	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 8

Código de la dependencia.

FECHA	Viernes, 14 de septiembre de 2019
--------------	-----------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad


UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Maestría
PROGRAMA ACADÉMICO	Maestría en Ciencias Ambientales

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
OSORIO PARGA	DANIEL LEONARDO	11.449.977

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 2 de 8

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
GERMAN	MELO QUINTANA
SADAO	KOBAYASHI
CAMILO RUBEN	BELTRAN ACOSTA

TÍTULO DEL DOCUMENTO
MODELO PILOTO PARA LA ADAPTACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS EN LA LAGUNA LA HERRERA EN MOSQUERA, CUNDINAMARCA A PARTIR DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y <i>Trichoderma</i> spp.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
2019	130

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Micorrizas	Mycorrhiza
2. <i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i>
3. Epidometria	Epidometry
4. Simbiosis	Symbiosis
5. Adaptación	Adaptation

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 8

6. Crecimiento	Growth
7. Microscopia	Microscopy

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

El presente estudio surgió desde el área de ecosistemas estratégicos en la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Agropecuario del Municipio de Mosquera en el año 2016, debido a la necesidad de implementación de estrategias que permitieran generar la sostenibilidad de la siembra de especies arbóreas enfocadas a la restauración del Humedal Laguna de La Herrera. Su principal objetivo fue diseñar un modelo piloto para favorecer el crecimiento y la adaptación de especies arbóreas en un polígono específico de dicho humedal, ello mediante la inclusión de cepas de hongos micorrízicos y *Trichoderma* spp.

El método usado fue de carácter cuantitativo, donde se realizó la inoculación de hongos micorrízicos y *Trichoderma* spp., en siete especies arbóreas seleccionadas, en las cuales se evaluó la colonización radicular de los microorganismos elegidos, mediante observación microscópica. De manera paralela, en estas especies arbóreas se evaluó el crecimiento en altura y volumen de copa, durante el primer año de establecimiento con una periodicidad bimestral. Como producto final de este estudio, se verificó la colonización de los hongos micorrízicos en especies arbóreas en etapa de establecimiento, lo cual se ratificó mediante la observación y el registro de datos, los cuales fueron tabulados y representados de manera gráfica, de igual forma se realizó una fotointerpretación de los individuos arbóreos, mediante lo cual se evidenció que el uso de microorganismos favorece el crecimiento y la adaptación de especies arbóreas en suelos degradados por la cercanía con la extracción minera de material pétreo.

Abstract

The study we have here, it is related with the degree work in order to obtain the Magister in environmental science from the University of Cundinamarca UDEC.

The work in motion was born in the strategic ecosystems area in the environmental and agricultural development secretary in Mosquera municipality in two thousand sixteen. Due to the necessity to implement strategies in order to generate the sustainability in the grow of a arboreal species Focus on the roof installation of the humidity lagoon de la Herrera. Its principal objective was to design a main model in order to stimulate the growing and the adaptability of arboreal species in a specific polygon of this specific humidity, which is going to be obtained through the implementation strain of fungus mycorrhizal and *Trichoderma* spp.

They used method was quantitative where was made the inoculation of the fungus mycorrhizal and *Trichoderma* spp., in seven specific arboreal species selected, in which was evaluated radicular colonization of the selected microorganisms, through microscopic observation.

In the same way in this arboreal species was evaluated the growing according to the height and



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 8

volume of the top, during the first year of been stablish with 2 months Periodicity. As a final product of this study the colonization of the mushrooms mycorrhizal in arboreal species in the establishment stage was verify, which was ratified through the observation and the data recording, which were analysed and represented graphically. in the same way was done a photographic interpretation of the arboreal of individuals which demonstrate that using microorganisms promote the growing and the adaptability all of the arboreal species in degree audit soils due to the proximity with the mine extraction of oil.


AUTORIZACION DE PUBLICACION

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 8

2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 8

artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI __ NO _x__.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 7 de 8

contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 8 de 8

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. OSORIO PARGA DANIEL LEONARDO.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
OSORIO PARGA DANIEL LEONARDO	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

**MODELO PILOTO PARA LA ADAPTACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS EN LA
LAGUNA LA HERRERA EN MOSQUERA, CUNDINAMARCA A PARTIR DE
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y *Trichoderma* spp.**

DANIEL LEONARDO OSORIO PARGA

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA - UDEC
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES – COHORTE 1
MÓDULO DE TRABAJO DE GRADO 2
FUSAGASUGÁ – CUNDINAMARCA**

2019

**MODELO PILOTO PARA LA ADAPTACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS EN LA
LAGUNA LA HERRERA EN MOSQUERA, CUNDINAMARCA A PARTIR DE
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y *Trichoderma spp.***

DANIEL LEONARDO OSORIO PARGA

**Trabajo de grado elaborado como requisito parcial para optar al título de Magíster en
Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Universidad de
Cundinamarca UdeC**

Director UDEC

GERMAN MELO QUINTANA M. Sc.

Directores Externos

CAMILO RUBEN BELTRAN ACOSTA – M. Sc.

SADAO KOBAYASHI PH.D.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA - UDEC

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES – COHORTE 1

FUSAGASUGÁ – CUNDINAMARCA

2019

Nota Aprobatoria

Firma presidente del jurado _____

Firma Jurado _____

Firma Jurado _____

Dedicado principalmente a la memoria de mi abuela DIDI a quien extraño mucho y lamento no haber compartido más momentos de felicidad a su lado.

A mi madre y a mi padre que han sido un eje fundamental para mi desarrollo como persona, a mi perro PEPO que es mi fiel compañero y me escoltó en mis noches de construcción del trabajo, a Lina que ha sido un apoyo incondicional en mi vida.

A mis compañeros de maestría que me acompañaron este importante proceso y en general a todas las personas que conocen y han hecho parte en el desarrollo de este importante trabajo.

Agradecimientos

Durante el desarrollo de este proyecto e identificado que el camino nunca es como uno se imagina, a pesar de ello la experiencia generalmente nos impulsa a cumplir los sueños planteados desde el inicio, agradezco haber conocido personas que han contribuido en gran magnitud al desarrollo del conocimiento y acompañarme en los buenos momentos que finalmente se han transformado en valiosos recuerdos.

Agradezco a mis grandes amigos el Doctor Sadao Kobayashi y al Doctor Camilo Beltran, por contribuir con la causa, por apoyarme en mi proyecto y estar atentos a la evolución del mismo.

