



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

USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE EN *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* y *Alnus acuminata* A NIVEL DE VIVERO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:**

**JOHANA ELIZABETH CASIÑA YUMBO**

Riobamba- Ecuador

2022



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

USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE EN *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* y *Alnus acuminata* A NIVEL DE VIVERO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** JOHANA ELIZABETH CASIGÑA YUMBO

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

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Johana Elizabeth Casigña Yumbo**

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, JOHANA ELIZABETH CASIGÑA YUMBO, 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, 23 de marzo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Casigña Yumbo', with a stylized flourish at the end.

**Johana Elizabeth Casigña Yumbo**

**060523632-2**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de investigación, **USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE EN *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* y *Alnus acuminata* A NIVEL DE VIVERO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **JOHANA ELIZABETH CASIGÑA YUMBO**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Miguel Ángel Gualpa Calva MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MIGUEL ANGEL GUALPA CALVA</b>	2022-03-23
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	PABLO ISRAEL Firmado ALVAREZ digitalmente por ROMERO PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO	2022-03-23
Ing. Rolando Fabián Zabala Vizúete MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	ROLANDO FABIAN ZABALA VIZUETE  Firmado digitalmente por ROLANDO FABIAN ZABALA VIZUETE Fecha: 2022.04.25 18:50:47 -0500	2022-03-23

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de integración curricular va dedicado especialmente para mi padre, ya que él fue, el que desde pequeña me inculcó el querer ser una persona importante, exitosa y que logre lo que él no pudo. Todo lo que en estos años he logrado ha sido por él, esencialmente, por su inmenso sacrificio para que no dejara mis estudios, por esas lágrimas que derramó cuando su niña se fue de su lado, por ese amor que nunca me faltó estando lejos, podría decir que mi padre fue la persona que logró que yo fuese profesional, sólo él y yo sabemos todo lo que hemos tenido que pasar para que este día llegue y aquí estoy. A mi madre y hermanos, los mismos que me apoyaron moral y emocionalmente, ellos que sin importar lo que arriesgasen me ayudaron en cada dificultad que tenía, me brindaron amor, cariño y sobre todo siempre que sentía que no podía más ellos me llenaron de fuerza para seguir adelante. A mi hijo, que sin duda desde el primer momento que supe que vendría al mundo dije que lo lograría por él y para él; finalmente, y no por eso menos importante, a mi pareja el cual me apoyó y brindó amor para que no dejara nunca de cumplir mi sueño, él me ayudó en muchas ocasiones a seguir adelante, a no darme por vencida, él que, sin esperar nada a cambio, siempre ha estado para mí y no solo económicamente si no que siempre me ha dado ese valor que muchas veces ya no tenía, todo este trabajo es dedicado a estas personas que sin dudarlo diría que son mi vida entera.

Johana

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios quien me dio la oportunidad de seguir viva para que logre cumplir mi sueño, por brindarme la oportunidad de ser madre y darme una razón más para seguir adelante, a él que nunca me abandonó a pesar de todos los errores cometidos en mi vida.

A mis padres que siempre me brindaron su amor incondicional y su apoyo, especialmente a mi padre, porque él no podía tener una vida tranquila desde el momento que me fui a cumplir nuestro sueño, gracias Papito por ser incondicional conmigo, por siempre darme todo lo que necesitaba, dejando a un lado sus otras necesidades, gracias por no dejarme sola nunca y sobre todo por enseñarme que en la vida todo se puede y que por los hijos no importa uno mismo, que no hay satisfacción más grande que ver a un hijo feliz.

A mis hermanos que me ayudaron a ser fuerte y sobre todo en los últimos momentos de la carrera les estaré eternamente agradecida por cuidar y amar mucho a mi hijo cuando yo no podía estar con él, a mi madre por ser el pilar en este transcurso del cuidado de mi hijo cuando tenía que estudiar o dejarlo, gracias por ser un ese apoyo fundamental para poder lograr mi objetivo.

A mi hijo, no tengo palabras para expresar lo agradecida que estoy con él, tal vez aun no lo entienda, pero hubo días que no podía más, que me sentía cansada, estresada, asustada, con un miedo enorme y con unas ganas inmensas de rendirme, pero no sé de qué manera él me daba esa fuerza que me faltaba, ese amor que me impulsaba a seguir luchando, cada vez que veía su carita me daba fortaleza y mucha valentía, hasta que me propuse cumplir con mi objetivo por él, por los dos.

A mi pareja por brindarme amor y apoyo en momentos que más lo necesitaba, gracias por luchar junto a mi para lograr cumplir con este sueño que durante 5 años lo he estado esperando.

Johana

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Descripción botánica .....	4
1.1.1 <i>Balsa (Ochroma pyramidale)</i> .....	4
1.1.2 <i>Sauce Blanco (Salix alba)</i> .....	4
1.1.3 <i>Aliso (Alnus acuminata)</i> .....	5
1.2 Vivero forestal.....	6
1.2.1 <i>Sustrato</i> .....	6
1.2.2 <i>Semillero</i> .....	6
1.3 Propagación.....	7
1.3.1 <i>Asexual</i> .....	7
1.3.2 <i>Sexual</i> .....	7
1.4 Selección de planta madre.....	7
1.5 <i>Trichoderma spp.</i> .....	8
1.5.1 <i>Trichoderma harzianum</i> .....	8
1.5.2 <i>Trichoderma longibrachiatum</i> .....	8
1.5.3 <i>Trichoderma spp. en micoparasitismo</i> .....	9
1.5.4 <i>Trichoderma spp. en la Desactivación de las enzimas de patógenos y Estimulación del crecimiento vegetal</i> .....	9

### CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	11
<b>2.1</b>	<b>Materiales y métodos</b> .....	11
<b>2.1.1</b>	<b><i>Características del lugar</i></b> .....	11
<b>2.1.1.1</b>	<i>Localización</i> .....	11
<b>2.1.1.2</b>	<i>Ubicación geográfica</i> .....	11
<b>2.1.1.3</b>	<i>Características climatológicas</i> .....	11
<b>2.1.2</b>	<b><i>Materiales y equipos</i></b> .....	11
<b>2.1.2.1</b>	<i>Materiales de campo</i> .....	11
<b>2.1.1.2</b>	<i>Equipos de campo</i> .....	12
<b>2.1.1.3</b>	<i>Materiales de laboratorio</i> .....	12
<b>2.1.1.4</b>	<i>Equipos de laboratorio</i> .....	12
<b>2.1.1.5</b>	<i>Reactivos e insumos</i> .....	12
<b>2.1.1.6</b>	<i>Material biológico</i> .....	13
<b>2.1.1.7</b>	<i>Materiales y equipos de oficina</i> .....	13
<b>2.2</b>	<b>Metodología</b> .....	13
<b>2.2.1</b>	<b><i>Especificaciones de diseño experimental</i></b> .....	13
<b>2.2.1.2</b>	<i>Diseño experimental</i> .....	13
<b>2.2.2</b>	<b><i>Variables a evaluar</i></b> .....	15
<b>2.2.3</b>	<b><i>Identificación y conceptualización de las especies</i></b> .....	17
<b>2.2.4</b>	<b><i>Elaboración de plantas</i></b> .....	18
<b>2.2.4.1</b>	<i>Siembra de especies forestales</i> .....	18
<b>2.2.4.2</b>	<i>Repique de especies forestales</i> .....	19
<b>2.2.4</b>	<b><i>Instalación del diseño experimental en campo</i></b> .....	19
<b>2.2.5</b>	<b><i>Fase de laboratorio</i></b> .....	19
<b>2.2.5.1</b>	<i>Preparación del medio de cultivo</i> .....	19
<b>2.2.5.2</b>	<i>Repique del hongo</i> .....	20
<b>2.2.5.3</b>	<i>Extracción del hongo</i> .....	21
<b>2.2.5.4</b>	<i>Conteo de esporas</i> .....	21
<b>2.2.5.5</b>	<i>Preparación del inóculo</i> .....	23

2.2.6	<i>Inoculación de Trichoderma spp. en las diferentes especies forestales</i> .....	23
-------	--	----

### CAPITULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
3.1	<b>Resultados de los parámetros a evaluar</b> .....	24
3.1.1	<i>Evaluación de la altura de las especies forestales</i> .....	24
3.1.1.1	<i>Evaluación en la variable altura en las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	25
3.1.2	<i>Evaluación del Diámetro a la altura del cuello (DAC) de las especies forestales</i> ....	27
3.1.2.1	<i>Evaluación del DAC de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos</i> .....	28
3.1.3	<i>Evaluación del número de hojas de las especies forestales</i> .....	31
3.1.3.1	<i>Evaluación del número de hojas de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	31
3.1.4	<i>Evaluación de la longitud de raíz de las especies forestales</i> .....	35
3.1.4.1	<i>Evaluación de la longitud de raíz en las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	35
3.1.5	<i>Evaluación del peso fresco de las especies forestales</i> .....	38
3.1.5.1	<i>Evaluación del peso fresco de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	39
3.1.6	<i>Evaluación del peso seco radicular de las especies forestales</i> .....	42
3.1.6.1	<i>Evaluación del peso seco radicular de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	42
3.1.7	<i>Evaluación del peso seco foliar de las especies forestales</i> .....	45
3.1.7.1	<i>Evaluación del peso seco foliar de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos</i> .....	46
3.2	<b>Índice de Dickson</b> .....	48
3.3	<b>Discusión</b> .....	50
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	51
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	52

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Especificaciones de diseño experimental .....	13
<b>Tabla 2-2:</b>	Diseño experimental de campo .....	14
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de varianza de la variable altura final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos. ....	25
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la evaluación de altura final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	26
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis de varianza del desarrollo del DAC final en las especies forestales.....	28
<b>Tabla 6-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del DAC final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	29
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis de varianza del desarrollo de la variable número de hojas final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.....	32
<b>Tabla 8-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del número de hojas final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	32
<b>Tabla 9-3:</b>	Análisis de varianza del desarrollo de la longitud de la raíz final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos. ....	36
<b>Tabla 10-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación de la longitud de la raíz final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	36
<b>Tabla 11-3:</b>	Análisis de varianza del peso fresco final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos. ....	39
<b>Tabla 12-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso fresco final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	40
<b>Tabla 13-3:</b>	Análisis de varianza del peso seco radicular final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos. ....	43
<b>Tabla 14-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso seco radicular final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	43
<b>Tabla 15-3:</b>	Análisis de varianza del peso seco foliar final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos. ....	46
<b>Tabla 16-3:</b>	Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso seco foliar final de las 3 especies forestales con la inoculación de <i>Trichoderma</i> spp.....	47
<b>Tabla 17-3:</b>	Índice de Dickson para la especie forestal Aliso.....	48
<b>Tabla 18-3:</b>	Índice de Dickson para la especie forestal Balsa.....	49
<b>Tabla 19-3:</b>	Índice de calidad de Dickson para la especie forestal Sauce blanco .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Subcompartimentos del hemacitómetro de Neubauer.....	22
<b>Figura 2-3:</b>	Mejor resultado en la evaluación de la variable altura final. ....	27
<b>Figura 3-3:</b>	Tratamientos con mejor resultado de DAC final .....	30
<b>Figura 4-3:</b>	Tratamientos con mejor resultado en el número de hojas final .....	34
<b>Figura 5-3:</b>	Tratamiento con mejor resultado en la variable longitud de la raíz final.....	38
<b>Figura 6-3:</b>	Mejor resultado en la variable peso fresco de las especies forestales. ....	41
<b>Figura 7-3:</b>	Mejor resultado en la variable peso seco radicular de las especies forestales .....	45
<b>Figura 8-3:</b>	Tratamiento con mejor efecto en peso seco foliar de las especies forestales.....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable altura (15, 30, 45, 60 y 75 días) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp.....	24
<b>Gráfico 2-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable altura a los 75 días, de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> . ....	25
<b>Gráfico 3-3:</b>	Diagrama de caja y bigote para la variable DAC (15, 30, 45, 60 y 75) de las distintas especies sometidas a los distintos tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp. ....	27
<b>Gráfico 4-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable DAC a los 75 días de las distintas especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> . ....	28
<b>Gráfico 5-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp. ...	31
<b>Gráfico 6-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T.harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> ..	31
<b>Gráfico 7-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz a los 75 días de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp.....	35
<b>Gráfico 8-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> . ....	35
<b>Gráfico 9-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable peso fresco a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp. ....	38
<b>Gráfico 10-3:</b>	Diagrama de caja y bigote del peso fresco a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 respectivamente de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> ..	39
<b>Gráfico 11-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp. ....	42
<b>Gráfico 12-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> . ....	42
<b>Gráfico 13-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco foliar a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con <i>Trichoderma</i> spp. ...	45
<b>Gráfico 14-3:</b>	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seo foliar a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de <i>T. harzianum</i> y <i>T. longibrachiatum</i> . ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	LABORES DE CAMPO .....	59
<b>ANEXO B:</b>	FASE DE LABORATORIO.....	63
<b>ANEXO C:</b>	FASE 2 DE LABORATORIO .....	64
<b>ANEXO D:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE ALTURA A LOS 75 DÍAS.....	66
<b>ANEXO E:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA VARIABLE DAC A LOS 75 DÍAS .....	66
<b>ANEXO F:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS .....	66
<b>ANEXO G:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ.....	67
<b>ANEXO H:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO FRESCO .....	67
<b>ANEXO I:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO RADICULAR .....	67
<b>ANEXO J:</b>	PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO FOLIAR .....	68
<b>ANEXO K:</b>	TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LAS 3 ESPECIES FORESTALES .....	68

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la efectividad de dos especies fúngicas utilizadas en control biológico pertenecientes al género *Trichoderma*. *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* fueron evaluados en el desarrollo de *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* y *Alnus acuminata* a nivel de vivero. El ensayo vislumbró fases de identificación de las especies forestales, preparación de sustrato, enfundado, siembra por semilla y estaca, preparación de las suspensiones de *Trichoderma* spp, riego, y control de las variables a evaluar: altura de la planta, Diámetro a la Altura del Cuello (DAC) que fueron evaluados a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después de realizado el repique de las especies forestales; longitud de la raíz, número de hojas, peso fresco, peso seco foliar y peso seco radicular que fueron evaluados a los 75 días. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar Factorial (DBCA) con quince tratamientos y tres repeticiones. La inoculación de *Trichoderma* spp. fue realizada en tres ocasiones con una concentración de  $1 \times 10^6$  ufc/mL. Finalmente, se calculó el índice de calidad de Dickson para la evaluación de los mejores tratamientos en cada especie forestal. Se concluyó que las tres especies tuvieron efecto por parte del hongo, sin embargo, *Alnus acuminata* fue la especie que mejor respuesta obtuvo por parte de *T. harzianum* cepa 1 en las variables evaluadas altura, peso fresco y peso seco radicular, mientras que *T. longibrachiatum* cepa 2 mostró superioridad al evaluar las variables Diámetro a la Altura del Cuello (DAC), longitud de la raíz y peso seco foliar en la especie *Alnus acuminata*. no obstante, para las especies *Salix alba* y *Ochroma pyramidale*, *T. longibrachiatum* fue efectivo en la variable número de hojas al aplicar la cepa 1, por lo que se recomendó potenciar el estudio sobre estas especies fúngicas en diferentes especies forestales existentes.

**Palabras clave:** < Balsa (*Ochroma pyramidale*) >, < SAUCE BLANCO (*Salix alba*) >, < ALISO

(*Alnus acuminata*) >, < *Trichoderma* spp. >, < PROMOTOR DE CRECIMIENTO >.



Firmado electrónicamente por:  
CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ



0698-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of the research was to determine the effectiveness of two fungal species used in biological control belonging to the *Trichoderma* genre. *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum* were evaluated in the development of *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* and *Alnus acuminata* at nursery level. The trial included identification phases of the forest species, substrate preparation, sheathing, sowing by seed and stake, preparation of *Trichoderma spp* suspensions, irrigation, and control of the variables to be evaluated: plant height, Diameter at Collar Height (DAC) that were evaluated at 15, 30, 45, 60 and 75 days after the repotting of the forest species; root length, number of leaves, fresh weight, foliar dry weight and root dry weight which were evaluated at 75 days. An experimental design of Randomized Complete Block Factorial (DBCA) with fifteen treatments and three replicates was used. Inoculation of *Trichoderma spp.* was carried out on three times with a concentration of  $1 \times 10^6$  cfu/mL. Finally, the Dickson quality index was calculated for the evaluation of the best treatments in each forest species. It was concluded that the three species had an effect by the fungus, however, *Alnus acuminata* was the specie that obtained the best response by *T. harzianum* strain 1 in the evaluated variables height, fresh weight and root dry weight, while *T. longibrachiatum* strain 2 showed superiority when evaluating the variables Diameter at Collar Height (DAC), root length and leaf dry weight in the species *Alnus acuminata*. However, for the species *Salix alba* and *Ochroma pyramidale*, *T. longibrachiatum* was effective in the variable number of leaves when applying strain 1, so it was recommended to enhance the study on these fungal species in different existing forest species.

**Key words:** < BALSAM ( *Ochroma pyramidale* ) >, < WHITE SAUCE ( *Salix alba* ) >, < ALISO ( *Alnus acuminata* ) >, < *Trichoderma spp.* >, < GROWTH PROMOTER >.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA AMALIA  
BASANTES  
ARIAS**

## INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito forestal las especies: balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acuminata*) son de importancia no solo económica, si no también ambientalmente. Actualmente Ecuador está pasando por problemas en cuanto a la producción de especies leñosas ya sea dado por la muerte o mal desarrollo de las especies, esto ocasionado por falta de nutrientes en el suelo o por enfermedades causadas por virus, bacterias, hongos entre otros microorganismos presentes en el suelo, o incluso por el ataque de insectos que afectan directamente a la planta. Una de las formas que profesionales han optado por crear o expandir para que las especies forestales sean más fáciles de llevar o manejar son los promotores para el crecimiento y desarrollo de las mismas, tal es el caso de elementos pertenecientes al reino fungí, los cuales han demostrado ser antagonistas ante procesos que puedan perjudicar el desarrollo de una especie forestal.

Balsa es importante para el Ecuador, ya que es el primer país en producir y exportar su madera. El crecimiento de la especie es muy rápido por lo que es muy rentable en una plantación. Ambientalmente es muy útil para ser utilizados en sistemas agrosilviculturales, agroforestales y ayuda eficazmente ante la erosión y recuperación del suelo (González et al., 2010, p. 25).

