Recolectado en la parroquia El Altar, cantón Penipe.	Inclusión directa de fragmento

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

Se inició efectuando la reactivación de las especies fúngicas en medio PDA + Cloranfenicol con una concentración al 5% estéril posteriormente fueron incubadas en una incubadora marca Biobase a 25 °C durante 10 días en condiciones de oscuridad, luego de esto se agregó 10 mL de agua destilada estéril en cada una de las cajas petri, con un cepillo estéril se raspó suavemente las esporas y finalmente se colocó en un matraz Erlenmeyer la suspensión de las mismas. La concentración de las distintas cepas de *Trichoderma* spp. se ajustó a 1×10^6 ufc/ mL mediante el

uso de la cámara de Neubauer (**Anexo B**).

2.2.3.5. Inoculación de *Trichoderma* spp. en las diferentes especies forestales en estudio

La inoculación de *Trichoderma* spp. se realizó en tres especies forestales: Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*) mediante la aplicación de 50 mL de una suspensión con una concentración de 1×10^6 ufc/ mL al sustrato de cada especie forestal (**Anexo A**).

Se realizaron tres aplicaciones: la primera a los 15, la segunda a los 30 y la tercera a los 75 días después del trasplante (**Anexo A**).

2.2.3.6. Riego

Se realizó el riego a las plantas dos veces a la semana con la ayuda de una regadera de acuerdo a las necesidades de cada especie, sin excederse en la cantidad de agua evitando la pudrición de las raíces (**Anexo A**).

2.2.3.7. Toma de datos

Altura

Para la toma de datos de la variable altura se utilizó una regla de 30 cm, la medición fue desde la base del tallo hasta el meristemo más distal de la parte aérea, todos los datos fueron registrados en una hoja de Excel con las fechas programadas de acuerdo a las aplicaciones de *Trichoderma* spp. las mediciones fueron a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante (**Anexo A**).

Diámetro a la altura del cuello (DAC)

La toma de datos para la variable DAC se realizó con un instrumento de precisión pie de rey de marca Electronic Digital Caliper en mm, se tomó como base el tallo principal a la altura del cuello de la planta, finalmente todos los datos fueron registrados en una hoja de Excel con las fechas programadas de acuerdo a las aplicaciones de *Trichoderma* spp; las mediciones fueron a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante (**Anexo A**).

Número de hojas

La toma de datos para la variable número de hojas se realizó a los 75 días después del trasplante se valoró el número de hojas verdaderas de cada una de las plántulas y finalmente se tomó datos de dos plantas por cada unidad experimental y se realizó un promedio (**Anexo A**).

Se hizo un muestreo destructivo aleatoriamente de las unidades experimentales en el vivero este procedimiento se realizó a los 75 días después del trasplante, las mismas que sirvieron para evaluar las siguientes variables:

Longitud de la raíz

La toma de datos para la variable longitud de la raíz se realizó a los 75 días después del trasplante esta medición fue a partir del cuello de la raíz hasta la cofia usando una regla de 30 cm y finalmente todos los datos fueron registrados en una hoja de Excel (**Anexo B**).

Masa fresca total

Para la toma de datos de la variable masa fresca total se realizó a los 75 días después del trasplante utilizando una balanza analítica de marca RADWAG, AS 220.R2 (g) y posteriormente se colocó cada una de las especies forestales que fueron muestreadas aleatoriamente (**Anexo B**).

Masa fresca radicular y foliar

Los datos fueron tomados a los 75 días después del trasplante tanto para la parte radicular como foliar mediante el uso de una balanza analítica RADWAG, AS 220.R2 (g), en donde se colocó cada una de las plantas seleccionadas y sus valores fueron registrados en una hoja de Excel (**Anexo B**).

Masa seca radicular y foliar

Las plantas seleccionadas pasaron por un secado, se utilizó una estufa marca P Selecta a una temperatura de 60 °C por un lapso de 48 horas, una vez secas se separó la parte foliar de la radicular y se tomó los datos individualmente mediante el uso de una balanza analítica RADWAG, AS 220.R2 (**Anexo B**).

2.2.4. Análisis de datos

El registro de los datos se realizó en una hoja de Excel, posteriormente se utilizó el software R versión 4.1.1 para realizar el análisis estadístico, usando gráficos de caja y bigote (box plot) de las distintas variables evaluadas, obteniendo tablas con la media aritmética como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión. Se usó un análisis inferencial a través del análisis de varianza (ANOVA) y separación de medias a través de la prueba de Tukey al 5% (**Anexo B**).

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Resultados de las variables de evaluación

3.1.1. Evaluación de la variable altura de las especies forestales

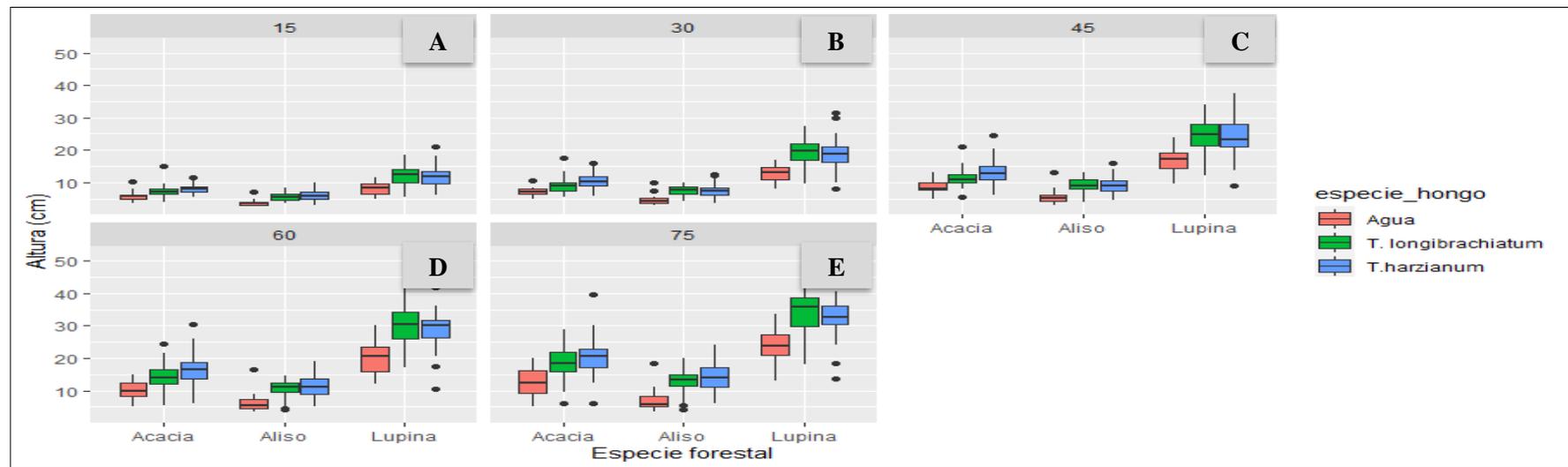


Gráfico 1-3. Diagrama de caja y bigote para la variable altura A 15 días, B 30 días, C 45 días, D 60 días y E 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021

3.1.1.1. Variable altura a los 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

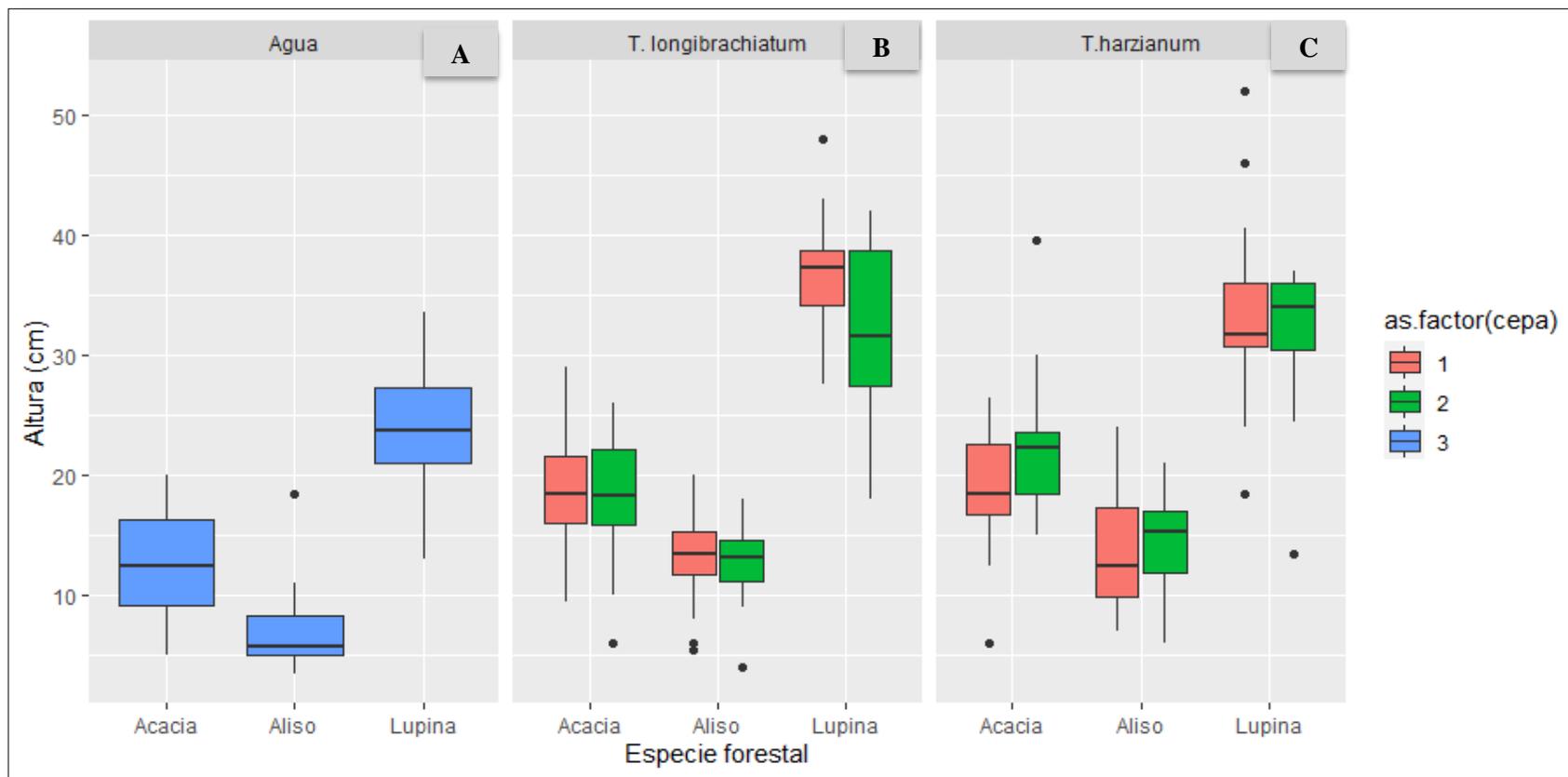


Gráfico 2-3. Diagrama de caja y bigote para la variable altura a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *T. longibrachiatum* y C *T. harzianum* utilizados en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.1.2. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable altura a los 75 días de las especies forestales

Tabla 1-3: Análisis de varianza de la variable altura a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	3870	1935	219,76	$< 2e^{-16}$	***
Especie hongo	2	559	279,3	31,72	$4,02e^{-09}$	***
Cepa	1	4	4,3	0,48	0,48	
Bloque	3	122	40,5	4,60	0,007	
Especie forestal: especie hongo	4	54	13,5	1,53	0,20	***
Especie forestal: cepa	2	44	21,8	2,47	0,09	
Especie hongo: cepa	1	22	22,2	2,52	0,11	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	6	3,1	0,35	0,70	
Error	42	370	8,8			

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

Realizado por: Tania E. Wallancañay L. 2021.

3.1.1.3. Prueba de Tukey al 5 % de la variable altura en las especies forestales

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

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	36,43	a
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	33,52	a
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	32,12	a
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	31,50	a
Lupina: Testigo control (Agua) 3	23,81	b
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	22,53	b
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	18,90	bc
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	18,81	bc
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	17,96	bc
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	14,43	cd
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	13,84	cd
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	13,25	cd
Acacia: Testigo control (Agua) 3	12,62	cd
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	12,62	cd
Aliso: Testigo control (Agua) 3	7,24	d

* Los tratamientos que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 2-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 1-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal, especie hongo y la interacción especie forestal: especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para las alturas finales (**Tabla 1-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 5 grupos (**Tabla 2-3**):

Para la variable altura a los 75 días, las plantas de Lupina inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor altura con un valor promedio de 36,43 cm y por otro lado las plantas de Aliso alcanzaron menor altura fueron tratadas con el testigo control (Agua) con un valor promedio de 7,24 cm.

A los 75 días en la variable altura (**Gráfico 2-3**) se observó que el mejor tratamiento fueron las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de altura promedio de $36,43 \pm 6,33$ cm, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de altura promedio de $33,52 \pm 7,16$ cm y finalmente el tratamiento Testigo control (Agua) con un valor de altura promedio de $23,81 \pm 5,98$ cm.

Por otro lado, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de altura promedio de $22,53 \pm 5,91$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de altura promedio de $18,90 \pm 5,10$ y finalmente el tratamiento con el testigo control (Agua) con un valor de altura promedio de $12,62 \pm 4,30$.

Finalmente, para las plantas de Aliso el mejor tratamiento fue *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de altura promedio de $14,43 \pm 4,51$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de altura promedio de $13,25 \pm 3,74$ y finalmente el tratamiento control (Agua) con un valor de altura promedio $7,24 \pm 3,77$.

