



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

**USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE DE
CRECIMIENTO DE ARRAYÁN, EUCALIPTO, HIGUERÓN EN EL
VIVERO DE LA ESPOCH.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

PAMELA KATHERINE LOPEZ PACA

Riobamba - Ecuador

2022



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

**USO DE *Trichoderma* spp. COMO BIOESTIMULANTE DE
CRECIMIENTO DE ARRAYÁN, EUCALIPTO, HIGUERÓN EN EL
VIVERO DE LA ESPOCH.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: PAMELA KATHERINE LOPEZ PACA

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

Riobamba - Ecuador

2022

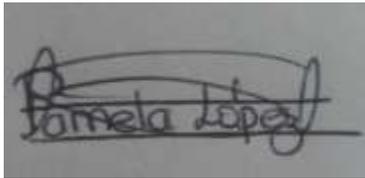
© 2022, Pamela Katherine López Paca

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, Pamela Katherine López Paca, 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 black ink on a light gray background. The signature is written in a cursive style and reads "Pamela Katherine López Paca".

Pamela Katherine López Paca

0605364256

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 DE CRECIMIENTO DE ARRAYÁN, EUCALIPTO, HIGUERÓN EN EL VIVERO DE LA ESPOCH**, realizado por la señorita: **PAMELA KATHERINE LÓPEZ PACA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Miguel Ángel Gualpa Calva MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MIGUEL ANGEL GUALPA CALVA	2022/03/23
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph. D DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO Firmado digitalmente por PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO	2022/03/23
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez Ph. D MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ROSA DEL PILAR CASTRO GOMEZ	2022/03/23

DEDICATORIA

A mis padres Arsenio (+) y Nancy por haberme forjado como la persona que soy hoy en día su sacrificio y esfuerzo, su amor infinito que me han brindado durante toda mi vida, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, mucho de mis logros se los debo a ellos. A mis hermanos Jhoselin, Cristian y Lucely que entre alegrías y tristezas siempre han estado ahí apoyándome y dándome ánimos para poder culminar mi carrera. A mis tíos/as por brindarme su apoyo incondicional, una palabra de aliento en los momentos más difíciles de mi vida. A mis amigos y compañeros por interactuar con los conocimientos en el transcurso de desarrollo de la carrera en especial a Tania.

Pamela

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi fortaleza en los momentos más duros de mi vida, por ser mi refugio y bendecirme con una vida llena de salud.

A mis padres por ser mis formadores, mis pilares fundamentales en mi formación académica, quienes con su sabiduría se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

A la ESPOCH por haberme aceptado ser parte de ella, a los catedráticos de la Carrera de Ingeniería Forestal que impartieron sus conocimientos, y su apoyo para seguir adelante.

A los ingenieros Pablo Álvarez, Rosita Castro, Juan Rodríguez, Juan Guerra por ser excelentes seres humanos, por su excelente dirección y por su tiempo brindado para culminar mi Trabajo de Integración Curricular.

Pamela

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESÚMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Información botánica de especies forestales.....	4
<i>1.1.1. Arrayán (Myrcianthes halli).....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2. Eucalipto (Eucalyptus globulus).....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3. Higuerón (Aegiphila ferruginea).....</i>	<i>6</i>
1.2. Vivero.....	7
<i>1.2.1. Importancia de un vivero forestal.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. ¿Qué es un vivero?.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3. Clasificación por su duración y producción.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.4. Tipos de producción de plantas.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.5. Indicadores de calidad de especies forestales.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.5.1. Diámetro de cuello (DAC).....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.5.2. Altura.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.5.3. Volumen de raíz.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.6. Producción de plantas a raíz cubierta.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.6.1. A cielo abierto.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.6.2. A cielo cubierto.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.7. Sustrato.....</i>	<i>10</i>
1.3. Trichoderma spp.....	10
<i>1.3.1. Trichoderma harzianum.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.1.1. Generalidades.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2. Trichoderma longibrachiatum.....</i>	<i>11</i>

1.3.	Mecanismos de acción	11
1.4.	Promoción de crecimiento	12
1.5.	Índice de Calidad de Dickson	12g

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	13
2.1.	Materiales y métodos	13
2.1.1.	Caracterización del lugar	13
2.1.1.1.	<i>Localización</i>	13
2.1.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	14
2.1.1.3.	<i>Características climatológicas</i>	14
2.2.	Materiales y equipos	14
2.2.1.	<i>Materiales de campo</i>	14
2.2.2.	<i>Materiales de oficina</i>	14
2.2.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	14
2.2.4.	<i>Equipos de laboratorio</i>	14
2.2.5.	<i>Reactivos e insumos</i>	15
2.2.6.	<i>Material biológico</i>	15
2.3.	Metodología	15
2.3.1.	Fase de campo	15
2.3.1.1.	<i>Identificación y descripción de las especies forestales.</i>	15
2.3.1.2.	<i>Trasplante de las especies forestales.</i>	15
2.3.1.3.	<i>Preparación del inoculo</i>	15
2.3.1.4.	<i>Inoculación de Trichoderma spp. en las especies forestales en estudio.</i>	17
2.3.1.5.	<i>Riego</i>	17
2.3.1.6.	<i>Toma de datos de las variables.</i>	17
2.3.2.	Análisis de datos	18
2.3.3.	Diseño experimental	18
2.3.4.	Cepas	19
2.3.5.	Tratamientos	19

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1.	Resultados de las variables de evaluación	21
3.1.1.	<i>Evaluación de la variable Altura de las especies forestales.</i>	21
3.1.2.	<i>Evaluación de la variable Dac de las especies forestales.</i>	25
3.1.3.	<i>Evaluación de la variable Número de hojas de las especies forestales</i>	29
3.1.4.	<i>Evaluación de la variable Peso fresco de las especies forestales.</i>	33
3.1.5.	<i>Evaluación de la variable Peso seco foliar de las especies forestales</i>	37
3.1.6.	<i>Evaluación de la variable Peso seco radicular de las especies forestales.</i>	41
3.1.7.	<i>Evaluación de la variable Longitud de la raíz de las especies forestales.</i>	45
3.1.8.	<i>Índice de Calidad de Dickson</i>	52
3.2.	<i>Discusión</i>	54
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía Arrayán	4
Tabla 2-1:	Taxonomía Eucalipto	5
Tabla 3-1:	Taxonomía de Higuierón.....	6
Tabla 4-1:	Taxonomía de <i>Trichoderma</i> spp.	10
Tabla 5-1:	Fórmula del Índice de Dickson	12
Tabla 6.2:	Características de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp.....	16
Tabla 7-2:	Diseño de bloques completos al azar factorial.	19
Tabla 8-2:	Descripción de los tratamientos de estudio.	20
Tabla 9-3:	Análisis de Varianza de la variable Altura final de las 3 especies forestales.	23
Tabla 10-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable altura total.	23
Tabla 11-3:	Análisis de varianza de la variable DAC final de las 3 especies forestales.	27
Tabla 12-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable DAC total	27
Tabla 13-3:	Análisis de Varianza de la variable número de hojas de las 3 especies forestales.	31
Tabla 14-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable el número de hojas	31
Tabla 15-3:	Análisis de Varianza de la variable peso fresco de las 3 especies forestales.	35
Tabla 16- 3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable peso fresco.....	35
Tabla 17-3:	Análisis de Varianza de la variable peso seco foliar de las 3 especies forestales....	39
Tabla 18-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable peso seco foliar	39
Tabla 19-3:	Análisis de Varianza de la variable peso seco radicular de las especies forestales.	43
Tabla 20-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable peso seco radicular.	43
Tabla 21-3:	Análisis de Varianza de la variable longitud de la raíz de las especies forestales.	47
Tabla 22-3:	Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de la raíz.....	47
Tabla 23-3:	Índice de Dickson de Higuierón.....	52
Tabla 24-3:	Índice de Dickson de Arrayán.....	52
Tabla 25-3:	Índice de Dickson de Eucalipto.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ubicación del Vivero Forestal.	13
Figura 2-3:	Arrayán (<i>Myrcianthes halli</i>), con <i>Trichoderma</i> spp. frente al testigo.	49
Figura 3-3:	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>), con <i>Trichoderma</i> spp. frente al testigo.	50
Figura 4-3:	Higuerón (<i>Aegiphila ferruginea</i>) con <i>Trichoderma</i> spp. frente al testigo.	51
Figura 5-3:	<i>Trichoderma</i> spp aplicado en Arrayán.	76
Figura 6-3:	<i>Trichoderma</i> spp aplicado en Eucalipto.	77
Figura 7-3:	<i>Trichoderma</i> spp aplicado en Arrayán.	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de caja y bigote para variable altura.	21
Gráfico 2-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable altura por cepas.	22
Gráfico 3-3:	Diagrama de caja y bigote para variable DAC.	25
Gráfico 4-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable Dac por cepas.	26
Gráfico 5-3:	Diagrama de caja y bigote para variable número de hojas.	29
Gráfico 6-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas por cepas.	30
Gráfico 7-3:	Diagrama de caja y bigote para variable peso fresco.	33
Gráfico 8-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable peso fresco por cepas.	34
Gráfico 9-3:	Diagrama de caja y bigote para variable peso seco foliar.	37
Gráfico 10-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco foliar por cepas.	38
Gráfico 11-3:	Diagrama de caja y bigote para variable peso seco radicular.	41
Gráfico 12-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular por cepas.	42
Gráfico 13-3:	Diagrama de caja y bigote para variable longitud de la raíz.	45
Gráfico 14-3:	Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz por cepas.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE ALTURA.
- ANEXO B:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE DAC.
- ANEXO C:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE NÚMERO DE HOJAS.
- ANEXO D:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE PESO FRESCO.
- ANEXO E:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE PESO SECO FOLIAR.
- ANEXO F:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE PESO SECO
RADICULAR.
- ANEXO G:** PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE LONGITUD DE LA
RAIZ.
- ANEXO H:** FASE DE CAMPO.
- ANEXO I:** FASE DE LABORATORIO.
- ANEXO J:** *Trichoderma spp.* APLICADO EN ARRAYÁN
- ANEXO K:** *Trichoderma spp.* APLICADO EN EUCALIPTO
- ANEXO L:** *Trichoderma spp.* APLICADO EN HIGUERÓN

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de *Trichoderma* spp. como bioestimulante de crecimiento de Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuieron (*Aegiphila ferruginea*) en el vivero de la ESPOCH. El estudio comprendió la identificación, descripción y trasplantes de las especies forestales. La fase de vivero se realizó bajo un diseño experimental de Bloques Completos al Azar Factorial (DBCA) con quince tratamientos y cuatro repeticiones, el factor A, correspondió a las especies forestales, el factor B, a dos especies de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* y el factor C, a las cepas. Se realizaron tres inoculaciones de las distintas especies de *Trichoderma* spp. con una concentración de 1×10^6 ufc/mL. Se evaluaron las siguientes variables: altura (cm), diámetro a la altura del cuello (mm) a los 15, 30, 45, 60 y 75 días del trasplante (dt), número de hojas, longitud de la raíz, masa fresca (g), masa seca foliar y masa seca radicular (g) estas últimas fueron evaluadas a los 75 días, finalmente se calculó el Índice de Dickson (ICD). El tratamiento que presentó mejores resultados fueron las plantas de Arrayán e Higuieron inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y 2 respectivamente, mientras que las plantas de Eucalipto presentaron mayor efecto con las 2 especies de *Trichoderma longibrachiatum* y *harzianum* cepa 1,2 encontrándose diferencias significativas en las distintas variables. Se concluye que la inoculación de *Trichoderma longibrachiatum* presentaron mayor efecto positivo sobre las variables estudiadas, en las especies forestales Eucalipto, Higuieron y Arrayán. Se recomienda realizar otros estudios de *Trichoderma longibrachiatum* y *Trichoderma harzianum* como bioestimulante de crecimiento en especies forestales, donde las diferentes variables sean medidas durante 6 meses.

Palabras claves: <ESPECIES FORESTALES>, <ARRAYÁN (*Myrcianthes halli*)>, <EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)>, <HIGUERÓN (*Aegiphila ferruginea*)>, <BIOESTIMULANTE>, <*Trichoderma* spp.>.



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



0626-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effect of *Trichoderma spp.* as a biostimulant for the growth of Myrtle (*Myrcianthes halli*), Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) and Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) in the ESPOCH nursery. The study included the identification, description and transplanting of forest species. The nursery phase was carried out under an experimental design of Randomized Complete Blocks Factorial (DBCA) with fifteen treatments and four replicates, factor A, corresponded to the forest species, factor B, to two species of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum* and factor C, to the strains. Three inoculations of the different species of *Trichoderma spp.* were carried out with a concentration of 1×10^6 cfu/mL. The following variables were evaluated: height (cm), diameter at collar height (mm) at 15, 30, 45, 60 and 75 days after transplanting (dt), number of leaves, root length, fresh mass (g), leaf dry mass and root dry mass (g), the latter were evaluated at 75 days, and finally the Dickson Index (DCI) was calculated. The treatment that presented better results were the Myrtle and Higuieron plants inoculated with *Trichoderma longibrachiatum* strain 1 and 2 respectively, while the Eucalyptus plants presented greater effect with the 2 species of *Trichoderma longibrachiatum* and *harzianum* strain 1,2, finding significant differences in the different variables. It is concluded that the inoculation of *Trichoderma longibrachiatum* presented greater positive effect on the studied variables, in the forest species Eucalyptus, Higuieron and Arrayan. It is recommended to carry out other studies of *Trichoderma longibrachiatum* and *Trichoderma harzianum* as biostimulant of growth in forest species, where the different variables are measured during 6 months.

Key words: <FOREST SPECIES>, <ARRAYAN (*Myrcianthes halli*)>, <EUCALYPTUS (*Eucalyptus globulus*)>, <HIGUERON (*Aegiphila ferruginea*)>, <BIOSTIMULANT>, <*Trichoderma spp.*>.



Firmado electrónicamente por:
ELSA AMALIA
BASANTES
ARIAS

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se desarrollan agentes de control biológico, organismos vivos como hongos, bacterias, virus e insectos que reducen la población de plagas que afectan a los cultivos y plantaciones forestales (Viera, 2020, pp. 128-149).

En el Ecuador la utilización de microorganismos benéficos para el manejo de plagas y enfermedades constituye una alternativa viable para asegurar la producción, los mismos que se encuentran en el suelo de forma natural y ofrecen varios beneficios para los cultivos y plantaciones forestales. Entre ellos está que permiten mayor absorción de nutrientes. *Trichoderma* spp. se considera como uno de los antagonistas de hongos Fitopatógenos más utilizado en la agricultura moderna sustentable (González et al., 2019, pp. 237-248).

Trichoderma spp. promueve el crecimiento y desarrollo de especies vegetales produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal, tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores de crecimiento que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas, Sutton y Peng, 1993 citado por (Cubillo, 200, pp. 2-6).

Las raíces colonizadas por *Trichoderma* spp. frecuentemente aumentan el crecimiento, desarrollo, productividad de las plantas, resistencia a estrés abiótico e incremento en la toma y uso de nutrientes. Se ha demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300% después de la aplicación, diferentes especies del género *Trichoderma* producen factores de crecimiento, los cuales han sido detectados e identificados, como son las auxinas, citoquininas y etileno (Castro, 2012, p. 12).

También se ha descrito la producción de fitohormonas, tales como Indol, ácido acético y etileno, Por otra parte, *Trichoderma* spp. produce moléculas de citoquininas y giberelinas GA3, involucradas en eventos de estimulación de crecimiento y desarrollo de las plantas. En adición a las características anteriormente mencionadas, *Trichoderma* tiene la capacidad de acidificar el entorno en que se encuentra por la secreción de ácidos orgánicos como ácido glucánico, cítrico y fumárico. (Castro, 2012, p. 12).

PROBLEMA

En nuestro país existen pocos estudios sobre *Trichoderma* spp., en especies forestales exóticas y nativas. *Trichoderma* spp. es un género de hongos benéficos que se encuentran en los suelos de todas las zonas climáticas. En la actualidad no se dispone de información sobre los efectos benéficos de especies de *Trichoderma* spp. en el crecimiento de especies forestales nativas y exóticas como Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) a nivel de vivero.

JUSTIFICACIÓN

En el suelo existen una gran cantidad de microorganismos benéficos y entre estos están los hongos más utilizados *Trichoderma* spp. los cuales muestran gran capacidad para el control de fitopatógenos ejerciendo un efecto antagónico (Acosta, 2015 pág. 13). Por lo que es imprescindible desarrollar investigaciones sobre hongos benéficos que ayudan en las funciones fisiológicas tales como el desarrollo y crecimiento de especies forestales exóticas y nativas, en este caso contribuiremos con el estudio de dos especies de *Trichoderma* spp.: *T. harzianum* y *T. longibrachiatum*, en el desarrollo de tres especies forestales.

Es importante destacar que en el mercado mundial ya se cuenta con formulados comerciales de *Trichoderma* spp. para el control de diferentes hongos fitopatógenos, principalmente de suelo. Sin embargo, estos formulados no tienen el mismo efecto en todas las regiones agrícolas debido a las diversas condiciones ambientales por lo que su efectividad puede aumentar o disminuir, por lo que es necesario tener investigaciones propias de este microorganismo de cada una de especies forestales. (Acosta, 2015). Por lo que este trabajo plantea el estudio del uso de *Trichoderma* spp. como bioestimulante de crecimiento de Arrayán *Myrcianthes halli*, Eucalipto *Eucalyptus globulus*, Higuierón *Aegiphila ferruginea* en el vivero de la ESPOCH.

OBJETIVOS

GENERAL

Estudiar el efecto de *Trichoderma* spp. como bioestimulante de crecimiento de Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuieron (*Aegiphila ferruginea*) en el vivero de la ESPOCH.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante de crecimiento de Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e Higuieron (*Aegiphila ferruginea*).
- Analizar el efecto de *Trichoderma longibrachiatum* como bioestimulante de crecimiento de Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e Higuieron (*Aegiphila ferruginea*).