La importancia del sauce blanco se enfoca en su uso medicinal de conocimiento ancestral como la extracción de una sustancia amarga que puede ayudar a calmar la fiebre, dolores musculares, reumatismos, etc., su madera es muy liviana y flexible, por lo que económicamente se emplea en la elaboración de cerillos y otros utensilios con madera delgada; ambientalmente es muy utilizado para cercas vivas y utilizados en sistemas agroforestales (García, S, 2018, p. 2).

El aliso es una especie forestal muy apetecida por la facilidad que tiene para asociarse en diversos sistemas productivos debido a sus aptitudes de conservación y adaptación, estudios realizados en la ciudad de Loja mencionan que *Alnus acuminata* llega a captar una gran cantidad de dióxido de carbono y óxido nitroso, lo cual permite definir a la especie como apta para sistemas agroforestales (Aulestía et al., 2018, pp. 12-16).

Actualmente la aplicación de hongos benéficos ha sido ampliamente utilizada en el mundo por su comportamiento como hiperparásitos y su capacidad de inhibir el desarrollo de otros microorganismos fúngicos, que le permite brindar soluciones a problemas que se generan al producir especies forestales sin mayor afectación ambiental (Tellez et al., 2009, p. 9).

## ANTECEDENTES

### PROBLEMA

*Trichoderma* spp. como la mayoría de los hongos benéficos se encuentra de manera natural en suelos, también se lo puede hallar en raíces, tallos y hojas de vegetales, el mismo que es utilizado para control biológico por lo que actualmente no existen estudios acerca de *Trichoderma* spp. como bioestimulante en especímenes forestales como balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acuminata*) a nivel de vivero en el cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo

### JUSTIFICACIÓN

Ecuador es un país muy diverso en cuanto a plantas, animales, microorganismos, especies fúngicas entre otros seres de los cuales no se ha podido comprobar los usos en su totalidad los cuales podrían aportar para futuras investigaciones teóricas y experimentales. Las especies fúngicas benéficas del género *Trichoderma* son una de las alternativas positivas ecológicamente hablando que pueden contribuir a la aceleración de las funciones fisiológicas de una planta.

En este trabajo práctico de investigación se aportó información acerca del efecto de dos especies fúngicas: *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*, en las especies forestales tales como balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acuminata*) a nivel de vivero.

Concibiendo la falta de maneras de manejar el ámbito forestal, se ha dado la alternativa de trabajar con especies de hongos específicamente en el género *Trichoderma*, para así comprobar su efecto en el desarrollo fisiológico de las especies forestales.

### OBJETIVOS

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Comprobar el efecto de *Trichoderma* spp. en el desarrollo y crecimiento de balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acuminata*) a nivel de vivero en el cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el desarrollo y crecimiento de balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acumminata*) a nivel de vivero en el cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma longibrachiatum* en el desarrollo y crecimiento de balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acumminata*) a nivel de vivero en el cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo.

## **HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS NULA**

Ninguna de las especies de *Trichoderma* spp. presentan un efecto en el desarrollo y crecimiento de balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acumminata*).

### **HIPÓTESIS ALTERNA**

Al menos una de las especies de *Trichoderma* spp. presentan un efecto en el desarrollo y crecimiento de balsa (*Ochroma pyramidale*), sauce blanco (*Salix alba*) y aliso (*Alnus acumminata*).

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Descripción botánica

##### 1.1.1 Balsa (*Ochroma pyramidale*)

- **Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Ochroma*

Especie: *Ochroma pyramidale* (Ecured, 2013, p. 5).

- **Descripción**

*Ochroma pyramidale*, comúnmente, llamado balsa, en Ecuador es de gran importancia económica, es un árbol perennifolio de 15 a 30 m de altura, su tronco es recto y cilíndrico con raíces tubulares en troncos grandes, su corteza es lisa de color pardo con pequeñas lenticelas, posee una copa ancha, con hojas dispuestas en espiral, simples, acorazonadas con margen entero y un peciolo de color café o rojo, las flores son grandes, solitarias, axilares, su cáliz es de color rojo y sus pétalos amarillos con bordes rojizos, los frutos son cápsulas de 15 a 25 cm de largo por 3 a 5 cm de ancho verdosas y negras cuando maduran poseen entre 500 a 800 semillas en su interior, las mismas son elongadas y pequeñas, presentan un extremo acuminado son de color moreno a opacas, rodeadas de abundantes pelos de color café amarillento (FAO, 1968, p. 23).

Por la densidad de la madera esta es utilizada para realizar canoas, maquetas, aeroplanos, artesanías e incluso para equipamiento de salvavidas. Su fruto es utilizado como fibra, el algodón que se encuentra dentro de los mismo es utilizados para rellenos de almohadas, peluches, colchones, canoas, sombreros, etc (Ecuador forestal, 2017, p. 45).

##### 1.1.2 Sauce Blanco (*Salix alba*)

- **Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Salicaceae

Género: *Salix*

Especie: *Salix alba* (Castilla et al., 2017, p. 16)

- **Descripción**

*Salix alba* es una especie forestal que a menudo se utiliza como cerca viva o dentro de un sistema agroforestal, esta especie es un árbol que alcanza hasta 25 m, dentro de nuestro territorio es el que más tamaño posee o por lo cual se caracteriza. Tiene su tronco rígido y de color gris la corteza a más de ser hendida. Posee hojas caducas, alternas, lanceoladas y simples de un largo de 5-10 cm por 1-2,5 cm de ancho, su margen es serrado y de punta alargada. Por el haz son brillantes con un aspecto blanquecino y por el envés es sedosos. Las flores nacen en los amentos. Sus frutos son cápsulas al madurar se abren para liberar las semillas que están envueltas en un tejido de algodón, esto ayuda a la dispersión en el aire gracias al viento (Castilla et al., 2017, p. 18).

### ***1.1.3 Aliso (Alnus acuminata)***

- **Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*

Especie: *Alnus acuminata* (Conabio, 2019, p. 25)

- **Descripción**

Es un árbol caducifolio de 10 a 25 metros de altura, su tronco es cilíndrico con una corteza lisa o

ligeramente rugosa, posee una copa estrecha, sus hojas son ovadas con márgenes agudamente biserrados, tiene inflorescencias masculinas en amentos de 5 a 10 cm de largo, generalmente en agrupaciones de 3 inflorescencias femeninas 3 a 4 en racimos, el fruto es de forma elíptica u obovada, posee un margen alado y un estilo constante, el sistema radicular que posee es poco profundo, extendido y amplio. Esta especie posee una sexualidad monoica. Es una especie muy importante dentro de la recuperación de bosques, a más de ayudar a filtrar nitrógeno al suelo, es utilizado para realizar artesanías, es útil como combustible, en la construcción se lo utiliza en puentes y pilotes, en la fabricación de puertas, pisos, cercas, etc: su corteza se la utiliza como curtiente y también medicinalmente para afecciones cutáneas, astringente y para la sífilis (Conabio, 2019, p. 26).

## **1.2 Vivero forestal**

Es un lugar en el que se cultivan árboles hasta que estén listos para ser plantados, el mismo que les brinda a las semillas o estacas las condiciones aptas para que cada una pueda crecer y desarrollarse, esperando que sea de manera óptima y con las características más favorables para que sean llevadas a campo abierto. El objetivo principal de un vivero es producir y cuidar plantas necesarias, tanto en número como en calidad de especie y que las mismas sean sanas, fuertes y tolerantes ambientalmente para que su crecimiento sea efectivo en cualquier condición donde se las plante, y así cumplir con el objetivo de una plantación (Bonilla et al., 2014, p. 5).

### ***1.2.1 Sustrato***

Es considerado como un soporte físico el cual ayuda o permite que se desarrolle óptimamente el sistema radicular de las plantas. Su origen puede ser natural, sintético, inerte u orgánico, con el objetivo de usarse como un medio de crecimiento de las especies vegetales, a la vez es considerado como un mundo donde se encuentran miles de especies vivas no necesariamente plantas. El medio o sustrato puede usarse de manera única o en mezcla con otros medios que ayuden al buen desarrollo de las plantas, esto dependiendo de la necesidad y/o requerimientos de cada tipo de planta, labor de propagación que se vaya a realizar y del tipo de contenedor que se usará, tanto en volumen como el material (Molina, 2014, p. 7).

### ***1.2.2 Semillero***

No es más que el lugar donde las fundas con las plantas que se siembran van a estar ubicadas. Las platabandas o semillero deben tener una altura entre 15 a 20 cm de altura, un metro o 1,5 m de ancho y el largo va a depender de la cantidad de plantas que se requiera producir (Echeverría, 2021).

## **1.3 Propagación**

### ***1.3.1 Asexual***

- **Multiplicación vegetativa:** Sirve para asegurar la permanencia de individuos comunes o incluso en plantas superiores o genéticamente evolucionadas.

Existen dos tipos: la división celular que abarca la división y la gemación, y la fragmentación que esta no es más que el proceso en donde se hace la fragmentación de partes de células, vástagos o talos, de los que nacen individuos nuevos o hijos. Claramente podemos decir que los esqueje son un claro ejemplo de fragmentación (Costas, 2014, p. 21).

En la división o bipartición la madre o célula madre se divide completamente en dos células hijas de igual tamaño. Un ejemplo claro de bipartición es: las arqueas y bacterias.

Por gemación se originan los brotes o yemas de las plantas, las que darán lugar a nuevas ramas (Costas, 2014, p. 21).

### ***1.3.2 Sexual***

La reproducción sexual envuelve a la presencia de estructuras llamadas también órganos donde se formarán los gametos o células sexuales, aquellos que se combinarán en el proceso de fecundación. En los vegetales dichos órganos son las flores, es decir, que el proceso será posible por la unión de un gameto masculino y otro femenino. La polinización es favorecida gracias al agua, viento, abejas y otros animales, ya que estos ayudan a transportar el polen que se encuentra en la antera hacia el estigma para que se lleve a cabo la fecundación (Costas, 2014, p. 22).

La fecundación se produce en la flor, cuando el polen llega al estigma, se forma un tubo llamado tubo polínico que va a recorrer hacia el estilo hasta que llegue al óvulo. El óvulo al ser fecundado empieza un crecimiento como un embrión envuelto por un protector y nutritivo, dando origen así a la semilla o este embrión se convierte en semilla. En el proceso de transformación de óvulo a semilla, el ovario crece y se transforma en el fruto (Costas, 2014, p. 22).

## **1.4 Selección de planta madre**

Al elegir la planta madre lo que esencialmente se ve o este proceso se basa es en observar las necesidades del productor y las características de la planta que se requieren, puede ser la altura de la planta, el diámetro del tallo, la calidad de fruto, la resistencia a enfermedades, menos probabilidades de ser atacada por insectos, etc. (Bonilla et al., 2014, p. 5).

## **1.5 *Trichoderma* spp.**

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: *Hypocreaceae*

Género: *Trichoderma*

Especies: *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. viride*, *T. longibrachiatum*, entre otros (Martínez et al., 2015, pp. 2-4)

Martínez et al., 2015, pp. 2-4 aluden que el género *Trichoderma* fue descrito por Persoon en 1794. Posteriormente, se hizo el primer agrupamiento en especies agregadas que se utiliza hasta el presente, en sí, las especies de este género son hongos, que se encuentran ampliamente distribuidos en varias latitudes y ocurren naturalmente en diferentes ambientes, especialmente aquellos que contienen materia orgánica o restos vegetales en descomposición. *Trichoderma* en estado nutritivo exhibe micelio con una membrana simple. Esta especie es haploide y sus paredes están compuestas por quitina y glucano. Se reproducen asexualmente a través de conidios. Tienen conidióforos transparentes ramificados, simples o en racimos, conidios de 3 a 5 micrones de diámetro, generalmente ovalados, unicelulares y coloreados (generalmente verdes); se desarrollan rápidamente en medios sintéticos. Puede producir esporas de paredes gruesas en la matriz natural de células individuales, pero puede combinarse entre dos o más. Estas estructuras son fundamentales para la supervivencia del género en el suelo en condiciones adversas. Los organismos crecen y se ramifican para formar hifas típicas, de 5 a 10 µm de ancho (Martínez et al., 2015, pp. 2-4).

### **1.5.1 *Trichoderma harzianum***

Cuando se utiliza con plantas es un hongo benéfico, es muy manejado para el control biológico de diferentes patógenos que afectan a los vegetales, y puede usarse para aplicación foliar, tratamiento de semillas y suelo, esto para controlar diversas enfermedades causadas por hongos. Algunos productos comerciales elaborados con este hongo se han utilizado para controlar *Botrytis*, *Fusarium* y *Penicillium* (García et al., 2018, p. 12).

### **1.5.2 *Trichoderma longibrachiatum***

Son microorganismos que tienen la capacidad de producir antibióticos y otros hongos parasitarios.

Se caracteriza por una fuerte capacidad para competir por recursos como los nutrientes o el espacio, pudiendo colonizar rápidamente una gran área para el control biológico de plantas que causan enfermedades por patógenos (Martínez, 2008, p. 13).

### **1.5.3 *Trichoderma* spp. en micoparasitismo**

Weindling demostró el papel de *Trichoderma* como un parásito fúngico natural en 1932, y comenzó a implementar su aplicación en experimentos de control biológico en 1970, cuando se incrementó en la investigación de campo para hortalizas y cultivos ornamentales. La capacidad de producir varios metabolitos y adaptarse a diversas condiciones ambientales y sustratos hace posible que *Trichoderma* se utilice en la industria biotecnológica (Martínez et al., 2013, p. 27).

Este es un proceso complejo de interacción antagonista-patógeno, que ocurre en cuatro etapas: crecimiento vegetativo químico, *Trichoderma* puede detectar remotamente su posible huésped, en el reconocimiento el antagonista se considera altamente específico para su sustrato, adhesión y enrollamiento; por la combinación de azúcares en la pared antagonista con lectinas presentes en la pared patógena y actividad lítica; por la producción de enzimas líticas extracelulares, principalmente quitinasa, glucanasa y proteasa, que degradan la pared celular de los patógenos y permiten la penetración de las hifas de *Trichoderma*. El parasitismo fúngico termina con la pérdida del contenido citoplasmático de la célula huésped, mostrando síntomas de desintegración (Infante et al., 2009, p. 10).

### **1.5.4 *Trichoderma* spp. en la Desactivación de las enzimas de patógenos y Estimulación del crecimiento vegetal**

Se considera como un mecanismo de antagonismo muy poco estudiado el método o factor de desactivación del grado de patogenicidad que utiliza *Trichoderma* ante hongos fitopatógenos. Se sabía que *T. harzianum* exuda una proteasa que desintegra las enzimas que *Botrytis cinerea* usa para agredir las paredes celulares de las plantas, mientras que *T. viride* produce -glucosidasa para degradar una fitotoxina de *R. solani*. Es posible que el potencial enzimático de *Trichoderma* para detener el proceso infeccioso de patógenos sea mucho mayor, ya que este controlador biológico secreta más de 70 metabolitos, entre los cuales: sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Durante muchos años se conoció la capacidad de estos hongos para estimular el crecimiento de las plantas, especialmente el sistema radicular, sin embargo, los mecanismos involucrados aún no se conocen con certeza. Estudios recientes, concluyen que una cepa de *Trichoderma* ayuda al desarrollo y crecimiento de raíces de maíz y algunas gramíneas, influyendo positivamente en que estos cultivos se conviertan en plantas con la capacidad de

tolerar sequias, y también se ha observado que aislados seleccionados de *Trichoderma* estimulan la germinación y la altura de las plantas de frijol con un aumento de peso de al menos el 60% (Martínez et al., 2013, p. 15).

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Materiales y métodos

##### 2.1.1 *Características del lugar*

###### 2.1.1.1 *Localización*

La presente investigación se llevó a cabo en el vivero forestal Pallatanga en el cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo, ubicado a hora y media de la ciudad de Riobamba, vía a Guayaquil.

###### 2.1.1.2 *Ubicación geográfica*

**Altitud:** 1200 – 1500 msnm

**Coordenadas UTM**

Norte: 9778800 / 9797200

Este: 722460 / 750310

###### 2.1.1.3 *Características climatológicas*

**Temperatura anual:** 16° C

**Precipitación media anual:** 1626 mm

#### 2.1.2 *Materiales y equipos*

##### 2.1.2.1 *Materiales de campo*

- Lápiz
- Libreta de campo
- Fundas plásticas de siembra
- Plástico
- Regadera
- Carretilla
- Pala
- Azadón

- Costales
- Tierra negra
- Cascara de arroz descalcificada
- Humus
- Fibra de coco

#### *2.1.1.2 Equipos de campo*

- Teléfono celular

#### *2.1.1.3 Materiales de laboratorio*

- Cajas Petri
- Porta y cubre objetos
- Tamiz
- Pipetas
- Envases plásticos
- Parafilm
- Probeta
- Tubo de ensayo
- Vasos de precipitación

#### *2.1.1.4 Equipos de laboratorio*

- Cámara de flujo laminar
- Autoclave
- Microscopio óptico
- Mechero de bunsen
- Teléfono celular
- Cámara de esporulación
- Estufa de secado al vacío

#### *2.1.1.5 Reactivos e insumos*

- NaCl
- Papa dextrose agar (PDA)

- Alcohol 70%
- Cloranfenicol
- Penicilina
- Agua destilada

#### 2.1.1.6 *Material biológico*

- Aislados fúngicos de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*
- Plantas de balsa y sauce blanco de 6 semanas de edad
- Plantas de aliso de 12 semanas de edad

#### 2.1.1.7 *Materiales y equipos de oficina*

- Computadora
- Hojas
- Internet
- Impresora

## 2.2 Metodología

### 2.2.1 *Especificaciones de diseño experimental*

**Tabla 1-2:** Especificaciones de diseño experimental

Número de bloques	4
Número de tratamientos	15
Número de repeticiones	3
Plantas por bloque	45
Total de plantas	180

**Realizado por:** Casigña Yumbo, Johana, 2021

#### 2.2.1.2 *Diseño experimental*

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 15 tratamientos y 3 repeticiones cada uno.