3.1.2. Evaluación de la variable Diámetro a la altura del cuello (DAC) de las especies forestales

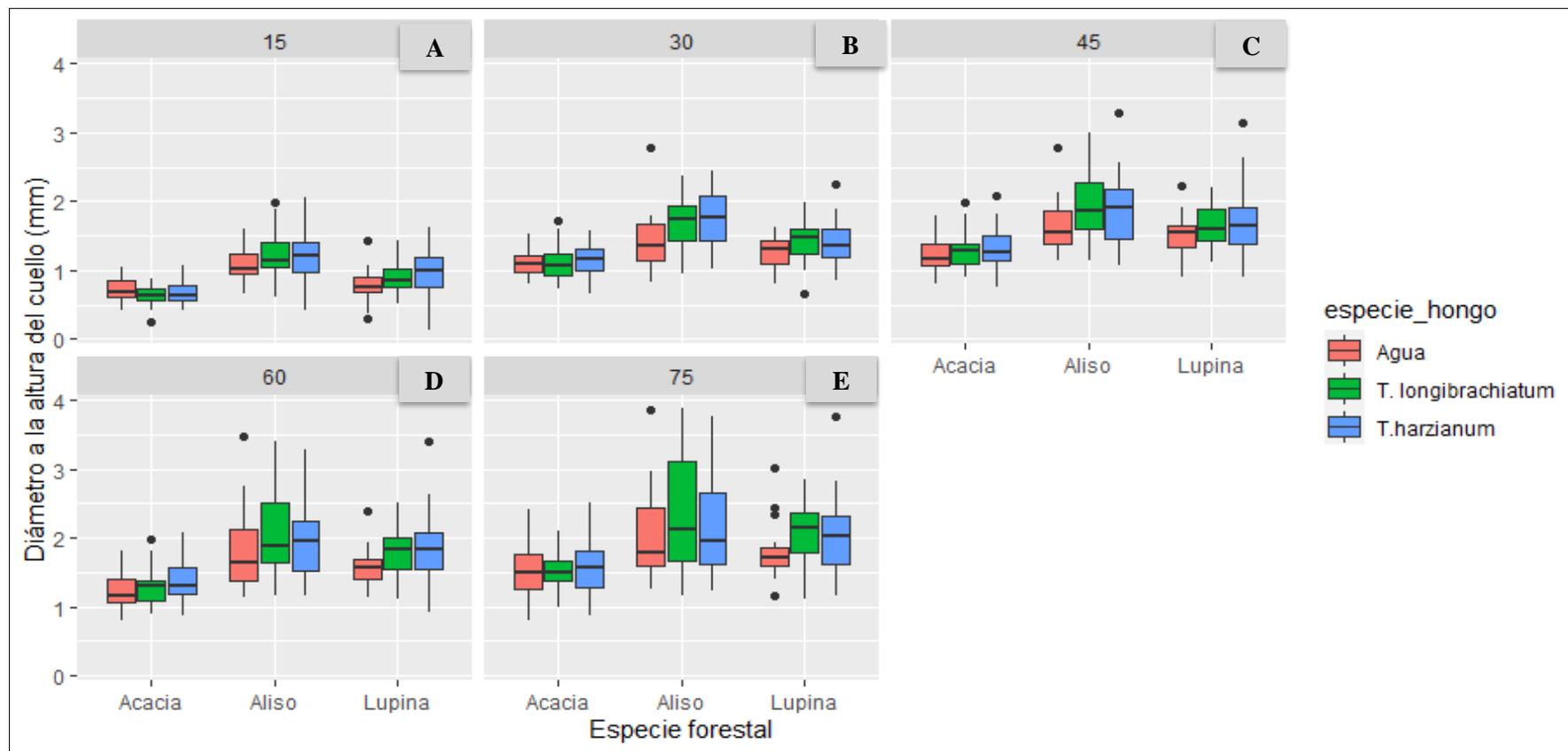


Gráfico 3-3. Diagrama de caja y bigote para la variable DAC, A 15 días, B 30 días, C 45 días, D 60 días y E 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021

3.1.2.1. Variable DAC a los 75 días de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

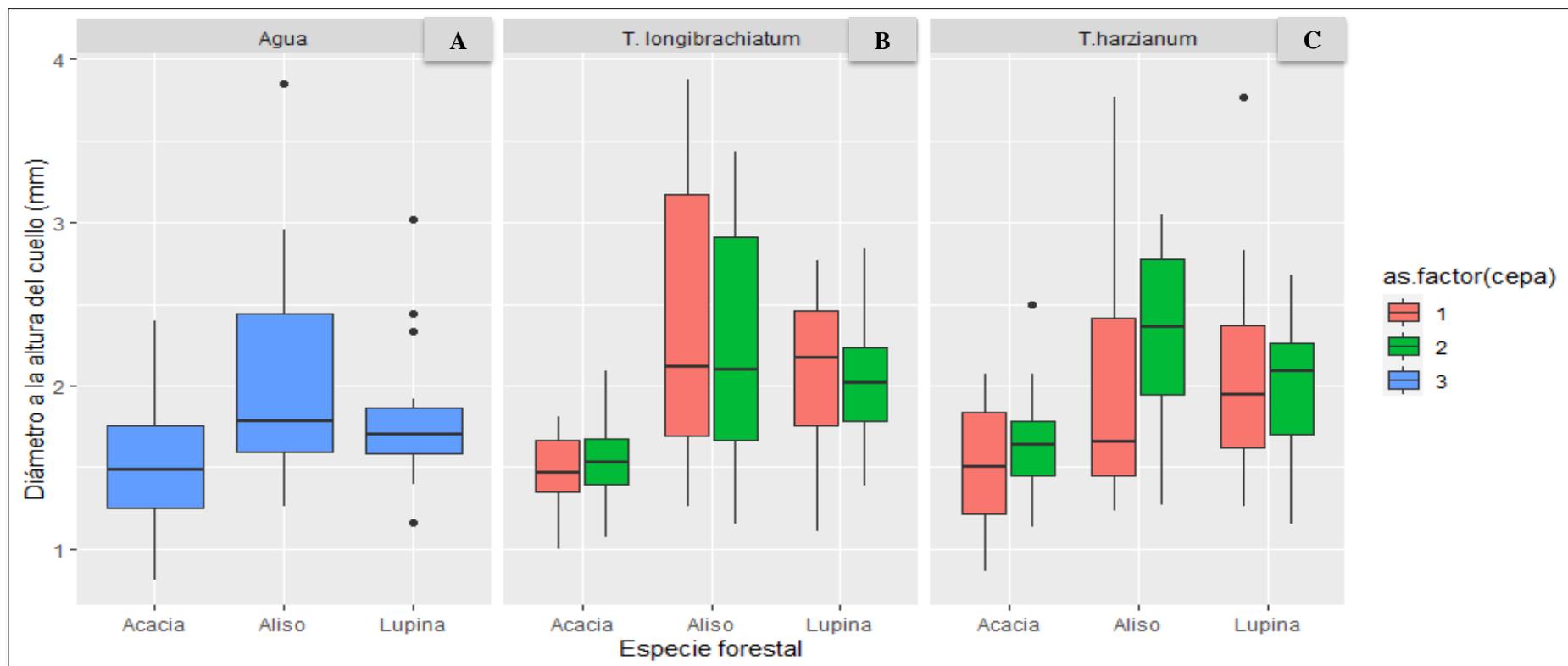


Gráfico 4-3. Diagrama de caja y bigote para la variable DAC a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizados en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.2.2. ANOVA de la variable DAC a los 75 días de las especies forestales

Tabla 3-3: Análisis de varianza de la variable DAC a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	4,668	2,334	24,839	7,6e ⁻⁰⁸	***
Especie hongo	2	0,197	0,098	1,050	0,359	
Cepa	1	0,031	0,031	0,335	0,566	
Bloque	3	0,578	0,192	2,049	0,122	
Especie forestal: especie hongo	4	0,199	0,049	0,529	0,715	
Especie forestal: cepa	2	0,062	0,030	0,328	0,722	
Especie hongo: cepa	1	0,060	0,059	0,636	0,430	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,186	0,092	0,989	0,381	
Error	42	3,947	0,094			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

3.1.2.3. Prueba de Tukey al 5% para la variable DAC de las especies forestales

Tabla 4-3: Prueba de Tukey al 5% para el DAC a los 75 días

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	2,38	a
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	2,33	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	2,24	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	2,07	abc
Aliso: Testigo control (Agua) 3	2,05	abc
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	2,05	abc
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	2,04	abc
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	1,98	abc
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	1,96	abc
Lupina: Testigo control (Agua) 3	1,80	abc
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	1,64	abc
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	1,52	bc
Acacia: Testigo control (Agua) 3	1,52	bc
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	1,51	bc
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	1,45	c

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 4-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 3-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal si se evidenció una diferencia significativa para los diámetros finales (**Tabla 3-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 3 grupos (**Tabla 4-3**):

Para la variable DAC a los 75 días, las plantas de Aliso inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor diámetro con un valor promedio de 2,38 mm y por otro lado las plantas de Acacia inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron menor diámetro con un valor promedio de 1,45 mm.

A los 75 días en la variable DAC (**Gráfico 4-3**) se observó que el mejor tratamiento fueron las plantas de Aliso inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de diámetro promedio de $2,38 \pm 0,80$ mm, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de diámetro promedio de $2,33 \pm 0,64$ mm y por último el testigo control (Agua) con un valor de diámetro promedio de $2,05 \pm 0,71$ mm.

Por otro lado, para las plantas de Lupina el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de diámetro promedio $2,07 \pm 0,57$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de diámetro promedio de $2,05 \pm 0,43$, y por último el testigo control (Agua) con un valor de diámetro promedio de $1,80 \pm 0,45$.

Finalmente, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento fue *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de diámetro promedio de $1,64 \pm 0,36$ seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de diámetro promedio de $1,52 \pm 0,26$, y por último el testigo control (Agua) con un valor de diámetro promedio de $1,52 \pm 0,41$.

3.1.3 Evaluación de la variable Número de hojas de las especies forestales

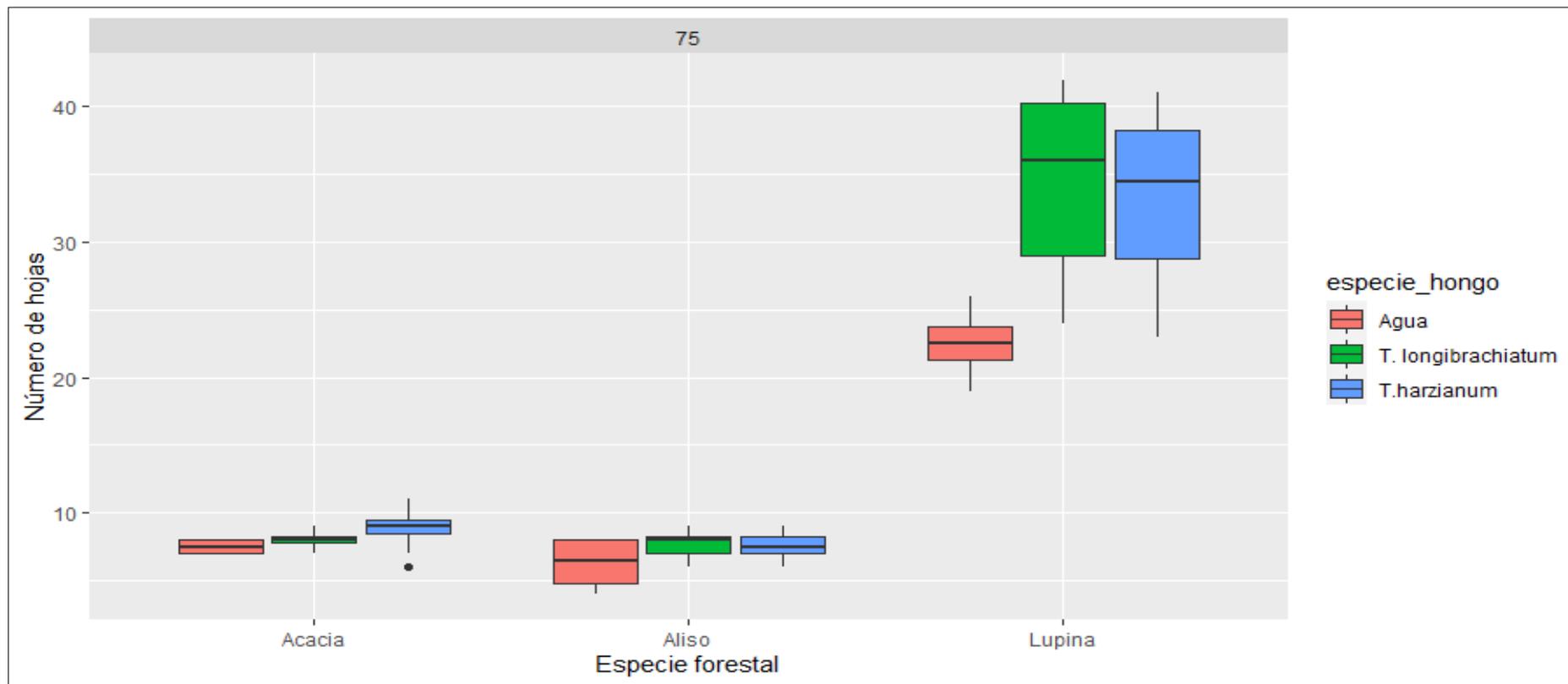


Gráfico 5-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Número de hojas a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.3.1. Variable Número de hojas a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

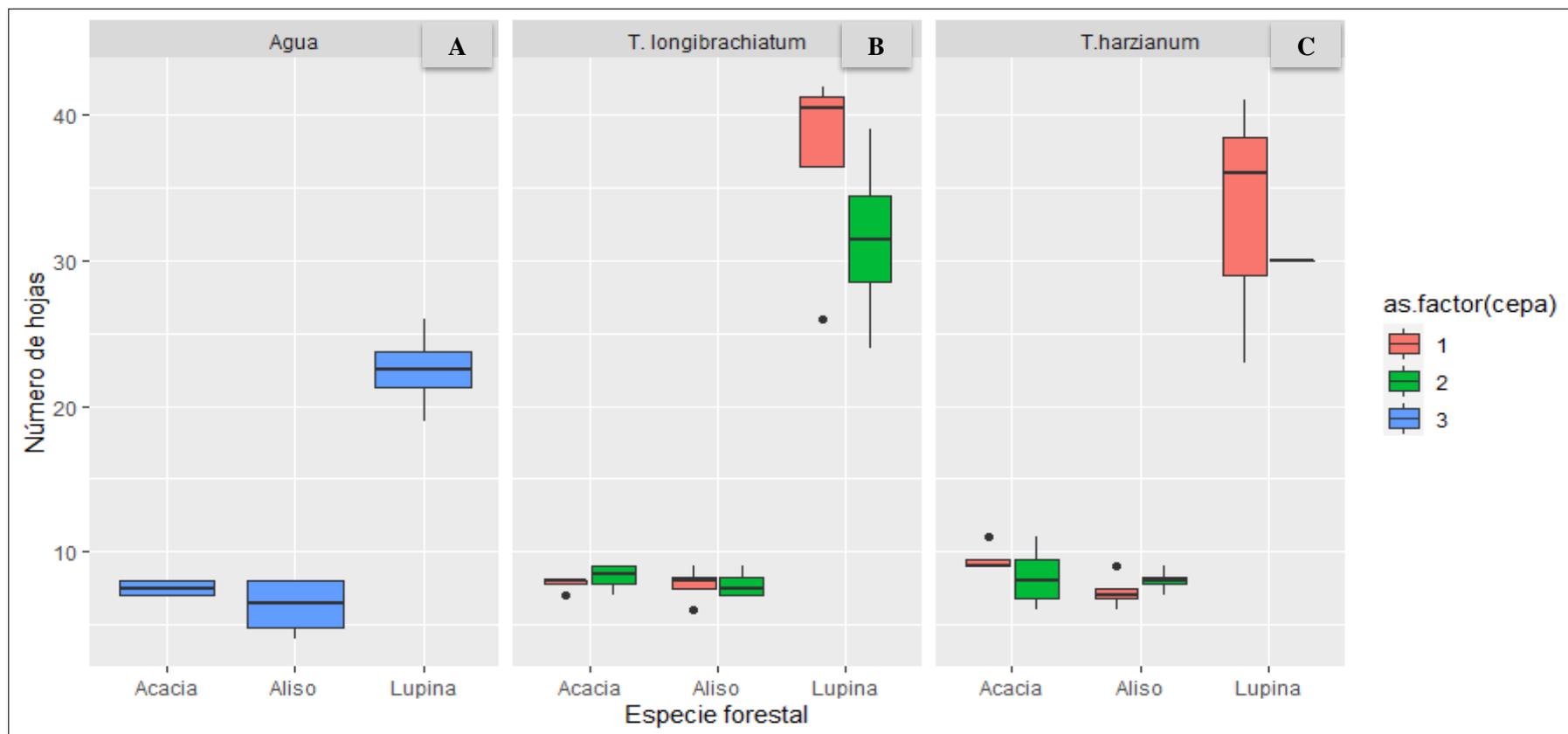


Gráfico 6-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Número de hojas a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.3.2. ANOVA de la variable número de hojas a los 75 días de las especies forestales