HIPÓTESIS

NULA

Ninguna de las especies de *Trichoderma* spp. tiene efecto en el crecimiento de las especies Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e Higuieron (*Aegiphila ferruginea*).

ALTERNATIVA

Al menos una de las dos especies de *Trichoderma* spp. tienen efecto en el crecimiento de las especies Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e Higuieron (*Aegiphila ferruginea*) a nivel de vivero.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Las especies forestales nativas y exóticas de los bosques del Ecuador, juegan un papel importante en la ecología ambiental, como parte fundamental de la biodiversidad, aplicabilidad de los conocimientos adquiridos en el Manejo Forestal, por cuanto se están perdiendo extensas áreas boscosas como consecuencia de: tala indiscriminada, colonización, explotación petrolera, lo que causa impactos en la flora, fauna y suelo (Coronel, 2016).

1.1. Información botánica de especies forestales

1.1.1. *Arrayán (Myrcianthes halli)*

- **Taxonomía**

Tabla 1-1. Taxonomía Arrayán

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Myrcianthes</i>
Especie	<i>halli</i>
Nombres científico	<i>Myrcianthes halli</i>

Fuente: Chavez, 2016.

- **Descripción botánica**

Es un árbol o arbusto silvestre nativo del Ecuador, puede alcanzar una altura de 6 a 15m, es un árbol delgado con un grosor irregular de 30 a 40cm. Posee una corteza de color rojo ladrillo es lisa de un espesor de 3mm, tiene una ramificación ovalada y espesa, es considerado una planta ornamental por la hermosura de su flor que es entre blanco amarillento con pétalos unidos, posee un conjunto de 4 a

5 pétalos libres y numerosos estambres, tiene un ovario ínfero con 5 lóculos y cada uno posee dentro un número de 1 a 3 semillas de color y la forma que adquiere este árbol (Govaerts, 2010; citado por Chavez, 2016, p. 25).

- **Importancia y usos**

Las bayas de mirtos se usan como condimento, tiene propiedades antisépticas y desinfectantes para lo cual se elabora un aceite que se aplica en las heridas para evitar el tétano y otras infecciones, al igual propiedades astringentes, por lo que en ocasiones es usado para la elaboración de enjuagues bucales ya que brinda protección y curación para las encías, su madera es muy apreciada debido a su durabilidad (Bolaños, 2017, p. 67).

1.1.2. *Eucalipto (Eucalyptus globulus)*

- **Taxonomía**

Tabla 2-1. Taxonomía Eucalipto

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>globulus</i>
Nombres científico	<i>Eucalyptus globulus</i>

Fuente: Vinueza, 2013

- **Descripción botánica**

Tronco cilíndrico, recto, grueso alcanza hasta 2 m de DAP. Copa alargada e irregular sobre un fuste limpio de ramas hasta en 2/3 de su altura normal, hojas juveniles opuestas, sésiles, en adultas alternas pecioladas, flores axilares, solitarias en grupos de 2 o de 3, con números estambres de color blanco, fruto en capsula campaniforme de olor glauco y cubierta de un polvo blanquecino, semillas fértiles son negras, rugosas y más grandes (Vinueza, 2013, p. 3).

- **Importancia y usos**

La madera se utiliza para la pulpa de papel de alta calidad, en la industria por ser madera dura la utilizan en construcción estructural como columnas de viga, parquet y otros pisos. La madera aserrada se usa en la fabricación de revestimientos, muebles y carpintería en general. La infusión de hojas se emplea contra la bronquitis y los catarros de las vías respiratorias, el aceite esencial se usa como perfumes y en la minería como agente de flotación (Vinuela, 2013, p. 3).

1.1.3. *Higuerón (Aegiphila ferruginea)*

- **Taxonomía**

Tabla 3-1. Taxonomía de Higuerón

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	<i>Aegiphila</i>
Especie	<i>Ferruginea</i>
Nombres científico	<i>Aegiphila ferruginea</i>

Fuente: Chavez, 2018.

- **Descripción botánica**

Su fuste es cilíndrico un poco torcido de color café amarillento con una copa redonda con presencia de nudosidades, la corteza es fisurada, la corteza interna posee un olor a papa, su DAP en promedio de 24,4 cm y una altura aproximada que va desde los 5m hasta los 16 m. las hojas son pubescentes simples opuestas de color verde, de forma elíptica con bordes ligeramente situado, la inflorescencia es en cimbras que nacen de las axilas de las hojas, sus flores son color amarillo, fruto es una drupa cuando está maduro es de color amarillo (Chavez, 2018, p. 20).

- **Importancia y usos**

Es una especie nativa de los andes ecuatorianos y se encuentra catalogado como especie en peligro según el Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador (Minga, 2000, pp. 12-13).

Su uso exclusivamente como madera para la construcción (vigas, pilares y postes), otras poblaciones utilizan como leña, para fábrica de carbón; sus hojas emplean en forma de emplastos se aplican sobre heridas y zonas sensibles al dolor por crisis de cólicos; en infusión para curar heridas y como materia prima para fabricar arados, muebles, cucharas, estacas y artesanías (Minga, 2000, pp. 12-13).

1.2. Vivero

1.2.1. Importancia de un vivero forestal

Es importante porque es el lugar donde se controlan todas estas condiciones durante la delicada etapa que va desde la semilla a un plantín lo suficientemente “criado” como para crecer sano y fuerte cuando lo plantemos. Las plantas para propagarse necesitan que sus semillas lleguen en buen estado al suelo, y que allí encuentren buenas condiciones para germinar y crecer. Este período es el más delicado en la vida de la planta. La semilla debe enfrentar temperaturas muy altas o bajas, falta de humedad, enfermedades, animales la comen y después, si consigue germinar, la plantita puede sufrir también la falta de agua, el calor o las heladas, un suelo pobre, ataque de animales, enfermedades (Navall, 1994 pp. 2-3).

1.2.2. ¿Qué es un vivero?

Es una superficie de terreno destinada a la producción y crianza de plantas forestales, debe constar de las instalaciones necesarias para brindar cuidados especiales, hasta llevar la planta al lugar definitivo de plantación (Castillo, 2012, p. 2).

1.2.3. Clasificación por su duración y producción

- **Viveros Permanentes:** se establecen cuando hay que abastecer de plantas a una gran superficie, donde las operaciones de forestación van a durar varios años (Castillo, 2012, p. 2).

- **Viveros Temporales o Volantes:** produce plantas durante una temporada y para una extensión determinada; luego, el mismo se levanta, se lo abandona o se lo traslada a otra área de forestación (Castillo, 2012, p. 2).

1.2.4. Tipos de producción de plantas

- **Plantas a raíz desnuda:** en platabandas sobre el suelo, en donde la planta es obtenida de suelos a campo abierto y son removidas del suelo durante la cosecha (Quiróz, 2019, p.38).
- **Plantas a raíz cubierta:** en contenedores, envases plásticos o de polietileno expandido sobre mesones o sobre el suelo. La planta se cultiva en sustrato artificial, bajo condiciones ambientales controladas, como es un invernadero (Quiróz, 2019, p.38).

1.2.5. Indicadores de calidad de especies forestales

Las plantas utilizadas en actividades de forestación no solo deben poseer un origen genético acorde al objetivo de la plantación y las condiciones del sitio en que serán establecidas, también deben cumplir con condiciones mínimas de calidad (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.5.1. Diámetro de cuello (DAC)

Es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.5.2. Altura

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radículas adecuado (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.5.3. Volumen de raíz

El volumen de raíz esta dado fundamentalmente por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Un mayor número de raíces laterales y una mayor longitud de estas y de la raíz principal puede significar un aumento en la estabilidad de la planta y una mejor capacidad

exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico. Por su parte, una mayor fibrosidad conduce a una mayor capacidad de absorción y a un mayor contacto suelo-raíz (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.6. Producción de plantas a raíz cubierta

Para lograr un buen desarrollo, tanto morfológico como fisiológico, las plantas necesitan condiciones medio ambientales que les permitan absorber energía para que se transformen en alimento (fotosíntesis) y liberar energía para lograr el crecimiento (respiración) (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.6.1. A cielo abierto

La producción de un vivero a cielo abierto, se refiere a la instalación de éste al aire libre, sin considerar una infraestructura mayor que lo resguarde principalmente de factores abióticos. Los factores de riesgo asociados a la siembra a cielo abierto, están relacionados fundamentalmente con el clima. La insolación, las heladas y las lluvias tormentosas pueden dañar seriamente los tejidos delicados de las plántulas (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.6.2. A cielo cubierto

Se distinguen dos tipos bajo sombreadero y bajo o en invernadero (Quiróz, 2019, p.39).

- **Sombreadero**

El control de condiciones ambientales al aire libre es muy difícil de lograr. Para ello normalmente se utilizan cobertores como mallas plásticas o telas finas de diferente grado de permeabilidad a la luz directa, ubicadas a diversas alturas sobre los contenedores (Quiróz, 2019, p.39).

- **Invernadero**

Un invernadero es un área protegida de las lluvias mediante la construcción de una estructura forrada habitualmente con algún tipo de plástico, y que permite temperaturas internas más altas que favorecen los procesos de germinación, especialmente en clima frío (Quiróz, 2019, p.39).

1.2.7. *Sustrato*

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta (Quiróz, 2019, p.39).

1.3. *Trichoderma spp.*

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica (Infante. et. al, 2009, pp. 2-5).

Tabla 4-1. Taxonomía de *Trichoderma spp.*

Reino	Fungí
Phylum	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales.
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>harzianum</i> , <i>longibrachiatum</i> , etc.

Fuente: Poalacin, 2016.

1.3.1. *Trichoderma harzianum*

1.3.1.1. *Generalidades*

Sus colonias son de color amarillo verdoso. Interviene como digestor del nitrógeno orgánico. Es tolerante a la tensión impuesta por escasez de nutrientes, se utiliza en el control biológico como fungicida, en aplicación foliar, tratamiento de semillas y el tratamiento del suelo para la supresión de diversos patógenos que provocan enfermedades fúngicas (Poalacin, 2016, p. 24).

1.3.2. *Trichoderma longibrachiatum*

1.3.2.1. Generalidades

Trichoderma longibrachiatum es un hongo de rápido crecimiento. Por lo general, produce colonias blanquecinas que cambian a verde grisáceo con la edad. Esta especie puede crecer en un amplio rango de temperaturas; sin embargo, la temperatura óptima para el crecimiento es $\geq 35^{\circ} \text{C}$. *Trichoderma longibrachiatum* es una especie clonal que se reproduce a través de conidios unicelulares de paredes lisas (Samuels, 2012).

1.3. Mecanismos de acción.

En la acción biocontroladora de *Trichoderma* se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos dianas. Entre estos, los principales son la competencia por espacio y nutrientes, el mico parasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógenos (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).

- **Competencia:** se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento (sustrato, nutrientes), siempre y cuando la utilización de este por uno de los organismos reduzca la cantidad o espacio disponible para los demás (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).
- **Mico parasitismo:** es definido como una simbiosis antagónica entre organismos, en el que generalmente están implicadas enzimas extracelulares tales como quitinasas, celulasas, y que se corresponden con la composición y estructura de las paredes celulares de los hongos parasitados (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).
- **Crecimiento quimiotrófico:** es el crecimiento directo hacia un estímulo químico (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).
- **Antibiosis:** tiene la capacidad de producir compuestos orgánicos volátiles y no volátiles, que juegan un papel importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).

Presenta otros mecanismos, cuya acción bio reguladora es de forma indirecta. Entre estos se pueden mencionar los que elicitán o inducen mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos como es la activación en la planta de compuestos relacionados con la resistencia (Inducción de Resistencia), con la detoxificación de toxinas excretadas por patógenos y la desactivación de enzimas de estos durante

el proceso de infección; la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas. Tienen la capacidad, además, de crear un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés (Infante. et al., 2009, pp. 2-5).

1.4. Promoción de crecimiento

El efecto inductor sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a la formación de sideróforos quelatantes de hierro, y la presencia de hormonas reguladoras de crecimiento que actúan como estimulantes en tejidos meristemáticos primarios en partes jóvenes (Candellero, 2015, pp. 113-119).

1.5. Índice de Calidad de Dickson

El Índice de Calidad de Dickson (ICD) es considerado superior y completo, pues incluye atributos como la altura, el diámetro y la biomasa (seca y fresca) que siendo evaluados de forma aislada no contribuyen a predecir la calidad de las plantas (Ramos, 2020, pp. 132 - 145).

Combina parámetros morfológicos de longitud y peso. Valores altos representan plantas de mejor calidad ya que por una parte el desarrollo de la planta es elevado y al mismo tiempo las fracciones aéreas y radical están equilibradas, Rueda et al. (2012) y Villalón-Mendoza et al. (2016), citado por (Ramos, 2020, pp. 132 - 145).

Tabla 5-1.Fórmula del Índice de Dickson

Formula del Índice de calidad de Dickson.
$\frac{\text{Masa seca total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de Raíz (g)}}$

Fuente: (Ramos, 2020, pp. 132 - 145).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Caracterización del lugar

2.1.1.1. Localización

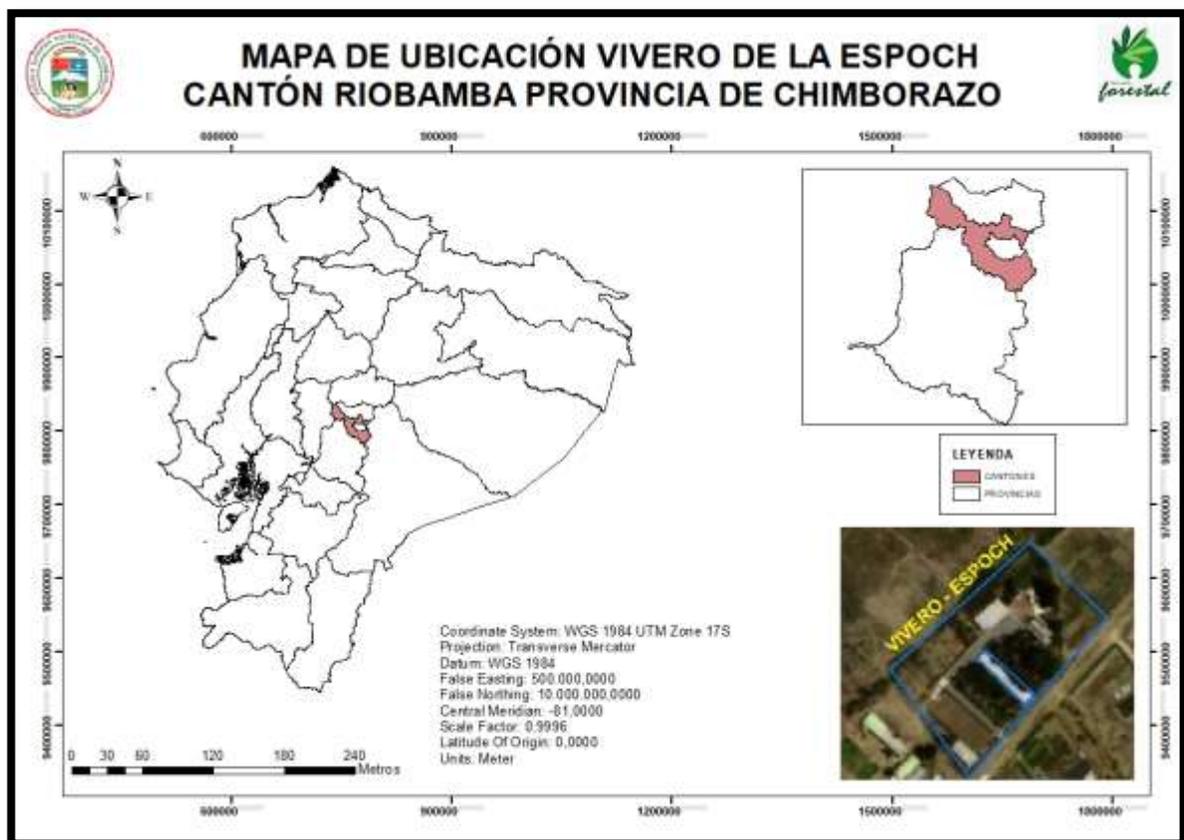


Figura 1-2.Ubicación del Vivero Forestal.

Realizado por: López, P. 2021

El presente trabajo se realizó en el vivero forestal de la ESPOCH, ubicado en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2.1.1.2. Ubicación geográfica

- **Altitud:** 2 754 msnm
- **Coordenadas UTM “X”:** 78°40'54.35"O
- **Coordenadas UTM “Y”:** 1°39'2.20"S

2.1.1.3. Características climatológicas

La ciudad de Riobamba tiene un clima frío por encontrarse en el callejón interandino, y presenta las siguientes características climáticas.

- **Temperatura:** 14 °C
- **Precipitación:** 1462 mm

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales de campo

Libreta de campo, Lápiz, Borrador, Fundas, Cámara.

2.2.2. Materiales de oficina

Computadora, Impresora, Papel bon.

2.2.3. Materiales de laboratorio

Pipeta, Tubos de ensayo, Vasos de precipitación, Porta y cubre objetos, Cajas Petri, Tamiz, Parafilm, Probeta, Envase de plástico, Cepillo, Jeringas

2.2.4. Equipos de laboratorio

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

2.2.5. Reactivos e insumos

PDA (Papa Dextrosa Agar), NaCl, Lactoglicerol, Cloranfenicol, Alcohol 70%, Agua destilada.

2.2.6. Material biológico

Material vegetal de especies vegetales, Cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*.

2.3. Metodología

2.3.1. Fase de campo

2.3.1.1. Identificación y descripción de las especies forestales.

El presente estudio se lo realizó en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, con tres especies forestales: Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuerón (*Aegiphila ferruginea*).

2.3.1.2. Trasplante de las especies forestales.

Para el trasplante las plántulas fueron seleccionadas del vivero JB Agriconsec ubicado en la parroquia de San Juan, con las siguientes características: Arrayán (*Myrcianthes halli*) a los 30 días, Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) a los 60 días e Higuerón (*Aegiphila ferruginea*) a los 30 días de edad, las cuales fueron llevadas al vivero de la ESPOCH.