A Linita por estar ahí siempre a mi lado en los buenos y malos momentos. Al Doctor Antonio José López por su gran pedagogía y ser la mejor guía y apoyo en construcción del trabajo con bases metodológicas precisas, al Docente German Melo por contribuir con el documento.

Al ingeniero Gerardo Romero por generar tan buenos consejos y ser mi compañero de estudio más cercano.

Al doctor Nicolas Garcia que abrió las puertas de la alcaldía para desempeñarme profesionalmente y tener una mejor calidad de vida. A la Dra. Mercy Ospina y a mi Betsyta que fue quien me impulso para iniciar mis estudios de maestría.

Agradezco a mi familia, a mis compañeros de maestría, al Sr. Alexander Galindo y a los que me acompañaron en el trabajo de campo, fueron como mis caballos de batalla para el

desarrollo del proyecto en la fase más agotadora.

Y todas las personas que en algún momento me escucharon y fueron parte del proyecto.

Contenido

	pág.
Introducción	22
Presentación	24
Capítulo I. Aspectos Generales	26
1.1 Inadaptabilidad e inhibición del crecimiento en un polígono específico de las especies arbóreas del humedal Laguna de la Herrera	26
1.2 Desarrollo de estrategias de campo para la mitigación de las altas tasas de mortalidad en el establecimiento de especies arbóreas	32
1.3 Hongos Micorrízicos Arbusculares y <i>Trichoderma</i> Spp. como una alternativa para el establecimiento adecuado de especies arbóreas en suelos degradados.	34
1.4 Objetivos de la Investigación	42
1.4.1 Objetivos	42
Capítulo 2. Marco Referencial de la Investigación	43
2.1 Referentes Teóricos, Legales y Normativos	43
2.1.1 Referentes Teóricos	43
2.1.1.1 Normatividad nacional	50
2.1.1.2 Normatividad regional	53
Capítulo 3. Fase Metodológica para la verificación de inducción del crecimiento y adaptabilidad	

de las especies arbóreas en el Humedal Laguna de la Herrera	54
3.1 Fundamentos epistemológicos de la investigación	54
3.1.1 Desarrollo del diseño metodológico	55
3.1.1.1 Método utilizado:	55
3.1.1.2 Criterios de validez y confiabilidad	55
3.1.2 Definición de hipótesis	56
3.1.3 Universo y muestra representativa	56
3.1.4 Instrumentos y Técnicas De Investigación	57
3.2 Diseño Metodológico (Metodología Cuantitativa – Deductiva)	57
3.2.1 Lugar de ejecución	57
3.2.2 Selección de especies arbóreas	57
3.2.3 Montaje de tratamientos para evaluación en campo y laboratorio	58
3.2.4 Protocolo de tinción de raíces	59
3.2.5 Rastreo de estructuras fúngicas por medio de observación de células radiculares teñidas	60
3.2.6 Medición de epidometria en el primer año de establecimiento	60
3.2.7 Análisis estadístico	61
3.2.8 Fotointerpretación de polígonos objeto de estudio	61
Capítulo 4. Desarrollo y Resultados de la Investigación	62
4.1 Resultados obtenidos para la inducción del crecimiento y adaptabilidad de las especies arbóreas, descripción y discusión	63
4.1.1 Descripción	63
4.1.1.1 Establecimiento de bioensayo	63
4.1.1.2 Verificación de preexistencia de microorganismos endófitos en raíces	64

4.1.1.3 Lectura de la presencia o ausencia de los microorganismos a evaluar	65
4.1.1.4 Determinación mediante epidometria	66
4.2 Discusión de Resultados	81
5. Conclusiones	87
6. Recomendaciones	89
Referencias Bibliográficas	90
Anexos	98

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Establecimiento del bioensayo con individuos arbóreos y distribución de tratamiento	64
Figura 2. Especies arbóreas preexistentes, seleccionadas como objeto de rastreo inicial de estructuras endofitas fungicas	64
Figura 3. Raíces sin colonización de estructuras fúngicas	65
Figura 4. Tinción de raíces de los individuos arbóreos evaluados	66
Figura 5. Estructuras micorrizicas evidenciadas	66
Figura 6. Espora micorrizica germinada en células radiculares evaluadas	66
Figura 7. Altura Ciro (<i>Braccharis macrantha</i>)	67
Figura 8. Altura Corono (<i>Xylosma spiculifera</i>)	68
Figura 9. Altura Eugenia (<i>Eugenia uniflora</i>)	69
Figura 10. Altura Garbancillo (<i>Duranta mutisii</i>)	70
Figura 11. Altura Jasmín (<i>Pittosporum undulatum</i>)	70
Figura 12. Altura Ligustro (<i>Ligustrum lucidum</i>)	71
Figura 13. Altura Sauco (<i>Sambucus peruviana</i>)	71
Figura 14. Tiempo cero (0), 20/09/2016	72
Figura 15. Tiempo uno (1), 22/11/2016	73
Figura 16. Tiempo dos (2), 24/01/2017	73

	11
Figura 17. Tiempo tres (3), 28/03/2017	74
Figura 18. Tiempo cuatro (4), 30/05/2017	74
Figura 19. Tiempo cinco (5), 01/08/2017	75
Figura 20. Tiempo seis (6), 10/10/2017	75
Figura 21. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto primer escenario en color	76
Figura 22. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto primer escenario en blanco y negro	76
Figura 23. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto segundo escenario en color	77
Figura 24. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto segundo escenario en blanco y negro	77
Figura 25. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto tercer escenario en color	78
Figura 26. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto tercer escenario en blanco y negro	78
Figura 27. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto final	79
Figura 28. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto final	79
Figura 29. Presentación de avances en el Seminario Nacional de Ambiente – Innovación Ambiental	80

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Normas o instrumentos con descripción de objetivos.	51
Tabla 2. Normatividad aplicable en la Laguna de La Herrera.	53
Tabla 3. Porcentaje de colonización por especie para los tratamientos 4, 5 y 6.	65
Tabla 4. Porcentajes de desarrollo mayor con respecto al testigo.	85

Lista de Anexos

	pág.
Anexo A. Salidas Estadísticas Lectura 1 – Tiempo 0	98
Anexo B. Salidas Estadísticas Lectura 6 – Tiempo 6	111
Anexo C. Gráficas de análisis con valores de significancia	125

Glosario

Adaptación Biológica: las adaptaciones entendidas como caracteres morfológicos se explicaron originalmente como parte del argumento del diseño divino por los naturalistas del Renacimiento. Después este concepto transitó hacia una visión evolucionista en los trabajos de Lamarck y Darwin, con lo que se convirtió en una explicación poblacional, la adaptación biológica.