Tabla 5-3: Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	4,233	2,116	446,383	< 2e ⁻¹⁶	***
Especie hongo	2	0,108	0,054	11,38	0,0001	***
Cepa	1	0,003	0,002	0,568	0,455	
Bloque	3	0,064	0,021	4,503	0,008	
Especie forestal: especie hongo	4	0,031	0,007	1,648	0,181	
Especie forestal: cepa	2	0,013	0,006	1,370	0,266	
Especie hongo: cepa	1	0,001	0,0006	0,123	0,727	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,011	0,0055	1,170	0,321	
Error	39	0,185	0,0047			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

3.1.3.3. Prueba de Tukey al 5% para el Número de hojas a los 75 días

Tabla 6-3: Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas a los 75 días

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	37,2	a
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	33,6	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	31,5	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	30	ab
Lupina: Testigo control (Agua) 3	22,5	b
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	9,5	c
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	8,25	cd
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	8,25	cd
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	8	cd
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	7,75	cd
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	7,75	cd
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	7,75	cd
Acacia: Testigo control (Agua) 3	7,5	cd
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	7,25	cd
Aliso: Testigo control (Agua) 3	6,25	d

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 6-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 5-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal y especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para el número de hojas verdaderas (**Tabla 5-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 5 grupos (**Tabla 6-3**):

Para la variable Número de hojas a los 75 días, las plantas de Lupina inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor número de hojas con un valor promedio de 37,2 y por otro lado las plantas de Aliso tratadas con el testigo control (Agua) alcanzaron menor número de hojas con un valor promedio de 6,25.

Para la variable Número de hojas a los 75 días (**Gráfico 6-3**) se observó que el mejor tratamiento fueron las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de número de hojas promedio de $37,2 \pm 7,54$, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de número de hojas promedio de $33,6 \pm 7,02$ y por último el testigo control (Agua) con un valor de número de hojas promedio de $22,5 \pm 2,89$.

Por otro lado, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de número de hojas promedio de $9,5 \pm 1$, seguido del *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de número de hojas promedio de $8,25 \pm 0,95$ y por último testigo control (Agua) con un valor de número de hojas promedio de $7,5 \pm 0,57$.

Finalmente, para las plantas de Aliso el mejor tratamiento fue *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de número de hojas promedio de $8 \pm 0,81$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de número de hojas promedio de $7,75 \pm 0,95$, y por último el testigo control (Agua) con un valor de número de hojas promedio de $6,25 \pm 2,06$.

3.1.4. Evaluación de la variable Longitud de la raíz de las especies forestales.

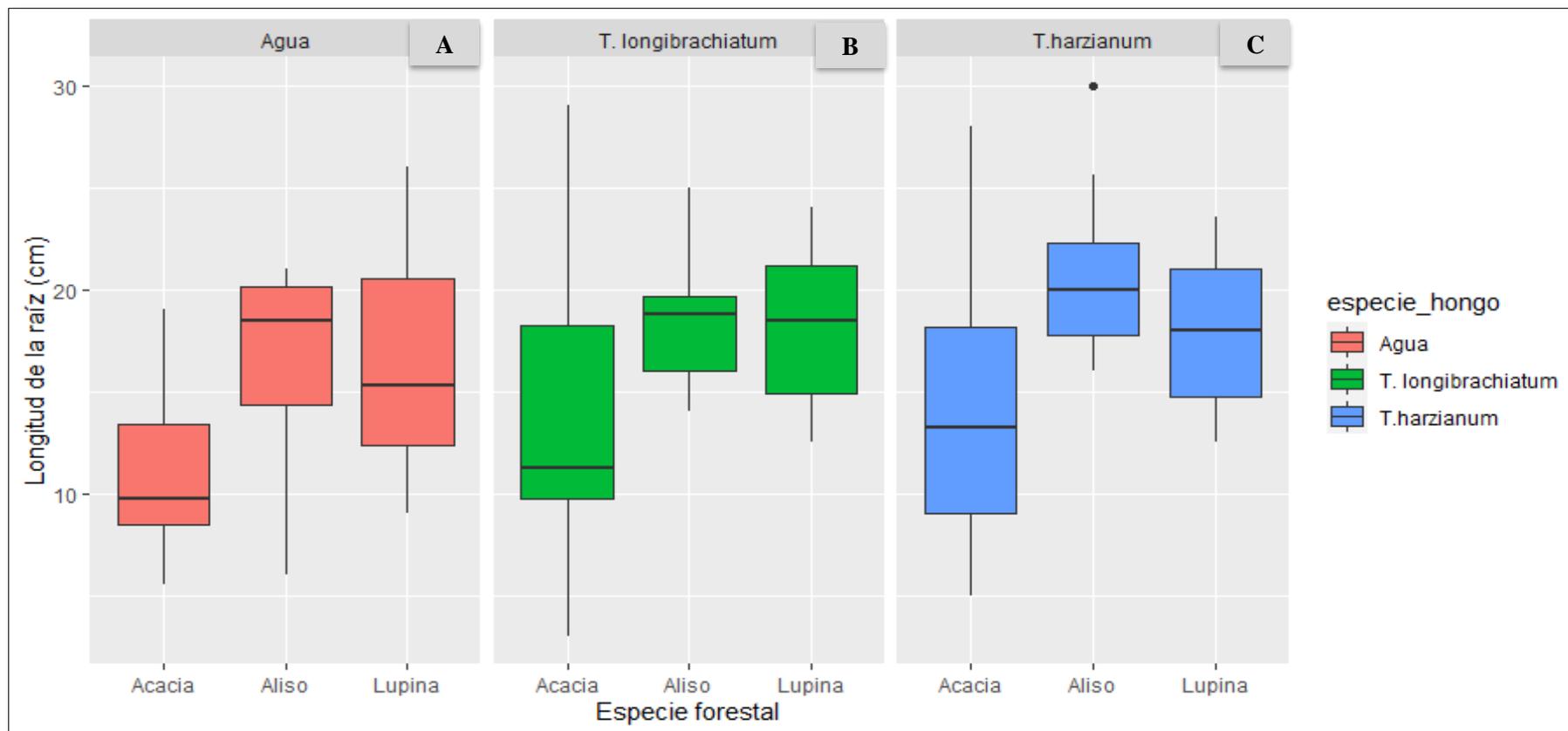


Gráfico 7-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Longitud de la raíz a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.4.1 Variable Longitud de la raíz a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

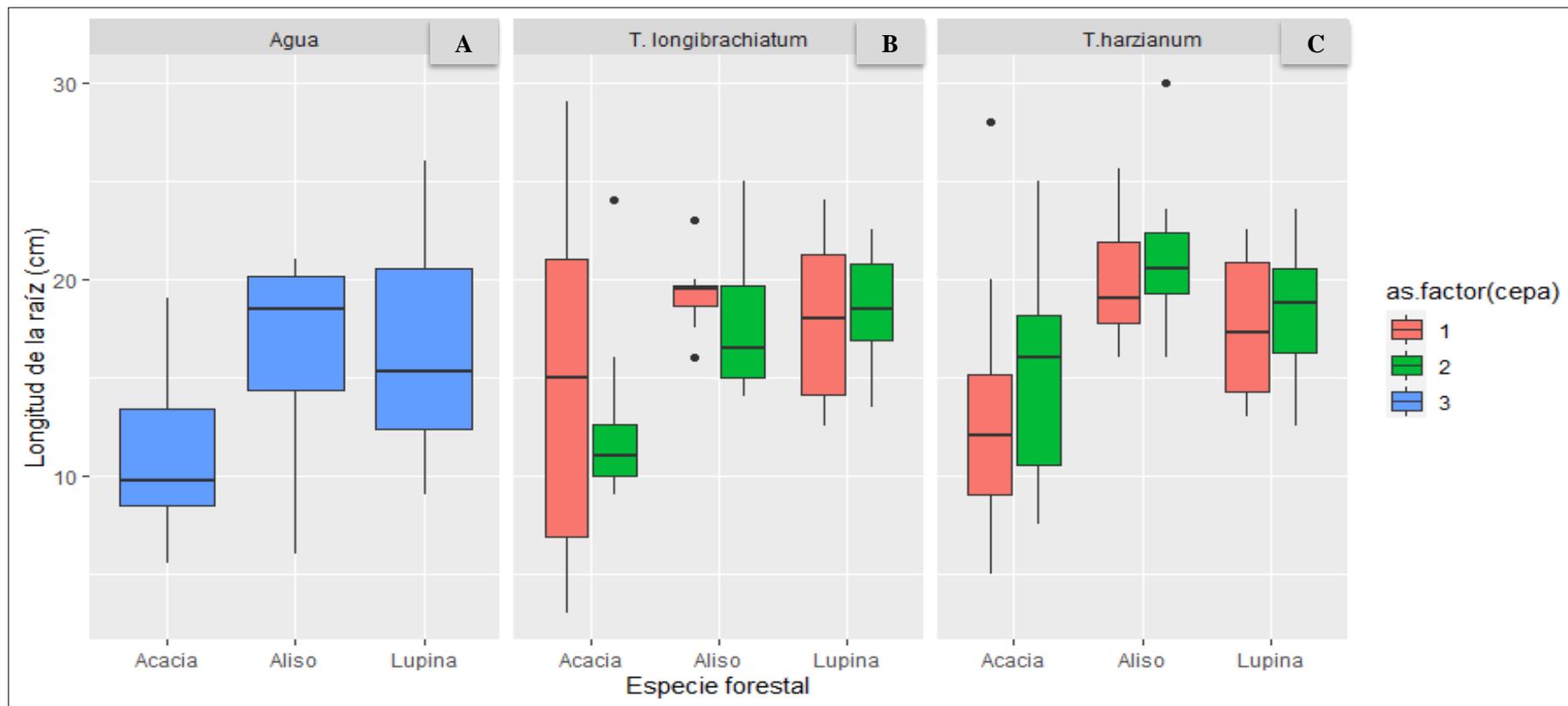


Gráfico 8-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Longitud de la raíz a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.4.2. ANOVA de la variable Longitud de la raíz de las especies forestales

Tabla 7-3: Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	329,6	164,81	13,74	2,55e ⁻⁰⁵	***
Especie hongo	2	79,1	39,56	3,300	0,046	*
Cepa	1	0,5	0,53	0,044	0,834	
Bloque	3	78,3	26,09	2,176	0,105	
Especie forestal: especie hongo	4	15,3	3,83	0,320	0,863	
Especie forestal: cepa	2	2,1	1,04	0,087	0,917	
Especie hongo: cepa	1	14,1	14,12	1,178	0,284	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	4,7	2,37	0,1,97	0,821	
Error	42	503,5	11,99			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

3.1.4.3. Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz

Tabla 8-3: Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz a los 75 días.

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	21,18	a
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	19,88	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	19,25	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	18,43	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	18,43	ab
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	17,93	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	17,87	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	17,41	ab
Lupina: Testigo control (Agua) 3	16,37	ab
Aliso: Testigo control (Agua) 3	16,12	ab
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	15,12	ab
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	14,68	ab
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	13,56	ab
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	12,81	ab
Acacia: Testigo control (Agua) 3	10,93	b

*Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 8-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 7-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal y especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para la longitud de raíz finales (**Tabla 7-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 2 grupos (**Tabla 8-3**):

Para la variable Longitud de la raíz a los 75 días, las plantas de Aliso inoculadas con *T. harzianum* cepa 2 alcanzaron mayor longitud de raíz con un valor promedio de 21,18 cm y por otro lado las plantas de Acacia alcanzaron menor longitud de raíz tratadas con el testigo control (Agua) con un valor promedio de 10,93 cm.

Para la variable longitud de raíz a los 75 días (**Gráfico 8-3**) las plantas de Aliso inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 alcanzaron mayor longitud de raíz con un valor de longitud de raíz promedio de $21,18 \pm 3,75$ cm, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor promedio de $19,25 \pm 3,14$ cm y por último el testigo control (Agua) con un valor longitud de raíz promedio de $16,12 \pm 5,88$ cm.

Por otro lado, para las plantas de Lupina el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de longitud de raíz promedio de $18,43 \pm 3,64$, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de longitud de raíz promedio de $18,43 \pm 3,64$ y por último el testigo control (Agua) con un valor de longitud de raíz promedio de $16,37 \pm 5,87$.

Finalmente, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento es *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de longitud de raíz promedio de $15,12 \pm 6,40$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de longitud de raíz promedio de $14,68 \pm 7,22$ y por último el testigo control (Agua) con un valor de longitud de raíz promedio de $10,93 \pm 4,37$.