Para el proceso del trasplante se realizó el sustrato el cual partió de la mezcla de tierra negra, turba y cascarilla de arroz, el trasplante se realizó de un semillero. Este proceso se ejecutó para un total de 160 plántulas por especie, concluyendo con un total de 480 plántulas.

2.3.1.3. Preparación del inocular

Se utilizaron 4 cepas de *Trichoderma* spp., las cuales pertenecieron a *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*, 2 cepas respectivamente, las cuales fueron del proyecto “Estudio de *Trichoderma* spp. en

viveros forestales de la provincia de Chimborazo y suelos agrícolas en Santa Cruz, Islas Galápagos”, los detalles de las mismas se encuentran en la (Tabla 6.2).

Tabla 6.2: Características de las cepas de *Trichoderma* spp.

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Se inició reactivando las cepas en un medio PDA estéril más cloranfenicol con una concentración de 5 % e incubadas a 25 °C durante 10 días en una incubadora de maraca BIOBASE, en condiciones de oscuridad, seguido de esto se agregó 10 mL de agua destilada estéril en cada una de las cajas Petri, con un cepillo estéril se raspó el medio para la liberación de las esporas de los hongos, finalmente se colocó en un matraz de Erlenmeyer de, la suspensión de esporas. (Anexo I)

La Concentración de las diferentes cepas de *Trichoderma* spp. se ajustó a 1×10^6 ufc/mL, usando una cámara de Neubauer.

2.3.1.4. Inoculación de *Trichoderma* spp. en las especies forestales en estudio.

La inoculación de *Trichoderma* spp. se lo realizó en tres especies forestales: Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuierón (*Aegiphila ferruginea*), mediante la aplicación de una suspensión de 50 mL al sustrato de cada especie forestal, con una concentración de 1×10^6 ufc/mL. Se realizaron 3 aplicaciones: la primera a los 15 días, la segunda a los 30 días y la tercera a los 75 días después del transplante (**Anexo H**).

2.3.1.5. Riego

El riego se realizó 2 veces a la semana con ayuda de una regadera.

2.3.1.6. Toma de datos de las variables.

Altura

Para la toma de datos de la variable altura se utilizó una regla de 30 cm y una libreta de campo, la medición de altura se realizó a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del transplante. Se consideró desde la base del tallo hasta la yema apical (**Anexo H**).

Diámetro a la altura de cuello (DAC)

Para la toma de datos de la variable DAC se utilizó el instrumento de precisión pie de rey de marca Electronic Digital Caliper en mm se realizó a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del transplante. Se consideró la base el tallo principal a la altura del cuello de la planta. (**Anexo H**).

Número de Hojas

Se valoró el número de hojas verdaderas de cada una de las plántulas a los 75 días después del transplante, esto se realizó en 2 plantas por cada unidad experimental y se sacó el promedio (**Anexo H**).

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

Longitud de la raíz.

Para la medir la variable longitud de la raíz se utilizó una regla de 30 cm, se lo realizó a los 75 días después del transplante, se tomaron los datos desde cuello de la raíz, hasta la cofia. (**Anexo I**)

Peso fresco total.

Para la masa fresco total se realizó a los 75 días después del transplante, se utilizó una balanza analítica de marca RAD WAG, AS 220.R2, en donde se colocó cada una de las especies forestales que fueron muestreadas aleatoriamente (**Anexo I**)

Peso seco foliar y radicular.

Las mismas plantas utilizadas para la variable longitud de la raíz, masa fresca total, se colocaron en una bandeja de aluminio para llevarlos a una estufa de marca P SELECTA con una temperatura de 60 °C por 48 horas, una vez secas las plantas se separó la parte foliar de la radicular, de esta manera se colocó en una balanza analítica de marca RAD WAG, AS 220.R2 de manera individual para ser pesada (**Anexo I**)

2.3.2. Análisis de datos

Para analizar los datos se utilizó el software R versión 4.1.2, para realizar el análisis estadístico, usando gráficos de caja y bigote (boxplot) de las distintas variables evaluadas, obteniendo tablas con la media aritmética como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión.

Se usó un análisis inferencial a través del análisis de varianza (ANOVA) y separación de medias a través de la prueba de Tukey al 5%.

2.3.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar factorial (D.B.C.A.):

Tabla 7-2: Diseño de bloques completos al azar factorial.

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETO AZAR FACTORIAL (DBCA)	
Factor A	Especies forestales: Arrayán (<i>Myrcianthes halli</i>), Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>), Higuierón (<i>Aegiphila ferruginea</i>).
Factor B	Especies de <i>Trichoderma</i> spp. : <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma longibrachiatum</i> .
Factor C	Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. 1 y 2
Número de bloques	4
Número de tratamientos 15	15
Separación de medias	Prueba de Tukey al 5%

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

2.3.4. Cepas

Las cepas para el estudio fueron las siguientes:

- *Trichoderma harzianum* 1
- *Trichoderma harzianum* 2
- *Trichoderma longibrachiatum* 1
- *Trichoderma longibrachiatum* 2

2.3.5. Tratamientos

Tabla 8-2: Descripción de los tratamientos de estudio.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	T1	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Higuerón
2	T2	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Higuerón
3	T3	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Higuerón
4	T4	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Higuerón
5	T5	Testigo (Agua) * Higuerón
6	T6	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Arrayán
7	T7	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Arrayán
8	T8	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Arrayán
9	T9	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Arrayán
10	T10	Testigo (Agua)* Arrayán
11	T11	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 1 * Eucalipto
12	T12	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa 2 * Eucalipto
13	T13	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 1 * Eucalipto
14	T4	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> cepa 2 * Eucalipto
15	T15	Testigo (Agua) * Eucalipto

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

El número de repeticiones por tratamiento fue 4

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Resultados de las variables de evaluación

3.1.1. Evaluación de la variable Altura de las especies forestales.

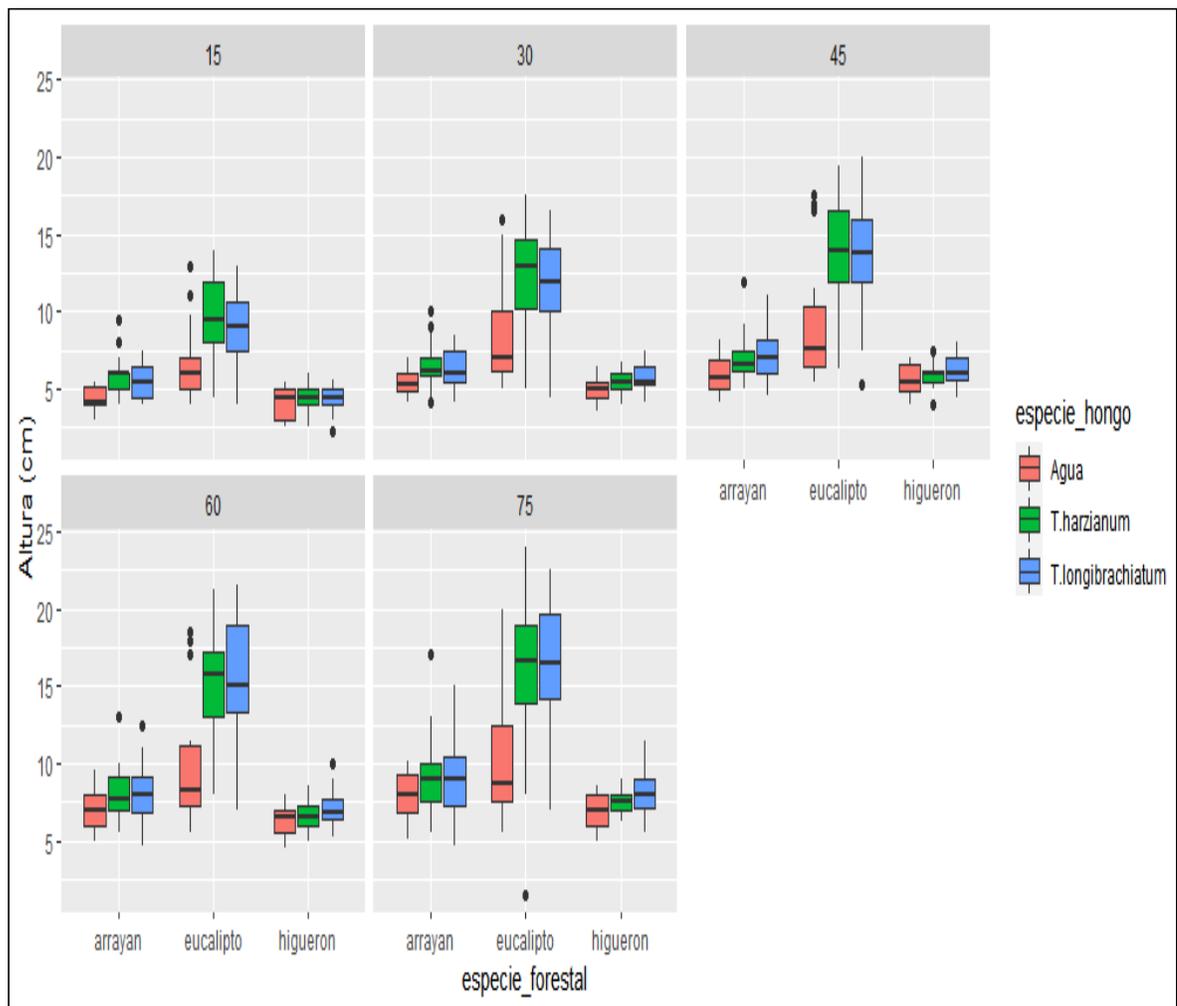


Gráfico 1-3. Diagrama de caja y bigote para variable altura.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

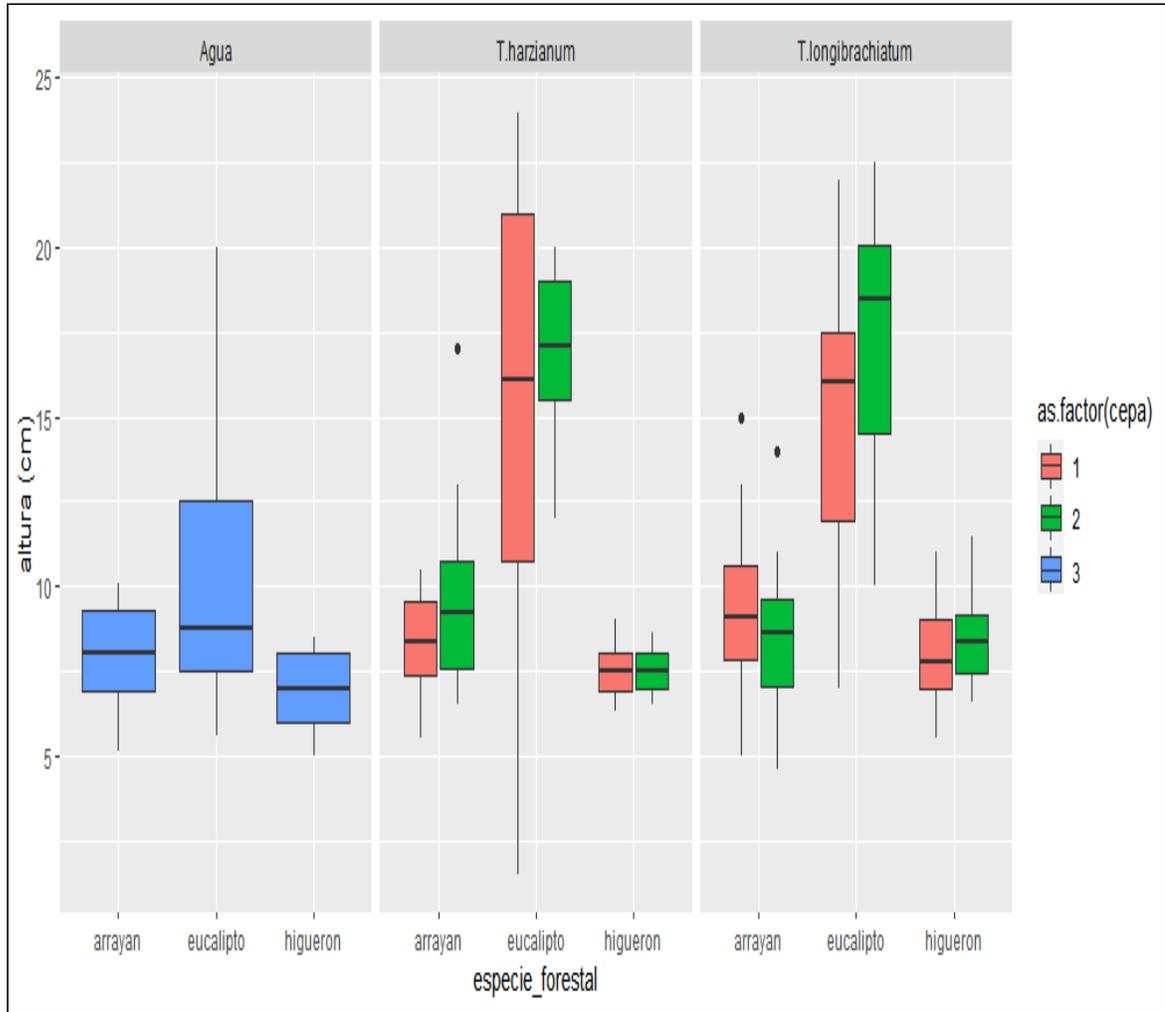


Gráfico 2-3. Diagrama de caja y bigote de la variable altura por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 9-3: Análisis de Varianza de la variable Altura final de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	641,60	320,80	140,11	< 2e-16	***
ESPECIE HONGO	2	61,60	30,80	13,45	3.04e-05	***
CEPA	1	5,90	5,90	2,56	0,11	
BLOQUE	3	6,10	2	0,89	0,45	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	45,80	11,40	4,99	0,002	**
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	5,20	2,60	1,13	0,33	
ESPECIE HONGO:CEPA	1	0,50	0,50	0,22	0,63	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	4,80	2,40	1,05	0,35	
ERROR	42	96,20	2,30			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 10-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable altura total de las 3 especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	17,30	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	16,76	a
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	15,42	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	15,38	a
Eucalipto: Agua:3	10,67	b
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	9,71	b
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	9,37	b
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	8,51	b
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	8,46	b
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	8,42	b
Higuerón: <i>longibrachiatum</i> : cepa 1	8,00	b
Arrayan: Agua:3	7,98	b
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	7,53	b
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	7,48	b
Higueron: Agua:3	6,90	b

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 3-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 11-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo para los factores: especie forestal, especie hongo, y la interacción especie forestal; especie hongo si se evidenció una diferencias significativas para las alturas. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 2 grupos a y b (**Tabla 12-3**).

Para la variable altura a los 75 días de las especies forestales, el tratamiento que alcanzó mejor valor fue para las plantas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) inoculadas con las 2 especies de *Trichoderma* spp. y para las 2 cepas de cada especie, con un valor promedio de 17,30 cm y 16,76 cm respectivamente y por otro lado la menor altura correspondió a las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) tratadas con agua con un valor promedio de 6,90 cm (**Tabla 13-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*, las plantas que mejor altura alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum cepa 2* con un valor promedio de $17,30 \pm 4,11$, y por otro lado las de menor altura fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $10,67 \pm 4,60$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*), las plantas que mejor altura alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum cepa 2* con un valor promedio de $9,71 \pm 2,25$ y la de menor altura fueron las del testigo (Agua) con un valor promedio de $7,98 \pm 1,60$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas que mejor altura alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum cepa 2* con un valor promedio de $8,51 \pm 1,54$ y la de menor altura fueron las del testigo (Agua) con un valor promedio de $6,9 \pm 1,04$ (**Anexo A**).