**Tabla 2-2:** Diseño experimental de campo

T	BLOQUE I			T	BLOQUE II			T	BLOQUE III			T	BLOQUE IV		
1	T(H1)B	T(H1)B	T(H1)B	15	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	4	T(L2)B	T(L2)B	T(L2)B	14	T(L2)A	T(L2)A	T(L2)A
2	T(H2)	T(H2)B	T(H2)B	14	T(L2)A	T(L2)A	T(L2)A	5	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	13	T(L1)A	T(L1)A	T(L1)A
3	T(L1)B	T(L1)B	T(L1)B	13	T(L1)A	T(L1)A	T(L1)A	6	T(H1)S	T(H1)S	T(H1)S	12	T(H2)A	T(H2)A	T(H2)A
4	T(L2)B	T(L2)B	T(L2)B	12	T(H2)A	T(H2)A	T(H2)A	7	T(H2)S	T(H2)S	T(H2)S	9	T(L2)S	T(L2)S	T(L2)S
5	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	11	T(H1)A	T(H1)A	T(H1)A	8	T(L1)S	T(L1)S	T(L1)S	10	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S
6	T(H1)S	T(H1)S	T(H1)S	10	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	9	T(L2)S	T(L2)S	T(L2)S	11	T(H1)A	T(H1)A	T(H1)A
7	T(H2)S	T(H2)S	T(H2)S	9	T(L2)S	T(L2)S	T(L2)S	10	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	8	T(L1)S	T(L1)S	T(L1)S
8	T(L1)S	T(L1)S	T(L1)S	6	T(H1)S	T(H1)S	T(H1)S	11	T(H1)A	T(H1)A	T(H1)A	7	T(H2)S	T(H2)S	T(H2)S
9	T(L2)S	T(L2)S	T(L2)S	8	T(L1)S	T(L1)S	T(L1)S	12	T(H2)A	T(H2)A	T(H2)A	6	T(H1)S	T(H1)S	T(H1)S
10	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	H <sub>2</sub> O-S	7	T(H2)S	T(H2)S	T(H2)S	13	T(L1)A	T(L1)A	T(L1)A	1	T(H1)B	T(H1)B	T(H1)B
11	T(H1)A	T(H1)A	T(H1)A	5	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	14	T(L2)A	T(L2)A	T(L2)A	4	T(L2)B	T(L2)B	T(L2)B
12	T(H2)A	T(H2)A	T(H2)A	4	T(L2)B	T(L2)B	T(L2)B	15	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	3	T(L1)B	T(L1)B	T(L1)B
13	T(L1)A	T(L1)A	T(L1)A	3	T(L1)B	T(L1)B	T(L1)B	1	T(H1)B	T(H1)B	T(H1)B	2	T(H2)B	T(H2)B	T(H2)B
14	T(L2)A	T(L2)A	T(L2)A	2	T(H2)B	T(H2)B	T(H2)B	3	T(L1)B	T(L1)B	T(L1)B	15	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A
15	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	H <sub>2</sub> O-A	1	T(H1)B	T(H1)B	T(H1)B	2	T(H2)B	T(H2)B	T(H2)B	5	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B	H <sub>2</sub> O-B

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

### 2.2.2 Variables a evaluar

Para cumplir el primer objetivo específico se evaluó el efecto de *Trichoderma harzianum* en:

- ✓ Número de hojas: Los datos fueron tomados a partir de la aparición de hojas nuevas después de todas las aplicaciones del hongo, se tomaron datos a los 75 días tomando en cuenta desde la primera aplicación del hongo realizada el 4 de junio del 2021, se realizó un conteo de las hojas verdaderas que se encontraban vivas en las plantas, esto fue hecho en campo tomando una planta por tratamiento, es decir, en cada bloque se tomó un total de 15 plantas para el conteo de las hojas. Para la especie de Balsa (*Ochroma pyramidale*) que fue sembrada por medio de semilla se contabilizaron las hojas, para las especies de Sauce blanco (*Salix alba*) y Aliso (*Alnus acuminata*) el conteo no fue de las hojas existentes en las plantas, en estas, lo que se contabilizó fue el número de yemas o brotes nuevos que aparecieron en el tallo de las plantas, se tomó de esta manera los datos por el hecho de que su germinación fue realizada por medio de estaca, los datos fueron recolectados en campo y de manera manual.
- ✓ Longitud de la raíz: con ayuda de una regla se realizó la medición a los 75 días después de la primera aplicación realizada el 4 de junio del 2021, estos datos fueron tomados en laboratorio una vez lavada la raíz, retirado todo el material terroso presente en las mismas y realizado el etiquetado de todas las plantas que fueron llevadas al laboratorio, con identificación del bloque, tratamiento y repetición a la que pertenecía.
- ✓ Altura de la planta: con ayuda de una cinta métrica se realizó la medición de las plantas de cada tratamiento y repetición a los 8, 15, 30, 45, 60 y 75 días, después de la primera aplicación de *Trichoderma harzianum*, que fue el día viernes 4 de junio del 2021, con el fin de evaluar el efecto en las diferentes especies.
- ✓ Diámetro de tallo: con ayuda de un calibrador de plástico se tomó el DAP de las plantas de cada tratamiento y repetición a los 8, 15, 30, 45, 60 y 75 días, después de la primera aplicación de *Trichoderma harzianum*, que fue el día viernes 4 de junio del 2021, con el fin de evaluar el efecto del hongo en las diferentes especies.
- ✓ Masa foliar y radicular fresca: Las muestras fueron tomadas en campo y etiquetadas con la identificación del bloque, tratamiento y repetición a la que pertenecían, estas fueron evaluadas en el laboratorio a los 75 días después de la primera aplicación realizada el día viernes 4 de junio del 2021, el procedimiento se lo llevó a cabo luego de lavar y retirar todo el sustrato que se

encontraba en la raíz de las plantas y puestas a secar al aire libre, se utilizó la balanza analítica para poder obtener datos exactos.

✓ Masa foliar seca y masa radicular seca: Para los datos de este, lo que se realizó fue en dejar secar dentro de la estufa de secado al vacío en el laboratorio las especies que fueron seleccionadas previamente en campo, durante 48 horas, luego de este lapso de tiempo se retiraron de la estufa de secado al vacío y dejadas enfriar por unos minutos, para luego ser llevadas a ser pesadas, lo primero que se realizó fue separar el sistemas radicular del foliar tomando en cuenta al bloque, tratamiento y repetición al que pertenecía, finalmente, seguimos con la utilización de la balanza analítica para pesar por separado cada una de las masas.

✓ Índice de calidad de Dickson.

Para obtener el índice de Dickson lo que se utilizó fue la fórmula:

$$\text{ICD} = \frac{\text{Masa seca total (g)}}{\frac{\text{Altura(cm)}}{\text{Dac (mm)}} + \frac{\text{Masa seca aérea (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}}}$$

La misma que fue reemplazada con los resultados de variables anteriormente investigadas.

Todo el procedimiento se lo realizó en las especies forestales balsa, sauce blanco y aliso.

Para cumplir el segundo objetivo específico se evaluará el efecto de *Trichoderma longibrachiatum* en:

✓ Número de hojas: Los datos fueron tomados a partir de la aparición de hojas nuevas después de las aplicaciones del hongo, se tomaron datos a los 75 días tomando en cuenta desde la primera aplicación realizada el 4 de junio del 2021, se realizó un conteo de las hojas verdaderas que se encontraban vivas en las plantas de las tres especies forestales, esto fue hecho en campo tomando una planta por tratamiento, es decir, en cada bloque se tomó un total de 15 plantas para el conteo de las hojas. Para la especie de Balsa (*Ochroma pyramidale*) que fue sembrada por medio de semilla se contabilizaron las hojas presentes en las plantas sobrantes, para las especies de Sauce blanco (*Salix alba*) y Aliso (*Alnus acuminata*) el conteo no fue de las hojas existentes en las plantas, en estas, lo que se contabilizó fue el número de yemas o brotes nuevos que aparecieron en el tallo de las plantas, se tomó de esta manera los datos por el hecho de que su germinación fue realizada por medio se estaca, los datos fueron recolectados en campo y de

manera manual.

✓ Longitud de raíz: con ayuda de una regla se realizó la medición a los 75 días después de la primera aplicación realizada el día 4 de junio del 2021, estos datos fueron tomados en el laboratorio una vez lavada la raíz, retirado todo el material terroso presente en las mismas y realizado el etiquetado de todas las plantas que fueron llevadas al laboratorio, con identificación del bloque, tratamiento y repetición a la que pertenecía.

✓ Altura de planta: con ayuda de una cinta métrica se realizó la medición de las plantas de cada tratamiento y repetición a los 15, 30, 45, 60 y 75 días, después de la primera aplicación de *Trichoderma longibrachiatum*, que fue el día viernes 4 de junio del 2021, con el fin de evaluar el efecto en las diferentes especies forestales.

✓ Diámetro de tallo: con ayuda de un calibrador de plástico se tomó el DAP de las plantas de cada tratamiento y cada repetición a los 8, 15, 30, 45, 60 y 75 días, después de la primera aplicación de *Trichoderma longibrachiatum*, que fue el día viernes 4 de junio del 2021, con el fin de evaluar el efecto en las diferentes especies.

✓ Masa foliar y radicular fresca: Las muestras fueron tomadas en campo y etiquetadas con la identificación del bloque, tratamiento y repetición a la que pertenecían, estas fueron evaluadas en el laboratorio a los 75 días después de la primera aplicación realizada el día viernes 4 de junio del 2021, el procedimiento se lo llevó a cabo luego de lavar y retirar todo el sustrato que se encontraba en la raíz y puestas a secar al aire libre, se utilizó la balanza analítica para la obtención de datos exactos.

✓ Masa foliar seca y masa radicular seca: Para los datos de este, lo que se realizó fue en dejar secar dentro de la estufa de secado al vacío en el laboratorio las especies que fueron seleccionadas previamente en campo, durante 48 horas, luego de este lapso de tiempo se retiraron de la estufa de secado al vacío y dejadas enfriar por unos minutos, para luego ser llevadas a ser pesadas, lo primero que se realizó fue separar el sistema radicular del foliar tomando en cuenta al bloque, tratamiento y repetición a la que pertenecía, finalmente, seguimos con la utilización de la balanza analítica para pesar por separado cada una de las masas.

Todo el procedimiento se lo hizo en las especies forestales balsa, sauce blanco y aliso.

### **2.2.3 Identificación y conceptualización de las especies**

La presente investigación se llevó a cabo en la provincia de Chimborazo, cantón Pallatanga con tres especies forestales balsa, sauce blanco y aliso. La identificación se la realizó con la ayuda del viverista el cual nos otorgó el conocimiento y técnicas para el reconocimiento de las especies, en este caso lo que nos llevó a la identificación de las especies fue la experiencia del viverista y a la vez, características de las especies, las tres especies forestales tomadas para la realización del proyecto de investigación fueron seleccionadas por las características que estas presentan dentro del sector de estudio y a la vez por la necesidad de saber el desarrollo de estas con la ayuda de *Trichoderma* spp.

#### **2.2.4 Elaboración de plantas**

El sustrato para la siembra de las plantas partió con un 65% de tierra negra, 20% de humus, 10% de fibra de coco y 5% de cascarilla de arroz descalcificada, luego este sustrato fue enfundado y colocado en la cama dentro del vivero para el respectivo sembrado de las especies forestales.

##### **2.2.4.1 Siembra de especies forestales**

El proceso se llevó a cabo el día 24 de marzo del 2021, para balsa que fue por sembrada por semilla lo que se hizo que en un semillero pequeño de 50cm x 50cm se llenó de sustrato que habíamos preparado con anterioridad, la siembra fue por el método de voleo tratando que todo se distribuya uniformemente en todo el semillero, lo tapamos con una pequeña capa de sustrato evitando esencialmente colocar mucha cantidad del mismo sobre las semillas y finalmente procedimos con un riego de agua con 2g de desinfectante de tierra llamado Bromuro de metilo en una regadera de 1 litro y medio para evitar la contaminación por cualquier patógeno a la semilla. El mismo día se hizo la elección de la planta madre para la extracción de estacas de la especie forestal Sauce blanco, se determinó realizarlas el día 24 de marzo ya que el viverista se manejaba por medio del calendario lunar, en donde se pudo verificar que este día era apto para siembra por medio de semilla y estaca.

Se procedió a cortar las estacas con la ayuda de una tijera de podar, sus medidas eran de 15 cm exactamente con la característica que en las estacas existan nudos por donde puedan brotar las nuevas yemas, se procedió al mismo instante a sembrarlas directamente en las fundas que previamente se llenaron con sustrato, finalmente se procedió al riego con agua y 4g de Bromuro de metilo en una regadera de 3 litros, para evitar la contaminación por algún patógeno presente en el sustrato.

Para el Aliso se utilizó una especie sembrada previamente por el viverista y la utilizamos a una

edad de 6 semanas.

#### *2.2.4.2 Repique de especies forestales*

El repique fue realizado el día 7 de mayo del 2021, en la especie *Ochroma pyramidale* por ser la única que fue sembrada por medio de semilla, para este lapso de tiempo la especie tenía la edad de 6 semanas. Se procedió a identificar las plantas de mejor aspecto en el semillero para el respectivo trasplante, primeramente se realizó el riego de agua en las plantas, luego con mucho cuidado se fue suavizando la tierra tanto donde se encontraban las plantas y la tierra de las fundas en donde se iba a plantar, cabe recalcar que esa tierra debía estar humedecida, proseguimos con retirar con cuidado las plantas evitando dañar las raíces y seguirlas sembrando una a una en las fundas, este procedimiento se lo hizo con todas las plantas que requeríamos para el proyecto de investigación, al finalizar regamos de nuevo pero con 4g de Bromuro de metilo en una regadera de 4 litros. Tomar en cuenta que el proceso fue realizado en la tarde y bajo sombra para evitar que las plantas se marchiten o entren en estrés post trasplante.

Cabe recalcar que este proceso se realizó tan solo en la especie de Balsa ya que Sauce blanco y Aliso tuvieron una propagación por medio de estaca.

#### *2.2.4 Instalación del diseño experimental en campo*

Para la instalación del diseño experimental las especies *Ochroma pyramidale*, *Salix alba* partirán desde la edad de 6 semanas y medias, mientras que *Alnus acuminata* desde la edad de 12 semanas. *Ochroma pyramidale* partirá de semilla, *Salix alba* y *Alnus acuminata* partirán de estacas; la instalación se la hizo el día 10 de mayo de 2021, donde se utilizó tablas de 1mx15cm las mismas que ayudaron a la separación de los tratamientos y de los bloques, se los fue ubicando según el diseño experimental analizado teóricamente y en los mismos se realizó la etiquetación de cada tratamiento presente en los bloques, a más de la identificación del trabajo de integración curricular por medio de un pequeño letrero en el diseño experimental realizado.

#### *2.2.5 Fase de laboratorio*

Para la fase de laboratorio se realizó varios procesos para la obtención de *Trichoderma* spp.

##### *2.2.5.1 Preparación del medio de cultivo*

Para la preparación del medio de cultivo procedimos en primer lugar a pesar 42 g de PDA en la

balanza analítica y lo colocamos en frascos de vidrio, luego procedemos a colocar 1000 ml de agua destilada en cada frasco con el medio en polvo y lo agitamos hasta que se haga una mezcla homogénea, finalmente cerramos y sellamos muy bien la solución y los colocamos dentro del autoclave para que proceda con la esterilización y la preparación del medio de cultivo, esperamos un lapso de tiempo hasta que termine con el proceso para proceder a colocar el medio dentro de las cajas Petri.

Una vez preparado el medio procedemos a colocarlos en las caja Petri, pero antes de este procedimiento lo que realizamos es combinar nuestro medio con Penicilina y cloranfenicol para que al momento de realizar el repique o el cultivo del hongo no exista contaminación del mismo, para ello tenemos 2 recipientes de 1000 ml y uno de 500 ml de medio de cultivo para lo que con la ayuda de una jeringa colocaremos 2ml de penicilina en los frascos de 1000ml y 1ml en el de 500ml, para el cloranfenicol colocamos 10 ml en los recipientes de 1000ml y 5ml en el recipiente de 500ml.

Ya preparado completamente el medio lo que realizamos es el envasado en las cajas Petri, colocamos el medio en un vaso de precipitación para facilitar la colocación en las cajas, ya una vez en los vasos procedemos a derramar el medio dentro de cada caja Petri, dicho procedimiento se realizó de manera desmedida pero no exagerada y de forma rápido para que no exista la gelificación del medio y no se desperdicie.

#### 2.2.5.2 *Repique del hongo*

Para el repique de las 4 cepas de *Trichoderma* spp. se utilizó palillos de dientes esterilizados, un mechero de bunsen, cinta de Parafilm, las cajas Petri con el medio de cultivo gelificado y esterilizado, y obviamente las 4 cepas de *Trichoderma* spp. en cajas previamente cultivadas.

Antes de proseguir con el repique lo que haremos es prender la cámara de flujo laminar y esterilizarla o limpiarla muy bien de lado a lado con alcohol, luego encendimos la luz UV y dejamos por 10 minutos para que la esterilización sea óptima y el trabajo no se estropee, una vez pasado este tiempo, procedimos a la realización del repique, empezando en quitar la cinta de Parafilm de las cajas que contenían la primera sepa del hongo, luego encendimos el mechero de bunsen dentro de la cámara de flujo laminar, colocamos los palillos esterilizados dentro de la misma, la cinta de Parafilm nueva y las cajas con el medio de cultivo gelificado para poder empezar con el proceso, una vez que teníamos todos los materiales dentro de la cámara lo que procedemos a hacer es:

- Con la ayuda de un palillo extrajimos un poco del hongo sin el medio, tan solo el micelio.
- Colocamos el micelio en el medio de cultivo y lo tapamos, este proceso se lo hizo con todas las cepas del hongo.
- Sellamos las cajas Petri con la cinta de Parafilm y lo etiquetamos para identificar a la cepa de *Trichoderma* spp. a la que pertenecía.

Una vez terminado el proceso se llevó las cajas con el hongo a reposo para que el mismo se desarrolle en un lapso de tiempo.

#### 2.2.5.3 Extracción del hongo

Para este procedimiento se utilizó 2 jeringas de 10 ml, 2 cepillos de dientes, agua destilada, Erlenmeyer, vasos de precipitación y las cajas con las cepas de *Trichoderma* spp.

El procedimiento se llevó a cabo en la cámara de flujo laminar, por lo que previamente se realizó la esterilización de la misma, posterior a esto colocamos todos los materiales dentro de la cámara para empezar con la realización.