3.1.5. Evaluación de la variable Peso fresco de las especies forestales

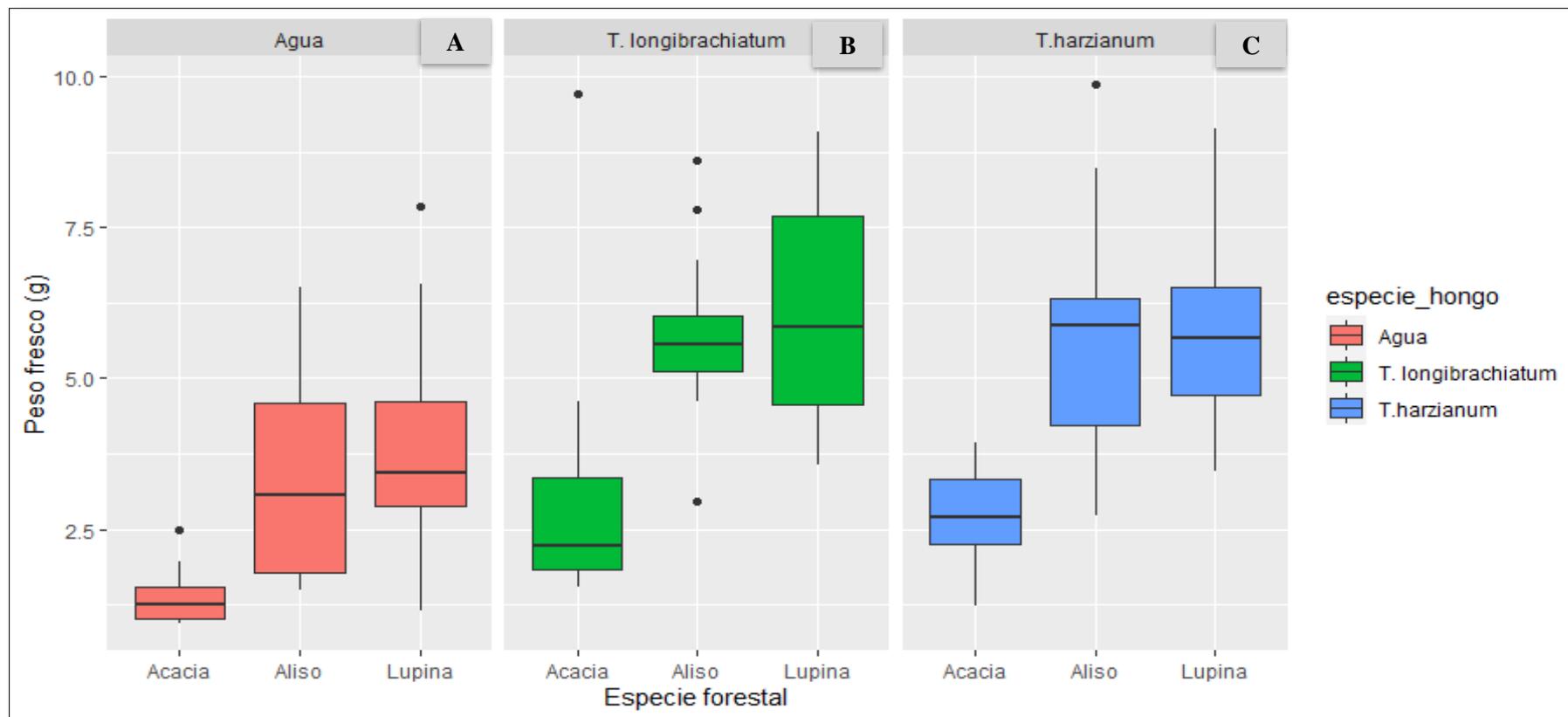


Gráfico 9-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Peso fresco a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.5.1 Variable Peso fresco a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

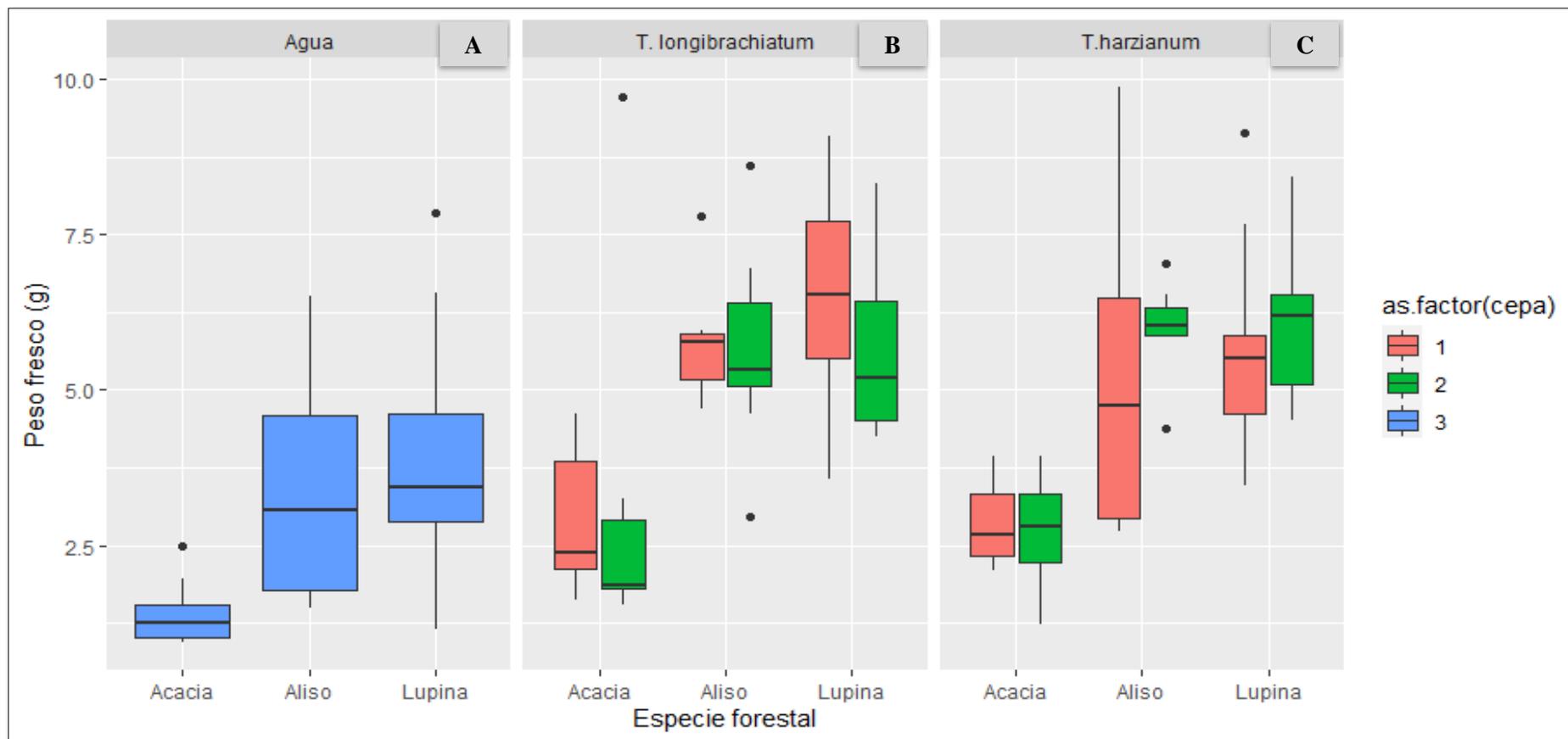


Gráfico 10-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Peso fresco a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.5.2. ANOVA de la variable peso fresco de las especies forestales

Tabla 9-3: Análisis de varianza de la variable peso fresco a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	107,62	53,81	30,501	6,58e ⁻⁰⁹	***
Especie hongo	2	36,07	18,04	10,224	0,0002	***
Cepa	1	0,06	0,06	0,033	0,856	
Bloque	3	10,25	3,42	1,937	0,138	
Especie forestal: especie hongo	4	1,15	0,29	0,163	0,956	
Especie forestal: cepa	2	0,49	0,25	0,139	0,870	
Especie hongo: cepa	1	0,96	0,96	0,547	0,463	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	1,02	0,51	0,289	0,750	
Error	42	74,10	1,76			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021

3.1.5.3. Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de las especies forestales

Tabla 10-3: Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco a los 75 días.

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	6,47	a
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	6,13	ab
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	6,00	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	5,75	ab
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	5,74	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	5,73	ab
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	5,65	ab
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	5,27	ab
Lupina: Testigo control (Agua) 3	3,99	abc
Aliso: Testigo control (Agua) 3	3,36	abc
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	3,07	bc
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	2,88	bc
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	2,82	bc
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	2,77	bc
Acacia: Testigo control (Agua) 3	1,41	c

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 10-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 9-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal y especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para el peso fresco final (**Tabla 9-3**). La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 3 grupos (**Tabla 10-3**):

Para la variable peso fresco a los 75 días las plantas de Lupina inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor peso fresco con un valor promedio de 6,47 g y por otro lado las plantas de Acacia alcanzaron menor peso fresco tratadas con el testigo control (Agua) con un valor promedio de 1,41 g.

Para la variable Peso fresco a los 75 días (**Gráfico 10-3**) las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor peso fresco con un valor promedio de 6,47 \pm 1,73 g, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso fresco promedio de 6,13 \pm 1,58 g y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso fresco promedio de 3,99 \pm 2,17 g.

Por otro lado, para las plantas de Aliso el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso fresco promedio de 6,0 \pm 1,97, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso fresco promedio de 5,74 \pm 1,31, y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso fresco promedio de 3,36 \pm 1,85.

Finalmente, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento es *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso fresco promedio de 3,07 \pm 2,03 seguido de *Trichoderma harzianum* con un valor de peso fresco promedio de 2,82 \pm 0,78 y por último testigo control (Agua) con un valor de peso fresco promedio de 1,41 \pm 0,54.

3.1.6. Evaluación de la variable *Peso seco foliar de las especies forestales*

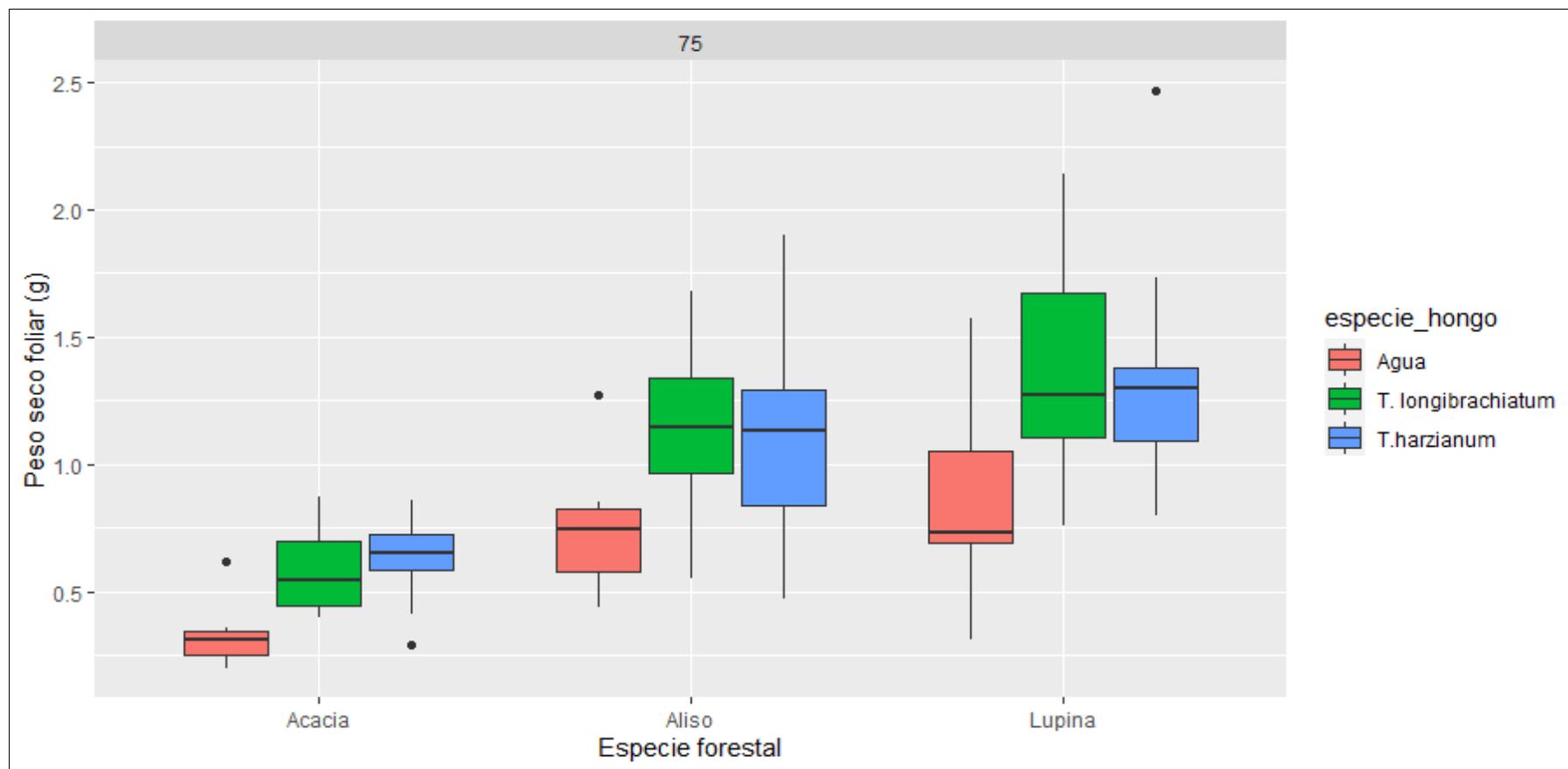


Gráfico 11-3. Diagrama de caja y bigote de la variable *Peso seco foliar* a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.6.1. Variable Peso seco foliar a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