3.1.2. Evaluación de la variable Dac de las especies forestales.

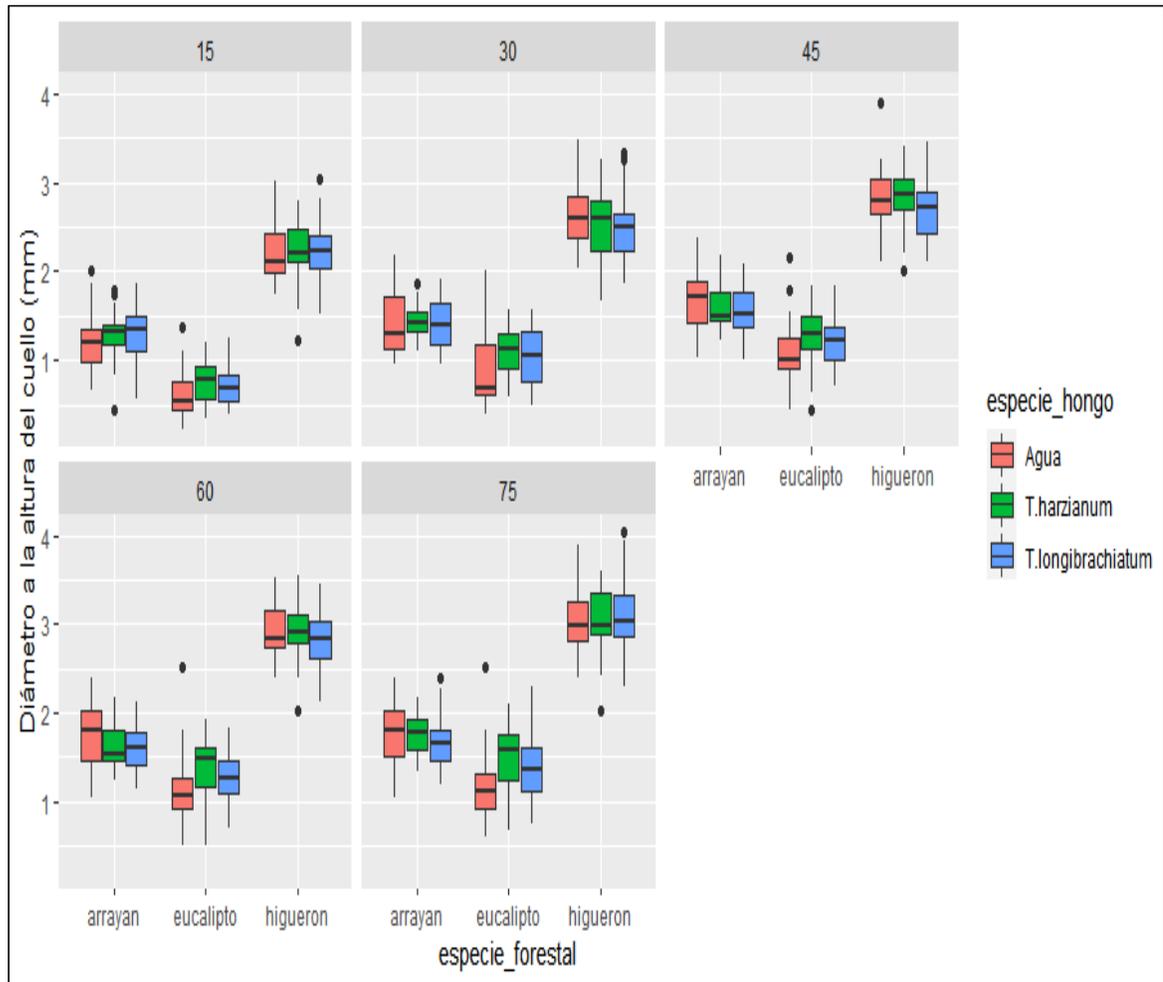


Gráfico 4-3. Diagrama de caja y bigote para variable DAC.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

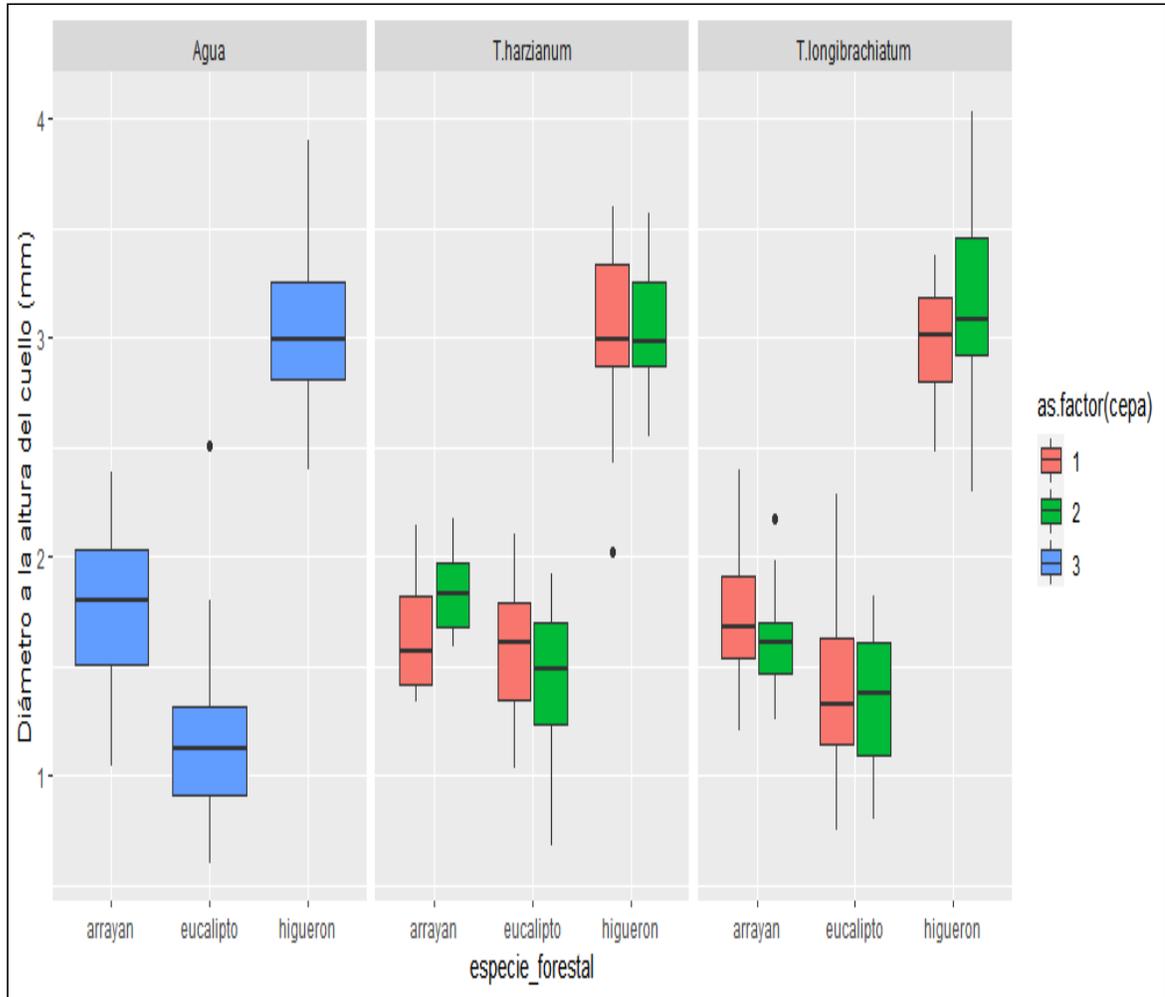


Gráfico 5-3. Diagrama de caja y bigote de la variable Dac por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 14-3: Análisis de varianza de la variable DAC final de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	31,53	15,69	530,55	<2E-16	***
ESPECIE HONGO	2	0,05	0,02	0,85	0,23	
CEPA	1	0,004	0,004	0,13	0,71	
BLOQUE	3	0,02	0,009	0,30	0,82	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	0,28	0,07	2,42	0,06	
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	0,10	0,05	1,68	0,19	
ESPECIE HONGO: CEPA	1	0,000	0,000	0,009	0,92	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	0,13	0,06	2,26	0,11	
ERROR	42	1,24	0,03			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 15-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable DAC total de las tres especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	3,09	a
Higuerón: Agua:3	3,09	a
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa2	3,05	a
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	3,02	a
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	2,97	a
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	1,83	b
Arrayán: Agua:3	1,79	b
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa1	1,73	bc
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa1	1,65	bc
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa2	1,61	bcd
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa1	1,51	bcd
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa2	1,44	bcd
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa1	1,40	bcd
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa2	1,34	cd
Eucalipto: Agua:3	1,18	d

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 4-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 16-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo, para el factor especie forestal si se evidenció una diferencia significativa para el DAC. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 4 grupos a, b, c, d, (**Tabla 12-3**).

Para la variable DAC a los 75 días de las especies forestales, tratamiento que alcanzó mejor valor en el DAC fue para las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, con un valor promedio de 3,20 mm y por otro lado el menor DAC correspondió a las plantas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) con un valor promedio de 1,18 mm (**Tabla 17-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), las plantas que mejor DAC alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor promedio de $1,51 \pm 0,34$, y por otro lado las de menor DAC fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $1,18 \pm 0,49$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*) las plantas que mejor DAC alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepas 2 con un valor promedio de $1,79 \pm 0,37$ y la de menor DAC fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $1,67 \pm 0,29$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas que mejor DAC alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $3,09 \pm 0,43$ y la de menor DAC fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor promedio de $2,97 \pm 1,04$ (**Anexo B**).

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

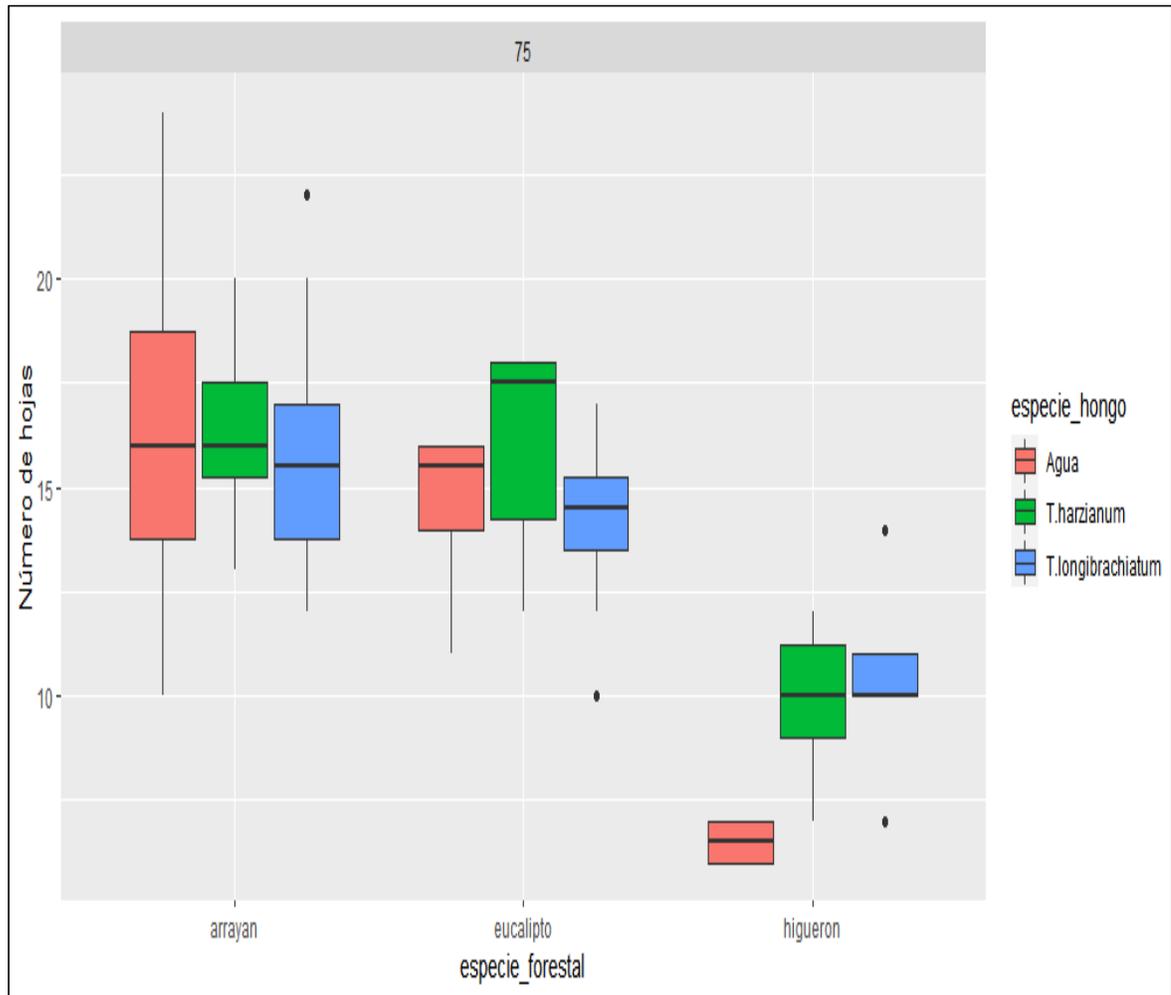


Gráfico 6-3. Diagrama de caja y bigote para variable número de hojas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

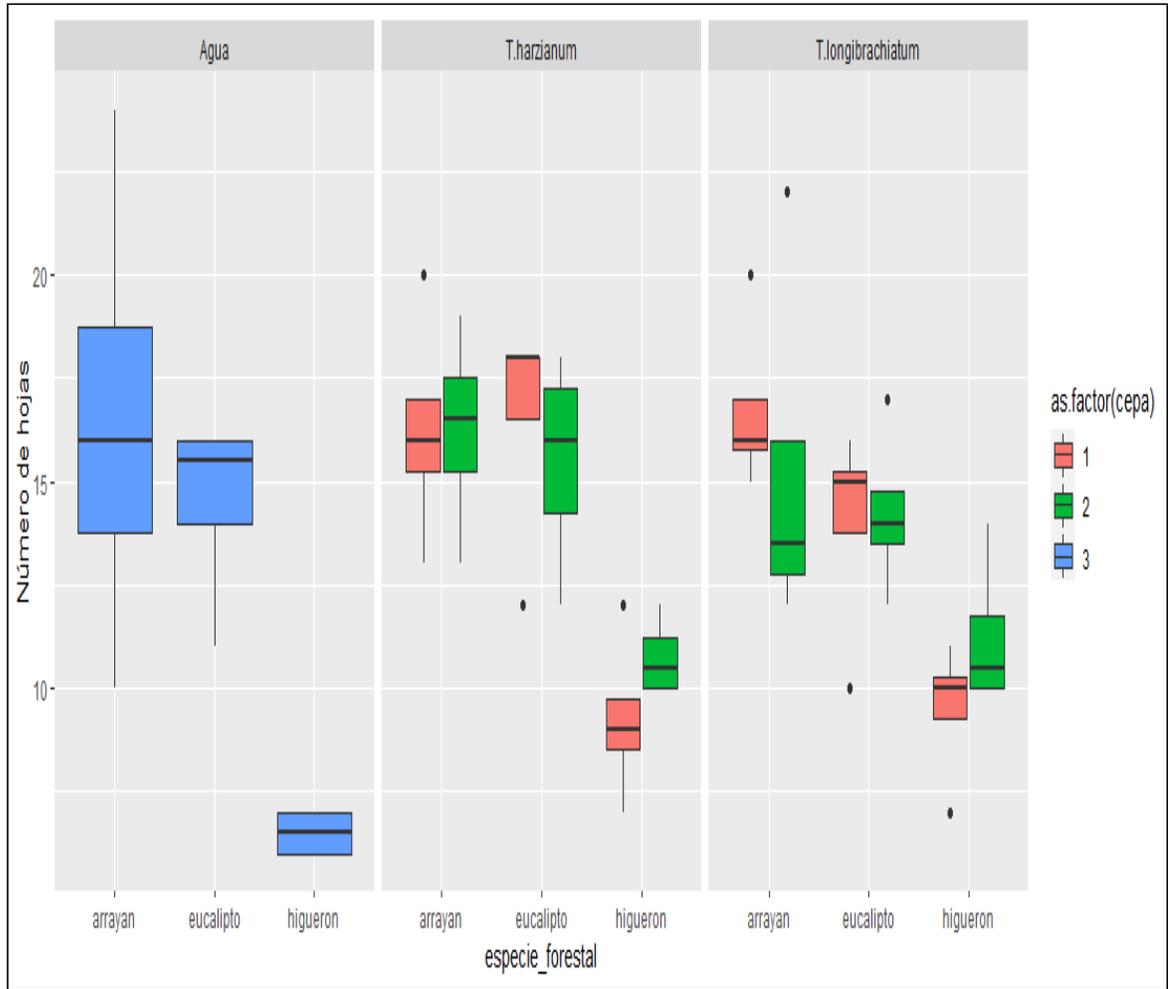


Gráfico 7-3. Diagrama de caja y bigote de la variable número de hojas por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 18-3: Análisis de Varianza de la variable número de hojas de las especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	0,65	0,32	43,34	6,15e-11	***
ESPECIE HONGO	2	0,05	0,02	3,289	0,04	*
CEPA	1	0,002	0,002	0,30	0,58	
BLOQUE	3	0,007	0,002	0,33	0,80	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	0,07	0,01	2,60	0,04	*
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	0,02	0,01	1,45	0,24	
ESPECIE HONGO: CEPA	1	0,000	0,00	0,006	0,94	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	0,004	0,002	0,26	0,76	
ERROR	42	0,31	0,007			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 19-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable el número de hojas de las 3 especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Arrayan: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	16,80	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	16,50	a
Arrayan: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	16,20	a
Arrayan: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	16,20	a
Arrayan: Agua:3	16,50	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	15,50	ab
Arrayan: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	15,20	abc
Eucalipto: Agua:3	14,50	abc
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	14,20	abc
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	14,00	abc
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	11,20	abc
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	10,80	abcd
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	9,50	bcd
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	9,25	cd
Higuerón: Agua:3	6,50	d

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021

Según el análisis gráfico (**Gráfico 6-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 13-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo, para los factores: especie forestal, especie hongo y la interacción especie forestal; especie hongo, si se evidenció una diferencia significativa para el número de hojas. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 4 grupos a, b, c, d, (**Tabla 16-3**).

Para la variable número de hojas a los 75 días de las especies forestales, el tratamiento que alcanzó mayor número de hojas fue para las plantas de Arrayán (*Myrcianthes halli*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1, con un valor promedio de 16,80 y por otro lado el menor número de hojas correspondió a las plantas de Higuerón (*Aegiphila ferruginea*) tratadas con agua con un valor promedio de 6,50 (**Tabla 20-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) las plantas con mayor número de hojas, fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor promedio de $16,50 \pm 2,67$, y por otro lado las de menor número de hojas fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepas 1, con un valor promedio de $14,12 \pm 2,23$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*), las plantas con mayor número de hojas fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepas 1 con un valor promedio de $16,8 \pm 5,8$ y la de menor número de hojas fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepas 2 con un valor promedio $15,20 \pm 3,42$. Y finalmente la especie forestal Higuerón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas con mayor número de hojas fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $11,20 \pm 1,92$ y la de menor número de hojas fueron las del testigo con un valor promedio de $6,50 \pm 0,57$ (**Anexo C**).