En este sentido, la explicación más integradora de la adaptación biológica fue propuesta por Sewall Wright en el siglo XX, dentro de su teoría del balance cambiante de la evolución. Por ello, la adaptación biológica es considerada como el incremento de ciertas frecuencias o proporciones de alelos en la estructura genética de las poblaciones, directamente proporcional a la presencia de ciertos rasgos fenotípicos ventajosos en los individuos de la misma, lo que además no es azaroso, sino que presenta una relación dependiente con el medio biótico o abiótico en donde esa población se encuentra. Así, la adaptación biológica sería uno de los aspectos de la llamada microevolución (Iturbe, 2010)

De acuerdo con el pensamiento de Margalef (1995), en la justificación de su obra, acerca del pensamiento evolutivo y su interpretación, una conclusión importante fue concebida como la cuarta ley de la termodinámica, donde toda disipación de energía deja tras ella un aumento de información, lo que afirma que en todo proceso real es imposible disipar una cantidad de energía en un tiempo finito sin crear ninguna estructura, aunque sea efímera, lo que implica, en definitiva algún tipo de evolución en este fenómeno, y es el absoluto resultado de esta actividad en todos

los sistemas, es decir la disipación de energía provoca nueva información en los organismos y su entorno provocando un cambio plasmado como evolución.

Ambiente.

El ambiente es un concepto que puede utilizarse en referencia a lo que nos rodea, es decir puede ser un fluido que rodea un cuerpo. La temperatura ambiental es un claro ejemplo, puede dar cuenta del estado del aire o la atmósfera. El ambiente puede referir incluso a las condiciones o circunstancias de un lugar, una época o un grupo. Además, se utiliza en relación a un grupo o a un sector social, pero no solo al grupo en sí, sino también por las actitudes que tienen éstos con respecto a alguien o a algo. Decir que un ambiente es bueno o malo sugiere a que si las comodidades y condiciones son adecuadas a cada individuo que se encuentre en el lugar o no.

En América esta palabra es comúnmente usada para hacer alusión a una habitación de una casa, generalmente la encontramos en expresiones como “vivo en un apartamento de dos ambientes”, es decir que su hogar tiene dos habitaciones, cocina y comedor. A su vez, estos espacios se pueden ambientar, es decir proporcionar a un lugar un ambiente adecuado a las situaciones gracias a las luces o las decoraciones. En otras palabras, ambiente es un conjunto de elementos naturales y sociales que están estrechamente relacionados, allí se despliega la vida de los seres biológicos, acompañado de elementos físicos. El medio ambiente es donde encontramos estos elementos naturales, proporcionados por la naturaleza para que los seres vivos puedan convivir de manera agradable. La sociedad está actualmente sobre-explotando los recursos de la naturaleza, y con el paso de los años poco a poco fue destruyendo ese

ambiente natural. (Conceptode, 2019,p.1)

Anova: (Analysis Of Variance). Técnica fundamental que, en su diseño más sencillo, desarrolla un contraste de hipótesis estadísticas, que afecta simultáneamente a los valores medios o esperados de las poblaciones (variables aleatorias) con distribución normal y homoscedásticas , es decir, con idénticas varianzas Forero (2018)

Arbúsculo: “Ramificaciones intracelulares muy delgadas y en forma de árbol de las hifas de un hongo que forma micorriza endotrofa arbúsculo-vesicular” (Glosarios, 2019,p.1)

Compost: “Sustancia de tipo orgánico que se obtiene de la fermentación de residuos orgánicos, mediante procesos aeróbicos o anaeróbicos. Es de color negro y se usa como corrector de suelos” (The Free Dictionary, 2019,p.2)

Desarrollo Sostenible:

Se puede llamar desarrollo sostenible, aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Instintivamente una actividad sostenible es aquella que se puede conservar. Por ejemplo, cortar árboles de un bosque asegurando la repoblación es una actividad sostenible. Por contra, consumir petróleo no es sostenible con los conocimientos actuales, ya que no se conoce ningún sistema para crear petróleo a partir de la biomasa. Hoy estar al corriente que una buena parte de las actividades humanas no son sostenibles a medio y largo plazo tal y como hoy está planteado (EOI - Escuela de Organización Industrial, 2018,p.1)

Ecosistema Estratégico: De acuerdo a Glonata (2016), corresponde a :

Aquellas áreas dentro del territorio que, gracias a su composición biológica, características físicas, estructuras y procesos ecológicos, proveen bienes y servicios ambientales imprescindibles e insustituibles para el desarrollo sostenible y armónico de la sociedad. Biodiversidad: es la riqueza y distribución balanceada de paisajes, modos de vida, ecosistemas, comunidades bióticas, especies y tipos genéticos, dentro de un territorio (p.2)

Endofítico: “Pertenece o relativo al crecimiento que tiende hacia el interior, como ocurre en los tumores endofíticos, que crecen en el interior de un determinado órgano o estructura” (Real Academia Española, 2014,p.2)

Epidimetría: Imaña (2008), lo define como:

Proviene de los vocablos griegos-latinos: epidios = edad y metros = medida.

Consecuentemente la epidometria forestal es la especialidad que trata de todos los aspectos relacionados con la edad del árbol y las poblaciones forestales; entre los cuales se encuentran el crecimiento e incremento maderable de los árboles individuales, elementos imprescindibles para determinar o estimar la producción y el rendimiento maderable de las masas o poblaciones forestales (p.23)

Esporas: De acuerdo a Ecured (2017), Una espora es “una célula reproductiva producida por las plantas (hongos, musgos, helechos) y por algunos protozoarios y bacterias. La espora a menudo se desarrolla completamente después de un estado de latencia o hibernación” (p.1)

Inóculo: “Sustancia que se introduce en el organismo para reducir o aumentar su inmunidad frente a determinada enfermedad o proceso. Puede ser una toxina, un virus o una bacteria, muertos o atenuado, o un suero inmune” (Pérez, 2015,p.3)

Simbiosis: Simbiosis es un concepto que procede del griego y que puede traducirse como “medios de subsistencia”. Para la biología, se trata de un vínculo asociativo desarrollado por ejemplares de distintas especies. El término se utiliza principalmente cuando los organismos involucrados (conocidos como simbiosis) obtienen un beneficio de esa existencia en común.