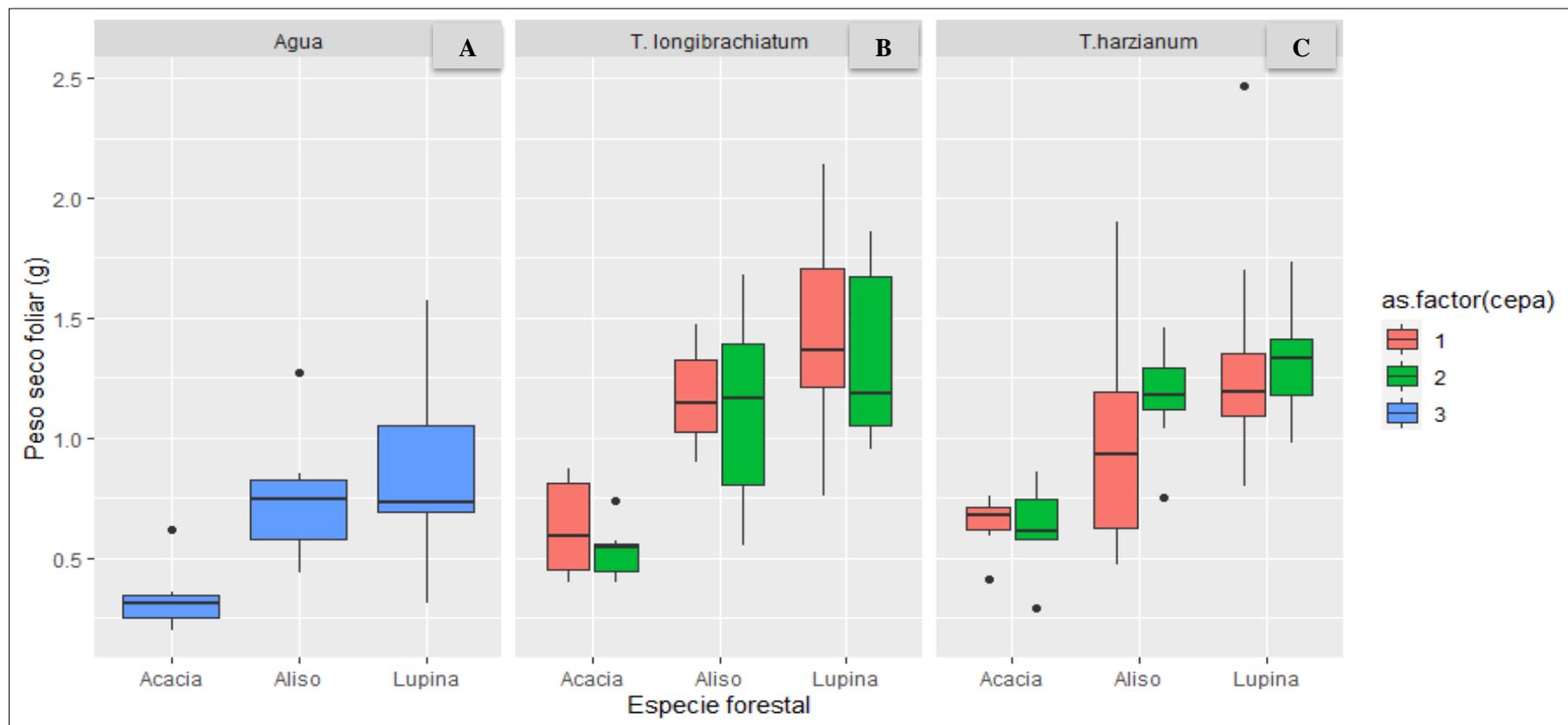


Gráfico 12-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Peso seco foliar a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.6.2. ANOVA de la variable peso seco foliar de las especies forestales

Tabla 11-3: Análisis de varianza de la variable peso seco foliar a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	5,374	2,687	39,192	2,49e ⁻¹⁰	***
Especie hongo	2	1,411	0,705	10,291	0,0002	***
Cepa	1	0,005	0,005	0,077	0,782	
Bloque	3	0,081	0,027	0,393	0,758	
Especie forestal: especie hongo	4	0,112	0,028	0,410	0,800	
Especie forestal: cepa	2	0,049	0,024	0,356	0,702	
Especie hongo: cepa	1	0,057	0,056	0,825	0,368	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,009	0,004	0,066	0,934	
Error	42	2,880	0,068			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

3.1.6.3. Prueba de Tukey al 5 % de la variable peso seco foliar de las especies forestales

Tabla 12-3: Prueba de Tukey al 5% para el peso seco foliar a los 75 días.

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	1,46	a
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	1,35	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	1,36	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	1,32	ab
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	1,17	abc
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	1,17	abc
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	1,13	abc
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	1,00	abc
Lupina: Testigo control (Agua) 3	0,87	abcd
Aliso: Testigo control (Agua) 3	0,75	bcd
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	0,64	cd
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	0,63	cd
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,62	cd
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,53	cd
Acacia: Testigo control (Agua) 3	0,32	d

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 12-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 11-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal y especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para el peso seco foliar final (**Tabla 11-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 4 grupos (**Tabla 12-3**):

Para la variable peso seco foliar a los 75 días las plantas de Lupina inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor peso seco foliar con un valor promedio de 1,46 g y por otro lado las plantas de Acacia alcanzaron menor peso seco foliar tratadas con el testigo control (Agua) con un valor promedio de 0,32 g.

Para la variable Peso seco foliar a los 75 días (**Gráfico 12-3**) las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 alcanzaron mayor peso seco foliar con un valor promedio de $1,46 \pm 0,41$ g, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco foliar promedio de $1,35 \pm 0,39$ g y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso seco foliar promedio de $0,87 \pm 0,39$ g.

Por otro lado, para las plantas de Aliso el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso seco foliar promedio de $1,17 \pm 0,37$, seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso seco foliar promedio de $1,17 \pm 0,30$, y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso seco foliar promedio de $0,75 \pm 0,25$.

Finalmente, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento es *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco foliar promedio de $0,64 \pm 0,14$ seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un peso seco foliar promedio de $0,62 \pm 0,16$ y por último testigo control (Agua) con un valor de peso seco foliar promedio de $0,32 \pm 0,13$.

3.1.7 Evaluación de la variable Peso seco radicular de las especies forestales

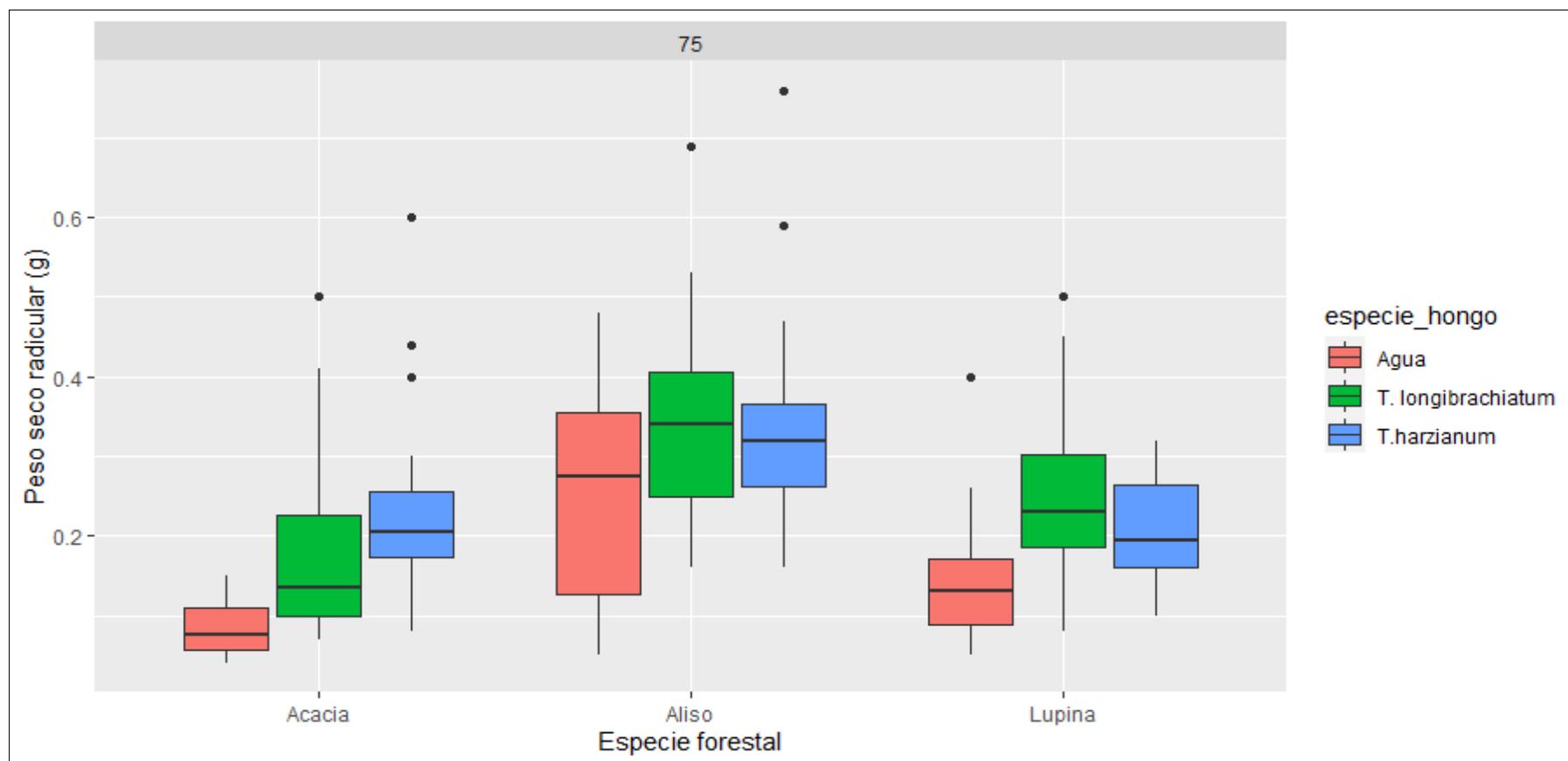


Gráfico 13-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Peso seco radicular a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.7.1. Variable Peso seco radicular a los 75 días de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos de *Trichoderma* spp.

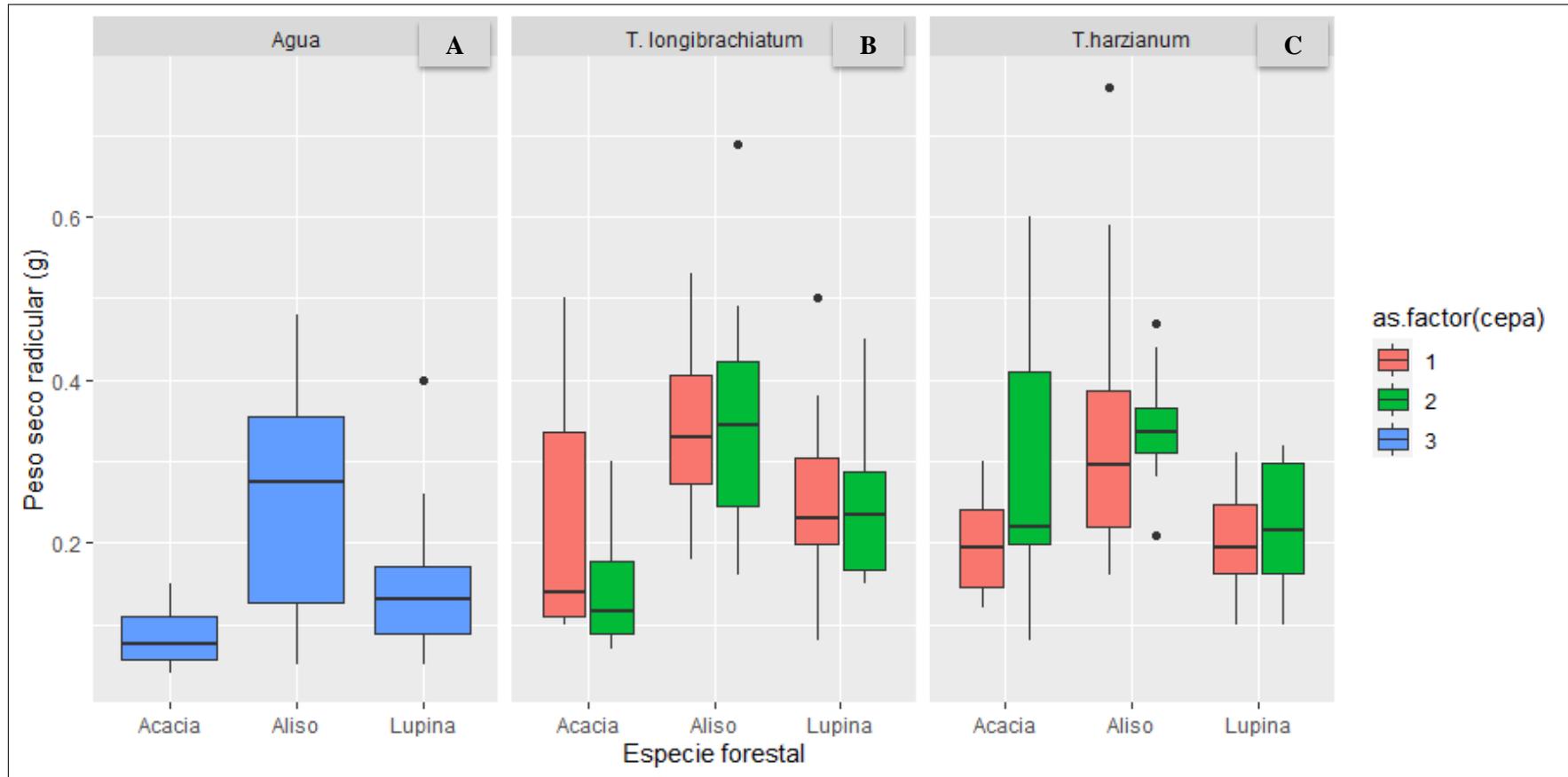


Gráfico 14-3. Diagrama de caja y bigote para la variable Peso seco radicular a los 75 días con el testigo control A Agua, cepas B *Trichoderma longibrachiatum* y C *Trichoderma harzianum* utilizadas en las especies forestales.

Realizado por: Tania E, Wallancañay L. 2021.

3.1.7.2. ANOVA de la variable peso seco radicular de las especies forestales

Tabla 13-3: Análisis de varianza de la variable peso seco radicular a los 75 días de las 3 especies forestales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	0,22	0,110	11,12	0,0001	***
Especie hongo	2	0,09	0,046	4,71	0,014	*
Cepa	1	0,0004	0,0004	0,041	0,840	
Bloque	3	0,017	0,005	0,572	0,636	
Especie forestal: especie hongo	4	0,025	0,006	0,644	0,633	
Especie forestal: cepa	2	0,000	0,000	0,000	0,999	
Especie hongo: cepa	1	0,009	0,009	0,995	0,324	
Especie forestal: especie hongo: cepa	2	0,025	0,012	1,266	0,292	
Error	42	0,4185	0,009			

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

3.1.7.3. Prueba de Tukey al 5 % de la variable peso seco radicular de las especies forestales

Tabla 14-3: Prueba de Tukey al 5% para el peso seco radicular a los 75 días.