3.1.4. Evaluación de la variable *Peso fresco de las especies forestales.*

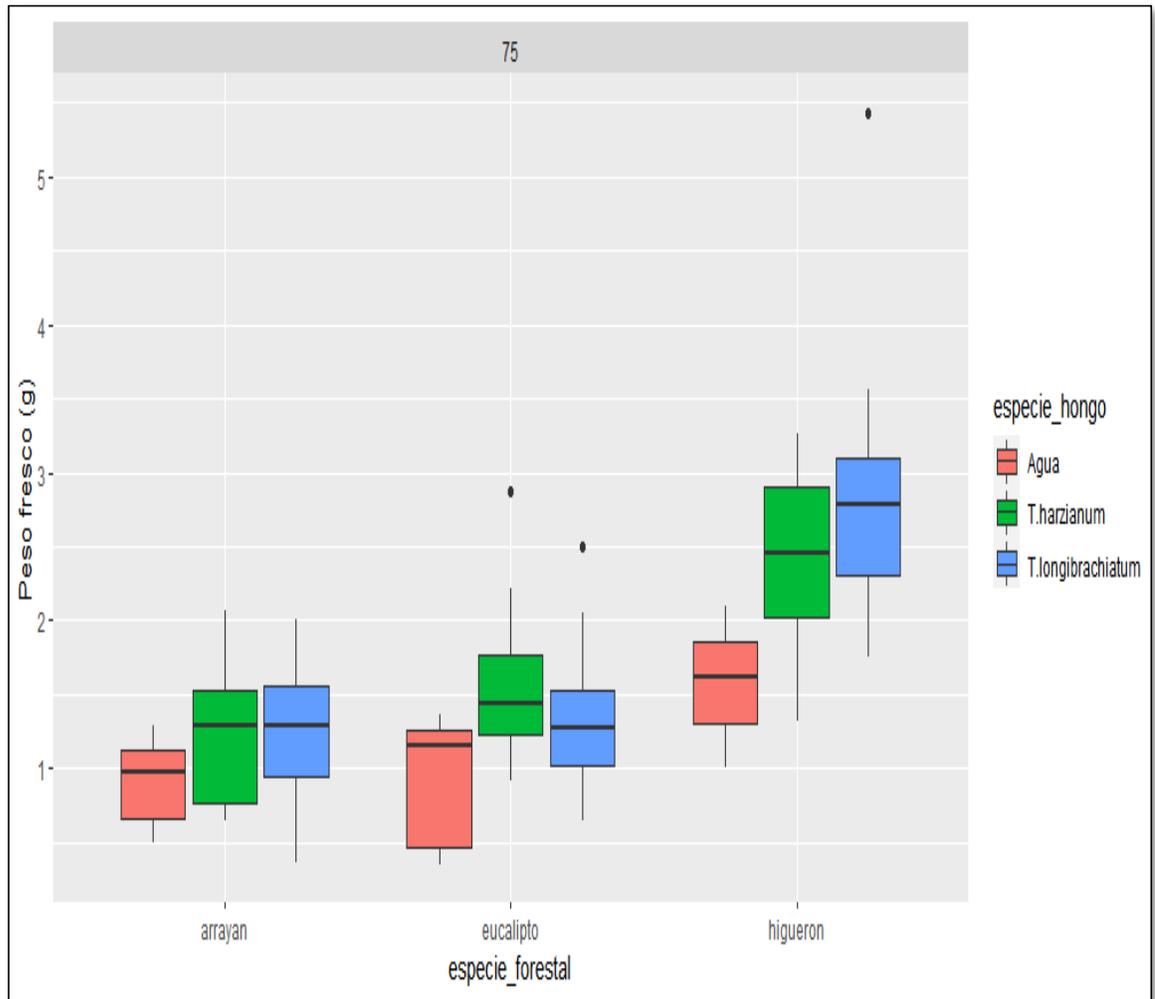


Gráfico 8-3. Diagrama de caja y bigote para variable peso fresco.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

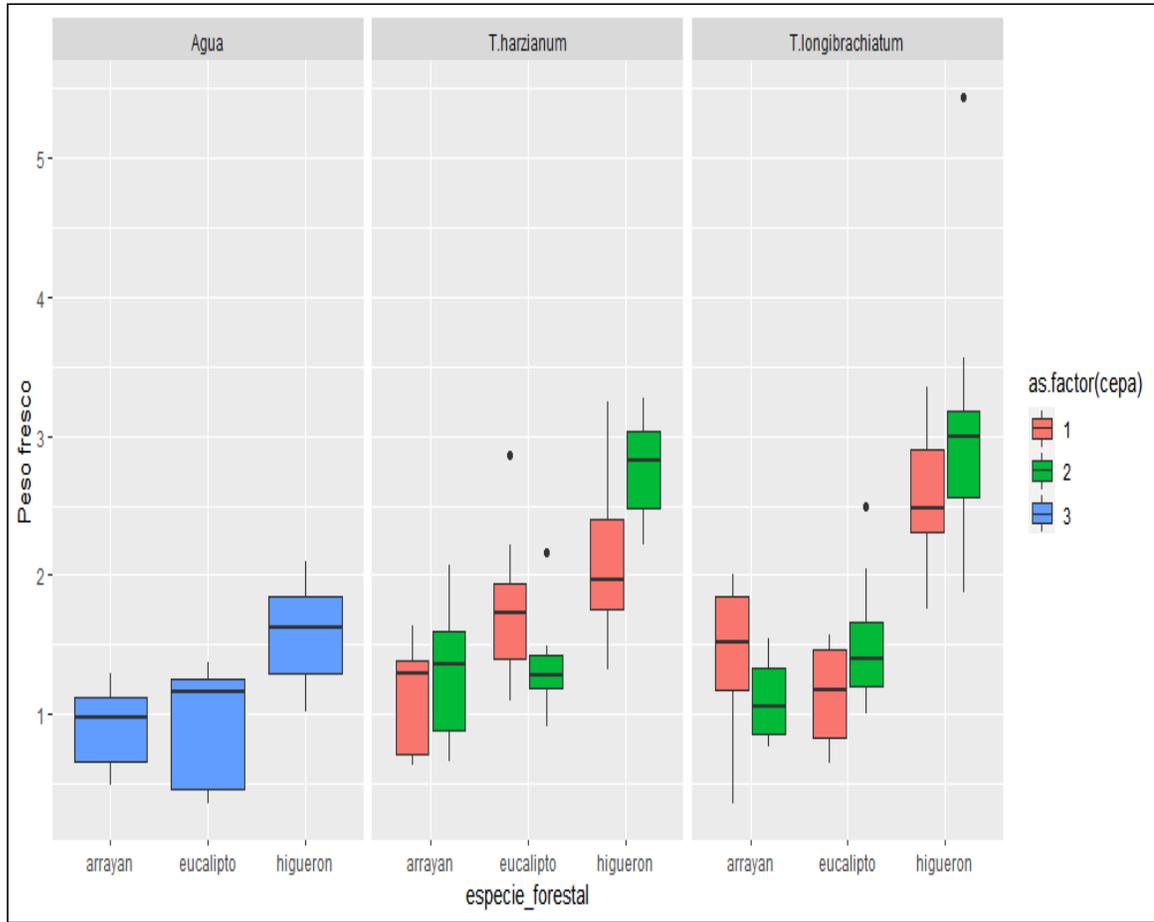


Gráfico 9-3. Diagrama de caja y bigote de la variable peso fresco por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 21-3: Análisis de Varianza de la variable peso fresco de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRAD O MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	18,60	9,30	46,22	2,45e-11	** *
ESPECIE HONGO	2	3,83	1,92	9,540	0,03	** *
CEPA	1	0,24	0,28	1,414	0,24	
BLOQUE	3	0, 24	0,08	0,401	0,75	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	1,73	0,43	2,150	0,09	
ESPECIE FORESTAL: FORESTAL: CEPA	2	1,05	0,52	2,609	0,08	
ESPECIE HONGO:CEPA	1	0,009	0,009	0,043	0,83	
ESPECIE FORETAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	0,89	0,44	2,228	0,12	
ERROR	42	8,45	0,20			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 22- 3: Prueba de Tukey al 5% para la variable peso fresco de las 3 especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa2	3,07	a
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa2	2,78	ab
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	2,59	abc
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	2,12	abcd
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	1,76	bcde
Higuerón:Agua:3	1,57	cde
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	1,52	cde
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	1,42	de
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	1,34	de
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	1,29	de
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	1,14	de
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	1,13	de
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	1,09	de
Eucalipto:Agua:3	0,94	e
Arrayán:Agua:3	0,93	e

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 8-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 15-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo, para los factores: especie forestal, especie hongo si se evidenció una diferencia significativa para el peso fresco. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 5 grupos a, b, c, d, e (**Tabla 16-3**).

Para la variable peso fresco a los 75 días de las especies forestales, el tratamiento que alcanzó mayor peso fresco fue para las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, con un valor promedio de 3,07g y por otro lado el menor peso correspondió a las plantas de Arrayán (*Myrcianthes halli*) tratadas con agua con un valor promedio de 1,18 g (**Tabla 23-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), las plantas que mejor peso fresco alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor promedio de $1,76 \pm 0,52$, y por otro lado las de menor peso fresco fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $0,94 \pm 0,44$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*) las plantas que mejor peso fresco alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepas 1 con un valor promedio de $1,42 \pm 0,45$ y la de menor peso fresco fueron las del testigo con un valor promedio $0,93 \pm 0,29$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas que mejor peso fresco alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $3,07 \pm 0,87$ y la de menor peso fresco fueron las del testigo con un valor promedio de $1,57 \pm 0,40$ (**Anexo D**).

3.1.5. Evaluación de la variable Peso seco foliar de las especies forestales

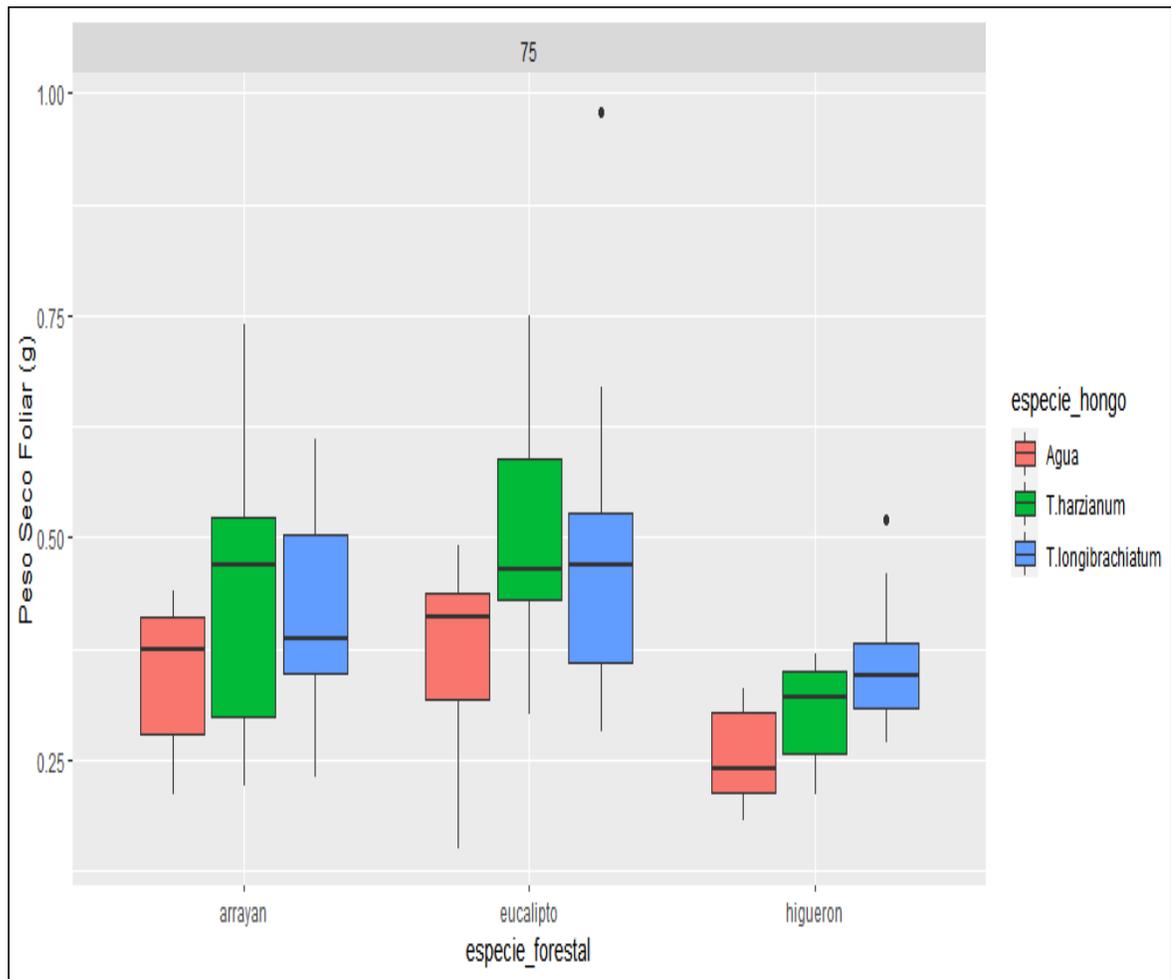


Gráfico 10-3. Diagrama de caja y bigote para variable peso seco foliar.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

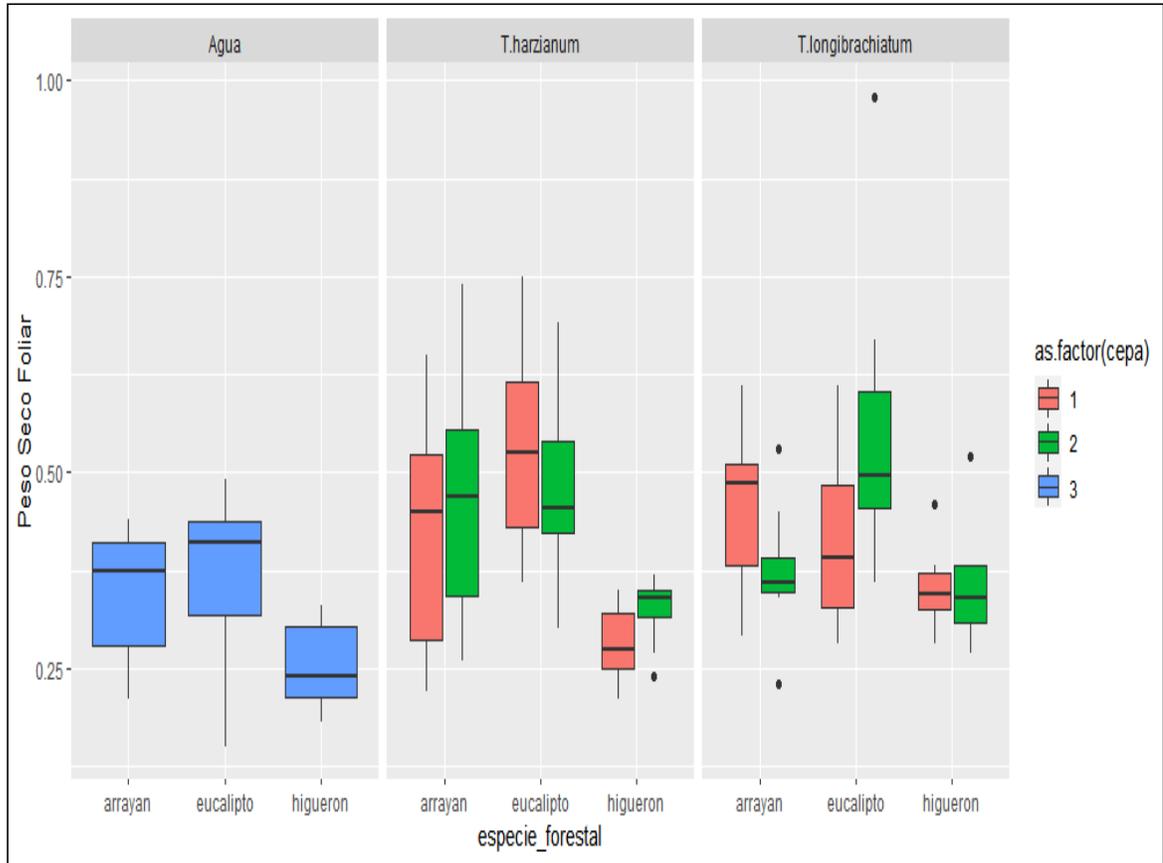


Gráfico 11-3. Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco foliar por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 24-3: Análisis de Varianza de la variable peso seco foliar de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	0,24	0,12	13,80	2,47e-05	***
ESPECIE HONGO	2	0,09	0,04	5,11	0,01	**
CEPA	1	0,004	0,004	0,50	0,48	
BLOQUE	3	0,02	0,01	1,24	0,30	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	0,02	0,005	0,62	0,66	
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	0,007	0,003	0,39	0,67	
ESPECIE HONGO:CEPA	1	0,006	0,0005	0,06	0,80	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	0,06	0,03	3,42	0,04	*
ERROR	42	3737	0,008			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 25-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable peso seco foliar de las 3 especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Eucalipto: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 2	0,56	a
Eucalipto: <i>T.harzianum</i> : cepa 1	0,53	a
Arrayán: <i>T.harzianum</i> : cepa 2	0,47	ab
Eucalipto: <i>T.harzianum</i> : cepa 2	0,47	ab
Arrayán: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 1	0,45	ab
Arrayán: <i>T.harzianum</i> : cepa 1	0,42	ab
Eucalipto: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 1	0,40	ab
Arrayán: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 2	0,37	ab
Eucalipto :Agua:3	0,36	ab
Higuerón: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 2	0,355	ab
Higuerón: <i>T.longibrachiatum</i> : cepa 1	0,35	ab
Arrayán: Agua: cepa 3	0,34	ab
Higuerón: <i>T.harzianum</i> : cepa 2	0,32	ab
Higuerón: <i>T.harzianum</i> : cepa 1	0,28	b
Higuerón: Agua:3	0,25	b

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 10-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 16-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo, para los factores: especie forestal, especie hongo y la interacción especie forestal: especie hongo: cepa, si se evidenció una diferencia significativa para el peso seco foliar. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 2 grupos a, b (**Tabla 18-3**).

Para la variable peso seco foliar a los 75 días de las especies forestales, el tratamiento que alcanzó mayor peso seco foliar fue para las plantas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, con un valor promedio de 0,56 g y por otro lado el menor peso seco foliar correspondió a las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) tratadas con agua con un valor promedio de 0,25 g (**Tabla 26-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) las plantas que mejor peso seco foliar alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $0,56 \pm 0,17$, y por otro lado las de menor peso seco foliar fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $0,36 \pm 0,12$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*) las plantas que mejor peso seco foliar alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepas 2 con un valor promedio de $0,47 \pm 0,16$ y la de menor peso seco foliar fueron las del testigo con un valor promedio $0,34 \pm 0,08$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*), las plantas que mejor peso seco foliar alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $0,35 \pm 0,06$ y la de menor peso seco foliar fueron las del testigo con un valor promedio de $0,25 \pm 0,05$. (**Anexo E**).