Margulis (2002), en su libro “Planeta Simbiótico”, argumenta:

“La simbiosis, el sistema en el cual miembros de especies diferentes viven en contacto físico, es un concepto arcano, un término biológico especializado que nos sorprende. Esto se debe a lo poco conscientes que somos de su abundancia. No son solo nuestras pestañas e intestinos los que están abarrotados de simbiosis animales y bacterianos; si uno mira en su jardín o en el parque del vecindario los simbiosis quizá no sean obvios, pero están omnipresentes. (...) somos simbiosis sobre un planeta simbiótico y, si nos fijamos podemos encontrar simbiosis por todas partes. El Contacto físico es un requisito imprescindible para muchos tipos de vida diferentes (p.72)

Resumen

El presente estudio surgió desde el área de ecosistemas estratégicos en la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Agropecuario del Municipio de Mosquera en el año 2016, debido a la necesidad de implementación de estrategias que permitieran generar la sostenibilidad de la siembra de especies arbóreas enfocadas a la restauración del Humedal Laguna de La Herrera. Su principal objetivo fue diseñar un modelo piloto para favorecer el crecimiento y la adaptación de especies arbóreas en un polígono específico de dicho humedal, ello mediante la inclusión de cepas de hongos micorrízicos y *Trichoderma* spp.

El método usado fue de carácter cuantitativo, donde se realizó la inoculación de hongos micorrízicos y *Trichoderma* spp., en siete especies arbóreas seleccionadas, en las cuales se evaluó la colonización radicular de los microorganismos elegidos, mediante observación microscópica. De manera paralela, en estas especies arbóreas se evaluó el crecimiento en altura y volumen de copa, durante el primer año de establecimiento con una periodicidad bimestral. Como producto final de este estudio, se verificó la colonización de los hongos micorrízicos en especies arbóreas en etapa de establecimiento, lo cual se ratificó mediante la observación y el registro de datos, los cuales fueron tabulados y representados de manera gráfica, de igual forma se realizó una fotointerpretación de los individuos arbóreos, mediante lo cual se evidenció que el uso de microorganismos favorece el crecimiento y la adaptación de especies arbóreas en suelos degradados por la cercanía con la extracción minera de material pétreo.

Palabras clave: Micorrizas, *Trichoderma*, Epidometria, Simbiosis, Adaptación, Crecimiento, Microscopia.

Abstract

The study we have here, it is related with the degree work in order to obtain the Magister in environmental science from the University of Cundinamarca UDEC.

The work in motion was born in the strategic ecosystems area in the environmental and agricultural development secretary in Mosquera municipality in two thousand sixteen. Due to the necessity to implement strategies in order to generate the sustainability in the grow of a arboreal species Focus on the roof installation of the humidity lagoon de la Herrera. Its principal objective was to design a main model in order to stimulate the growing and the adaptability of arboreal species in a specific polygon of this specific humidity, which is going to be obtained through the implementation strain of fungus mycorrhizal and *Trichoderma* spp.

They used method was quantitative where was made the inoculation of the fungus mycorrhizal and *Trichoderma* spp., in seven specific arboreal species selected, in which was evaluated radicular colonization of the selected microorganisms, through microscopic observation.

In the same way in this arboreal species was evaluated the growing according to the height and volume of the top, during the first year of been stablish with 2 months Periodicity. As a final product of this study the colonization of the mushrooms mycorrhizal in arboreal species in the establishment stage was verify, which was ratified through the observation and the data recording, which were analysed and represented graphically. in the same way was done a photographic interpretation of the arboreal of individuals which demonstrate that using

microorganisms promote the growing and the adaptability all of the arboreal species in degree audit soils due to the proximity with the mine extraction of oil.

Keywords: Mycorrhiza, Epidometry, Symbiosis, Adaptation, Growth, Microscopy.

Introducción

Colombia se caracteriza por ser el segundo país más biodiverso del mundo, lo que genera un gran compromiso con respecto a la conservación por parte de todos sus habitantes, debido a que las incógnitas del conocimiento, acerca de la vida natural, son tan extensas como el universo. Dentro de los componentes del ambiente propiamente dicho, los seres humanos, como parte del mismo, son responsables del manejo apropiado de los recursos naturales dentro de los modelos de desarrollo para así mismo hacerlos sostenibles en el tiempo. Lo anterior, representa la necesidad de progreso y cambios metodológicos en materia ambiental, con el propósito de conservar la biodiversidad y generar la mayor cantidad de valores agregados que permitan una mejor calidad de vida para toda la sociedad colombiana.

Ahora bien, teniendo en cuenta que las autoridades ambientales, la academia, las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, entre otros, han demostrado gran evolución en cuanto a la conservación de la biodiversidad, la falta de conocimiento y manejo adecuado de los recursos naturales por parte de la sociedad, se presenta como uno de los grandes obstáculos para evitar los incalculables impactos ambientales negativos generados hasta el momento; ello asociado a la falta de inversión en procesos de investigación que contribuyan a la preservación y uso sostenido, así como a mantener la capacidad de carga de los mismos. Por eso la actuación de manera interinstitucional e interdisciplinar involucrando los diferentes actores en términos generales, el conocimiento y uso potencial sostenido, constituye la mayor fuente de desarrollo y por ende mayores ingresos para la nación, lo cual ha sido prácticamente ignorado durante las

últimas décadas.

A partir de lo expuesto, los ejes fundamentales de esta investigación son los ecosistemas de humedal y los microorganismos como actores relevantes en su dinámica; en este sentido, los humedales en Colombia se constituyen en un tipo de ecosistema moderadamente conocido por la sociedad urbana y perimetral de las ciudades; los microorganismos generalmente son considerados patógenos a causa de la negativa connotación generada principalmente por los medios, a pesar de ello las enfermedades causadas por éstos son consideradas más una excepción que una regla.

Para la formulación del presente estudio se identifica que el problema radica en la inadaptabilidad de las especies arbóreas en un polígono específico del humedal - Laguna de La Herrera, ello a causa de los impactos ambientales asociados a la extracción de materiales pétreos. Estos impactos relacionados con: migración de material particulado, escorrentía, cambios estructurales del suelo, disminución de la humedad relativa, pérdida paisajística y de biodiversidad en general es lo que se evidencia de manera clara con la observación de campo.