Tratamientos	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,36	a
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 1	0,35	a
Aliso: <i>T.harzianum</i> cepa 2	0,34	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,34	ab
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 2	0,29	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,26	ab
Aliso: Testigo control (Agua) 3	0,25	ab
Lupina: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,25	ab
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,22	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 2	0,22	ab
Lupina: <i>T.harzianum</i> cepa 1	0,20	ab
Acacia: <i>T.harzianum</i> cepa 1	0,19	ab
Lupina: Testigo control (Agua) 3	0,16	ab
Acacia: <i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,14	ab
Acacia: Testigo control (Agua) 3	0,08	b

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

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El análisis gráfico (**Gráfico 14-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 13-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas evaluadas, sin embargo, para el factor especie forestal y especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para el peso seco radicular final (**Tabla 13-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% mostró 2 grupos (**Tabla 14-3**):

Para la variable peso seco radicular a los 75 días, las plantas de Aliso inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 2 alcanzaron mayor peso seco radicular con un valor promedio de 0,36 g y por otro lado las plantas de Acacia alcanzaron menor peso seco radicular tratadas con el testigo control (Agua) con un valor promedio de 0,08 g.

Para la variable Peso seco radicular a los 75 días (**Gráfico 14-3**) las plantas de Aliso inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 alcanzaron mayor peso seco radicular con un valor promedio de $0,36 \pm 0,13$ g, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de $0,35 \pm 0,15$ g, y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso seco radicular promedio de $0,25 \pm 0,15$ g.

Por otro lado, para las plantas de Acacia el mejor tratamiento fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso seco radicular promedio de $0,29 \pm 0,13$ seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de $0,22 \pm 0,12$ y por último testigo control (Agua) con un valor de peso seco radicular promedio de $0,08 \pm 0,04$.

Finalmente, para las plantas de Lupina el mejor tratamiento fue *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de $0,26 \pm 0,11$, seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso seco radicular promedio de $0,22 \pm 0,07$ y por último el testigo control (Agua) con un valor de peso seco radicular promedio de $0,16 \pm 0,11$.

3.1.8. Cálculo del Índice de Dickson

Tabla 15-3: Índice de Dickson para la especie forestal Lupina (*Cytisus monspensulanus*).

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson
T1	Lupina	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,07
T2	Lupina	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,07
T3	Lupina	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,08
T4	Lupina	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,08
T5	Lupina	Testigo control (Agua)	0,06

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El índice de calidad de Dickson fue superior en cuanto a las plantas de lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y 2 (T3, T4) ya que obtuvieron un valor de 0,08 en relación al testigo control (Agua) que presentó un valor de 0,06.

Tabla 16-3: Índice de Dickson para la especie forestal Aliso (*Alnus acuminata*).

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson
T1	Aliso	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,14
T2	Aliso	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,15
T3	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,17
T4	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,14
T5	Aliso	Testigo control (Agua)	0,15

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El índice de calidad de Dickson fue superior en cuanto a las plantas de aliso inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 (T3) con un valor de 0,17, en relación al testigo control (Agua) que presentó un valor de 0,15.

Tabla 17-3: Índice de Dickson para la especie forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*).

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson
T1	Acacia	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,04
T2	Acacia	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,05
T3	Acacia	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,05
T4	Acacia	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,04
T5	Acacia	Testigo control (Agua)	0,04

Realizado por: Wallancañay López, Tania, 2021.

El índice de calidad de Dickson fue superior en cuanto a las plantas de acacia inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 (T2) y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 (T3) ya que obtuvieron un valor de 0,05 en relación al testigo control (Agua) que presentó un valor de 0,04.

3.1.9. Aplicaciones del *Trichoderma* spp. en las especies forestales



Figura 3.1-3. Lupina inoculada con *Trichoderma longibrachiatum* (Cepa 1), *Trichoderma harzianum* (Cepa 2) frente al testigo control (Agua).

Realizado por: Wallancañay, T. 2021



Figura 2-3. Aliso inoculado con *Trichoderma harzianum* (Cepa 2), *Trichoderma longibrachiatum* (Cepa 1) frente al testigo control (Agua).

Realizado por: Wallancañay, T. 2021



Figura 3-3. Acacia inoculada con *Trichoderma harzianum* (Cepa 2), *Trichoderma longibrachiatum* (Cepa 1) frente al testigo control (Agua).

Realizado por: Wallancañay, T. 2021

3.2 Discusión

En la presente investigación se estudió el efecto de dos especies de *Trichoderma* spp. (*T. harzianum* y *T. longibrachiatum*) como bioestimulante de crecimiento de Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*).

Para la variable altura los mejores tratamientos que alcanzaron mayor altura fueron las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y las plantas de Acacia inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 mientras que para las plantas de Aliso fueron las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Álvarez, et al., (2021 p. 77) que menciona: las alturas más altas de la especie acacia y ciprés fueron para las plántulas tratadas con *Trichoderma harzianum*.

Adicionalmente Ruíz et al., (2018 p. 444), menciona que la aplicación de *Trichoderma* promueve el crecimiento de la planta, mejoran la calidad de frutos y potencializan el rendimiento en los cultivos mediante la producción de fitohormonas y promoción de la disponibilidad de fosfatos y otros minerales necesarios para el metabolismo de las plantas.

Según Hernández et al, (2019 p. 100) menciona que: este hongo tiene relevancia industrial y ecológica ya que puede sintetizar y liberar enzimas como celulasas; además de producir diversos metabolitos secundarios como auxinas y giberelinas que son capaces de estimular el crecimiento.

El efecto promotor del crecimiento en plántulas con las aplicaciones de *Trichoderma* spp. se ha atribuido a la presencia de ácido indol acético, que actúa como regulador de crecimiento, y de ácidos orgánicos, que retienen cationes y acidifican la rizósfera, lo cual solubiliza nutrimentos para su absorción por las plantas. La estimulación del crecimiento también se atribuye a la liberación de estructuras quelatantes que favorecen la asimilación de iones como Calcio (Ca), Cobre (Cu) y Zinc (Zn).

En la variable DAC los mejores tratamientos que alcanzaron mayor diámetro fueron las plantas de Aliso y Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y *Trichoderma harzianum* cepa 1 respectivamente mientras que para las plantas de acacia fue *Trichoderma harzianum* cepa 2. Con respecto a otras especies forestales se han obtenido mejores resultados con la aplicación de *Trichoderma harzianum* en cuanto al DAC según lo expuesto por Santana, et al., (2017 p. 82).

Con relación al DAC es pertinente considerar el estudio de Guigón et al., (2003 p. 122) menciona que: *T. harzianum* posee la habilidad para solubilizar varios nutrientes de las plantas de sus fases minerales insolubles o escasamente solubles mediante mecanismos quelatantes y reductores; debido a estos mecanismos es que los fosfatos (principalmente de calcio), Cu y Zn, suelen ser más asimilables por las plantas.

En la variable Número de hojas los mejores tratamientos que alcanzaron mayor número de hojas fueron las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y para las plantas de Acacia fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 mientras que para las plantas de Aliso fue *Trichoderma harzianum* cepa 2. Con relación al número de hojas estos resultados concuerdan con lo expuesto por Álvarez, et al., (2021 p. 79) menciona que: El mayor número de hojas totales de las especies forestales acacia, ciprés y eucalipto fueron para plántulas tratadas con *Trichoderma harzianum*.

Adicionalmente Santana, et al., (2017 p. 88) menciona que: *T. harzianum* incrementó la altura, el número de hojas y la biomasa seca del área foliar en las plántulas de cedro, samán y leucaena.

Según Martínez et al., (2013 p. 5) menciona que: *Trichoderma* es capaz de producir un factor regulador del crecimiento sobre plantas de diferentes cultivos. Sugiere 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.

En la variable Longitud de la raíz los mejores tratamientos que alcanzaron mayor longitud de raíz fueron las plantas de Aliso inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 y las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 mientras que para las plantas de Acacia fue *Trichoderma harzianum* cepa 2. Concuerda con lo expuesto por Álvarez, et al., (2021 p. 78) menciona que: Las raíces más largas en la acacia, alisos y ciprés fueron para plántulas tratadas con *Trichoderma harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Adicionalmente según Galeano, et al., (2016 p. 4) menciona que: La aplicación de *T. harzianum* en los primeros estados de la planta para los cultivos hortícolas ha mostrado un aumento general del sistema radicular y de la parte aérea proporcionándole un mayor vigor y protección a las mismas a la hora del trasplante. Según Martínez, et al., (2015 p. 3) menciona que: nuevos mecanismos con los cuales *Trichoderma* ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son: aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta, solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos y la estimulación del crecimiento vegetal.

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 que promueven el desarrollo de un sistema mejorado de

raíces, incrementando la absorción de nutrientes. Estas razones hacen que *Trichoderma* sea un microorganismo de alta importancia en el uso agrícola.

En cuanto a la variable Peso fresco, Peso seco foliar y radicular el mejor tratamiento fue para las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1.

En cuanto a la variable peso fresco y peso seco foliar el mejor tratamiento fue para las plantas de Aliso inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 mientras que para el peso seco radicular el mejor fue *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2.

Para la variable Peso fresco el mejor tratamiento fue para las plantas de Acacia inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, en el peso seco foliar fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 y finalmente para el peso seco radicular fue *Trichoderma harzianum* cepa 2

Concuerda con lo expuesto por Álvarez, et al., (2021 p. 80): menciona que: El mayor peso fresco de plantas en las especies forestales acacia y ciprés fue para plántulas tratados con *Trichoderma longibrachiatum* y *T. harzianum*.

Según Santana, et al., (2017 p. 82) menciona que: Los hongos bioestimulantes, son capaces de promover el crecimiento y el vigor en las plantas por la habilidad que poseen para hacer que las raíces sean más robustas, logrando mayor profundidad, por lo que son más resistentes a las sequías y pueden absorber más nutrientes.

Concuerda con lo expuesto por Camargo, et al, (2014 p. 96) menciona que: el incremento en el peso seco de la parte aérea de las plantas de arveja fue superior a todos estos cultivos, por lo que la arveja en comparación tiene una reacción más favorable a la aplicación de *Trichoderma* que estos cultivos. La aplicación de *Trichoderma* spp. comercial en el cultivo de arveja mejora notablemente el crecimiento y el desarrollo, influyendo en variables fisiológicas como germinación, área foliar, peso seco de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la parte aérea, peso fresco de la parte aérea y longitud de raíz, favoreciendo el rendimiento productivo del cultivo.

Según Guigón et al., (2003 p. 118) menciona que: *T. harzianum* incrementó la longitud y peso seco de raíces, altura de planta, número y peso seco de hojas en plantas de chile.

El índice de calidad de Dickson fue superior en cuanto a las plantas de Lupina inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y 2 ya que obtuvieron un valor 0,08 en relación al testigo control (Agua) con un valor de 0,06. En cuanto a las plantas de Aliso fue superior las que estaban inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de 0,17, en relación al testigo control (Agua) que tiene un valor de 0,15. Y finalmente en cuanto a las plantas de Acacia el mejor fue las que estaban inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de 0,05 en relación al testigo control (Agua) que tiene un

valor de 0,04. Según Ureta, et al., (2018 p. 147) menciona que: el índice de calidad de Dickson expresa la potencialidad de la planta en relación con la sobrevivencia y el crecimiento; este sirve para comparar la calidad de la planta de distintos tamaños, debido a que relaciona varios parámetros y establece cuan proporcionada se encuentra la planta en cuanto a tamaño y peso. Lo deseable es que la planta alcance los máximos valores con este índice, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aéreas y radicales estén equilibradas.

Según Larios et al., (2019 p. 481) las especies del género *Trichoderma* son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, *Trichoderma* está entre los agentes de control biológico más exitosos en la agricultura, actúa como agente de control biológico, y que sus mecanismos de acción se basan en la activación de múltiples rutas metabólicas que promueven la competencia por nutrientes y espacio, la modificación de las condiciones ambientales, el estímulo del crecimiento y la activación de mecanismos defensivos de las plantas por antibiosis y micoparasitismo.

Está ampliamente documentado que *Trichoderma* puede inhibir el crecimiento de diferentes microorganismos fitopatógenos. El efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma* en hongos fitopatógenos se puede asociar a la producción de enzimas que actúan contra la pared celular de los mismos. Sin embargo, últimamente estos antagonistas tienen potencial para ser utilizados como bioestimulante de crecimiento, lo que se evidenció en el presente estudio.

CONCLUSIONES

- Las especies de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum* empleadas en este trabajo, tuvieron un efecto positivo en las especies forestales Lupina, Aliso y Acacia al mejorar las variables: altura, DAC, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco, peso seco foliar y radicular a nivel de vivero. Con base en estos resultados, las cepas de *Trichoderma* evaluadas pueden ser una buena opción para ser empleados como bioestimulante de crecimiento.
- *T. longibrachiatum* cepa 1 presentó mejores resultados en las plantas de Lupina con respecto a las variables: altura (36,43cm), número de hojas (37), peso fresco (6,47g), peso seco foliar (1,46g) y radicular (0,26g) mientras que *T. longibrachiatum* cepa 2 en la variable: longitud de la raíz (18,43cm); en las plantas de Aliso inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 1 sobresalió en la variable DAC (2,28mm) y en el peso seco radicular (0,36g) *T. longibrachiatum* cepa 2 finalmente en las plantas de Acacia inoculadas con *T. longibrachiatum* cepa 2 en la variable: peso fresco (3,07g).
- *T. harzianum* cepa 2 presentó mejores resultados en las plantas de Aliso con respecto a las variables: altura (14,43cm), número de hojas (8), longitud de la raíz (21,18g), peso fresco (6g) y peso seco foliar (1,17g); al igual que en las plantas de Acacia en las variables: altura (22,53 cm), DAC (1,64 mm), longitud de la raíz (15,12cm) y peso seco radicular (0,29g) y con *T. harzianum* cepa 1 mejoró las variables: número de hojas (9) y peso seco foliar (0,64g) finalmente en las plantas de Lupina inoculadas con *T. harzianum* cepa 1 en la variable: DAC (2,07mm).

RECOMENDACIONES

- Continuar con el aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma* con mayor efectividad como bioestimulante de crecimiento en otras especies forestales.
- Realizar un estudio de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* como bioestimulante de crecimiento de las especies forestales Lupina (*Cytisus monspensulanus*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Acacia (*Acacia melanoxylon*), pero utilizando dosis diferentes mayores a 1×10^6 ufc/mL.
- Repetir el presente estudio, pero con especies forestales de importancia económica para la industria maderable.