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

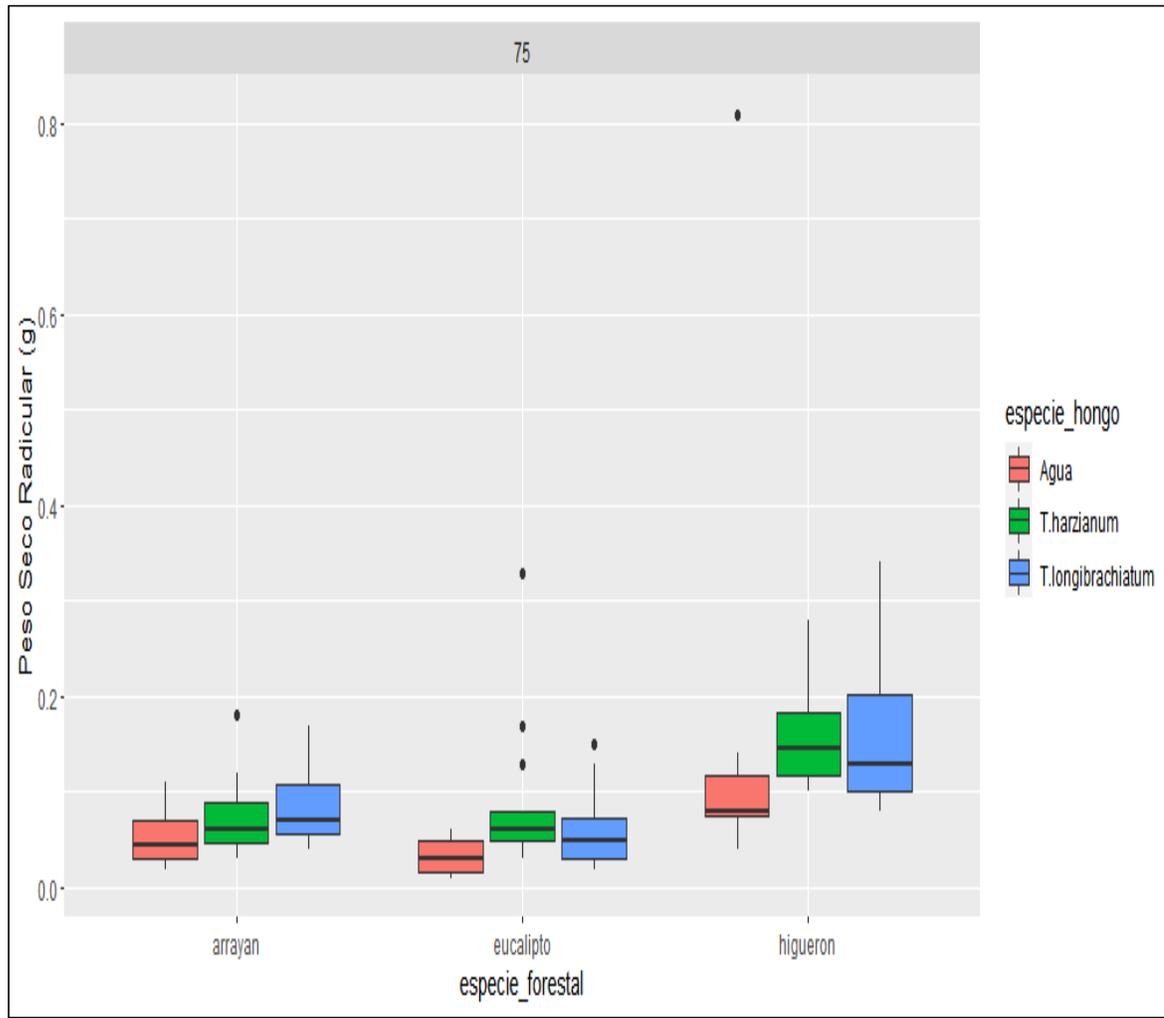


Gráfico 12-3. Diagrama de caja y bigote para variable peso seco radicular.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

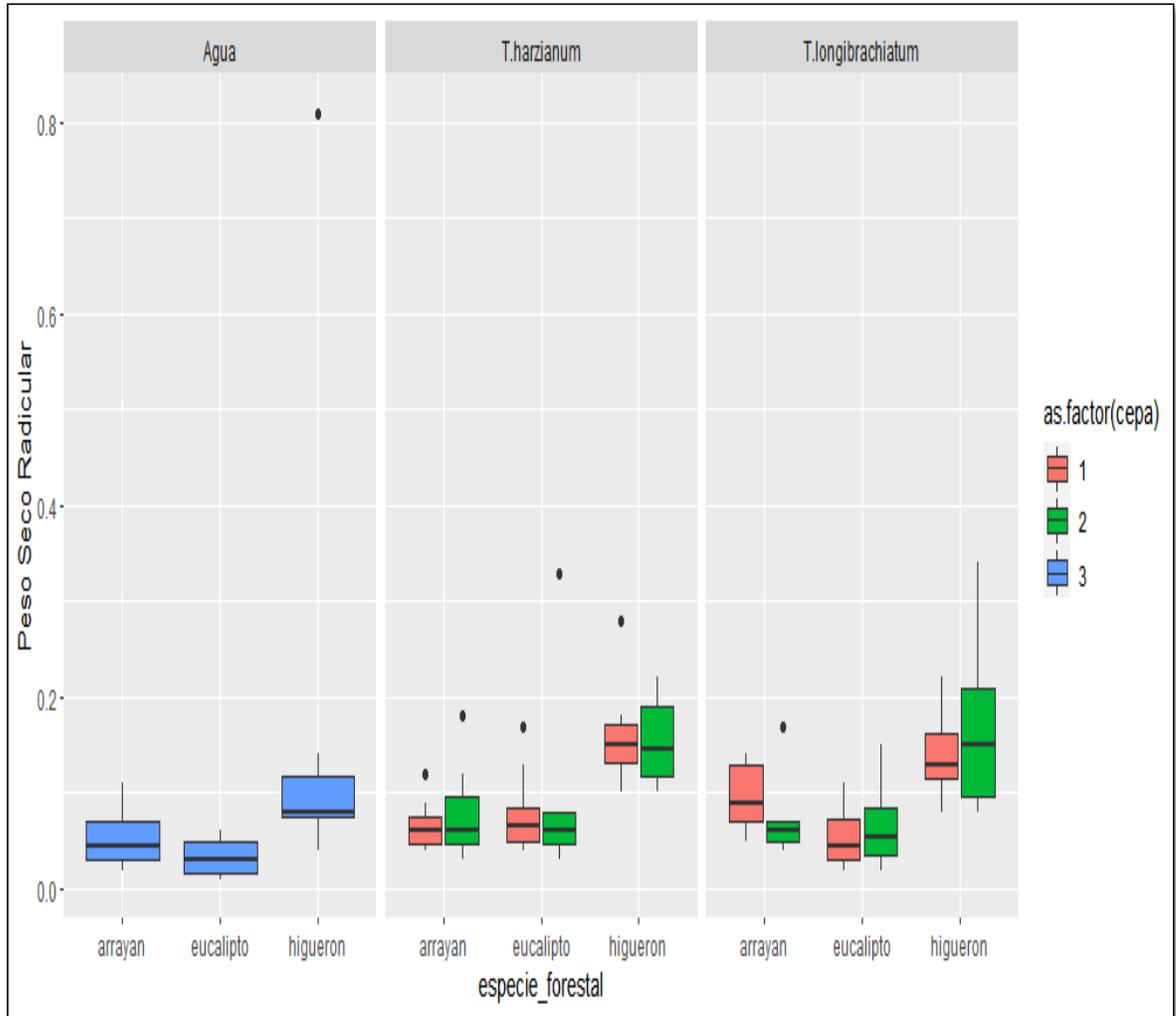


Gráfico 13-3. Diagrama de caja y bigote de la variable peso seco radicular por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 27-3: Análisis de Varianza de la variable peso seco radicular de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	0,10	0,05	13,79	2.23e-05	***
ESPECIE HONGO	2	0,0023	0,001	0,30	0,73	
CEPA	1	0,0003	0,0003	0,07	0,78	
BLOQUE	3	0,01	0,003	0,89	0,452	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	0,008	0,002	0,57	0,68	
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	0,0007	0,0003	0,10	0,90	
ESPECIE HONGO:CEPA	1	0,000	0,000	0,001	0,98	
ESPECIE FORETAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	0,002	0,001	0,31	0,72	
ERROR	42	0,16	0,0038			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 28-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable peso seco radicular de las 3 especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	GRUPOS
Higuerón: Agua:3	0,17	a
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	0,16	a
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	0,16	a
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	0,15	a
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	0,14	a
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	0,09	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	0,09	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	0,08	a
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	0,07	a
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	0,07	a
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	0,06	a
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	0,06	a
Arrayán: Agua:3	0,05	a
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	0,05	a
Eucalipto :Agua:3	0,03	a

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 12-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 19-3**) no existieron diferencias significativas para el factor cepa, sin embargo, para el factor especie forestal, si se evidenció una diferencia significativa para el peso seco radicular. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 1 solo grupo a (**Tabla 20-3**).

Para la variable peso seco radicular a los 75 días las especies forestales y el tratamiento que alcanzó mayor peso seco radicular fue para las plantas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, con un valor promedio de 0,56 g y por otro lado el menor peso seco radicular correspondió a las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) tratadas con agua con un valor promedio de 0,25 g (**Tabla 29-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) las plantas que mejor peso seco radicular alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor promedio de $0,09 \pm 0,07$, y por otro lado las de menor peso seco radicular fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $0,03 \pm 0,019$. Por otra parte, la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*) las plantas que mejor peso seco radicular alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor promedio de $0,9 \pm 0,03$ y la de menor peso seco radicular fueron las del testigo con un valor promedio $0,05 \pm 0,03$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas que mejor peso seco radicular alcanzaron fueron las del testigo con un valor promedio de $0,17 \pm 0,25$ y la de menor peso seco radicular fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa con un valor promedio de $0,14 \pm 0,07$. (**Anexo F**).

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

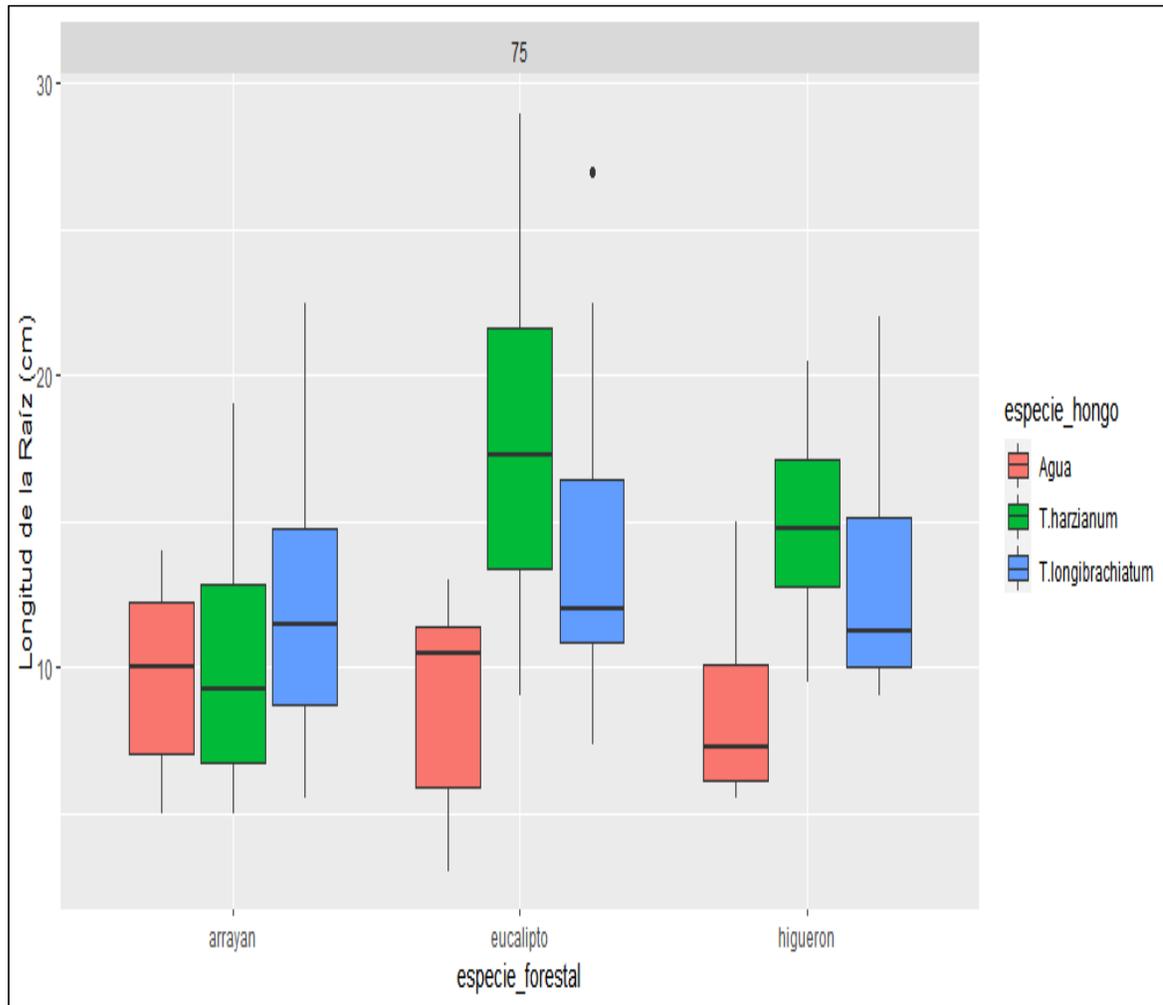


Gráfico 14-3. Diagrama de caja y bigote para variable longitud de la raíz.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

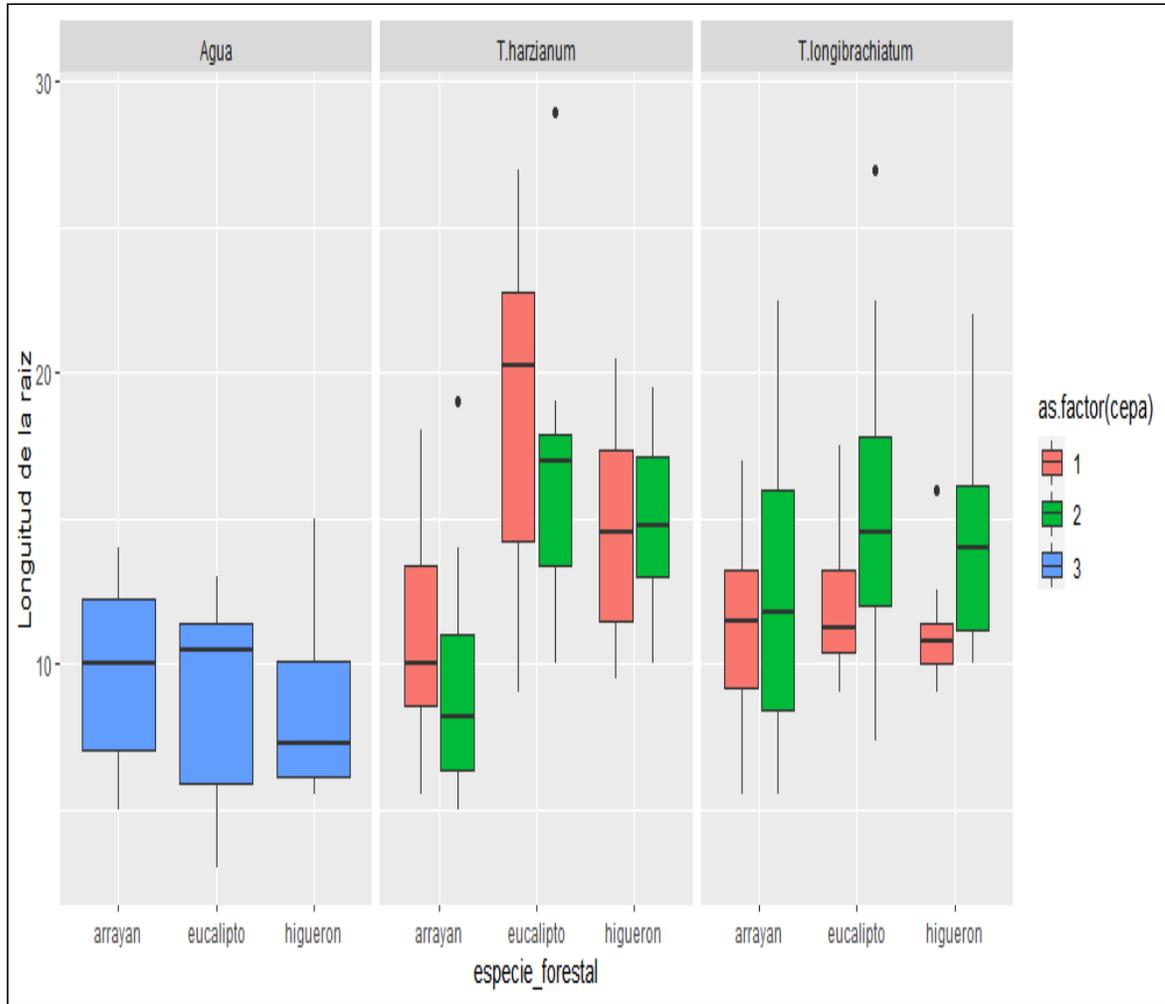


Gráfico 15-3. Diagrama de caja y bigote de la variable longitud de la raíz por cepas.