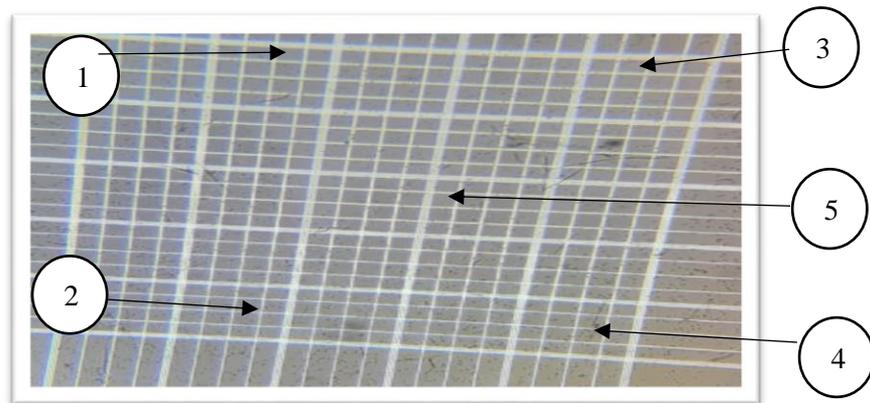
- Lo primero que se hizo fue retirar la cinta de Parafilm de las cajas donde se encontraba el hongo, para no confundirse, se recomienda no confundir las cajas y empezar uno a uno la extracción.
- Una vez quitado el sello de las cajas, en un Erlenmeyer se etiqueta a la cepa que se extraerá.
- En un vaso de precipitación colocamos agua destilada y la ponemos en el centro de la cámara
- Posterior a esto, tomamos una caja con el hongo, la destapamos y con la jeringa de 10 ml llena de agua destilada la vertimos dentro de la caja.
- Con la ayuda del cepillo de dientes se removió todo el micelio sin tocar el medio de cultivo
- Con cuidado se vertió el contenido en el Erlenmeyer, utilizando la cantidad de agua destilada necesaria se intentó retirar la mayor cantidad del hongo de las cajas Petri.
- Una vez terminado la primera cepa, se selló el Erlenmeyer y se procedió con la siguiente Este procedimiento se realizó con todas las cepas de *Trichoderma* spp. las cajas vacías, se desecharon finalmente.

#### 2.2.5.4 Conteo de esporas

Los materiales que se utilizó para el conteo de esporas fueron: Las sustancias de las 4 cepas del

hongo, microscopio, hemacitómetro de Neubauer, micropipeta, cubre objetos y agua destilada, el proceso se lo realizó dentro de la cámara de flujo laminar por lo que previamente fue esterilizada respectivamente, el proceso consistió en:

- Una vez que todos los materiales se encontraban dentro de la cámara de flujo laminar lo que se hizo fue la colocación de un papel blanco como base, sobre el mismo se colocó el hemacitómetro de Neubauer.
- Con la micropipeta se absorbió una pequeña cantidad de agua destilada y se la colocó en la abertura del centro del hemacitómetro de Neubauer.
- Con el cubre objetos, con sumo cuidado cubrimos la parte central del hemacitómetro de Neubauer tomando en cuenta el cubrir los canales que se encuentran a los lados.
- Con la micropipeta se extrajo un poco de la solución del hongo
- Con sumo cuidado se colocó la solución en los canales de los costados, tener en cuenta que se debe abastecer toda la parte central que está cubierta por el cubre objetos.
- Se limpió el exceso de sustancia vertida en el cubre objetos y se llevó al microscopio.
- Se encendió el microscopio y colocamos el hemacitómetro de Neubauer en la placa, posterior a esto se empezó con la visualización de las esporas, primer con el lente de 10 y así seguidamente hasta llegar al lente de 40 que es con el que se realizó la visualización y el conteo de las esporas.
- Al enfocar las esporas, se observó claramente como se encontraba dividido el hemacitómetro de Neubauer, se visualizó la lámina rectangular y los compartimentos en los que se encontraba dividido (A,B,C), para el conteo de las esporas se utilizó los subcompartimentos del compartimento C.
- Contamos todas las esporas que se encontraban dentro de los cuadrantes 1,2,3,4 y 5



**Figura 1-2.** Subcompartimentos del hemacitómetro de Neubauer

**Realizado por:** Casigña Yumbo, Johana, 2021

- Anotamos la cantidad de esporas de cada cuadrante y al final realizamos un análisis con

los datos recolectados, para saber si la concentración o cantidad de esporas del hongo son las aptas para la realización del inóculo a probarse en campo.

#### 2.2.5.5 Preparación del inóculo

Para la preparación del inóculo se debió estabilizar la concentración del hongo a  $1 \times 10^6$  propágulos/mL, para el envasado se utilizó embaces previamente esterilizados para evitar la contaminación del hongo, en este caso se utilizó 5 botellas de 2 litros, cuatro para las cuatro cepas del hongo de *Trichoderma* spp. y una botella para el agua destilada.

Lo que se realizó fue en colocar la solución de las cepas que se encontraban dentro de los Erlenmeyer en los embaces de plástico y adicionar agua destilada, para su cálculo se utilizó la fórmula de volumetría, para lo que finalmente se obtuvo que en cada embace plástico debe ir 1900 ml de inóculo con una concentración de  $1 \times 10^6$  propágulos/mL.

#### 2.2.6 Inoculación de *Trichoderma* spp. en las diferentes especies forestales

La inoculación se la realizó en tres ocasiones:

- Primera aplicación de *Trichoderma* spp.: 4 de junio de 2021
- Segunda aplicación de *Trichoderma* spp.: 3 julio de 2021
- Tercera aplicación de *Trichoderma* spp.: 13 de agosto de 2021

En las tres especies forestales balsa, sauce blanco y aliso.

Para la inoculación se usó una concentración de  $1 \times 10^6$  propágulos/mL de la solución de *Trichoderma* spp., se realizó una inoculación directa en el sustrato con la ayuda de una jeringa de 60ml y la dosis a aplicar fue de 50ml, para las aplicaciones se utilizó jeringas diferentes una para el agua destilada y cuatro para cada cepa del hongo, cada cepa fue vertida en un recipiente diferente al igual que el agua destilada para evitar contaminación o mezcla de las cepas., finalmente se fue aplicando tratamiento por tratamiento en los 4 bloques la dosis correspondiente para cada repetición.

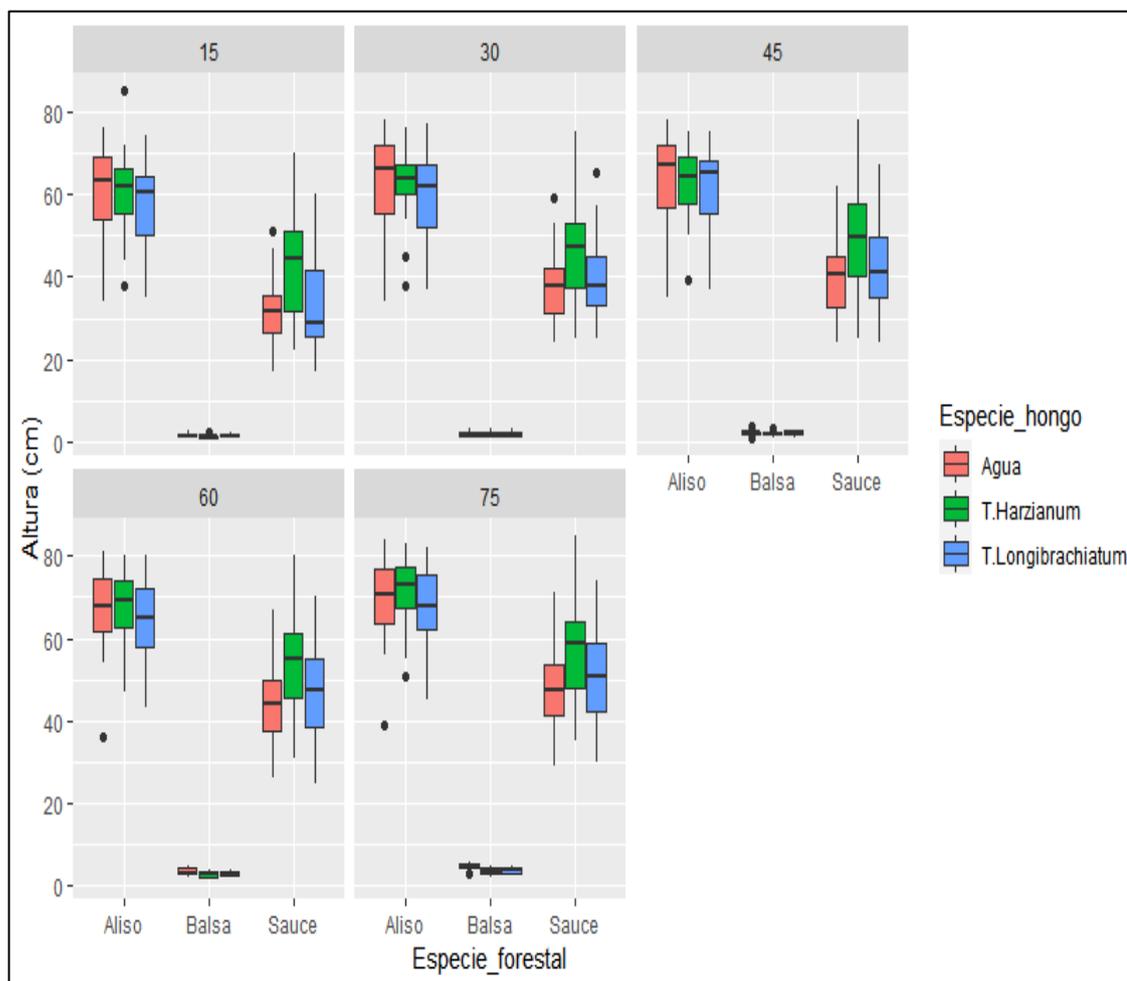
## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultados de los parámetros a evaluar

Con los valores obtenidos en la investigación para las variables medibles se realizó un análisis de varianza ANOVA y una comparación entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey al 5% para las tres especies forestales.

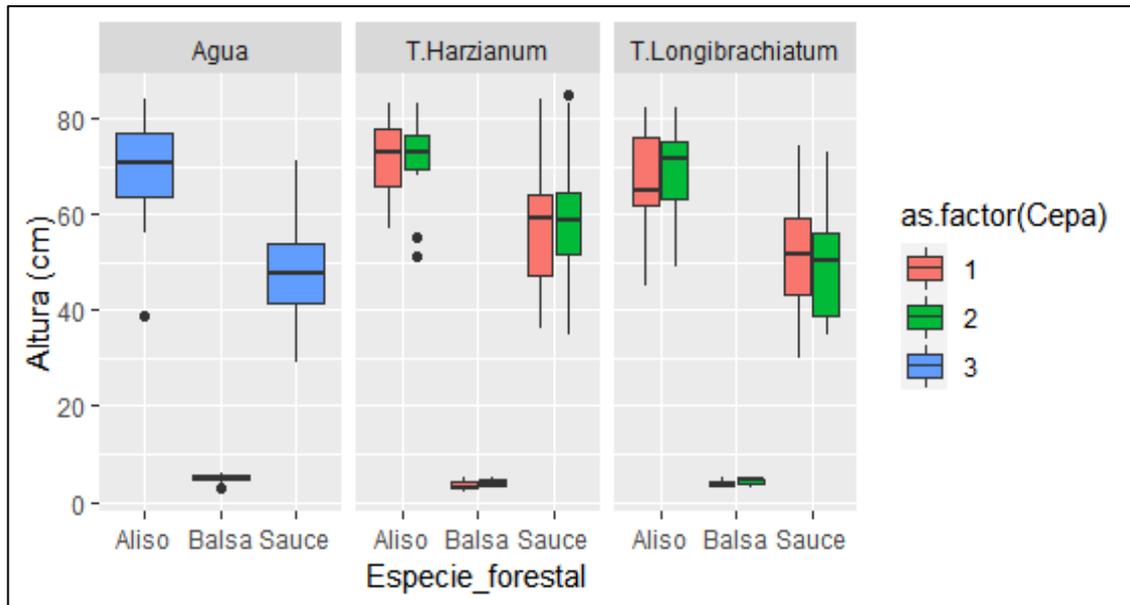
##### 3.1.1 Evaluación de la altura de las especies forestales



**Gráfico 1-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable altura (15, 30, 45, 60 y 75 días) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

3.1.1.1 Evaluación en la variable altura en las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 2-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable altura a los 75 días, de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza de la variable altura final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	46430	23215	6951,0669	< 2e-16	***
Especie hongo	2	200	100	2,999	0,0606	.
Cepa	1	1	1	0,021	0,8860	
Factor (Bloque)	3	339	113	3,380	0,0269	*
Especie forestal: Especie hongo	4	222	55	1,659	0,1776	
Especie forestal: Cepa	2	0	0	0,003	0,9966	
Especie hongo: Cepa	1	1	1	0,036	0,8502	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	15	8	0,227	0,7982	
Residuals	44	1420	33			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' ,

**Tabla 4-3:** Prueba de Tukey al 5 % para la evaluación de altura final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	71,583333	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	70,916667	a
Aliso: Agua:3	68,916667	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	68,500000	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	67,000000	a
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	59,250000	ab
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	57,500000	ab
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	51,583333	b
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	50,000000	b
Sauce: Agua:3	48,000000	b
Balsa: Agua:3	4,775000	c
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	4,015000	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	3,937500	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	3,791667	c
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	3,425833	c

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Los resultados de manera gráfica (**Gráfico 2-3**) y en el análisis de varianza (**Tabla 3-3**) no mostró una diferencia significativa para el factor cepas evaluadas, no obstante, para el factor especie forestal, especie hongo y el factor bloques si se evidenció diferencia significativa al evaluar la variable altura final (**Tabla 3-3**)

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% (**Tabla 4-3**) evidenció que la especie que mejor desarrollo tuvo en altura a los 75 días fue la especie de aliso con una altura promedio de 71,58 inoculada con *Trichoderma harzianum* cepa 1, mientras que la especie que obtuvo menor altura fue la balsa con un promedio de 3,42 inoculada con *Trichoderma harzianum* cepa 1.

A los 75 días en la variable altura (**Gráfico 2-3**) se observó que el mejor tratamiento fue el tratado en la especie de aliso siendo inoculada con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con una altura promedio  $71,25 \pm 8,27$ , seguido, el tratamiento testigo (agua) con un valor de altura promedio de  $68,91 \pm 12,85$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de altura promedio de  $67,75 \pm 10,36$ .

En la especie balsa el mejor tratamiento fue el testigo (agua) con un valor de altura promedio de  $4,78 \pm 0,91$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de  $4,02 \pm$

0,73 y finalmente el tratamiento realizado con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de altura promedio de  $3,65 \pm 0,91$ .

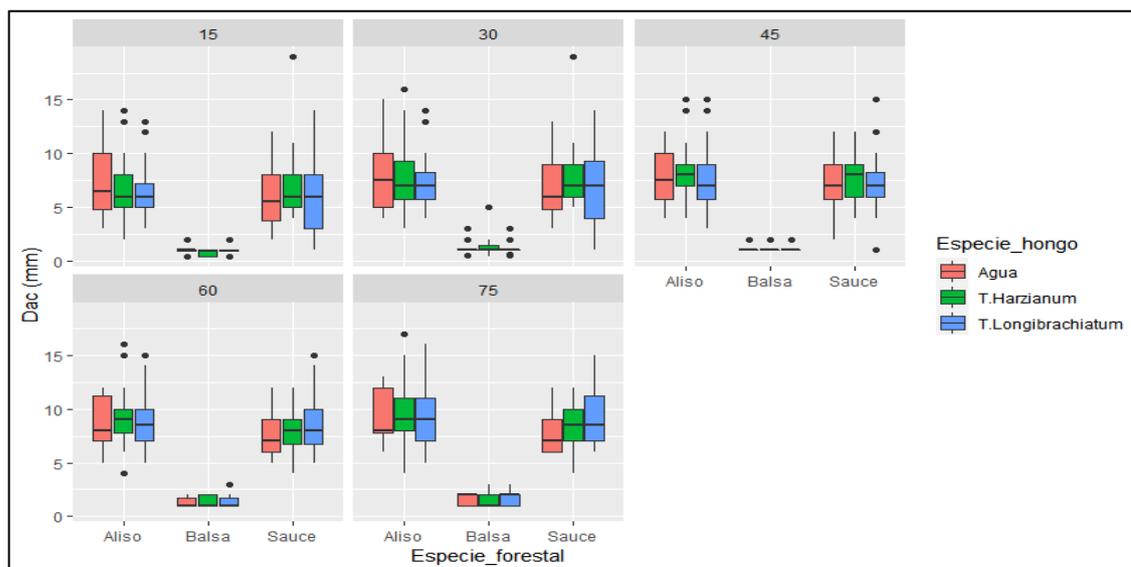
Por último, para la especie sauce blanco el mejor tratamiento fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de altura promedio de  $58,37 \pm 13,37$ , seguido por *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de altura promedio  $50,9 \pm 11,71$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de altura promedio de  $48 \pm 11,44$ .