GLOSARIO

Ácido indol acético: El AIA es la principal auxina nativa de las plantas superiores. El AIA está involucrado en el crecimiento y desarrollo de las plantas, principalmente en una serie de procesos fisiológicos que incluyen el alargamiento y división celular, diferenciación de tejido y fototropismo (Vega, et al., 2016).

Auxina: Son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular (Alcantar, et al., 2019).

Biofungicida: Se preparan con elementos y/o parte de vegetales que poseen propiedades para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos que provocan enfermedades en las plantas. Se aplican mediante rociado, pulverizado o remojado, en caso de las semillas. El tratamiento puede realizarse de manera preventiva con el fin de proteger a la planta antes que se enferme o curativa cuando se presentan los pros síntomas (FAO, 2010).

Cepa: conjunto de microorganismos pertenecientes a una misma especie y que provienen de una única célula o muestra en particular (Unilabs, 2018).

Colonización: proceso en Biología por el cual un especies se extiende a nuevas áreas. La colonización a menudo se refiere a exitoso inmigración donde una población se integra en un comunidad, habiendo resistido local inicial extinción (Biology, 2015)

Conidióforo: Estructura microscópica especializada en la producción asexual de miles de esporas llamadas conidios (Fuentes, 2019).

Diluciones seriadas: Una dilución seriada es simplemente una serie de diluciones simples que amplifican el factor de dilución rápidamente, comenzando con una pequeña cantidad inicial muestra (suero, plasma, un reactivo químico, etc.). La fuente del material para diluir encada paso viene del material diluido en el tubo anterior. En una dilución seriada el factor de dilución total en cualquier punto es el producto del factor de dilución individual en cada uno de los tubos (Salazar, 2015).

Eficiencia fotosintética: Es la cantidad de CO₂ asimilado por el área de superficie, esto también depende de otros factores como la apertura de las estomas (Samboya, 2014).

Fialide: Es la célula conidiógena que desde un extremo origina por brotación y sin aumentar su longitud, los fialoconidios o fialosporas (Fuentes, 2019).

Fosfatos: Los fosfatos (P_2O_5) son una forma natural del fósforo (P) que las plantas necesitan para la fotosíntesis. Los fertilizantes a base de fosfato se originan de roca fosfórica (Belle, 2018).

Hifa: Filamento del micelio de los hongos (Real Academia Española, 2021) .

Hongo fitopatógeno: son organismos microscópicos carentes de clorofila constituidos por un conjunto de filamentos llamados hifas (Ames, 1997).

Microelemento: Aquellos elementos nutritivos que, siendo esenciales, son utilizados por las plantas en cantidades relativamente bajas o muy bajas (Agronutrientes, 2021).

Papa Dextrose Agar (PDA): Es un medio muy usado que sirve para aislar todo tipo de hongos. Se utiliza para el aislamiento, enumeración y cultivo de levaduras y mohos a partir de muestras. También se puede utilizar en la identificación de hongos y levaduras en paralelo con su morfología celular o en métodos de micro cultivo en portaobjetos (Cañedo, 2004).

Porosidad del suelo: se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse (FAO, 2015).

Saprófitos: Dicho de una planta o de un microorganismo; Que se alimenta de materias orgánicas en descomposición (Real Academia Española , 2021).

Solubilizar: Disolver una sustancia en otra (Española, 2021).

Sustrato: Un sustrato es todo aquel material sólido o soporte físico diferente al suelo, que puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, introducido en un recipiente, tierra o un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite y facilita el anclaje del sistema radicular de las plantas, su desempeño y soporte (Sembralia, 2021).

Tejidos meristemáticos: dan origen a otros tejidos. Están relacionados con el crecimiento de las plantas. Los tejidos meristemáticos primarios posibilitan el crecimiento en longitud y los secundarios permiten el crecimiento en espesor de las plantas (dicotiledóneas leñosas y gimnospermas) (Chuncho, et al., 2019).

Umbela: Grupo de flores o frutos que nacen en un mismo punto del tallo y se elevan a igual o casi igual altura (Real Academia Española, 2021).

BIBLIOGRAFÍA

ALCANTAR, J., GODOY, J., & SÁNCHEZ, R. "Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal". *Revista Nova* [En línea], 2019, (Colombia) 17 (32), pp. 1-21. [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 1794-2470. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109

ÁLVAREZ, P., IZA, M., & RODRIGUEZ, J. "Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* en el desarrollo de diferentes plántulas de especies". *Revista Agraria Académica*. [En línea], 2021, (Ecuador) 4 (4), pp. 74-83. [Consulta: 14 diciembre 2020]. ISSN 2595-3125. Disponible en: <https://agrariacad.com/wp-content/uploads/2021/08/Rev-Agr-Acad-v4-n4-2021-p74-83-Efeito-do-Trichoderma-harzianum-e-Trichoderma-longibrachiatum-no-desenvolvimento-de-diferentes-mudas-de-especies-florestais.pdf>

ALVITER DÍAZ, Teyacatzin. Efecto de las fracciones de los exudados de *Trichoderma asperellum* sobre la actividad de la ATPasa de H⁺ de la membrana plasmática y el crecimiento de maíz [En línea] (Tesis). (Pregrado). Universidad Autónoma de México, Facultad de Química, Ciudad Universitaria, CDMX. 2018. pp. 1-77. [Consulta: 2020-07-13]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2018/noviembre/0782602/0782602.pdf>

AMES, T. *Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos*. [En línea]. Lima - Perú: CIP, 1997. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/publication%20files/books/002438.pdf>

ANDRADE MONTALVO, Claudia María. Evaluación del efecto de la aplicación *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en el cantón Píllaro, provincia de Tungurahua [En línea] (Tesis). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 1-115. [Consulta: 2020-04-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2207/1/13T0752%20.pdf>

AÑAZCO, M. *Selección de especies y manejo de semillas*. [blog]. [Consulta: 03 mayo 2021]. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300057661>

BAROCIO HERNANDEZ, Cecilia. Estudio de las interacciones entre cepas comerciales de hongos promotores del crecimiento y antagonistas (*Trichoderma* spp.), y hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae*, y *Beauveria bassiana*) [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, México. 2014. pp. 1-58. [Consulta: 2020-05-24]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2014/octubre/0719739/0719739.pdf>

BELLE, Doug. *Los fosfatos alimentan al mundo* [blog]. [Consulta: 14 febrero 2022] Disponible en: <https://www.hatch.com/es-CL/About-Us/Publications/Blogs/2018/01/How-phosphates-feed-the-world>

BIOLOGY. *Definición de Colonización* [blog]. [Consulta: 14 de febrero 2022]. Disponible en: [https://wikioes.icu/wiki/Colonisation_\(biology\)](https://wikioes.icu/wiki/Colonisation_(biology)).

BISSET, J. *Una revisión del género Trichoderma I Sección Longibrachiatum* [blog]. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b84-131>

BORJA ENDARA, Maritza Angeles. Reproducción del hongo *Trichoderma harzianum* (Biofungicida) aprovechando desechos agroindustriales (Residuos de papa, Tamo de frejol ,Bagazo de caña). [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2009. pp. 1-90. [Consulta: 2021-02-20]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/1234_56789/387/1/03%20AGI%20265%20TESIS.pdf

CAMARGO, D & ÁVILA, R. "Efectos del *Trichoderma* sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja". Revista Ciencia y Agricultura [En línea], 2014, (Colombia) 11 (1), pp. 91-100. [Consulta: 03 marzo 2021]. ISSN 0122-8420. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039253>

CAÑEDO, V. *Laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*. [En línea]. Lima - Perú: CIP, 2004. [Consulta: 12 abril 2021]. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>

CARRANZA, S. "Revisión bibliográfica sobre *Acacia melanoxylon*: su silvicultura y su madera". Revista de la Facultad de Agronomía [En línea], 2007, (Argentina) 106 (2), pp. 145-154. [Consulta: 12 junio 2020]. ISSN 0041-8676. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:blNjSPrqz3cJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5718155.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

CHECA, X., & GRIJALVA, J. *Ecuador: El estado de los recursos genéticos forestales en el mundo*. [En línea]. Quito - Ecuador: INIAP, 2012. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2742/1/iniapscpm424.pdf>

CHUNCHO, G., CHUNCHO, C & AGUIRRE, Z. *Anatomía y morfología vegetal*. [En línea]. Loja - Ecuador: EDILOJA, 2019. [Consulta: 23 septiembre 2021]. Disponible en: <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/201912/ANATOMI%CC%81A%20Y%20MORFOLOGI%CC%81A%20VEGETAL.pdf>

CUASQUER CUASAPUD, Cristian Heriberto. Evaluación del crecimiento de Acacia (*Acacia melanoxylon*) en asocio con tres variedades de pastos, en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra, Ecuador. 2017. pp. 1-120. [Consulta: 2021-02-16]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6081/1/03%20F0R%20247%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

DIMITRI, J. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y jardinería*. [En línea]. Buenos Aires - Argentina: ACME S.A.C.I, 2000. [Consulta: 01 mayo 2021]. Disponible en: <https://archive.org/details/enciclopediaargentinaaagriculturayjardineriaparodimdimitriacme1972/page/n1/mode/1up?view=theater>

RAE. *Definición de solubilizar*. [blog] [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/solubilizar>.

ESPINOZA, Victor Manuel. Análisis de calidad y comportamiento de semilla de Lupina (*Cytisus monspensulanus*) de origen conocido en distintas comunidades de Chimborazo. [En línea] (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2008. pp. 1-116. [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/715/1/33T0070.pdf>

FAO. *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. [En línea]. Lima - Perú: IPES, 2010. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: https://www.ciaorganico.net/documypublic/540_Biopreparados-para-la-agricultura-FAO.pdf

FLORES OCAMPO, Celia. Estudio de factores nutricionales y de proceso que determinan la producción de biomasa micelial de *Trichoderma harzianum* y su viabilidad. [En línea] (Tesis). (Maestría) Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, México. 2002. pp. 1-123. [Consulta: 2021-06-15]. Disponible en: <http://132.248.9.195/pdtestdf/0306644/0306644.pdf>

FLORES MAMANI, Monica Nelba. Efecto de la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de Acacia negra (*Acacia melanoxylon*) de diferentes procedencias en Cota. [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz - Bolivia 2012. pp. 1-140. [Consulta: 2021-04-12]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8104/T-1628.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FUENTES, I. *Biofabricación. Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos*. [En línea]. Madrid - España: DIGA, 2019. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible

en: https://oa.upm.es/63507/1/TFG_Jun20_Fuentes_Cantillana_Monereo_Ignacio.pdf

GALEANO, F., MENDEZ, A, & URBANEJA, A. *Efecto de Trichoderma harzianum Rifai (Cepa t-22) sobre cultivos hortícolas.* [Blog]. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/21698831-Efecto-de-trichoderma-harzianum-rifai-cepa-t-22-sobre-cultivos-hortícolas.html>

GUIGÓN, C., GONZÁLEZ, P. "*Selección de Cepas Nativas de Trichoderma spp. con Actividad Antagónica sobre Phytophthora capsici Leonian y Promotoras de Antagónica sobre Phytophthora capsici Leonian y Promotoras de Crecimiento en el Cultivo de Chile (Capsicum annuum)*". Revista Mexicana de Fitopatología [En línea], 2004, (México) 22 (1), pp. 117-124. [Consulta: 16 marzo 2021] ISSN: 0185-3309. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222115.pdf>

GUZMÁN CHÁVEZ, Fernando. Efecto de *Trichoderma asperellum* en la respuesta fisiológica y de defensa del maíz contra *Fusarium verticillioides*. [En línea] (Tesis). (Maestría) Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 2013. pp. 1-112. [Consulta: 2021-04-23]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2013/mayo/0693547/0693547.pdf>

HERNÁNDEZ, D., FERRERA, R, & ALARCON, A. "*Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnología, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial*". Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias [En línea], 2019, (México) 35 (1), pp. 1-15. [Consulta: 20 julio 2021] ISSN 0719-3890. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v35n1/0719-3890-chjaasc-00205.pdf>

INFANTE, D, GONZÁLEZ, N, & MARTÍNEZ G. "*Mecanismos de acción de acción de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos*". Revista de Protección Vegetal [En línea], 2009, (Cuba) 24 (1), pp. 1-8. [Consulta: 8 mayo 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>

INTA. *Manual de vivero.* [Blog]. [Consulta: 6 mayo 2021]. Disponible en: https://aulavirtua.l.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf

ITTO. *Manual: vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – Perú.* [Blog]. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2993/Technical/2%20Manual%20produccion%20vivero%20forestal.pdf.

MARTÍNEZ, B., INFANTE, D., & REYES, Y. "*Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos*". Revista de Protección Vegetal [En línea], 2013, (Cuba) 28 (1) , pp.1-11. [Consulta: 15 julio 2021]. ISSN 1010-2752. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>

MARTÍNEZ, B., INFANTE, D., & PETEIRA, B. "*Taxonomía polifásica y variabilidad en el género Trichoderma*". Revista de Protección Vegetal [En línea], 2015, (Cuba) 30 (1) , pp. 11-22. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 2224-4697. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tgVZG-A7OG0J:scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30s1/rpv004s15.pdf+&>

MARTÍNEZ, R. *Viveros forestales: manual de cultivo y proyectos*. [En línea]. Barcelona - España: Mundi - Prensa, 2008. [Consulta: 3 mayo 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/reader/esepoch/35873>.

MÉNDEZ RAMÍREZ, Moisés. Efecto del hongo *Trichoderma* sobre la expresión de los transportadores ZMSweet en tejido aéreo [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2018. pp. 18-20. [Consulta: 2021-08-12]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2018/junio/0775741/0775741.pdf>

OLIVA, M., VACALLA, & PÉREZ, D. *Vivero forestal* [En línea] Lima - Perú: MINAGRI, 2014. [Consulta: 2 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/349/1/Oliva-doctec-2014d.pdf>.

ORDÓÑEZ, L., HOFSTEDE, R., & AGUIRRE, N. *Sitios de recolección de semillas forestales andinas del Ecuador*. [En línea]. Quito - Ecuador: ECOPAR, 2001. [Consulta: 3 mayo 2021]. Disponible en: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1316&context=abya_yala

OSPINA, C., HERNÁNDEZ, R., & GÓMEZ, D. *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. [En línea]. Bogotá - Colombia: BLANECOLOR, 2005. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>.