Realizado por: Pamela K, López P. 2021

Tabla 30-3: Análisis de Varianza de la variable longitud de la raíz de las 3 especies forestales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PR(>F)	
ESPECIE FORESTAL	2	131,0	65,63	5,81	0,005	**
ESPECIE HONGO	2	228,70	114,37	10,13	0,0002	***
CEPA	1	9,00	8,97	0,79	0,77	
BLOQUE	3	19,70	6,56	0,5	0,63	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO	4	113,50	28,37	2,514	0,05	
ESPECIE FORESTAL: CEPA	2	5,90	2,97	0,26	0,76	
ESPECIE HONGO:CEPA	1	37,90	37,90	3,35	0,07	
ESPECIE FORESTAL: ESPECIE HONGO: CEPA	2	3,10	1,57	0,13	0,87	
ERROR	42	474	11,29			

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

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

Tabla 31-3: Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de la raíz de las especies forestales.

TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA (cm)	GRUPOS
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	18,56	a
Eucalipto: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	17,00	ab
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	15,75	ab
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	14,93	ab
Higuerón: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	14,68	ab
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	14,37	ab
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 2	12,75	ab
Eucalipto: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	12,31	ab
Arrayán: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	11,38	ab
Higuerón: <i>T. longibrachiatum</i> : cepa 1	11,25	ab
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 1	11,02	ab
Arrayán: Agua:3	9,62	b
Arrayán: <i>T. harzianum</i> : cepa 2	9,60	b
Eucalipto: Agua:3	8,87	b
Higuerón: Agua:3	8,46	b

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

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

Según el análisis gráfico (**Gráfico 14-3**) y el análisis de varianza (**Tabla 21-3**) no existieron diferencias para el factor cepa, sin embargo, para los factores: especie forestal, especie si se evidenció una diferencia significativa para la variable longitud de la raíz. La prueba de separación de medias de Tukey al 5 % mostró 2 grupos a, b (**Tabla 22-3**).

Para la variable longitud de la raíz a los 75 días las especies forestales, el tratamiento que alcanzó mayor peso seco foliar fue para las plantas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1, con un valor promedio de 18,56 cm y por otro lado la menor longitud de la raíz correspondió a las plantas de Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) tratadas con agua con un valor promedio de 8,46 cm (**Tabla 22-3**).

Para la especie forestal Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) las plantas que mejor longitud de la raíz alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1 con un valor promedio de es $18,56 \pm 6,09$, y por otro lado las de menor longitud de la raíz fueron las del testigo (Agua), con un valor promedio de $8,87 \pm 3,85$. Por otra parte la especie forestal Arrayán (*Myrcianthes halli*) las plantas que mejor longitud de la raíz alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2 con un valor promedio de $12,75 \pm 5,05$ y la de menor longitud de la raíz fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor promedio $9,60 \pm 3,40$. Y finalmente la especie forestal Higuierón (*Aegiphila ferruginea*) las plantas que longitud de la raíz alcanzaron fueron las inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 2 con un valor promedio de $14,93 \pm 3,55$ y la de menor fueron las del testigo con un valor promedio de $8,46 \pm 3,23$ (**Anexo G**).

Fotografías de las plantas de las diferentes especies forestales aplicadas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* frente al testigo agua.



Figura 2-3. Arrayán (*Myrcianthes halli*), con *Trichoderma* spp. frente al testigo.

Realizado por: López, P. 2021



Figura 3-3. Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), con *Trichoderma* spp. frente al testigo.

Realizado por: López, P. 2021



Figura 4-3. Higuerón (*Aegiphila ferruginea*) con *Trichoderma* spp. frente al testigo.

Realizado por: López, P. 2021

3.1.8. Índice de Calidad de Dickson

Tabla 32-3: Índice de Dickson de Higueroón

TRATAMIENTO	ESPECIE	HONGO	ÍNDICE DE DICKSON
T1	Higueroón	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,10
T2	Higueroón	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,10
T3	Higueroón	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,09
T4	Higueroón	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,11
T5	Higueroón	Agua	0,13

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

El tratamiento T5 fue el que mayor Índice de Dickson presentó con un valor de 0,13 y por otra parte el que menor valor presentó fue el tratamiento T3 el cual corresponde a las plantas inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 con un valor de 0,09.

Tabla 33-3: Índice de Dickson de Arrayán.

TRATAMIENTO	ESPECIE	HONGO	ÍNDICE DE DICKSON
T1	Arrayán	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,18
T2	Arrayán	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,19
T3	Arrayán	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,24
T4	Arrayán	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,18
T5	Arrayán	Agua	0,17

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021

El tratamiento T3 fue el que mayor Índice de Dickson presentó con un valor de 0,24 correspondiente a las plantas inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y por otra parte el que menor valor presentó fue el tratamiento T5 el cual corresponde al de control con un valor de 0,17.

Tabla 34-3: Índice de Dickson de Eucalipto.

TRATAMIENTO	ESPECIE	HONGO	ÍNDICE DE DICKSON
T1	Eucalipto	<i>T. harzianum</i> cepa 1	0,04
T2	Eucalipto	<i>T. harzianum</i> cepa 2	0,04
T3	Eucalipto	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	0,03
T4	Eucalipto	<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	0,04
T5	Eucalipto	Agua	0,02

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

El tratamiento T1, T2, T4 fueron lo que mayor Índice de Dickson presentaron con un valor de 0,04 correspondiente a las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1- 2 y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2, por otra parte, el que menor valor presentó fue el tratamiento T5 el cual corresponde al de control con un valor de 0,02.

3.2. Discusión

En la presente investigación se estudió el efecto de 2 especies de *Trichoderma* spp. (*T. longibrachiatum* y *T. harzianum*) con 4 cepas, como bioestimulante de crecimiento de Arrayán (*Myrcianthes halli*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuerón (*Aegiphila ferruginea*) a nivel de vivero.

Para variable altura, la especie forestal la especie que mejores resultados presentó fue eucalipto (*Eucalyptus globulus*) al ser inoculadas con las 2 especies de *Trichoderma* spp. , presentaron efectos positivos, las alturas con mayor dimensión fueron las plántulas tratadas con *Trichoderma longibrachiatum* (cepas 1 y 2), lo cual no coincide lo expuesto por Alvarez, (2021) en su estudio de “Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* sobre el desarrollo de diferentes plántulas de especies forestales” mencionando que “no se observó efecto en la altura de las plántulas de eucalipto al ser inoculadas con *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*”, esto se debe porque en el presente estudio se tomó los datos de la variable a los 75 días después del trasplante y se evaluaron 2 cepas de cada especie y en el caso de Alvarez, (2021) los datos fueron tomados a los 108 días después de la siembra, y se evaluaron 1 cepa por especie, por consiguiente *trichoderma* spp. produce metabolitos secundarios; como enzimas y compuestos promotores de crecimiento vegetal mencionado por Hernandez, (2019).

En la variable DAC, el tratamiento que alcanzó mejor DAC fue para las plantas de higuerón (*Aegiphila ferruginea*), inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum*, lo cual concuerda con lo expuesto por Diaz & Catellanos, (2018) en su estudio de “Efecto bioestimulante de *Trichoderma harzianum* Rifai en posturas de Leucaena, Cedro y Samán” mencionando que " el efecto bioestimulador sobre las plantas de *L. leucocephala* al ser tratadas con *Trichoderma* spp. y se observa un mayor diámetro”, esto se debe a que *Trichoderma* spp, absorben nutrientes principalmente carbón, nitrato, hierro mencionado por Martínez, (2013), los cuales ayudan para el desarrollo del DAC.

En la variable número de hojas, las especies forestales en estudio presentaron efectos positivos, al ser inoculadas *Trichoderma* spp., lo cual coincide con lo expuesto por Alvarez, (2021) en su estudio de “Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* sobre el desarrollo de diferentes plántulas de especies forestales” mencionado que “el mayor número de hojas totales de las especies forestales acacia, ciprés y eucalipto fueron para las plántulas tratadas con *T. harzianum*”, porque

Trichoderma spp. pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas, que puedan controlar a patógenos, nematos o insectos que puedan ser los causantes del daño de hojas verdadera, según menciona Martínez, (2013).

En el variable peso fresco, peso seco radicular, peso seco foliar de las especies forestales tuvieron efecto al ser inoculadas con *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*, lo cual coincide con lo expuesto por Romero, (2005) en su estudio de “*Trichoderma harzianum* un bio control y bio promotor en vivero de especies forestales.” mencionando que “la inoculación de *Trichoderma harzianum* tuvo efecto en el peso fresco de los plantines”, con esto se corrobora que las especies de *Trichoderma* spp, si causan un efecto positivo en las plantas, ya que al puede ser inoculado al sustrato para semilleros o directamente al suelo en semilleros a campo abierto, ofrece incluso una protección mayor a los cultivos. También puede mezclarse con abonos orgánicos (estiércol, *casting* y bio tierra) y otras enmiendas utilizadas como bio fertilizantes, expuesto por Martínez, (2013), en estudios realizados.

En índice de Dickson, para la especie forestal Eucalipto el que mejor valor presentó es el T5 con un valor de 0,13 correspondiente al testigo, por otra parte, para el Arrayán el que mejor valor presentó fue para el T3 con un valor de 0,24 correspondiente a las plantas inoculadas con *Trichoderma longibrachiatum* cepa 1 y finalmente para el higuerón el mejor valor presentó es el T1, T2, T4 con un valor de 0,04 correspondiente a las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* cepa 1- 2 y *Trichoderma longibrachiatum* cepa 2.

Las especies de *Trichoderma* spp ha sido tradicionalmente utilizado como un agente de control biológico debido a que sus mecanismos de acción son: competencia, micoparasitismo, crecimiento quimiotrófico y antibiosis, sin embargo, últimamente se ha visto que estos antagonistas tienen potencial de ser utilizados como bioestimulante de crecimiento según Infante, (2009 págs. 3-5), lo que el presente estudio lo confirma, dando nuevos usos, nuevas aplicaciones para este de microorganismos.

CONCLUSIONES

- La especie de *Trichoderma harzianum*, cepa 1 tuvo un efecto positivo en la especie forestal (*Eucalyptus globulus*) mejorando la longitud de la raíz.
- La especie de *Trichoderma longibrachiatum*, tuvieron efectos positivos en las especies forestales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Higuierón (*Aegiphila ferruginea*), Arrayán (*Myrcianthes halli*), mejorando las variables: altura (cepa 1 y 2), DAC (cepa 2), número de hojas (cepa 1), peso fresco y peso seco foliar y radicular (cepa 2).
- *Trichoderma longibrachiatum* tuvo mayor efecto positivo como bioestimulante de crecimiento en las especies forestales Eucalipto, Higuierón y Arrayán porque así lo refleja los resultados del presente estudio.

RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios de *Trichoderma longibrachiatum* y *Trichoderma harzianum* como bioestimulante de crecimiento en especies forestales, donde las diferentes variables sean medidas durante 6 meses.
- Promover la aplicación a nivel de vivero como bioestimulante, para garantizar una buena calidad de plantas que estén tengan un adecuado crecimiento tanto de la parte foliar como radicular, adicionalmente de la protección a patógenos y que estas se puedan adaptar mejor a condiciones de estrés tanto biótico como abiótico.

Glosario

Astringente: aquella sustancia que produce constricción y sequedad en los tejidos orgánicos, disminuyendo por tanto la secreción que pudieren experimentar los mismos (Ucha, 2011. p1).

Biomasa: es una energía renovable a base de materia orgánica (Rodríguez, 2021. p1).

Bayas: Se emplea el termino para nombrar a un fruto de tipo carnoso, que dispone de pulpa. Esta protege a la semilla durante toda la etapa de maduración hasta el momento en el que sea dispersada gracias a la acción de otros animales. (Acosta, 2021. p1).

Capacidad fotosintética: aquella relación con la cantidad de CO² fijado, que dará como consecuencia la síntesis de carbohidratos que serán utilizados por la planta para su desarrollo, el resto lo almacenan en las diferentes estructuras como raíces o frutos para ser utilizados en momentos críticos donde no sea posible realizar completamente la fotosíntesis (Lopez, et.al., 2003. p1).

Cofia: es la parte que protege la zona de crecimiento de la raíz y tiene forma de casquete (UNLP).

Corteza: es la parte más expuesta del mismo. Está esencialmente constituida por dos capas. Una externa, que lo protege de depredadores y la perdida excesiva de agua y nutrientes; y otra interna, que se encarga fundamentalmente del transporte de savia desde las hojas al resto de la planta (Aguirre, 2021)

DAC: Diámetro a la altura del cuello.

Desviación estándar o desviación típica: es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. La desviación estándar es siempre mayor o igual que cero (Lopez, 2017).

Estambre: Se conoce como estambre al órgano masculino de la flor. Este se presenta como una pequeña hebra alargada, una hoja modificada, que suele sobresalir del centro; es aquí donde se encuentra el estambre de la flor. Del mismo modo, en los estambres es donde se localizan los sacos polínicos que es donde se produce el polen (Acosta, 2021. p1)

Giberelinas: son hormonas vegetales que regulan multitud de procesos fisiológicos tales como germinación, elongación del tallo, foto morfogénesis, crecimiento de la hoja y de la raíz, floración, desarrollo del polen y fructificación (Escoms, 2017. p1)

Hormonas: Son sustancias segregadas por ciertas células denominadas especializadas (Endomed, 2019. p1)

Inflorescencia: son ramas del tallo, con crecimiento limitado, portadoras de flores. Constan de un eje donde se insertan las flores, brácteas, que son hojas modificadas, y flores (Universidad Publica de Navarra, sf. p1).

Medidas de tendencia central: son medidas estadísticas que pretenden resumir en un solo valor a un conjunto de valores (Quevedo, 11. p1).

PDA: Papa Dextrosa Agar, se utiliza para el aislamiento, enumeración y cultivo de levaduras y mohos a partir de muestras. También se puede utilizar en la identificación de hongos y levaduras en paralelo con su morfología celular o en métodos de micro cultivo en portaobjetos (Novachem, 2022. p1).

Trichoderma: es un microorganismo asociativo multifuncional que, dependiendo de la cepa, puede lograr efectos bioestimulante que benefician a la planta (Symborg, 2021. p1)

Yema apical: Es el brote dominante, ubicado en la punta de la planta (Calderón, 2011. p1).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Belén . *Que son los estambres de una flor* [Blog]. España. 2021. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/autor/m-belen-acosta-42.html>

AGUIRRE. *Conoce los usos de la corteza del árbol* [Blog]. Argentina. 2021. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.maderaslarola.com/uncategorized/conoce-los-usos-de-la-corteza-de-arbol/>.

ÁLVAREZ, Pablo; et al. Efecto de *Trichoderma Harzianum* y *Trichoderma Longibrachiatum* en el desarrollo de diferentes especies forestales [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) ESPOCH, Ecuador. 2015. pp.74-83 [Consulta: 2021-04-25]. Disponible en: <https://agrariacad.com/wp-content/uploads/2021/08/Rev-Agr-Acad-v4-n4-2021-p74-83-Efeito-do-Trichoderma-harzianum-e-Trichoderma-longibrachiatum-no-desenvolvimento>**CASTILLO,et.al. 2007.** *Bioproductos para la agricultura: surgimiento y desarrollo en el ICIDCA.*. 3, 2007, Revista, Vol. 41, págs. 42-51. ISSN: 0138-6204.

BOLAÑOS LOOR, Eddie. Estudio carpológico de las terrazas de la comunidad de joyaczhí para la recreación de paleoambientes, cantón Chunchi, provincia de Chimborazo [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) ESPOCH, Ecuador. 2017. p. 67. [Consulta: 2021-04- 10]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6541>.

CALDERÓN, Ana. *Morfogénesis in vitro a partir de yemas apicales y bases de hojas de las especies de bromelias aechmea veitchii y Racinaea crispa* [Blog]. Colombia. 2011. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.org.co/pdf/acbi/v33n94/v33n94a2.pdf>

CANDELERO, D. “*Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum cbienense* Jacq. y antagonicas contra *Meloidogyne incognita*”. *International Journal of Experimental Botany* [en línea], 2015, (Argentina) 84 (1), pp. 113-119 [Consulta: 29 abril 2021]. ISSN 0031 9457. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/519/1/2015_AI_id37069_Marcela_Gamboa.pdf.

CASTILLO, Elvio. *Vivero forestal* [Blog]. Argentina. 2012. [Consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en: <https://bibliotecavirtualaserena.files.wordpress.com/2017/11/vivero-forestal-2012.pdf>.

CASTRO TORO, Ángela. *Trichoderma spp: modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café* [blog]. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/publications/Boletin_38_FINAL2014.pdf

CHAVEZ DAQUILEMA, Jenny del Carmen. Evaluación de la actividad cicatrizante del extracto de hojas de arrayán (*Myrcianthes hallii*), in vitro por inhibición de la hialuronidasa e in vivo en heridas inducidas en ratones (*Mus musculus*) [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) ESPOCH, Ecuador. 2016. p. 25. [Consulta: 2021-04- 10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream>.

CHAVEZ INCA, Keylly Marcela. Determinación de la relación poblacional de tres especies forestales, *Aegiphila ferruginea*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*; en el bosque Leonan de Llucud, cantón Chambo, provincia de Chimborazo [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) ESPOCH, Ecuador. 2018. p. 20. [Consulta: 2021-04- 15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10373/1/33T0208.pdf>

CORONEL, Alexander. Especies forestales [blog]. [Consulta: 10 abril 2021]. Disponible: <https://alexandercoronel.wordpress.com/>.

CUBILLO, J; et al. “*Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener)”. *Agronomía Colombiana* [en línea], 2009, (Colombia) 27 (1), pp. 2-6. [Consulta: 5 abril 2021]. ISSN 0120-9965. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100011

DIAZ & CASTELLANOS. “Efecto bioestimulante de *Trichoderma harzianum* Rifai en plántulas de Leucaena, Cedro y Saman”. *Colombiana Forestal* [en línea], 2018, (Colombia) 21 (1), pp.20-26. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 0120-0739. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392018000100081

ENDOMED. *Que son las hormonas* [Blog]. 2019. [Consulta: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://endomed.es/que-son-las-hormonas>

ESCOMS, E. *Estudio de la función de las giberelinas en la iniciación y desarrollo de los ovulos en arabidopsis* [Blog]. 2017. [Consulta: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/78366>

GONZÁLEZ, B; et al. “*Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura”. *Bioteología Vegetal* [en línea], 2019, (México) 19(4), pp. 237-248. [Consulta: 5 abril 2021]. ISSN 2074-8647. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/639/pdf>
<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/639/pdf>

INFANTE, D; et al. “Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos Fitopatógenos”. *Protección Vegetal* [en línea], 2009, (Cuba) 24 (1), pp. 2-5. [Consulta: 20 abril 2021]. ISSN 0267-8865. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>.