Por otra parte, con la descripción de los antecedentes del problema y de las experiencias investigativas realizadas para contribuir a su solución, se contextualiza el uso de microorganismos como una tecnología natural, que se debe implementar y desarrollar, a fin de optimizar y conocer en detalle los procesos naturales. El estudio se aborda desde la categoría de “simbiosis” mediante la asociación de microorganismos como micorrizas y *Trichoderma* sp., que favorezcan o promuevan el crecimiento de especies arbóreas asociadas a proyectos de restauración (Margulis, 1998), en un polígono con alto impacto de minería en el Humedal Laguna de la Herrera.

Presentación

La presente investigación busca generar información que sirva como línea base para fomentar estrategias de innovación relacionadas al establecimiento de especies arbóreas a partir del uso de microorganismos que induzcan el crecimiento y adaptabilidad de estas especies mediante un desarrollo fisiológico más eficaz, principalmente en ecosistemas degradados.

Estudios realizados en las últimas décadas demuestran que los microorganismos son la base elemental para el funcionamiento de los ciclos primarios, por ejemplo, la recirculación de nutrientes en el suelo, ello acorde con la teoría de la simbiosis donde la interacción de distintas especies es fundamental para la sobrevivencia en general, ello mediante las interacciones en comunidad. Se debe reconocer que los microorganismos favorecen e inducen los ciclos naturales primarios, facilitando la dinámica de la fisiología en general. Tal y como lo describe Margulis (1998) “Estos organismos inventaron las estrategias químicas y biológicas que hicieron posible la existencia de las más intrincadas formas de vida” (p.42).

En este trabajo se pretende evidenciar el uso de microorganismos como micorrizas y *Trichoderma* spp., en especies arbóreas, que conforman la restauración de un polígono del Humedal Laguna de la Herrera, contiguo a una zona de alto impacto minero, este uso como una herramienta biotecnológica comprobada pero incipientemente conocida, que se debe fortalecer para mejorar el establecimiento de bosques que permitan generar servicios ecosistémicos a favor del desarrollo de la sociedad colombiana y la urgente mitigación al cambio climático.

Aunado a lo anterior, la prueba piloto realizada para fundamentar el desarrollo de la

presente investigación, propende por la generación de conocimiento en esta área poco estudiada y evaluada en campo; es así que este modelo aplicado facilita las estrategias de siembra de especies arbóreas garantizando la expansión de los bosques y por ende mitigando de manera gradual los impactos negativos del cambio climático entre otros, además contribuye en el fortalecimiento de bienes y servicios ecosistémicos para las poblaciones en general.

En este sentido, el presente documento se subdivide en dos partes con sus correspondientes capítulos, como el Desarrollo del Modelo Piloto que permita la adaptación de especies arbóreas en el humedal Laguna de la Herrera, donde se involucra la planeación de la estrategia de contextualización, planeación, donde se define la problemática, la justificación de implementación y las teorías en general que lo abordan, así como sus resultados, discusión y conclusiones.

Capítulo 1. Aspectos Generales

Durante el desarrollo de este capítulo se presenta la definición del problema que concierne a esta investigación, adicionalmente se presenta la justificación y una visión desde el abordaje de los antecedentes conocidos en cuanto al uso de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y *Trichoderma* spp., como inductores del crecimiento y la adaptación de especies arbóreas que hacen parte de la restauración del humedal. Para este caso, especialmente de ecosistema con suelos negativamente impactados y por ende altamente degradados, donde la pérdida de la fertilidad y la desaparición de la microbiota del suelo, fomenta la dispersión de las especies en general que habitan los humedales.

Por lo tanto, en cuanto al abordaje a la presente temática, es de relevancia afirmar que la contextualización del uso de microorganismos para el establecimiento de especies arbóreas es fundamental para la rehabilitación de los ecosistemas terrestres en estado avanzado de deterioro por la actividad antrópica.

1.1 Inadaptabilidad e inhibición del crecimiento en un polígono específico de las especies arbóreas del humedal Laguna de la Herrera

El problema radica en la inadaptabilidad de las especies arbóreas en un polígono específico del humedal Laguna de La Herrera, ubicado en el Municipio de Mosquera, esto a causa de los impactos ambientales asociados a la extracción de materiales pétreos. Son impactos relacionados con migración de material particulado, escorrentía, cambios estructurales del suelo, disminución

de la humedad relativa y pérdida paisajística y de biodiversidad en general.

Los bosques son de gran importancia, ya que de allí se derivan principalmente los hábitats de las especies en general y por ende los servicios ambientales o ecosistémicos, los cuales mediante una administración objetiva claramente favorecen el desarrollo y bienestar de las comunidades. La consideración de Colombia como uno de los 12 países “megadiversos” del mundo, “se refleja en la amplia variedad de ecosistemas representados en el territorio, desde páramos hasta bosques, humedales, sabanas y zonas áridas” (Romero, Cabrera & Ortiz, 2008). Esa es la razón por la que la reconfiguración, o rehabilitación de los ecosistemas, permite el fomento de un desarrollo integral del país desde el punto de vista socioeconómico, contemplando la valoración ambiental a partir de la caracterización y apropiación de los bienes y servicios ecosistémicos en general.

Por otra parte, desde una visión multidimensional, las condiciones extremas del área de influencia de este humedal adyacente a explotaciones extractivas altamente contaminantes, influyen directamente sobre la calidad de vida de las personas que habitan el entorno. En primera medida, los centros poblados a pesar de tener una industria de gran magnitud, tienen altas tasas de desempleo, lo cual es influenciado por la escasa formación académica de sus habitantes o por su edad, lo que conlleva a la no accesibilidad al empleo. En segunda medida, la carencia de educación y salud, y la poca disponibilidad de servicios por ser una zona rural, aumentan las condiciones de extrema pobreza y carencia de desarrollo para estas comunidades. Finalmente, la mayoría de empleados del sector minero son de origen urbano con clase media, y un bajo porcentaje de clase media y alta, quienes están principalmente involucrados en las áreas administrativas o uso de maquinarias.