RAMOS, A., LOMBARDI, 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: 17 julio 2021]. ISSN 0556 - 6592. Disponible en: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1581/pdf_65

RAMOS, A., YABID, E., & NAVARRO, R. "*Evaluación de sustratos y procesos de*

fermentación sólida para la producción de esporas de Trichoderma spp". Revista Colombiana de Biotecnología [En línea], 2008, (Colombia) 10 (2), pp. 23-34. ISSN 0123-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/776/77610204.pdf>

RAE. *Diccionario de la lengua española*. [Blog]. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/saprofito>.

RUÍZ, M., ORNELAS, J, & OLIVAS, G. "*Efecto de Trichoderma spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate*". Revista Mexicana de Fitopatología [En línea], 2018, (México) 36 (3), pp. 1-13. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISSN 2007-8080. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000300444

SÁENZ, J., FLORES, H, & RUEDA, C. "*Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán*". Revista Mexicana de Ciencias Forestales [En línea], 2014, (México) 5 (26), pp. 98-111. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 2007-1132. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/634/63439016008.pdf>

SALAZAR, J. *Definición de Diluciones seriadas*. [Blog]. [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-federico-villarreal/taller-de-investigacion-ii/diluciones-seriadas-cuestionario/6977117>.

SAMBOYA RENGIFO, Edward. Eficiencia fotosintética y su efecto en la calidad nutricional de la alfalfa tropical (*Medicago sativa*) en Zungarococha-Iquitos .[En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú. 2014. pp. 1-71. [Consulta: 2021-05-23]. Disponible en: <https://llibrary.co/document/q7w910oz-eficiencia-fotosintetica-calidad-nutricional-tropical-medicago-zungarococha-iquitos.html>

SANTANA, T & CASTELLANOS, L. "Efecto bioestimulante de *Trichoderma harzianum* Rifai en posturas de Leucaena, Cedro y Samán". Revista Colombia Forestal [En línea], 2017, (Colombia) 21 (1), pp. 81-90. [Consulta: 17 marzo 2020]. ISSN 0120-0739. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v21n1/0120-0739-cofo-21-01-00081.pdf>

SCHOCH, C. *Taxonomía de NCBI: una actualización completa sobre conservación, recursos y herramientas. Base de datos: la revista de bases de datos biológicas y curación*. [Blog]. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7408187/>.

SEMBRALIA. *Tipos de sustratos para el cultivo de plantas* [Blog]. [Consulta: 14 febrero 2022].

Disponible en: <https://sembralia.com/tipos-de-sustrato/>.

UNILABS. *Tipos de cepas según sus características.* [Blog]. [Consulta: 14 de febrero de 2022].
Disponible en: <https://www.unilabs.es/glosario/cepa>.

URETA, D., GARCÍA, Y, & ARTEAGA, Y. "Método de clasificación a partir del diagnóstico de calidad morfológica en vivero para la selección de especies forestales promisorias en programas de restauración". *Revista Amazónica, Ciencia y Tecnología* [En línea], 2018, (Ecuador) 7 (3), pp. 142-150. [Consulta: 15 junio 2021]. ISSN 1390-5600. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7177557>.

VEGA, P., CANCHIGNIA, H, & GONZÁLEZ, M. *Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias.* [Blog]. [Consulta: 14 febrero 2022].
Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500005.

YANQUI HUEBLA, César. Implementación de un vivero forestal y huertos hortícola familiares en la comunidad de Guargualla Chico. [En línea] (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería agronómica. 2001. pp. 4-6. [Consulta: 2021-04-12]. Disponible en: <http://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=39086>



Firmado electrónicamente por:
**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**

ANEXOS

ANEXO A: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE CAMPO

	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO		 Carrera de Ingeniería Forestal
			
Adquisición de las plántulas.	Trasplante de las especies forestales.		
	 <div data-bbox="820 1585 1402 1877" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"><p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES INGENIERÍA FORESTAL</p><p>TRATAMIENTO N° 1</p><p><i>Trichoderma harzianum 1 * Lupina</i></p><p>RESPONSABLE: TANIA WALLANCAÑAY</p></div>		
Riego.	Identificaciones en cada uno de los 15 tratamientos del ensayo.		

APLICACIONES



Primera aplicación de *Trichoderma*.



Segunda aplicación de *Trichoderma*.



Aplicación del insecticida Nockeo.



Tercera aplicación de *Trichoderma*.

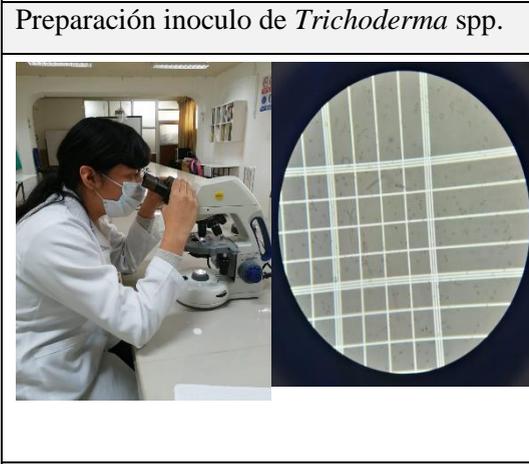


Toma de datos variable Altura y (DAC).



Toma de datos variable: N° de hojas.

ANEXO B: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE LABORATORIO

  REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO	
	
<p>Preparación inoculo de <i>Trichoderma</i> spp.</p>	<p><i>Trichoderma</i> spp.</p>
	
<p>Conteo de esporas.</p>	<p>Muestras frescas de las especies forestales.</p>
	
<p>Toma de datos variable peso fresco (g).</p>	<p>Toma de datos variable longitud de la raíz (cm)</p>



Secado de la especies forestales.



Toma de datos variables peso seco foliar y peso seco radicular (g).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tratamiento	especie_forestal	especie_hongo	cepa	tiempo	bloque	planta	peso_seco_radicular
2	T1	Lupina	T.harzianum	1	75	1	3	
3	T1	Lupina	T.harzianum	1	75	1	4	
4	T2	Lupina	T.harzianum	1	75	1	2	
5	T2	Lupina	T.harzianum	2	75	1	4	
6	T3	Lupina	T.longibrach	1	75	1	3	
7	T3	Lupina	T.longibrach	1	75	1	2	
8	T4	Lupina	T.longibrach	2	75	1	1	
9	T4	Lupina	T.longibrach	2	75	1	4	
10	T5	Lupina	Agua	3	75	1	1	
11	T5	Lupina	Agua	3	75	1	2	
12	T6	Aliso	T.harzianum	1	75	1	1	
13	T6	Aliso	T.harzianum	1	75	1	3	
14	T7	Aliso	T.harzianum	2	75	1	1	
15	T7	Aliso	T.harzianum	2	75	1	2	
16	T8	Aliso	T.longibrach	1	75	1	1	
17	T8	Aliso	T.longibrach	1	75	1	4	
18	T9	Aliso	T.longibrach	2	75	1	2	
19	T9	Aliso	T.longibrach	2	75	1	3	
20	T10	Aliso	Agua	3	75	1	3	

Procesamiento de datos de acuerdo a las diferentes variables.

```

SUMARIO_longitud_raiz<-summarize(group_by(datos_longitud_raiz,
mu = mean(longitud_raiz),
sd = sd(longitud_raiz),
n = length(longitud_raiz),
se = sd / sqrt(n),
ciu = mu + (qt(0.025, df = n-1)*se),
)

```

mu groups
Aliso 0.3315 a
Lupina 0.2215 b
Acacia 0.18925 b

```

> library(openxlsx)
> exportar_en_excel
> write.xlsx(anova_peso_seco_radicular, "Anova_peso_seco_radicular.xlsx")

```

Histogram of anova_alt\$residuals

Análisis de datos Rstudio.

ANEXO C: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE ALTURA A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	12,625	4,307
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	18,90	5,108
Acacia	<i>T.harzianum</i>	22,532	5,917
Aliso	Agua	7,244	3,773
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	13,258	3,745
Aliso	<i>T.harzianum</i>	14,431	4,512
Lupina	Agua	23,813	5,983
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	36,431	6,336
Lupina	<i>T.harzianum</i>	33,526	7,162

ANEXO D: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE DAC A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	1,524	0,410
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	1,520	0,266
Acacia	<i>T.harzianum</i>	1,648	0,360
Aliso	Agua	2,056	0,715
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	2,383	0,802
Aliso	<i>T.harzianum</i>	2,330	0,640
Lupina	Agua	1,809	0,451
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	2,050	0,436
Lupina	<i>T.harzianum</i>	2,071	0,575

ANEXO E: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	10,938	4,371
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	14,680	7,223
Acacia	<i>T.harzianum</i>	15,124	6,402
Aliso	Agua	16,125	5,884
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	19,254	3,148
Aliso	<i>T.harzianum</i>	21,188	3,757
Lupina	Agua	16,375	5,872
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	18,436	3,641
Lupina	<i>T.harzianum</i>	18,435	3,649

ANEXO F: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	7,5	0,57
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	8,25	0,95
Acacia	<i>T.harzianum</i>	9,5	1,00
Aliso	Agua	6,25	2,06
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	7,75	0,95
Aliso	<i>T.harzianum</i>	8	0,81
Lupina	Agua	22,5	2,89
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	37,2	7,54
Lupina	<i>T.harzianum</i>	33,6	7,02

ANEXO G: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO FRESCO A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	1,411	0,549
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	3,079	2,036
Acacia	<i>T.harzianum</i>	2,828	0,781
Aliso	Agua	3,369	1,858
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	5,747	1,316
Aliso	<i>T.harzianum</i>	6,005	1,975
Lupina	Agua	3,999	2,173
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	6,472	1,732
Lupina	<i>T.harzianum</i>	6,133	1,586

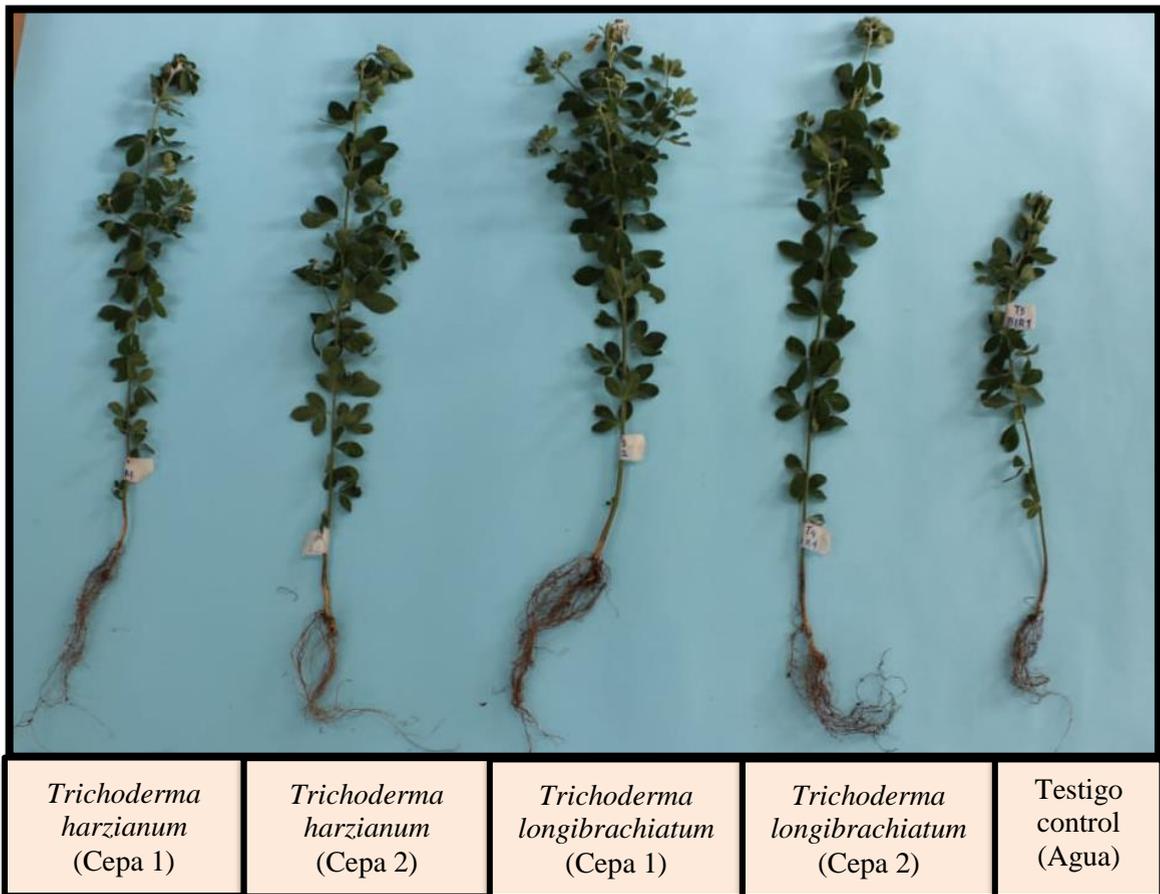
ANEXO H: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO FOLIAR A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	0,326	0,134
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	0,627	0,165
Acacia	<i>T.harzianum</i>	0,642	0,143
Aliso	Agua	0,750	0,257
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	1,173	0,304
Aliso	<i>T.harzianum</i>	1,178	0,370
Lupina	Agua	0,873	0,394
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	1,461	0,415
Lupina	<i>T.harzianum</i>	1,353	0,393

ANEXO I: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO RADICULAR A LOS 75 DÍAS

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Acacia	Agua	0,086	0,041
Acacia	<i>T. longibrachiatum</i>	0,225	0,128
Acacia	<i>T.harzianum</i>	0,294	0,134
Aliso	Agua	0,259	0,152
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	0,362	0,138
Aliso	<i>T.harzianum</i>	0,353	0,156
Lupina	Agua	0,160	0,116
Lupina	<i>T. longibrachiatum</i>	0,268	0,114
Lupina	<i>T.harzianum</i>	0,228	0,074

ANEXO J: *Trichoderma* spp. APLICADO EN LA ESPECIE FORESTAL LUPINA



ANEXO K: *Trichoderma* spp. APLICADO EN LA ESPECIE FORESTAL ALISO



ANEXO L: *Trichoderma* spp. APLICADA A LA ESPECIE FORESTAL ACACIA





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: 20 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)	
Nombres – Apellidos: Tania Elizabeth Wallancañay López	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Recursos Naturales	
Carrera: Ingeniería Forestal	
Título a optar: Ingeniera Forestal	
f. responsable:	 Firmado electrónicamente por: CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ



0558-DBRA-UTP-2022