**Figura 2-3.** Mejor resultado en la evaluación de la variable altura final.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

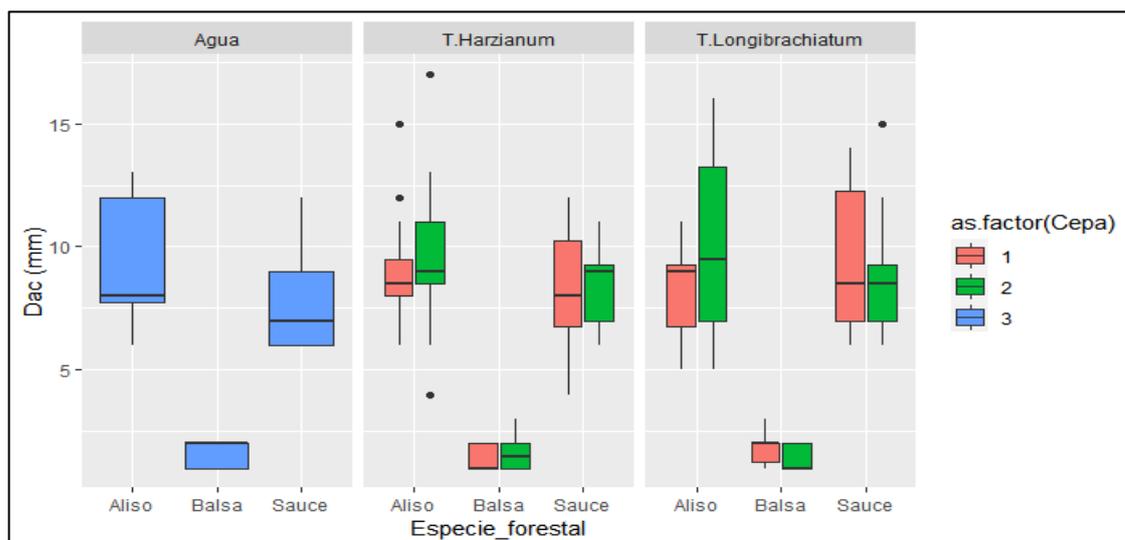
### 3.1.2 Evaluación del Diámetro a la altura del cuello (DAC) de las especies forestales



**Gráfico 3-3.** Diagrama de caja y bigote para la variable DAC (15, 30, 45, 60 y 75) de las distintas especies sometidas a los distintos tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

### 3.1.2.1 Evaluación del DAC de las especies forestales sometidas a los distintos tratamientos



**Gráfico 4-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable DAC a los 75 días de las distintas especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 5-3:** Análisis de varianza del desarrollo del DAC final en las especies forestales

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	726,4	363,2	197,588	< 2e-16	***
Especie hongo	2	1,6	0,8	0,448	0,642	
Cepa	1	0,8	0,8	0,431	0,515	
Factor (Bloque)	3	6,2	2,1	1,126	0,349	
Especie forestal: Especie hongo	4	4,4	1,1	0,601	0,664	
Especie forestal: Cepa	2	5,0	2,5	1,353	0,270	
Especie hongo: Cepa	1	0,1	0,1	0,053	0,819	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	4,2	2,1	1,153	0,326	
Residuals	42	77,2	1,8			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Tabla 6-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del DAC final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	10,083333	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	9,583333	a
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	9,500000	a
Aliso: Agua:3	9,250000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	9,166667	a
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	8,833333	a
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	8,583333	a
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	8,250000	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	8,166667	a
Sauce: Agua:3	7,750000	a
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	2,000000	b
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	1,625000	b
Balsa: Agua:3	1,583333	b
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	1,333333	b
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	1,250000	b

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

Realizado por: Casigná Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 4-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 6-3**) demostró que existió una diferencia significativa en el factor especie forestal, mientras que para las otras interacciones no se evidenció ninguna diferencia significativa en el diámetro a la altura del cuello (DAC).

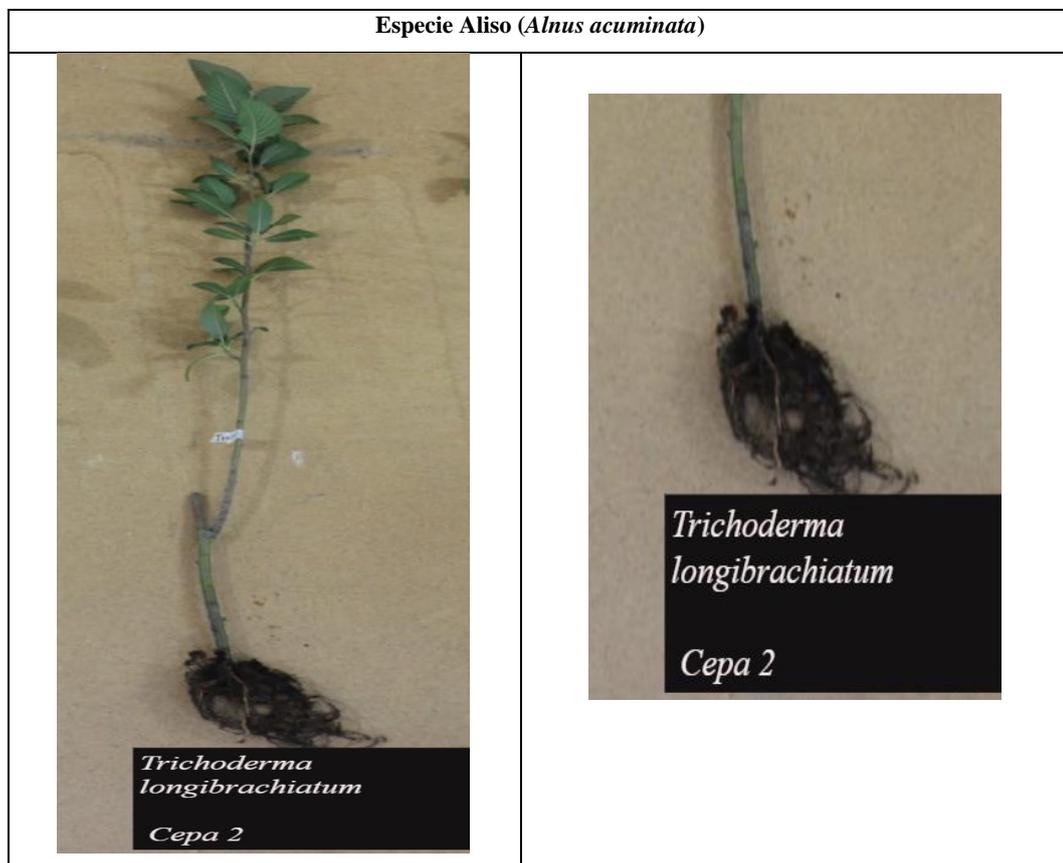
La prueba de separación de medias de Tukey al 5% (**Tabla 7-3**) evidenció que la especie que mejor desarrollo tuvo en el diámetro a la altura del cuello (DAC) a los 75 días fue la especie de aliso inoculada con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un DAC promedio de 10,083333, mientras que la especie que obtuvo menor diámetro a la altura del cuello (DAC) fue la balsa inoculada con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un promedio de 1,250000.

Los resultados a los 75 días en la variable DAC (**Gráfico 4-3**) mostraron que el mejor tratamiento fue en la especie de aliso, inoculado por *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de DAC promedio de  $9,37 \pm 2,87$ , seguido por el tratamiento testigo (agua) con un valor de DAC promedio

de  $9,25 \pm 2,56$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de DAC promedio de  $9,12 \pm 3,11$ .

Para la especie de balsa el mejor tratamiento se llevó a cabo en las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de DAC promedio de  $1,81 \pm 1,72$ , seguido por el tratamiento *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de DAC promedio de  $1,66 \pm 0,68$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de DAC promedio de  $1,6 \pm 0,51$

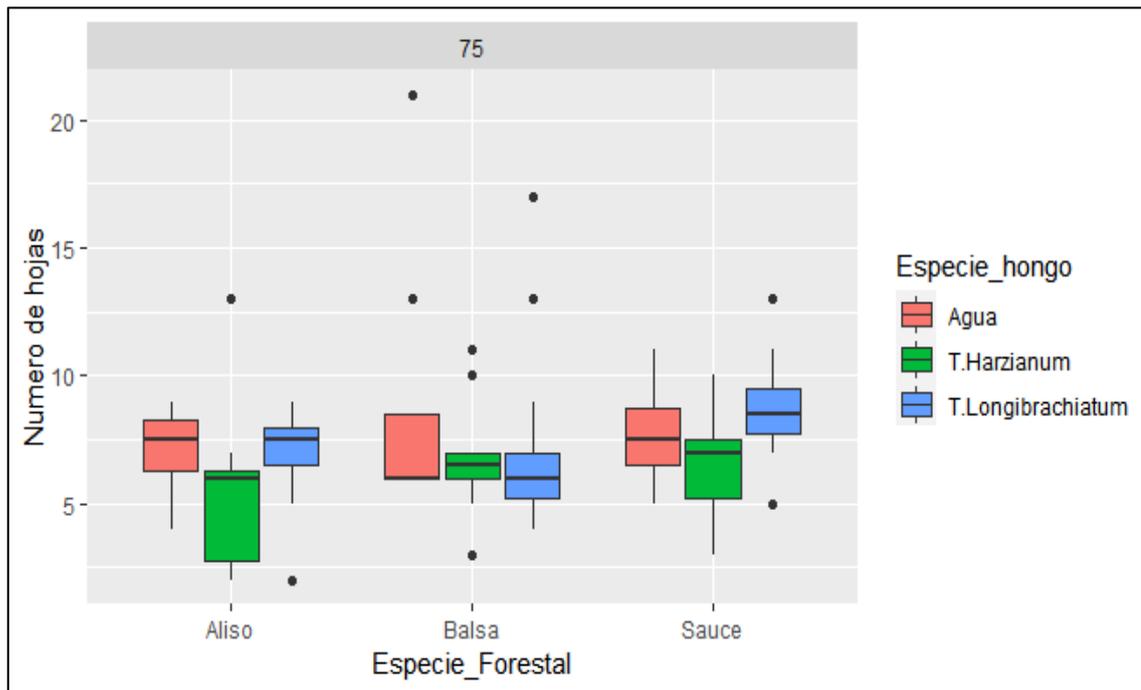
Finalmente, el tratamiento que mejor desarrollo tuvo en la especie de sauce blanco fue *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de DAC promedio de  $9,16 \pm 2,71$ , seguido por *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de DAC promedio de  $8,41 \pm 2,01$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de DAC promedio de  $7,75 \pm 1,86$ .



**Figura 3-3.** Tratamientos con mejor resultado de DAC final

Realizado por: Casigna Yumbo, Johana, 2021

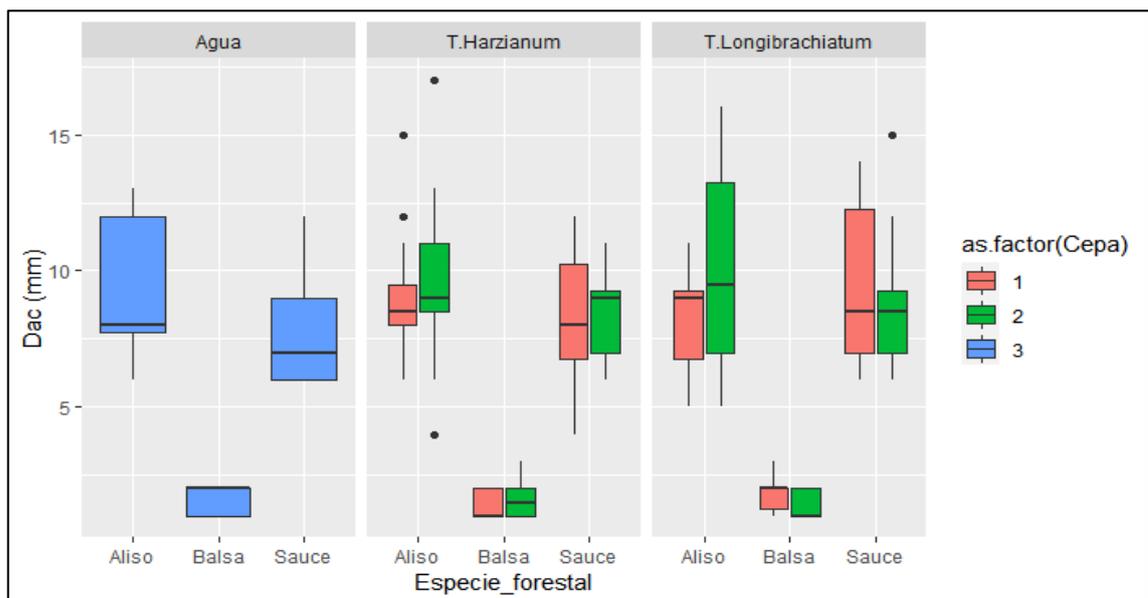
### 3.1.3 Evaluación del número de hojas de las especies forestales



**Gráfico 5-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

#### 3.1.3.1 Evaluación del número de hojas de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 6-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas a los 75 días de las distintas especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 7-3:** Análisis de varianza del desarrollo de la variable número de hojas final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)
Especie forestal	2	0,1126	0,05630	1,494	0,236
Especie hongo	2	0,1582	0,07911	2,099	0,135
Cepa	1	0,0012	0,00124	0,033	0,857
Factor (Bloque)	3	0,1191	0,03969	1,053	0,379
Especie forestal: Especie hongo	4	0,0511	0,01278	0,339	0,850
Especie forestal: Cepa	2	0,0086	0,00428	0,114	0,893
Especie hongo: Cepa	1	0,0365	0,03648	0,968	0,331
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	0,0018	0,00088	0,023	0,977
Residuals	42	1,5826	0,03768		

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

**Tabla 8-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del número de hojas final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupo
Balsa: Agua:3	8,87	a
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	8,75	a
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	8,22	a
Sauce: Agua:3	7,75	a
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	7,28	a
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	7,15	a
Aliso: Agua:3	7	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	6,75	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	6,6	a
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	6,5	a
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	6,5	a
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	6,5	a
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	6,5	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	5,62	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	5,40	a

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 6-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 9-3**) demostró que no existió diferencias significativas en ningún factor e interacción en la evaluación del número de hojas final (**Tabla 9-3**).

La prueba de separación de medias de Tukey al 5% (**Tabla 10-3**) mostró que los tratamientos no son significativamente diferentes, pero se observó que tuvo superioridad la balsa con el tratamiento testigo (agua) con un valor de número de hojas promedio de 8,87 y el aliso con la inoculación de *Trichoderma harzianum* cepa 2 fue el que obtuvo menor resultado en la variable del número de hojas final con un valor promedio de 5,40.

A los 75 días se evaluó la variable número de hojas final (**Gráfico 6-3**) por lo que se observó que el mejor tratamiento fue evidenciado en la especie de balsa, en el tratamiento testigo (agua) con un valor del número de hojas promedio de  $8,87 \pm 5,46$ , seguido por *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor del número de hojas promedio de  $7,28 \pm 3,60$  y finalmente *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor del número de hojas promedio de  $6,5 \pm 2$ .

Por otro lado, para la especie de sauce blanco el mejor tratamiento fue el realizado por *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor del número de hojas promedio de  $8,75 \pm 2,43$ , seguido por el tratamiento testigo (agua) con un valor del número de hojas promedio de  $7,75 \pm 2,5$  y finalmente *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor del número de hojas promedio de  $6,5 \pm 2,50$ .

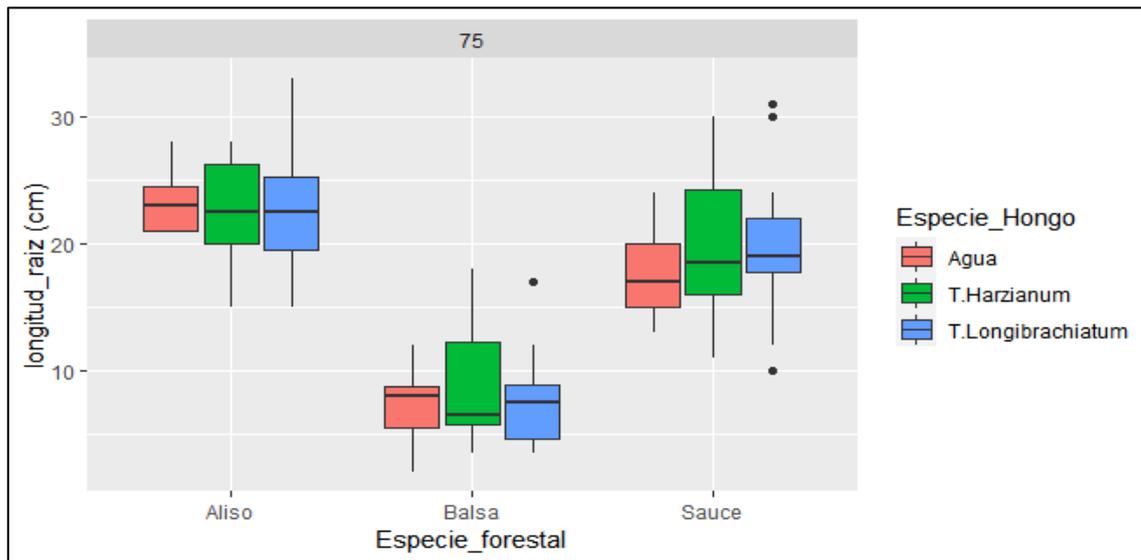
Finalmente, para el aliso el mejor tratamiento fue el tratamiento testigo (agua) con un valor del número de hojas promedio de  $7 \pm 2,16$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor del número de hojas promedio de  $6,75 \pm 2,25$  y finalmente *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor del número de hojas promedio de  $5,62 \pm 3,58$ .