El trabajo respecto de la regeneración del ecosistema humedal Laguna de la Herrera y por

ende de sus recursos naturales, debe convertirse entonces en un resurgir económico por la generación de servicios ecosistémicos que favorezcan el desarrollo de las comunidades desde todas las perspectivas, como el ecoturismo enfocado a la recreación pasiva, la observación del paisaje, el encuentro consigo mismo o el avistamiento de aves endémicas y migratorias, por dar algunos ejemplos. Esta emergente economía puede mejorar en gran magnitud la calidad de vida de las comunidades más vulnerables en el área de influencia del humedal, no sin antes forjar una generación positiva, autónoma e independiente enmarcada en la educación ambiental para la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Para lograr este importante objetivo a largo plazo, se debe rehabilitar el humedal generando proyectos de reconfiguración, conservación e investigación desde el área técnica, a fin de que en el futuro se contemple la disponibilidad de los recursos aprovechables como los bosques nativos establecidos, los cuales brindan servicios ecosistémicos dentro de un marco sostenible para las comunidades en general.

Ahora bien, la minería en Colombia es una actividad emergente, la cual provoca el impacto ambiental más grave en uno de los países con mayor biodiversidad; por tanto, es de suma importancia conservar y recuperar los ecosistemas devastados. En el municipio de Mosquera – Cundinamarca se encuentran ubicados una gran cantidad de frentes mineros de donde se extraen materiales pétreos usados para la construcción. La cercanía a la ciudad de Bogotá ha permitido que esta explotación se encuentre directamente asociada al crecimiento demográfico tanto de los municipios cercanos como de la capital colombiana. El paisaje allí es contrastante ya que se encuentra contiguo a la Laguna de La Herrera que constituye el recurso hídrico natural más grande de la Sabana de Occidente de Cundinamarca (CAR-Corporación Autónoma Regional, Acuerdo 23-07-2006). Este humedal cuenta con una extensión de 280 hectáreas y se encuentra

ubicado a 5 kilómetros del municipio de Mosquera.

El problema radica en que es impactado negativamente ya que la industria adyacente contribuye a su degradación, poniendo así en peligro de extinción a la fauna nativa y migratoria. Frente a esta problemática se viene desarrollando e implementando el plan de manejo ambiental de este importante humedal que ha permitido interinstitucionalmente la generación de proyectos de reforestación para la restauración y conservación ecológica del humedal Laguna de la Herrera. En este sentido, la conectividad entre las especies se da mediante redes naturales, siendo el vehículo más importante, como en cualquier otro ecosistema, el agua como vector de vida en todas las especies, incluso las adaptadas en áreas muy secas, áridas e impactadas y degradadas por la actividad antrópica.

Las micorrizas se asumen entonces como la red que conecta las raíces de las plantas (Honrubia, 2009) y define las relaciones Planta-hongo, desde el paleozoico hasta más de 400 millones de años después, en los que se evidencia su coevolución con las plantas, lo que traduce la importancia de esta relación simbiótica para el óptimo desarrollo de las especies involucradas. En este sentido, Wang & Qiu (2006), confirman que el 92% de las especies y familias de plantas testeadas en uno de sus ensayos, son micorrízicas, y son precisamente las micorrizas arbusculares las predominantes, estando presentes entre las plantas más primitivas.

Por otra parte, los hongos en general se propagan fácilmente en hábitats húmedos, siendo las micorrizas indicadores de restauración integral, especies aptas para contribuir a la adaptación y óptimas para inducir el crecimiento de las plantas; al ser endófitos de la raíz, también contribuyen a la fitoprotección, colonizando las células de manera asintomática y favoreciendo la compleja interacción en la rizosfera, fundamental para el desarrollo fisiológico en general y el fortalecimiento del sistema inmune a través de las cascadas de resistencia.

En cuanto a las especies de *Trichoderma sp*, se evidencian diversos estudios en cuanto a la fitoprotección, principalmente como antagonista de hongos patógenos del suelo, (Sid Ahmed, Ezziyyani & Pérez Sánchez, 2003). Los estudios de promoción de crecimiento están directamente asociados con la fitosanidad de las plantas colonizadas por este microorganismo, ya que este hongo es común en los ecosistemas del suelo (Howell, 2003).

Por su parte, en el bioensayo realizado por Adams; De-Leji & Lynch (2007), se logra demostrar la promoción de crecimiento en arboles de la especie Sauce (*Salix fragilis*) en etapa de establecimiento, con una cepa de *Trichoderma harzianum*, comparando su actividad en suelos contaminados con sustancias orgánicas y metálicas. En Colombia de acuerdo a la revisión, no se encuentran estudios con este tipo de microorganismos en especies arbóreas de allí la importancia del presente trabajo, el cual pretende abrir la línea de investigación en esta materia poco investigada.

La siembra de especies arbóreas en el humedal Laguna de La Herrera se considera, en los últimos años como un gran reto, debido a varios factores técnicos y socioeconómicos de manejo, que aumentan las tasas de mortalidad dentro de los proyectos de reforestación dentro del modelo de sesión inducida. Durante años de intervención antrópica de alto impacto, como la minería de extracción de materiales pétreos en áreas adyacentes al humedal La Herrera, la degradación de los suelos, principalmente en las áreas perimetrales, a sido extrema debido a la condición particular de ubicación geográfica y conformación geomorfológica del lugar.

El ecosistema Humedal Laguna de La Herrera es contiguo a una conformación montañosa de una altura aproximada a los 150 metros de altura, objeto de minería de extracción de materiales pétreos, por lo tanto impactos como la migración de material particulado por el viento y por esorrentía, sedimentan el cuerpo de agua generando colmatación y degradando los suelos

de las áreas perimetrales por cambios estructurales en la composición fisicoquímica, además se ve afectado por el efecto borde de una vía sin pavimentar, sumándole a ello el tránsito continuo de carros pesados que al moverse contribuyen en gran medida a la migración del material de sedimentación.

Por otra parte, la inversión de recursos en general para la restauración del ecosistema es bastante alta, debido al nivel de disturbio y degradación en la que se encuentra, por lo tanto, las medidas de mitigación e intervención son a largo plazo.

La unión de todos estos factores fomenta la inadaptabilidad de las especies en general, principalmente la de las especies arbóreas propias del ecosistema, por lo tanto, los modelos de reforestación han surgido a través de la práctica, lo que ha significado un alto valor económico. Aun así, se ha generado un aprendizaje sobre el comportamiento del ecosistema a través del tiempo, debido a que varias especies arbóreas nativas, propias de otros ecosistemas colombianos demuestran resistencia a las condiciones mencionadas y por lo tanto adaptabilidad a las nuevas interacciones de los factores abióticos del lugar.