JACOME, C; et al. “Efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* en condiciones de vivero”. *Amazónica* [en línea], 2019, (Ecuador) 8 (1), pp.40-51. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1390-5600. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7177565>.

LOPEZ, José. *Desviación estándar o típica* [Blog]. 2017. [Consulta: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/desviacion-tipica.html>.

LÒPEZ, Gorgonio; et al. *Medición del intercambio gaseoso, Área Foliar e índice de clorofila en plantas elicidadas con nanoparticulas* [Blog]. México. 2003. [Consulta: 25 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/338/1/Medici%C3%B3n%20de%20Intercambio%20Gaseoso%2C%20%C3%81rea%20Foliar%20e%20%C3%8Dndice%20de%20Clorofila%20en%20Plantas%20Elicidadas%20con%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>

MINGA, D. *Árboles y arbustos del Bosque de Mazan Azuay-Ecuador* [en línea]. II. Cuenca-Ecuador: E.T.A.P.A. 2000. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272180510_Arboles_y_arbustos_del_Bosque_de_Mazan_Azuay-Ecuador.

NAVAL, Marcelo. *Vivero forestal* [Blog]. Argentina. 1994. [Consultal: 16 de abril de 2021]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-viveroforestal.pdf>.

NOVACHEM. *Agar Papa Dextrosa* [Blog]. Ecuador. 2021. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.novachem.com.ec/producto/agar-papa-dextrosa-pda/>

POALACIN, Juana. Estudio del adecuado crecimiento de hongo *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma Hamatum* en sustrato sólido [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 2015. p. 24. [Consulta: 2021-04- 25]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4776/1/T-UCE-0017-128.pdf>.

QUEVEDO, Fernando. *Medidas de tendencia central y dispersión* [Blog]. Chile. 2011. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/4934#:~:text=Las%20medidas%20de%20tendencia%20central,a%20un%20conjunto%20de%20valores.&text=Las%20medidas%20de%20tendencia%20central%20m%C3%A1s,%3A%20media%2C%20mediana%20y%20moda.>

QUIROZ, Ivan. *Vivero forestal* [Blog]. Chile. 2019. [Consultal: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/26345/INFOR-0049.pdf?sequence=1>

RAMOS, A. “Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco estudio de caso con *Eucalipto urgrandis*”. *Forestal del Perú* [en línea], 2020, (Perú) 35 (2), pp.132-145. [Consulta: 2 mayo 2021]. ISSN 2523-1855. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/158>.

RODRIGUEZ, Alejandro. *Que es la biomasa y como funciona* [Blog]. 2021. [Consultal: 24 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/que-es-la-biomasa-y-como-funciona.html>.

ROMERO, G. “*Trichoderma harzianum* un biocontrol y biopromotor en vivero de especies forestales. *Ciencias e investigación Forestal* [en línea], 2005, (Chile) 14 (1), pp.1-11. [Consulta: 2

diciembre 2021]. ISSN 0220-0899. Disponible en:
<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/18822/26538.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SAMUELS, Gary. *El Caldo Longibrachiatum de Trichoderma: una revision con nuevas especies* [Blog]. Austria. 2012. [Consultal: 25 de abril de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13225-012-0152-2>.

SIMBORG. *Hongo Trichoderma harzianum* [Blog]. España. 2021. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://symborg.com/es/trichoderma-harzianum/>

UCHA, Florencia. *Definición de astringente* [Blog]. Colombia. 2011. [Consultal: 24 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/astringente.php>.

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA. *Que son las hormonas* [Blog]. España. sf. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.unavarra.es/herbario/htm/inflorescencia.htm>.

UNLP . *Nuestras aliadas las plantas: raices y tallos*[Blog]. Argentina. 2021. [Consultal: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://unlp.edu.ar/frontend/media/96/27596/2daad2ff60b0b8906f52aacfc67e7ebe.pdf>.

VIERA, W. “Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador”. *J. Selva Andina Biosph* [en línea], 2020, (Bolivia) 8 (2), pp. 128-148. [Consulta: 5 abril 2021]. ISSN 2308-3859. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200006.

VINUEZA, M. *Ficha técnica No. 15 de eucalipto* [Blog]. Ecuador. 2013. [Consultal: 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>.



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

ANEXOS:

ANEXO A: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE ATURA.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	15	4,39	0,79
		30	5,47	0,91
		45	6,00	1,28
		60	6,96	1,45
		75	7,98	1,60
	<i>T.harzianum</i>	15	5,69	1,22
		30	6,45	1,30
		45	7,09	1,44
		60	7,96	1,57
		75	9,71	2,25
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	5,47	1,18
		30	6,41	1,18
		45	7,15	1,48
		60	7,95	1,84
		75	8,91	2,49
Eucalipto	Agua	15	6,67	2,51
		30	8,70	3,60
		45	9,36	4,08
		60	10,01	4,25
		75	10,67	4,60
	<i>T.harzianum</i>	15	9,67	2,43
		30	12,58	2,81
		45	14,10	3,13
		60	15,40	3,42
		75	16,07	4,76
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	8,96	2,30
		30	11,69	3,09
		45	13,60	3,44
		60	15,34	3,89
		75	17,30	4,11
Higuerón	Agua	15	4,14	0,98
		30	4,95	0,84
		45	5,60	1,00
		60	6,23	1,01
		75	6,90	1,02
	<i>T.harzianum</i>	15	4,41	0,81
		30	5,38	0,71
		45	5,92	0,61
		60	6,69	0,88
		75	7,51	0,75
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	4,39	0,72
		30	5,71	0,80
		45	6,30	0,89
		60	7,05	1,14
		75	8,51	1,54

ANEXO B: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE DAC.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	15	1,21	0,36
		30	1,43	0,37
		45	1,66	0,36
		60	1,76	0,37
		75	1,79	0,37
	<i>T.harzianum</i>	15	1,28	0,27
		30	1,44	0,18
		45	1,58	0,22
		60	1,60	0,22
		75	1,74	0,23
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	1,30	0,30
		30	1,42	0,27
		45	1,54	0,26
		60	1,61	0,26
		75	1,67	0,29
Eucalipto	Agua	15	0,62	0,31
		30	0,91	0,44
		45	1,11	0,44
		60	1,16	0,49
		75	1,18	0,49
	<i>T.harzianum</i>	15	0,76	0,26
		30	1,102	0,26
		45	1,28	0,31
		60	1,39	0,33
		75	1,51	0,34
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	0,70	0,22
		30	1,04	0,31
		45	1,20	0,28
		60	1,27	0,29
		75	1,37	0,35
Higuerón	Agua	15	2,21	0,35
		30	2,62	0,36
		45	2,83	0,41
		60	2,91	0,32
		75	3,09	0,43
	<i>T.harzianum</i>	15	2,23	0,35
		30	2,53	0,36
		45	2,83	0,34
		60	2,94	0,32
		75	3,03	0,35
	<i>T.longibrachiatum</i>	15	2,23	0,32
		30	2,49	0,37
		45	2,99	0,39
		60	2,85	0,35
		75	3,08	0,39

ANEXO C: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE NÚMERO DE HOJAS.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	75	16,80	5,80
	<i>T.harzianum</i>	75	16,25	2,49
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	15,20	3,42
Eucalipto	Agua	75	14,5	2,38
	<i>T.harzianum</i>	75	16,50	2,67
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	14,12	2,23
Higuerón	Agua	75	6,50	0,57
	<i>T.harzianum</i>	75	10	1,69
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	11,20	1,92

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

ANEXO D: PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR VARIABLE PESO FRESCO.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	75	0,92	0,29
	<i>T.harzianum</i>	75	1,21	0,43
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	1,25	0,45
Eucalipto	Agua	75	0,94	0,44
	<i>T.harzianum</i>	75	1,55	0,52
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	1,33	0,47
Higuerón	Agua	75	1,57	0,40
	<i>T.harzianum</i>	75	2,45	0,59
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	2,83	0,87

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

ANEXO E. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO FOLIAR.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	75	0,34	0,08
	<i>T.harzianum</i>	75	0,47	0,16
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,41	0,10
Eucalipto	Agua	75	0,36	0,12
	<i>T.harzianum</i>	75	0,50	0,12
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,56	0,17
Higuerón	Agua	75	0,25	0,05
	<i>T.harzianum</i>	75	0,30	0,05
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,35	0,06

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

ANEXO F. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE PESO SECO RADICULAR.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(mu)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	75	0,05	0,03
	<i>T.harzianum</i>	75	0,07	0,03
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,08	0,03
Eucalipto	Agua	75	0,03	0,01
	<i>T.harzianum</i>	75	0,09	0,07
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,06	0,03
Higuerón	Agua	75	0,17	0,25
	<i>T.harzianum</i>	75	0,15	0,04
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	0,14	0,07

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

ANEXO G. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ.

ESPECIE FORESTAL	ESPECIE HONGO	TIEMPO	PROMEDIO(μ)	DESVIACIÓN ESTANDAR(sd)
Arrayán	Agua	75	9,60	3,40
	<i>T.harzianum</i>	75	10,31	4,44
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	12,75	5,05
Eucalipto	Agua	75	8,87	3,85
	<i>T.harzianum</i>	75	17,78	6,09
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	14,03	5,12
Higueron	Agua	75	8,46	3,23
	<i>T.harzianum</i>	75	14,81	3,55
	<i>T.longibrachiatum</i>	75	12,81	3,59

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021.

ANEXO H. FASE DE CAMPO.

TRANSPLANTE DE LAS ESPECIES FORESTALES



INOCULACIÓN DE *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*



RIEGO DE AGUA EN LAS ESPECIES FORESTALES.



TOMA DE DATOS VARIABLE ALTURA



TOMA DE DATOS VARIABLE DAC



ANEXO I. FASE DE LABORATORIO

PREPARACIÓN DEL INÓCULO



CONTEO DE ESPORAS DE LAS CEPAS DE *Trichoderma* spp.



PESAJE DE LA PESO FRESCA DE LAS ESPECIES.



MEDICIÓN DE LA LONGITUD DE LA RAÍZ



PESAJE DE LA PESO SECA DE LAS ESPECIES FORESTALES



Realizado por: López Paca, Pamela, 2021

ANEXO J. *Trichoderma* spp APLICADO EN ARRAYÁN.



Figura 5-3. *Trichoderma* spp aplicado en Arrayán.

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021

ANEXO K. *Trichoderma* spp APLICADO EN EUCALIPTO.

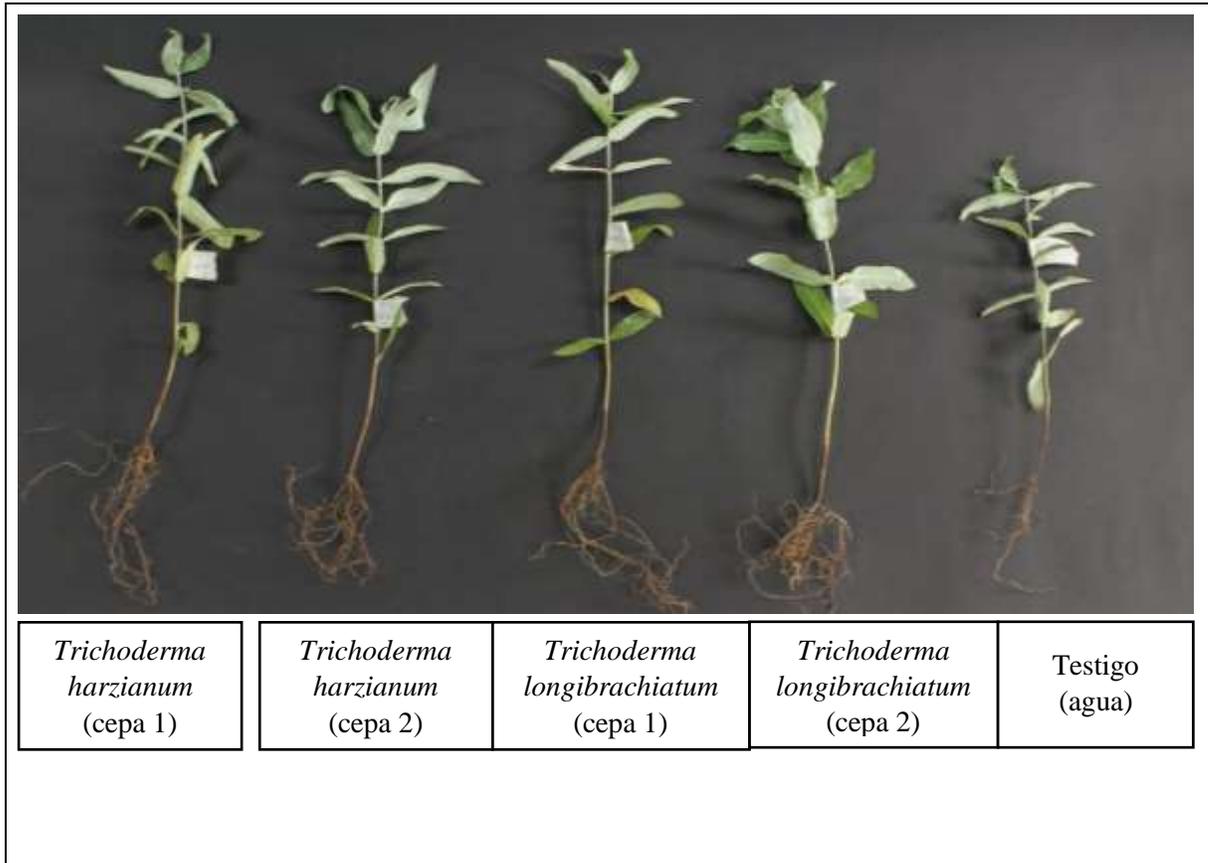


FIGURA 6-3. *Trichoderma* spp APLICADO EN EUCALIPTO.

Realizado por: López Paca, Pamela, 2021

ANEXO L. *Trichoderma* spp APLICADO EN HIGUERÓN.

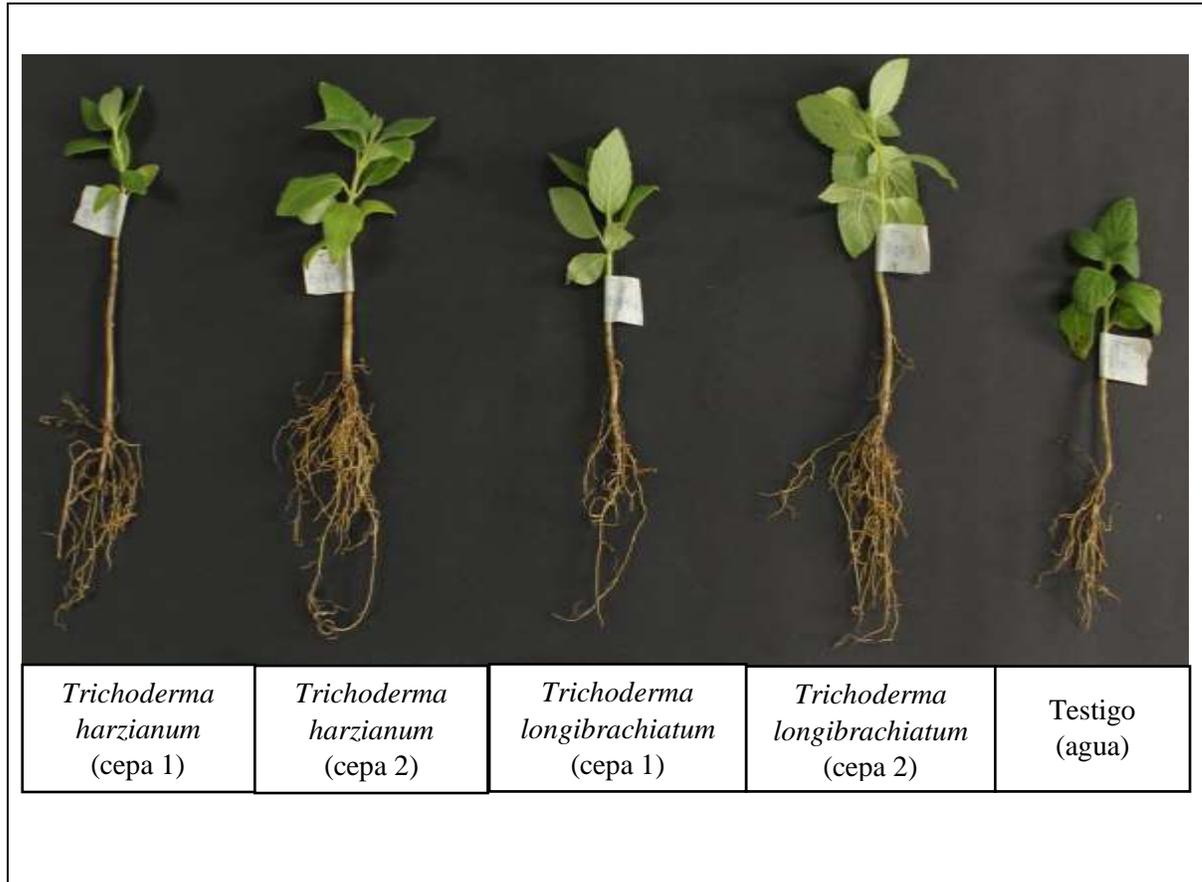


Figura 7-3. *Trichoderma* spp aplicado en arrayán.

Realizado por: López Paca, Pamela, 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: 20 / 04 / 2022

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



0626-DBRA-UTP-2022