**Figura 4-3.** Tratamientos con mejor resultado en el número de hojas final

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

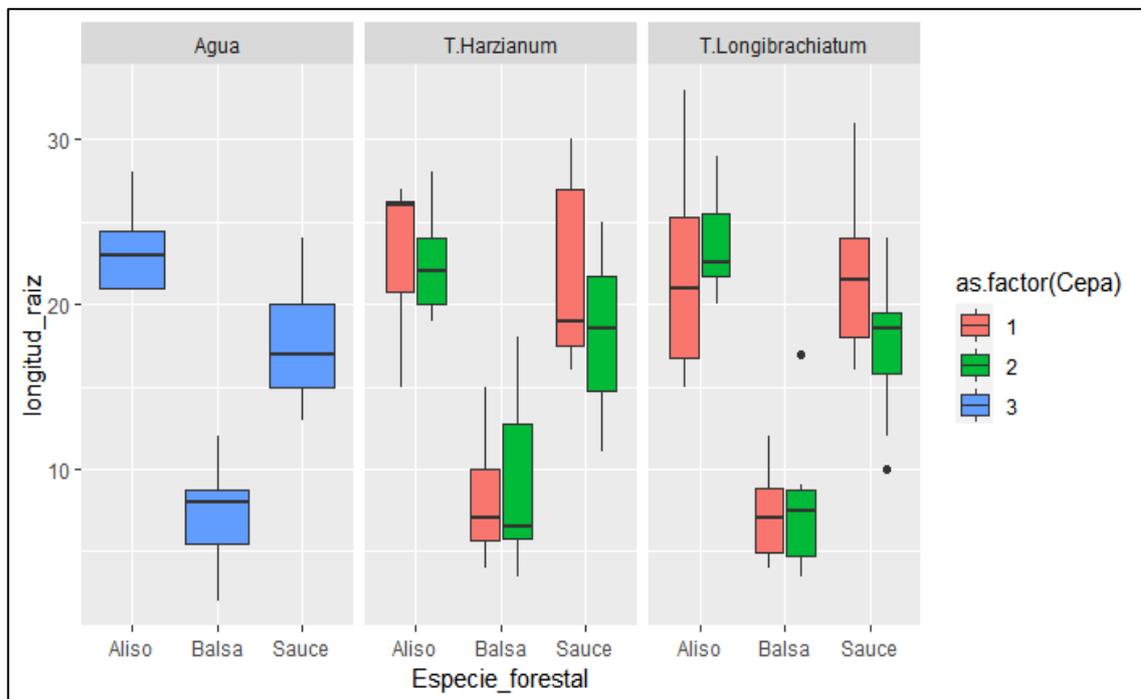
### 3.1.4 Evaluación de la longitud de raíz de las especies forestales



**Gráfico 7-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz a los 75 días de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

#### 3.1.4.1 Evaluación de la longitud de raíz en las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 8-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 9-3:** Análisis de varianza del desarrollo de la longitud de la raíz final de las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	2492,6	1246,3	137,309	<2e-16	***
Especie hongo	2	8,6	4,3	0,475	0,6251	
Cepa	1	10,5	10,5	1,162	0,2872	
Factor (Bloque)	3	84,2	28,1	3,092	0,0371	**
Especie forestal: Especie hongo	4	13,0	3,2	0,357	0,8374	
Especie forestal: Cepa	2	54,0	27,0	2,976	0,0618	.
Especie hongo: Cepa	1	0,1	0,1	0,014	0,9052	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	10,3	5,2	0,569	0,5706	
Residuals	42	381,2	9,1			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

**Tabla 10-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación de la longitud de la raíz final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupo
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	10,5650000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	10,4700000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	10,4375000	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	9,1612500	ab
Aliso: Agua:3	8,3950000	ab
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	6,7500000	ab
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	6,6587500	ab
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	6,6187500	ab
Sauce: Agua:3	5,7325000	b
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	5,4912500	b
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	0,2619500	c
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	0,2132125	c
Balsa: Agua:3	0,2111250	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,1930125	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,1874125	c

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 8-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 12-3**) no mostró una diferencia

estadística significativa para el factor cepas, sin embargo, para el factor especie forestal y la interacción especie forestal: cepa si se comprobó una diferencia significativa para la longitud de la raíz final (**Tabla 12-3**).

La prueba de separación de Tukey al 5% mostró que a los 75 días las plantas que obtuvieron mayor longitud de raíz fue la especie del aliso con la inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un promedio de 10,5650000 y el que menor longitud de raíz obtuvo fue la balsa con el tratamiento *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un promedio de 0,1874125.

Los resultados presentados a los 75 días en la variable longitud de raíz (**Gráfico 8-3**) mostraron que el mejor tratamiento se dio en la especie forestal Aliso en el tratamiento testigo (agua) con un valor de longitud de raíz promedio de  $23,37 \pm 2,61$ , seguido de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de longitud de raíz promedio de  $23,06 \pm 3,76$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de longitud de raíz promedio de  $22,68 \pm 4,88$ .

Continuando, el mejor tratamiento para las plantas de sauce blanco fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de longitud de raíz promedio de  $19,93 \pm 5,33$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de longitud de raíz promedio de  $19,87 \pm 5,47$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de longitud de la raíz promedio de  $17,87 \pm 3,90$ .

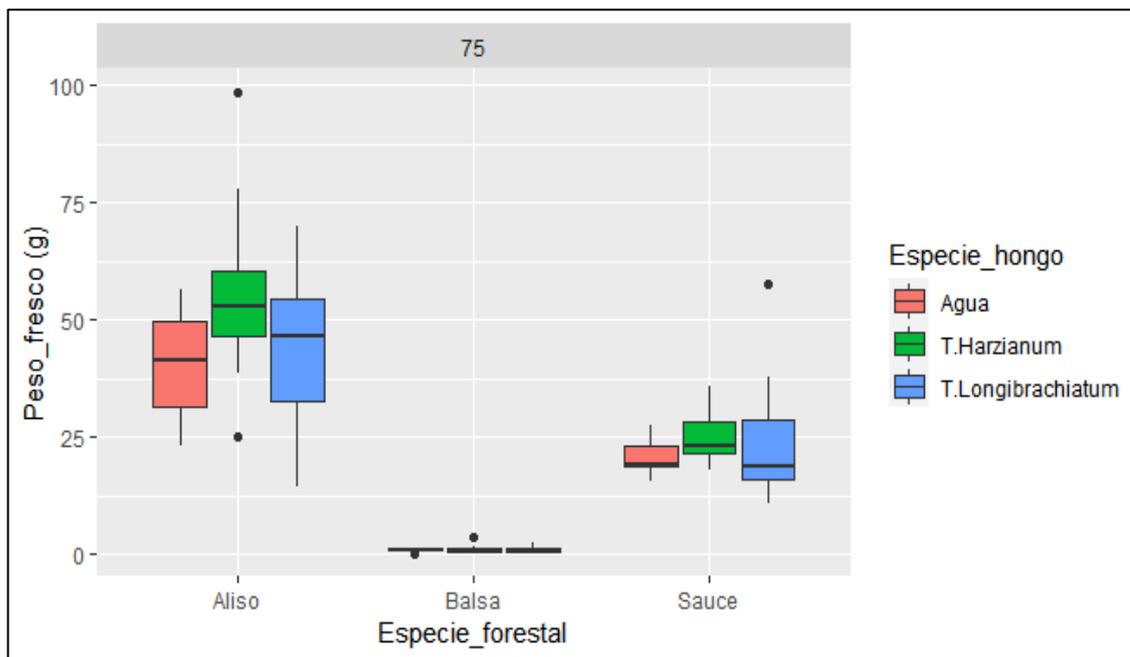
Finalmente, el mejor tratamiento para la especie de balsa fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de longitud de raíz promedio de  $8,62 \pm 4,53$ , seguido *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de longitud de raíz promedio de  $7,60 \pm 3,70$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de longitud de raíz promedio de  $7,37 \pm 3,33$ .



**Figura 5-3.** Tratamiento con mejor resultado en la variable longitud de la raíz final.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

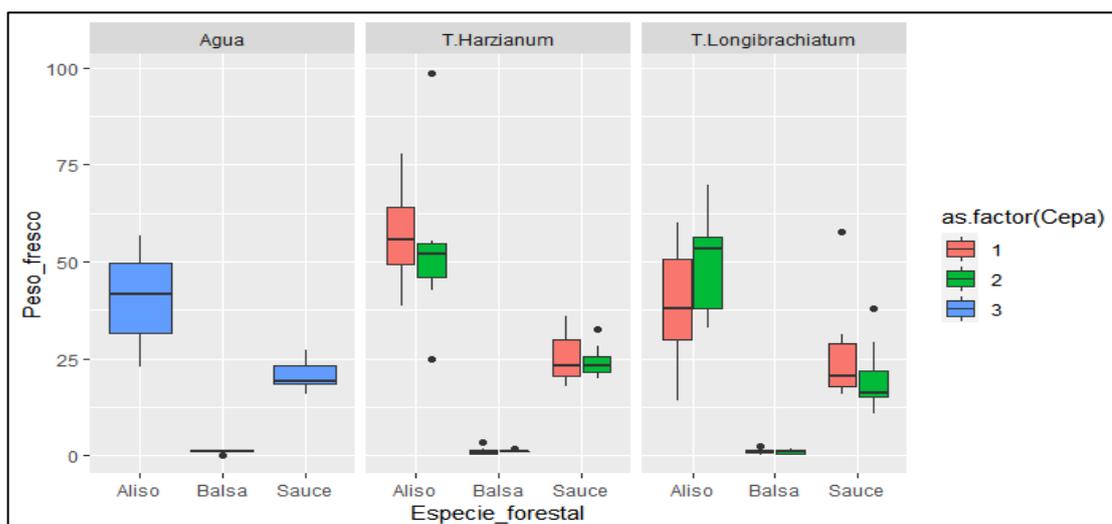
### 3.1.5 Evaluación del peso fresco de las especies forestales



**Gráfico 9-3.** Diagrama de caja y bigote (boxplot) de la variable peso fresco a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

### 3.1.5.1 Evaluación del peso fresco de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 10-3.** Diagrama de caja y bigote del peso fresco a los 75 días de las distintas especies tratadas con las cepas 1 y 2 respectivamente de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 11-3:** Análisis de varianza del peso fresco final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	22068	11034	250,171	<2e-16	***
Especie hongo	2	386	193	4,372	0,0188	*
Cepa	1	0	0	0,000	0,9899	
Factor (Bloque)	3	189	63	1,426	0,2488	
Especie forestal: Especie hongo	4	397	99	2,250	0,0798	.
Especie forestal: Cepa	2	108	54	1,230	0,3027	
Especie hongo: Cepa	1	28	28	0,645	0,4265	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	215	108	2,438	0,0996	.
Residuals	42	1852	44			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 '\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*', 0.05 '.', 0.1 ' ' 1

**Tabla 12-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso fresco final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	56,937500	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	53,382500	ab
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	50,013750	ab
Aliso: Agua:3	40,523750	abc
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	38,883750	bc
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	26,141250	cd
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	25,298750	cd
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	24,363750	cd
Sauce: Agua:3	20,626250	d
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	19,932625	d
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	1,134150	e
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	1,078563	e
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	1,003500	e
Balsa: Agua:3	0,969625	e
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,773525	e

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 10-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 15-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas, sin embargo, para el factor especie forestal, especie hongo, la interacción doble especie forestal: especie hongo y la interacción triple especie forestal: especie hongo; cepa, si existió diferencia significativa para el peso fresco final (**Tabla 15-3**).

La prueba de separación de Tukey al 5% mostró que a los 75 días las plantas que obtuvieron mayor peso fresco fue la especie del aliso con el inóculo de *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un promedio de 56,937500 y el que menos peso fresco obtuvo fue la especie forestal balsa con el inóculo de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un promedio de 0,773525.

Los resultados presentados a los 75 días en la variable peso fresco (**Gráfico 10-3**) mostraron que el mejor tratamiento se dio en la especie forestal aliso en *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso fresco promedio de  $55,16 \pm 16,95$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso fresco promedio de  $44,44 \pm 14,84$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso fresco promedio de  $40,52 \pm 11,86$ .

Por otro lado, el mejor tratamiento para las plantas de sauce blanco fue *Trichoderma harzianum*

cepa 1 con un valor de peso fresco promedio de  $24,83 \pm 5,54$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso fresco promedio de  $23,03 \pm 11,74$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso fresco promedio de  $20,62 \pm 3,83$ .

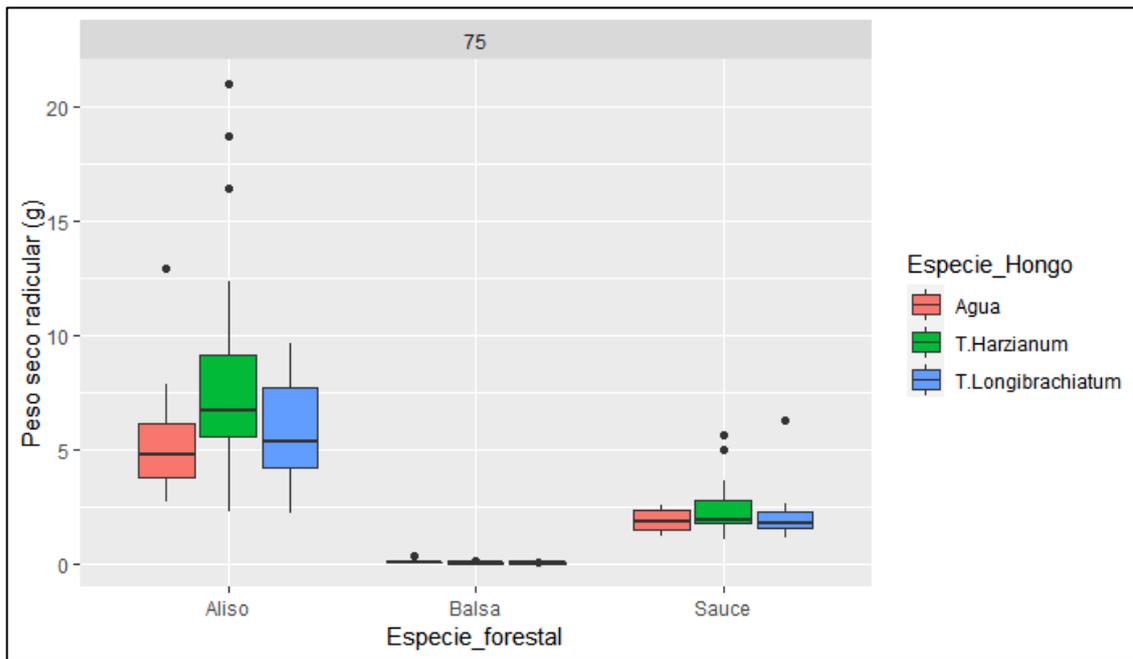
Finalmente, el mejor tratamiento para la especie de balsa fue *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso fresco promedio de  $1,10 \pm 0,75$ , seguido el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso fresco promedio de  $0,96 \pm 0,40$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso fresco promedio de  $0,94 \pm 0,67$ .



**Figura 6-3.** Mejor resultado en la variable peso fresco de las especies forestales.

Realizado por: Casigna Yumbo, Johana, 2021

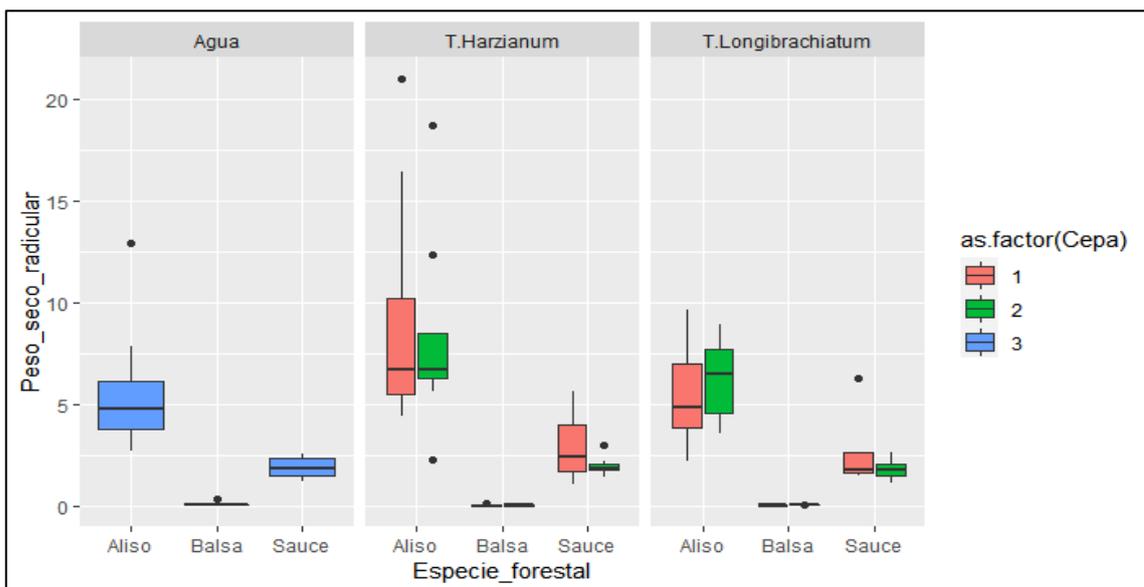
### 3.1.6 Evaluación del peso seco radicular de las especies forestales



**Gráfico 11-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

#### 3.1.6.1 Evaluación del peso seco radicular de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 12-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 13-3:** Análisis de varianza del peso seco radicular final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	505,7	252,87	98,842	<2e-16	***
Especie hongo	2	18,0	9,01	3,523	0,0385	*
Cepa	1	1,2	1,16	0,454	0,5042	
Factor (Bloque)	3	9,0	3,01	1,176	0,3303	
Especie forestal: Especie hongo	4	25,5	6,38	2,493	0,0574	.
Especie forestal: Cepa	2	1,5	0,73	0,287	0,7520	
Especie hongo: Cepa	1	1,5	1,45	0,567	0,4556	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	2,0	0,98	0,383	0,6844	
Residuals	42	107,5	2,56			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

**Tabla 14-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso seco radicular final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Media aritmética	Grupos
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	9,3025000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	8,2550000	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	6,2312500	ab
Aliso: Agua:3	5,7150000	abc
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	5,4475000	abc
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	2,8987500	bcd
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	2,4837500	bcd
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	1,9812500	cd
Sauce: Agua:3	1,9025000	cd
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	1,8012500	cd
Balsa: Agua:3	0,0772000	d
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	0,0387750	d
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,0307500	d
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	0,0274375	d
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,0218875	d

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 12-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 18-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas, sin embargo, para el factor especie forestal, especie hongo y la interacción especie forestal: especie hongo, si existió diferencia significativa para el peso fresco final (**Tabla 18-3**).

La prueba de separación de Tukey al 5% (**Tabla 19-3**) mostró que a los 75 días las plantas que obtuvieron mayor peso seco radicular fueron de la especie del aliso inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un promedio de 9,3025000 y el que menor peso seco radicular obtuvo fue la balsa inoculada con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un promedio de 0,0218875.

Los resultados presentados a los 75 días en la variable peso seco radicular (**Gráfico 12-3**) mostraron que el mejor tratamiento se dio en la especie forestal Aliso en *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de  $8,77 \pm 5,89$ , seguido *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso seco radicular promedio de  $5,83 \pm 2,30$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco radicular promedio de  $5,71 \pm 3,30$ .

Continuando, el mejor tratamiento para las plantas de sauce blanco fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de  $2,44 \pm 1,29$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso seco radicular promedio de  $2,14 \pm 1,18$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco radicular promedio de  $1,90 \pm 0,50$ .