Por otra parte, la condición económica dentro del modelo institucional está supeditada a la asignación y direccionamiento de los recursos para el establecimiento de especies, lo que generalmente acontece de manera anual o en cada cambio de gobierno, lo que afecta gravemente el desarrollo de las especies, ya que requieren seguimiento constante y la dinámica del bosque en su etapa de establecimiento son mínimo cinco años para la entrega de especies totalmente establecidas.

1.2 Desarrollo de estrategias de campo para la mitigación de las altas tasas de mortalidad en el establecimiento de especies arbóreas

El humedal Laguna de la Herrera actualmente se encuentra altamente impactado por la presencia de frentes mineros asociados a la extracción masiva de materiales pétreos, lo que promueve en términos generales la degradación de este ecosistema estratégico, dicha problemática ha generado una visión negativa por parte de las comunidades en el área de influencia del humedal, por lo tanto las autoridades ambientales nacionales, regionales y municipales, han justificado la necesidad de restauración integral, por ello a fin de darle solución al problema se han promovido la generación de programas asociados a la recuperación, focalizando principalmente la educación ambiental acompañada de intervenciones técnicas que permitan generar una nueva confianza por parte de la comunidad en general encaminado a la visión de humedal amigable y sostenible para las generaciones futuras.

Según lo evidenciado a través de los últimos años, las especies arbóreas que hacen parte de los proyectos de restauración o sesión inducida del humedal Laguna de la Herrera, generalmente presentan altas tasas de mortalidad y bajas tasas de crecimiento, debido a factores bióticos y abióticos que limitan su adaptación.

Por su parte, las especies arbóreas establecidas en la Laguna de la Herrera pertenecientes a los programas de reforestación que hacen parte de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Agropecuario del municipio de Mosquera, sufren un proceso de adaptación largo y susceptible a la muerte por varios factores derivados del impacto ambiental característico del lugar, enfocado principalmente a la degradación del suelo y la desaparición de microorganismos simbioses y biodiversidad en general lo cual se ha evidenciado a través de la observación en campo durante

los últimos años. Aun así, a la fecha hay notoria presencia de fauna nativa y migratoria, lo que determina la necesidad de generar estrategias de restauración a nivel paisajístico en este humedal. Una de ellas, posiblemente la más importante, es la implementación y contribución a la expansión de microorganismos que favorezcan las condiciones de desarrollo para las especies vegetales arbóreas.

El modelo a construir pretende establecer y aumentar la concentración de microorganismos simbiotes que induzcan la adaptación, el crecimiento y por ende la restauración a nivel paisajístico de este importante humedal. En ese sentido el presente proyecto de investigación contribuye a la solución, abordando las diferentes dimensiones, las cuales generan la necesidad de identificar la participación de los microorganismos desde una visión multidimensional, ya que el rápido crecimiento y adaptación de las especies arbóreas juegan un papel fundamental en la emergencia y recuperación de la biodiversidad, forjando así beneficios económicos que se verán reflejados en la sociedad, promoviendo cambios culturales para la apropiación del humedal y en la connotación ambiental.

En cuanto a la valoración del restablecimiento del bosque en el humedal Laguna de la Herrera como fomento de hábitats para las especies y por ende la generación y el restablecimiento de los bienes y servicios ecosistémicos, ello a partir del uso de microorganismos promotores de crecimiento vegetal, como lo son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y *Trichoderma* spp., quienes favorecen notablemente la dinámica de crecimiento del bosque y por ende la emergencia de la biodiversidad en general.

La apropiación de los recursos ecosistémicos se debe dar en términos económicos, ya que es la forma de generar expectativas de desarrollo para las comunidades, focalizados hacia la conservación y uso sostenible de los ecosistemas que presten los servicios ambientales y de

manera indirecta generen utilidades, lo cual concibe una gran debilidad, ya que estos servicios en su mayoría no se compran y tampoco se venden, por lo tanto, el surgimiento económico asociado se da en otros mercados existentes como lo son: el ecoturismo y los pagos por servicios ambientales (PSA), que son pagos directos condicionados para que se lleven a cabo prácticas enfocadas a la conservación.

Finalmente, la generación de estrategias que permitan recuperar el humedal Laguna de la Herrera, contribuye al fortalecimiento multidimensional del ecosistema, enmarcado en el ámbito ambiental, para este caso desde el uso de microorganismos como actores en los ciclos biológicos primarios para la recirculación de la energía.

1.3 Hongos Micorrízicos Arbusculares y *Trichoderma* Spp., como una alternativa para el establecimiento adecuado de especies arbóreas en suelos degradados.

En el contexto mundial, latino y colombiano se describe el uso de microorganismos para beneficio del desarrollo fisiológico de las plantas. Con la descripción general de los antecedentes del problema y de las experiencias investigativas realizadas para contribuir a su solución, se pretende contextualizar el uso de microorganismos como una tecnología natural, que se debe implementar y desarrollar, a fin de optimizar y conocer más a detalle los procesos naturales. El estudio se aborda desde la categoría de “simbiosis” mediante la asociación de microorganismos como micorrizas y *Trichoderma* sp., que favorezcan o promuevan el crecimiento de especies arbóreas asociadas a proyectos de restauración (Margulis, 1998), en un polígono con alto impacto de minería en el Humedal Laguna de la Herrera, ubicado en Mosquera, Cundinamarca.

De acuerdo con Margulis (1998) la “simbiosis, es el sistema en el cual miembros de especies diferentes viven en contacto físico y, en este sentido, no solo las pestañas e intestinos de

seres humanos y animales están abarrotados de simbioses animales y bacterianos, sino que “los simbioses quizá no sean obvios, pero están omnipresentes” (p. 15). Por lo tanto, surge una gran importancia en cuanto al descubrimiento de las interacciones de relación mutualista que beneficia especies diferentes en el contexto de adaptación y sobrevivencia.