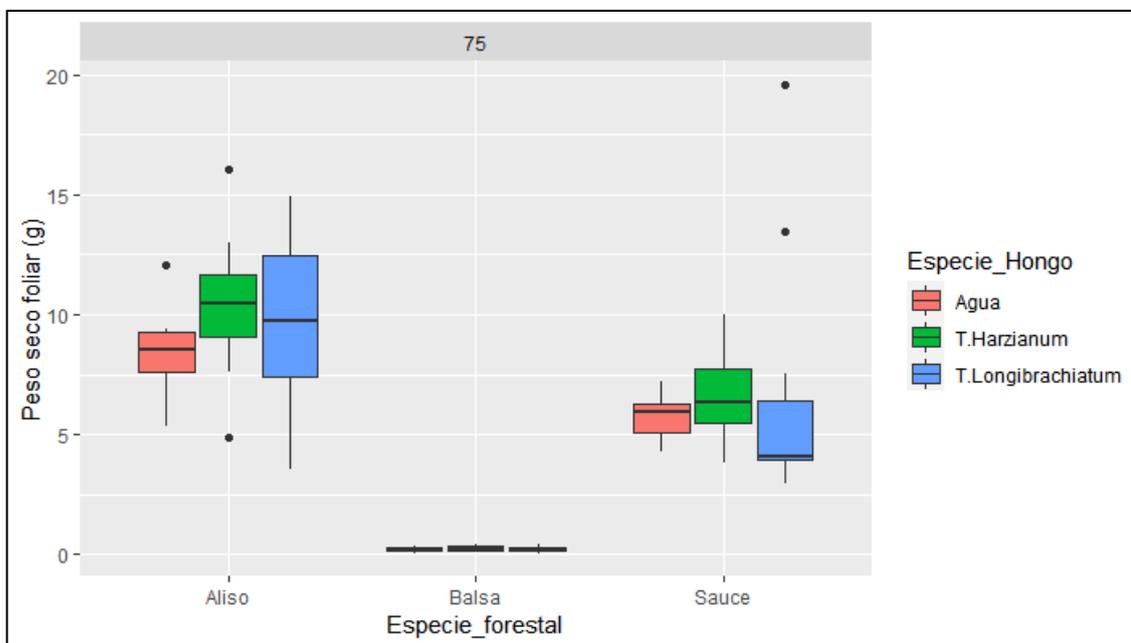
Finalmente, el mejor tratamiento para la especie de balsa fue el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco radicular promedio de  $0,07 \pm 0,09$  seguido *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso seco radicular promedio de  $0,03 \pm 0,03$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso seco radicular promedio de  $0,02 \pm 0,01$ .



**Figura 7-3.** Mejor resultado en la variable peso seco radicular de las especies forestales

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

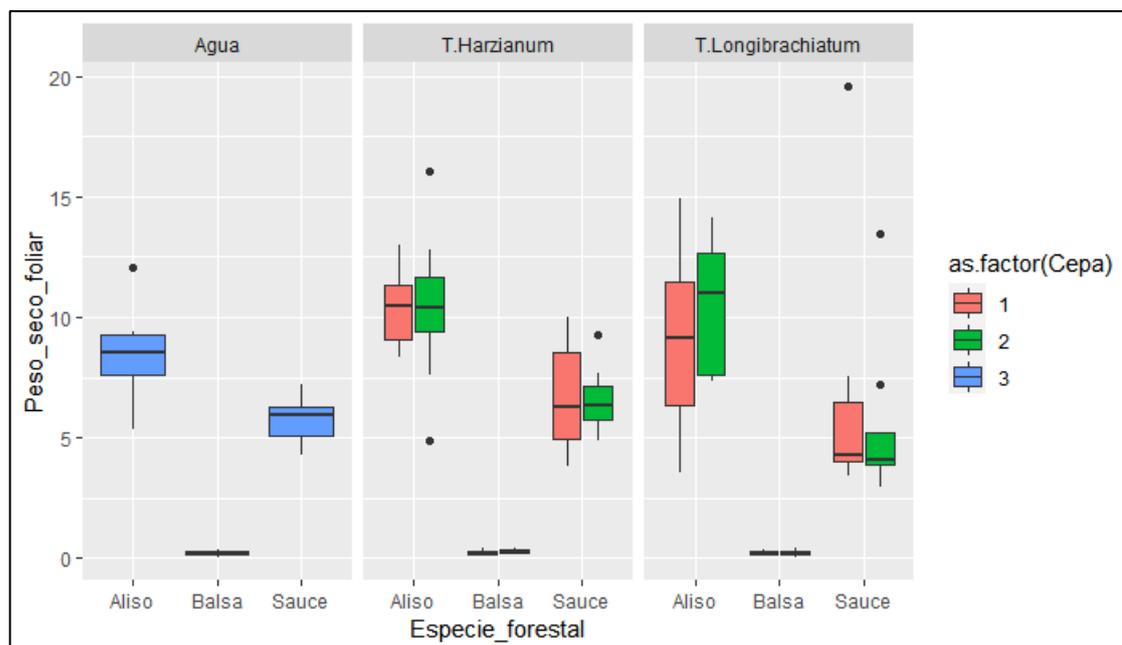
### 3.1.7 Evaluación del peso seco foliar de las especies forestales



**Gráfico 13-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco foliar a los 75 días (dt) de las especies forestales sometidas a los tratamientos con *Trichoderma* spp.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

3.1.7.1 Evaluación del peso seco foliar de las especies forestales sometidas a distintos tratamientos



**Gráfico 14-3.** Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco foliar a los 75 días de las especies tratadas con las cepas 1 y 2 de *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*.

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**Tabla 15-3:** Análisis de varianza del peso seco foliar final en las 3 especies forestales sometidas a estudios en diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr (>F)	
Especie forestal	2	940,7	470,3	139.473	<2e-16	***
Especie hongo	2	8,3	4,1	1,229	0,303	
Cepa	1	0,0	0,0	0,002	0,968	
Factor (Bloque)	3	6,4	2,1	0,638	0,595	
Especie forestal: Especie hongo	4	5,9	1,5	0,437	0,781	
Especie forestal: Cepa	2	3,6	1,8	0,529	0,595	
Especie hongo: Cepa	1	0,0	0,0	0,013	0,911	
Especie forestal: Especie hongo: Cepa	2	3,1	1,5	0,459	0,635	
Residuals	42	141,6	3,4			

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

Códigos de significancias: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

**Tabla 16-3:** Prueba de Tukey al 5% para la evaluación del peso seco foliar final de las 3 especies forestales con la inoculación de *Trichoderma* spp.

Especie	Promedio	Grupo
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :2	10,5650000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :1	10,4700000	a
Aliso: <i>T. harzianum</i> :2	10,4375000	a
Aliso: <i>T. longibrachiatum</i> :1	9,1612500	ab
Aliso: Agua:3	8,3950000	ab
Sauce: <i>T. harzianum</i> :1	6,7500000	ab
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :1	6,6587500	ab
Sauce: <i>T. harzianum</i> :2	6,6187500	ab
Sauce: Agua:3	5,7325000	b
Sauce: <i>T. longibrachiatum</i> :2	5,4912500	b
Balsa: <i>T. harzianum</i> :2	0,2619500	c
Balsa: <i>T. harzianum</i> :1	0,2132125	c
Balsa: Agua:3	0,2111250	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :2	0,1930125	c
Balsa: <i>T. longibrachiatum</i> :1	0,1874125	c

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

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El análisis gráfico (**Gráfico 14-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 21-3**) no mostró una diferencia estadística significativa para el factor cepas, especie hongo y la interacción especie forestal: especie hongo. sin embargo, para el factor especie forestal, si existió diferencia significativa para el peso seco foliar final (**Tabla 21-3**).

La prueba de separación de Tukey al 5% (**Tabla 22-3**) mostró que a los 75 días las plantas que obtuvieron mayor peso seco foliar fueron de la especie del aliso con inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un promedio de 10,5650000 y el que menor peso seco radicular obtuvo fue la balsa con inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un promedio de 0,1874125.

Los resultados presentados a los 75 días en la variable peso seco radicular (**Gráfico 14-3**) mostraron que el mejor tratamiento se dio en la especie forestal Aliso en *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor de peso seco foliar promedio de  $10,45 \pm 2,58$ , seguido *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso seco foliar promedio de  $9,86 \pm 3,30$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco foliar promedio de  $8,39 \pm 2,10$ .

El mejor tratamiento para las plantas de sauce blanco fue *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un

valor de peso seco foliar promedio de  $6,68 \pm 1,86$ , seguido de *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de peso seco foliar promedio de  $6,07 \pm 4,42$  y finalmente el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco foliar promedio de  $5,73 \pm 0,98$ .

Finalmente, el mejor tratamiento para la especie de balsa fue *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor de peso seco foliar promedio de  $0,23 \pm 0,12$ , seguido el tratamiento testigo (agua) con un valor de peso seco foliar promedio de  $0,21 \pm 0,10$  y finalmente *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor de peso seco foliar promedio de  $0,20 \pm 0,11$ .



**Figura 8-3.** Tratamiento con mejor efecto en peso seco foliar de las especies forestales

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

### 3.2 Índice de Dickson

**Tabla 17-3:** Índice de Dickson para la especie forestal Aliso

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson	
T1	Aliso	<i>T. harzianum</i> (1)	2,40	2,39
T2	Aliso	<i>T. harzianum</i> (2)	2,37	
T3	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> (1)	1,45	1,83
T4	Aliso	<i>T. longibrachiatum</i> (2)	2,20	
T5	Aliso	Agua	1,44	

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El índice de calidad de Dickson demostró que con los tratamientos trabajados con *Trichoderma harzianum* cepa 1 (T1) con un valor de 4,40, en relación al tratamiento testigo (agua) que obtuvo un valor de 1,44.

**Tabla 18-3:** Índice de Dickson para la especie forestal Balsa

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson	
T1	Balsa	<i>T. harzianum</i> (1)	0,03	0,03
T2	Balsa	<i>T. harzianum</i> (2)	0,02	
T3	Balsa	<i>T. longibrachiatum</i> (1)	0,02	0,02
T4	Balsa	<i>T. longibrachiatum</i> (2)	0,03	
T5	Balsa	Agua	0,04	

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El índice de calidad de Dickson determinó que los tratamientos trabajados con el testigo (agua) (T5) obtuvieron un resultado mayor con un valor de 0,04, en comparación con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y cepa 2 (T3) y (T4) las que mostraron con un valor menor ante todos los tratamientos con un valor de 0,02.

**Tabla 19-3:** Índice de calidad de Dickson para la especie forestal Sauce blanco

Tratamiento	Especie	Hongo	Índice de Dickson	
T1	Sauce blanco	<i>T. harzianum</i> (1)	1,14	0,99
T2	Sauce blanco	<i>T. harzianum</i> (2)	0,85	
T3	Sauce blanco	<i>T. longibrachiatum</i> (1)	1,08	0,92
T4	Sauce blanco	<i>T. longibrachiatum</i> (2)	0,77	
T5	Sauce blanco	Agua	0,87	

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

El índice de calidad de Dickson determinó que los tratamientos trabajados con *Trichoderma harzianum* cepa 1 (T1) en la especie forestal Sauce blanco obtuvo mejor resultado con un valor de 1,14, en relación a *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 (T4) con un valor de 0,77

### 3.3 Discusión

En la presente investigación *Trichoderma* spp. promovió el desarrollo vegetativo de tres especies forestales aliso, balsa y sauce blanco en las variables de estudio. El efecto de *Trichoderma harzianum* fue positivo en las tres especies forestales, presentando valores altos en las variables: altura, longitud de la raíz, peso fresco, peso seco radicular y peso seco foliar. Este resultado concuerda con literaturas citadas (Cubillos et al., 2009, pp. 1-9) quien menciona que *T. harzianum* es un promotor de germinación y crecimiento temprano en la especie de interés comercial de maracuyá, el cual obtuvo resultados que sugirieron una acción efectiva de *T. harzianum* como promotor de crecimiento vegetal, mostrando que tiene potencial para la elaboración de un bioproducto útil para el manejo ecológico del cultivo de maracuyá. El efecto positivo de *Trichoderma* spp. ante las variables mencionadas afirma la capacidad que este tiene para promover el crecimiento vegetal tanto aéreo como radicular, esto debido a la capacidad que tiene *Trichoderma* spp. de solubilizar el fosfato, dejándolo libre en el suelo para que la especie vegetal lo absorba, a más de ayudar en el aprovechamiento de micronutrientes y de los cationes minerales que ayudan al metabolismo vegetal (Ruíz et al., 2018, pp. 1-8).

Las dos especies de *Trichoderma* spp. dieron resultados positivos, *T. harzianum* en la mayor cantidad de variables de estudio, especialmente en la especie forestal de Aliso (*Alnus acuminata*), de igual manera *Trichoderma longibrachiatum* que resultó efectivo en las variables: número de hojas y en el diámetro a la altura del cuello (DAC), concordando con (Feltre, 2008, pp. 89-157) en el efecto que *T. longibrachiatum* realiza al desarrollar 2,4,6 -TCA el cual es un metabolito fúngico, este se sitúa en la parte externa del tallo de la planta vegetal, funcionando como fungicida ante dañinos que afectan directamente al tallo, impidiendo el desarrollo normal de la especie vegetal.

Evidentemente *Trichoderma* spp. tuvo un excelente resultado en las dos especies de *Trichoderma* spp. corroborando una vez más que este, mejora notablemente el crecimiento y desarrollo vegetativo especialmente variables fisiológicas como área foliar, peso seco y fresco y en el crecimiento de la raíz (Camargo et al., 2013, p. 91). Tal es el caso en donde (Álvarez et al., 2021, pp. 1-8) indican que *Trichoderma* spp. funciona no solo como un método de control, corroborando su acción como estimulador al fortalecer y maximizar nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo, a más de evidenciarse que *Trichoderma* spp. produce en el suelo fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas que son aprovechadas por el espécimen vegetal a lo largo de su crecimiento.

## CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos se concluye que *Trichoderma harzianum* cepa 1 tuvo mejor efecto en el aliso (*Alnus acuminata*), demostrando con el índice de calidad de Dickson que *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor promedio de 2,40 tuvo superioridad en la especie forestal, desarrollando mejor las variables altura, peso fresco y peso seco radicular a nivel de vivero en la provincia de Chimborazo.
- Según los resultados obtenidos *Trichoderma longibrachiatum* fue el que mejor resultado obtuvo al aplicar la cepa 2, en la especie forestal aliso (*Alnus acuminata*) con un valor promedio según el índice de calidad de Dickson de 1,81, teniendo así superioridad en las variables de diámetro a la altura del cuello (DAC), longitud de la raíz y peso seco foliar, mientras que para las especies sauce blanco y balsa, *Trichoderma longibrachiatum* tuvo mejor resultado en la variable número de hojas al aplicar la cepa 1 a nivel de vivero en la provincia de Chimborazo.

## RECOMENDACIONES

- Potenciar el estudio y el uso de *Trichoderma* spp en las especies forestales aliso, balsa y sauce blanco a nivel de campo.
- Usar *Trichoderma* spp. con fertilizantes naturales u orgánicos para evidenciar la existencia de un mejor desarrollo vegetativo en especies forestales.
- Se sugiere utilizar *Trichoderma harzianum* como promotor de crecimiento vegetal, ya que demuestra que tiene potencial para la elaboración de un bioproducto útil.

## GLOSARIO

**Antagonista:** Tiene cierta oposición en contra de alguna acción de algo (Española, 2020, p. 1).

**Benéfico:** Hace referencia al realizar un bien productivo o de provecho a un ser necesitado sin algún interés alguno (Definiciona. 2009, p. 1).

**Bioestimulante:** Sustancia de uso vegetal para beneficio en la funcionalidad biológica tanto de suelos como de plantas (Martínez, 2001, pp. 20-21).

**Fragmentación:** Es un tipo de división asexual, es decir la madre se divide en dos individuos iguales a la misma (Española, 2016, pp. 4-6).

**Infección fúngica:** También conocido como micótica, es un tipo de infección causado por hongos que pueden vivir en el aire, el suelo, las plantas y el agua, e incluso existir en organismos biológicos (Valcárcel, 2019, p.38).

**Gemación:** Proceso de reproducción mediante el cual los individuos producen otro individuo a partir de su propio material. En el caso específico la gemación, comienzan a formarse nuevos individuos en la superficie del progenitor y no requieren estructuras especializadas o áreas específicas que dependan de las células (Contreras, 2020, p. 12).

**Hendido:** Se encuentra dividido en lóbulos (Navarra, 2016, p.1).

**Hiperparásito:** Un organismo parásito que vive en un huésped y al mismo tiempo es parásito o parasita otra especie (Treviño, 2006, p. 16).

**Inhibir:** Es el ejercicio de detener, prohibir o reprimir un hábito, impulso o la capacidad de un ser (Biodic, 2018, p. 7).

**Monoico:** El nombre de una planta con flores masculinas y femeninas en el mismo individuo (Infojardín, 2008, p. 12).

**Perennifolio:** Término botánico que hace referencia a árboles o arbustos que permanecen toda su vida verde, o no pierden en ningún tiempo su follaje (Treviño, 2009, p. 22).

## BIBLIOGRAFÍA

**AULESTÍA, Edgar et al.** “*Alnus acuminata kunth*: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono”. *Bosques latitud cero* [En línea], 2018, (Ecuador) 8(2), pp. 12-16. [Consulta: 19 de Junio de 2021.] ISSN 1390-3683. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/495>.

**ÁLVAREZ ROMERO, Pablo Israel et al.** “Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* en el desarrollo de diferentes plántulas de especies forestales”. *Revista Académica Agrícola*. [En línea], 2021, (Ecuador) 4(4), pp. 1-8. [Consulta: 2 de marzo de 2022]. ISSN 74-83. Disponible en: <https://agrariacad.com/2021/08/02/efeito-do-trichoderma-harzianum-e-trichoderma-longibrachiatum-no-desenvolvimento-de-diferentes-mudas-de-especies-florestais/>.

**BIODIC.** *inhibir*. [blog]. 2018. [Consulta: 14 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.biodic.net/palabra/inhibir/#.YZGOkvnMLIV>.

**BONILLA, Carlos et al.** Guia técnica de MANEJO DE VIVEROS FORESTALES [En línea] (Trabajo de titulación) Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). 2014. p. 5. [Consulta: 19 de Junio de 2021]. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Manejo-de-Viveros-Forestales.pdf>.

**CAMARGO CEPEDA, David Fernando; & ÁVILA, Edwin Ricardo.** “Efectos del *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.)”. *Revista hrtoiculas*. [En línea], 2013, (Ecuador), p. 91. [Consulta: 23 de Noviembre de 2021]. ISSN 0122-8420 Disponible en: <file:///C:/Users/Johana/Downloads/Dialnet-EfectosDelTrichodermaSpSobreElCrecimientoYDesarrol-5039253.pdf>. 0122-8420.

**CASTILLA, Felipe; & SELGAS, José.** *Salix alba Sauce blanco*. [blog]. 2017. [Consulta: 11 de Abril de 2021]. Disponible en: <https://www.arbolapp.es/especies/ficha/salix-alba/>.

**CONABIO.** “*Alnus acuminata*”. *Revista betul1*. [En línea]. 2019. (Ecuador). p. 25. [Consulta: 18 de Abril de 2021]. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf).

**CONTRERAS, Ramón.** *Tipos de reproducción asexual: gemación*. [blog]. 2020. [Consulta: 14 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://biologia.laguia2000.com/citologia/tipos-de>

reproduccion-asexual-gemacion.

**COSTAS, G.** *Reproducción sexual y asexual en las plantas*. [blog]. 2014. [Consulta: 24 de Abril de 2021]. Disponible en: <https://cienciaybiologia.com/reproduccion-sexual-y-asexual-en-las-plantas/>.

**CUBILLOS HINOJOSA, Juan et al.** “*Trichoderma harzi* como promotor de crecimiento”. *Revista Scielo*. [En línea]. 2009. (Ecuador) 4(1). pp. 1-9. [Consulta: 23 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n1/v27n1a11.pdf>.

**DEFINICIONA.** *Benéfico*. [blog]. 2009. [Consulta: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://definiciona.com/benefico/>.

**ECHEVERRÍA, Edmundo.** *Semillero*. [blog]. 2021. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: [http://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0660001090001\\_PDyOT%20Pallatanga%20V\\_13-04-2016\\_17-28-13.pdf](http://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660001090001_PDyOT%20Pallatanga%20V_13-04-2016_17-28-13.pdf)

**ECUADOR FORESTAL.** *BALSA*. [blog]. 2017. [Consulta: 8 de Abril de 2021]. Disponible en: <http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/balsa.pdf>.

**ECURED.** *Balsa (Ochroma pyramidale)*. [blog]. 2013. [Consulta: 8 de Abril de 2021]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Balsa\\_\(Ochroma\\_pyramidale\)#:~:text=Nombre%20Cient%C3%ADfico%3A,Ochroma%20pyramidale%20Cav.&text=Ochroma%20pyramidale-,Ochroma%20pyramidale%20Cav.,que%20invade%20terrenos%20reci%C3%A9n%20perturbados..](https://www.ecured.cu/Balsa_(Ochroma_pyramidale)#:~:text=Nombre%20Cient%C3%ADfico%3A,Ochroma%20pyramidale%20Cav.&text=Ochroma%20pyramidale-,Ochroma%20pyramidale%20Cav.,que%20invade%20terrenos%20reci%C3%A9n%20perturbados..)

**GRAN DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Fragmentación*. [blog]. 2016. [Consulta: 8 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://es.thefreedictionary.com/fragmentaci%C3%B3n>.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Antagonista*. [blog]. 2020. [Consulta: 28 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/antagonista>.

**FAO.** “*Ochroma pyramidale*”. *Revista Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis*. [En línea]. 1968. (United state). p. 23. [Consulta: 8 de Abril de 2021]. ISSN 123-1920. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf).

**FELTRER MARTÍNEZ , Raúl.** “ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DE CLOROANISOLES POR *Trichoderma longibrachiatum*: CARACTERIZACIÓN: CARACTERIZACIÓN DEL GEN CODIFICANTE DEL ENZIMA CLOROFENOL O-METILTRANSFERASA - METILTRANSFERASA (CPOMT)”. *Buleria Unileon*. [En línea]. 2008. (Colombia). pp.89-157. [Consulta: 23 de Noviembre de 2021]. ISSN 156-865. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/924/2009ON-FELTRER%20MART%CDNEZ,%20RA%20DAL.pdf;jsessionid=5CAF6056A1DCCC2ED7B786C2B2113930?sequence=1>.

**GARCIA, M et al.** “USO DE *Trichoderma* spp. EN LA AGRICULTURA”. *westanalitica* [En línea]. 2018. (Ecuador). p. 12. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. ISSN 544-987. Disponible en: <https://westanalitica.com.mx/wp-content/uploads/2018/08/USO-DE-TRICHODERMA-EN-AGRICULTURA.pdf>.

**GARCIA, Soledad.** *Sauce blanco (Salix alba)*. [blog]. 2021. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Salix\\_alba](https://es.wikipedia.org/wiki/Salix_alba).

**GONZÁLEZ, Beatriz et al.** “CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO DE BALSA (*Ochroma pyramidale*) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS - ECUADOR”. *researchgate.net*. [En línea]. 2010. (Ecuador) 34(2). p. 25. [Consulta: 19 de Junio de 2021]. ISSN 234-543. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/321638918\\_CHARACTERIZACION\\_DEL\\_CULTIVO\\_DE\\_BALSA\\_Ochroma\\_pyramidale\\_EN\\_LA\\_PROVINCIA\\_DE\\_LOS\\_RIOS\\_-\\_ECUADOR.10.18779/cyt.v3i2.45](https://www.researchgate.net/publication/321638918_CHARACTERIZACION_DEL_CULTIVO_DE_BALSA_Ochroma_pyramidale_EN_LA_PROVINCIA_DE_LOS_RIOS_-_ECUADOR.10.18779/cyt.v3i2.45).

**INFANTE, Danay et al.** “MECANISMOS DE ACCIÓN DE *Trichoderma* spp. FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS”. *scielo*. [En línea]. 2009. (Chile). p. 10. [Consulta: 12 de Abril de 2021]. ISSN 223-563. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522009000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000100002).

**INFOJARDIN.** *Monoico*. [blog]. 2008. [Consulta: 14 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.infojardin.com/glosario/moder/monoico.htm>.

**MARTÍNEZ SALAS, C.** *Bioestimulante*. [blog]. 2001. [Consulta: 8 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7122250.1131-8988>.

**MARTÍNEZ, Benedicto et al.** “*Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los

cultivos” *scielo*. [En línea]. 2013. (Ecuador). p. 15. [Consulta: 12 de Abril de 2021]. ISSN 453-564. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001).

**MARTÍNEZ, Benedicto et al.** “*Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos” *scielo*. [En línea]. 2013. (Ecuador). p. 27. [Consulta: 13 de Abril de 2021]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001).

**MARTÍNEZ, Benedicto et al.** “Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*”. *scielo*. [En línea]. 2015. (Ecuador) 78(2). pp. 2-4. [Consulta: 11 de Abril de 2021]. ISSN 12-76. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30s1/rpv004s15.pdf>.

**MARTÍNEZ, Raúl.** “ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DE CLOROANISOLES POR *Trichoderma longibrachiatum*: CARACTERIZACIÓN DEL GEN CODIFICANTE DEL ENZIMA CLOROFENOL O-METILTRANSFERASA -METILTRANSFERAS (CPOMT)”. *buleria unileon*. [En línea]. 2008. (Cuba) 6(2). p. 13. [Consulta: 19 de Junio de 2021]. ISSN 167-198. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/924/2009ON-FELTRER%20MART%20CDNEZ,%20RA%20DAL.pdf;jsessionid=52214D685609A37CD9F0AFDC795E71E3?sequence=1>.

**MOLINA.** “SUSTRATOS PARA PROPAGACION Y SIEMBRA EN INVERNADEROS”. *lamolina*. [En línea]. 2014. (Ecuador) 9(3). p. 7. [Consulta: 24 de Abril de 2021]. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Ense%C3%B1anza/Clases%20PROPA/SPP.4.SUSTRATOS.pdf>.

**RUIZ CISNEROS, María Fernanda et al.** “*Trichoderma* spp. como solubilizador de fosfatos en el suelo”. *Scielo*. [En línea]. 2018. (Cuba) 8(1). pp. 1-8. [Consulta: 23 de Noviembre de 2021]. ISSN 34-66. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092018000300444](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000300444). 0185-3309.

**TELLEZ , Alejandro et al.** “Efectos benéficos de *Trichoderma* y su regulación de la expresión génica de celulasas y hemicelulasas”. *scielo*. [En línea]. 2009. (Madrid) 15(3). p. 9. [Consulta: 19 de Junio de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007). 0187-3180.

**TREVIÑO RODRÍGUEZ, Jesús Gerardo.** *Perennifolio*. [blog]. 2006. [Consulta: 14 de

Noviembre de 2021]. Disponible en: <http://etimologias.dechile.net/?perennifolio>.

**VALCÁRCEL, Josefa.** *Infecciones fúngicas*. [blog]. 2019. [Consulta: 10 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.msdsalud.es/cuidar-en/infecciones/infecciones-fungicas/es-una-infeccion-fungica.html>. 1117228-0127.

## ANEXOS

### ANEXO A: LABORES DE CAMPO



Labores en el vivero



Elección de la planta madre



Corte de estacas



Siembra de Sauce (*Salix alba*)



Siembra de Balsa (*Ochroma pyramidale*)



Elección de las plantas de Aliso (*Alnus acuminata*)



Trasplante de Balsa (*Ochroma pyramidale*)



Establecimiento del diseño experimental en campo



Rotulación del diseño experimental



Rotulación del diseño experimental



Primera aplicación de *Trichoderma* spp.



Segunda aplicación de *Trichoderma* spp



Tercera aplicación de *Trichoderma* spp



Recolección de datos a los 15 de días de la primera aplicación



Recolección de datos a los 30 días de la primera aplicación



Recolección de datos a los 45 días de la primera aplicación



Recolección de datos a los 60 días de la primera aplicación



Recolección de datos a los 75 días de la primera aplicación



Riego de agua realizado pasando un día desde la siembra de las especies forestales



Etiquetado y empaclado de las especies forestales



Conteo de hojas

## ANEXO B: FASE DE LABORATORIO



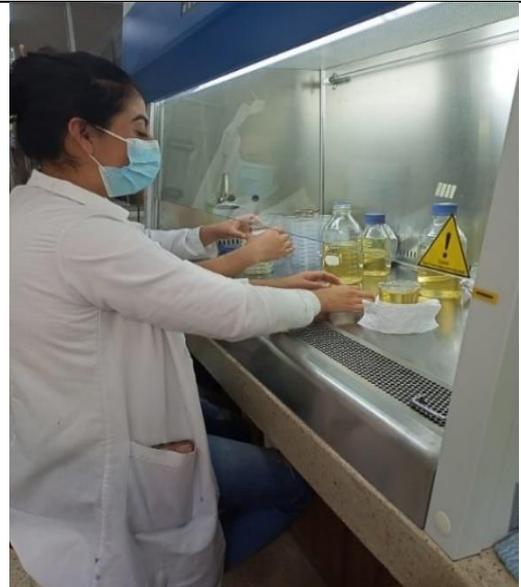
Limpieza del área a trabajar



Preparación del medio de cultivo



Preparación del medio con penicilina y cloranfenicol



Envasado dl medio en las cajas petri



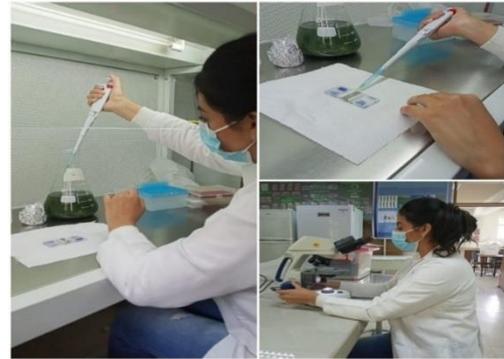
Repique del hongo



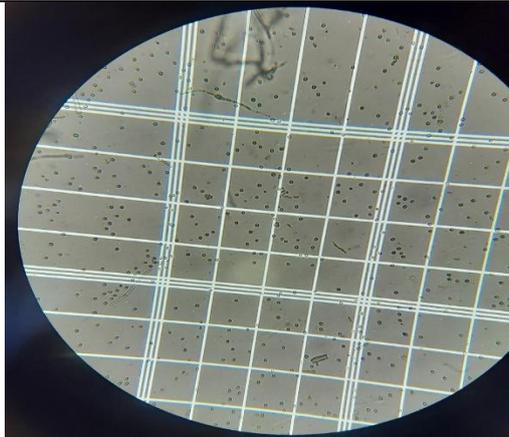
Sellado y etiquetado de las cajas



Extracción del hongo



Conteo de esporas



Esporas observadas en el microscopio en el hemacitómetro de Neubauer



Preparación del inóculo

Realizado por: Casigna Yumbo, Johana, 2021

## ANEXO C: FASE 2 DE LABORATORIO



Lavado, secado y etiquetado de las especies forestales



Obtención de masa fresca de las especies forestales



Medición de la longitud de la raíz



Secado de las especies forestales



Obtención del peso seco foliar de las especies forestales



Obtención del peso seco radicular de las especies forestales

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

Especie forestal	Especie Hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	68,9166667	9,25
Aliso	<i>T. harzianum</i>	71,25	9,375
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	67,75	9,125
Balsa	Agua	4,78	1,6
Balsa	<i>T. harzianum</i>	3,65947368	1,47368421
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	4,02777778	1,66666667
Sauce	Agua	48	7,75
Sauce	<i>T. harzianum</i>	58,375	8,41666667
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	50,7916667	9,16666667

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO E: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA VARIABLE DAC A LOS 75 DÍAS**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	9,25	2,56284643
Aliso	<i>T. harzianum</i>	9,375	2,87133509
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	9,125	3,11116503
Balsa	Agua	1,6	0,51639778
Balsa	<i>T. harzianum</i>	1,47368421	0,61177529
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	1,66666667	0,68599434
Sauce	Agua	7,75	1,86474468
Sauce	<i>T. harzianum</i>	8,41666667	2,01982924
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	9,16666667	2,71335933

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO F: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	7	2,1602469
Aliso	<i>T. harzianum</i>	5,625	3,5831949
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	6,75	2,25198325
Balsa	Agua	8,875	5,46253473
Balsa	<i>T. harzianum</i>	6,5	2,03306009
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	7,28571429	3,60402705
Sauce	Agua	7,75	2,5
Sauce	<i>T. harzianum</i>	6,5	2,50713268
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	8,75	2,43486579

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO G: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	23,375	2,61520281
Aliso	<i>T. harzianum</i>	23,0625	3,76773584
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	22,6875	4,88151274
Balsa	Agua	7,375	3,33541602
Balsa	<i>T. harzianum</i>	8,625	4,53321078
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	7,60714286	3,70643189
Sauce	Agua	17,875	3,90741054
Sauce	<i>T. harzianum</i>	19,9375	5,33502577
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	19,875	5,47570391

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO H: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO FRESCO**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	40,52375	11,8668999
Aliso	<i>T. harzianum</i>	55,16	16,951479
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	44,44875	14,8480449
Balsa	Agua	0,969625	0,40394007
Balsa	<i>T. harzianum</i>	1,10635625	0,75541291
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	0,9467	0,67164775
Sauce	Agua	20,62625	3,8327608
Sauce	<i>T. harzianum</i>	24,83125	5,54495792
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	23,0369375	11,7448263

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO I: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO RADICULAR**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	5,715	3,30906115
Aliso	<i>T. harzianum</i>	8,77875	5,39810569
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	5,839375	2,30034046
Balsa	Agua	0,0772	0,09653933
Balsa	<i>T. harzianum</i>	0,03310625	0,03000905
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	0,02787857	0,01952234
Sauce	Agua	1,9025	0,50218807
Sauce	<i>T. harzianum</i>	2,44	1,29485649
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	2,1425	1,18730788

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

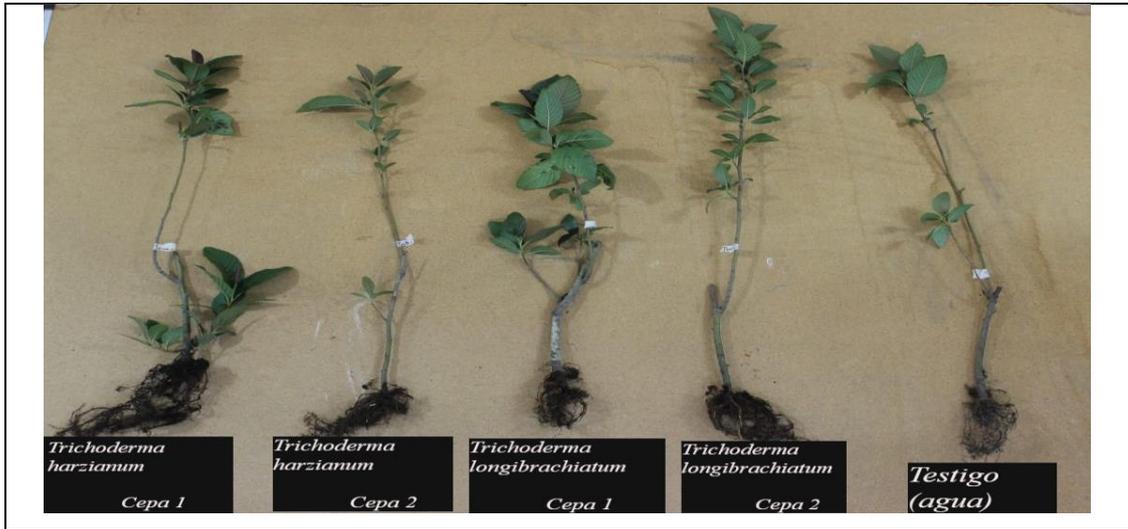
**ANEXO J: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO FOLIAR**

Especie forestal	Especie hongo	Promedio	Desviación estándar
Aliso	Agua	8,395	2,10424741
Aliso	<i>T. harzianum</i>	10,45375	2,581343
Aliso	<i>T. longibrachiatum</i>	9,863125	3,30869303
Balsa	Agua	0,211125	0,10521534
Balsa	<i>T. harzianum</i>	0,23758125	0,12249641
Balsa	<i>T. longibrachiatum</i>	0,20212143	0,11168394
Sauce	Agua	5,7325	0,98044815
Sauce	<i>T. harzianum</i>	6,684375	1,86815049
Sauce	<i>T. longibrachiatum</i>	6,075	4,42029562

Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021

**ANEXO K: TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LAS 3 ESPECIES FORESTALES**





Realizado por: Casigña Yumbo, Johana, 2021



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 04 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Johana Elizabeth Casigña Yumbo
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Forestal
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Castillo



0698-DBRA-UTP-2022