A lo largo de varios años se han venido descubriendo los microorganismos y sus funciones en la naturaleza; a pesar de ello, es tal su abundancia en todas las áreas, que su descripción y caracterización parece infinita. Las pruebas moleculares amplían y modifican las ubicaciones de los microorganismos dentro del árbol de la vida de una manera colosal, el reino fungi se encuentra en nuestros días en constante descubrimiento pues se presume la existencia de más de un millón quinientas mil especies (Hawksworth, 2001), de las cuales han sido identificadas y descritas aproximadamente cien mil, que representan de 6 a 7% (Kirk , Cannon , Minter & Stalpers , 2008). También se afirma que el reino fungi es más cercano genéticamente hablando al reino animal que al reino vegetal, con una amplia diversidad desde especies unicelulares como los Chitridiomycetes hasta los grupos que forman vesículas arbusculares como las micorrizas (Mueller, 2014).

En el primer acercamiento a la definición de “simbiosis” se utilizan las micorrizas como ejemplo:

La simbiosis, un término biológico especializado que nos sorprende (...). El Trébol y La Vicia, dos hierbas comunes, tienen bolitas en sus raíces. Son bacterias fijadoras de nitrógeno esenciales para su sano crecimiento en suelos pobres de este elemento. Tomemos después árboles, el arce, el roble y el nogal americano; entretejidos en sus raíces hay del orden de trecientos hongos simbioses diferentes: las micorrizas que

nosotros podemos observar en forma de setas. O contemplemos un perro, normalmente incapaz de percatarse de los gusanos simbióticos que viven en sus intestinos. Somos simbiontes sobre un planeta simbiótico y, si nos fijamos, podemos encontrar simbiosis por todas partes. El contacto físico es un requisito imprescriptible para muchos tipos de vida diferentes. (Margulis, 1998, p.15)

Este concepto general da paso a la inclusión de bioensayos con microorganismos desde la restauración de ecosistemas con plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas, como se pretende realizar en el presente trabajo de investigación, a fin de generar una mejor adaptabilidad de las especies induciendo el crecimiento y mejorando los factores naturales del entorno.

Estudios realizados en el continente europeo han demostrado que los hongos micorrízicos arbusculares tienen un efecto positivo en cuanto a la promoción del crecimiento y a la adaptación de especies arbóreas en ecosistemas xerofíticos o suelos degradados, es así como lo demuestra Palenzuela *et al.* (2002) quienes realizaron inoculaciones con micorrizas mezcladas con compostaje en especies arbustivas representativas del área de sesión natural, con el fin de restaurar los suelos degradados en ecosistemas del clima Mediterráneo en España.

Durante la evaluación se obtuvo como resultado la evidencia de una mejor absorción de nutrientes y la presencia de micelio y esporas de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de los arbustos evaluados, es de importancia resaltar que estas especies de arbustos (*Pistacia lentiscus L.*, *Rhamnus lycioides L.*, *Olea europaea L. subsp. Sylvestris L.* y *Retama sphaerocarpa L.*) se caracterizan por estar bien adaptados a las condiciones de estrés hídrico, por lo tanto, es común su uso para la implementación de reforestaciones en áreas semiáridas perturbadas bajo un clima Mediterráneo es decir templado con estaciones, en conclusión, la interacción de los hongos

micorrízicos y los residuos orgánicos, favorecen el crecimiento de los arbustos en sesión natural, que se desarrollan suelos semiáridos o desertificados.

De acuerdo a lo descrito por Pera y Parladé (2005), quienes realizaron un resumen acerca de los avances que se han logrado en España en los últimos 25 años, con la inoculación de micorrizas en especies forestales, donde los resultados publicados demuestran que el hecho de inocular especies arbóreas, mejora los procesos de repoblación y revegetación en múltiples escenarios con diferentes factores ambientales, principalmente en suelos degradados por el agro o suelos naturalmente áridos. De igual manera de acuerdo con la revisión de los estudios, se concluye que los hongos micorrízicos intervienen en la renovación de la biomasa y los ciclos de nutrientes, por lo tanto, juegan un papel muy importante en el flujo de energía dentro de los ecosistemas. De allí se denota el importante avance en cuanto a la funcionalidad de las micorrizas para el desarrollo óptimo y eficiente de las plantas mejorando así su supervivencia en condiciones extremas y facilitando su crecimiento.

Por otra parte, estudios llevados a cabo por Chun *et al.* (2018) investigadores de China y Republica Checa, evidenciaron la regulación hormonal ejercida por los microorganismos del suelo, en lo que se refiere al crecimiento y desarrollo de los pelos radiculares en una especie de naranja usada en el suroeste asiático, dicho crecimiento evaluado mediante el estímulo en la producción de ácido indolacético (auxinas) con y sin micorrizas, bajo condiciones óptimas de riego y condiciones de sequía.

Dentro de los resultados obtenidos en el ensayo, se identificó que las raíces de las plantas inoculadas con micorrizas mostraron una mayor densidad, longitud y diámetro de la raíz, de igual forma se evidenció la significativamente mayor producción de ácido indolacético en plantas inoculadas, indiferentemente de las condiciones hídricas. Finalmente, mediante reacción

en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT – PCR) se demostró la presencia de genes asociados a la síntesis de ácido indolacético y al crecimiento de los pelos radiculares, en las plantas micorrizadas quienes por razones implícitas presentan mayor tolerancia la sequía por beneficios en el desarrollo radicular, estimulado de manera metabólica por las micorrizas.

En el continente americano los estudios con hongos micorrízicos arbusculares para la inducción del crecimiento y adaptación de las especies arbóreas está muy bien documentado, por ejemplo, el estudio realizado en el estado de Chihuahua - México por Muñoz *et al.* (2009) mediante el cual se realizó la identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal.

Este estudio determinó la colonización natural y la identificación de cepas nativas asociadas al nogal, donde se evaluaron porciones de raíces localizadas dentro del área de goteo, dicha evaluación demostró que la presencia de plantas herbáceas y de abono orgánico en el suelo, favorece notablemente el desarrollo de las micorrizas, de igual manera durante el estudio se evidencio la presencia de vesículas, esporas y micelio, lo cual permitió la identificación de géneros de hongos micorrízicos no reportados en la zona, en conclusión de esta cita la restauración integral no depende únicamente de la inoculación con micorrizas u otros microorganismos, sino también de la presencia de nutrientes básicos en el suelo y de la presencia de plantas herbáceas como gramíneas o leguminosas.

Estudios más detallados demuestran la importancia con respecto a la presencia de simbioses en los ecosistemas, investigaciones realizadas en Chile por Seguel, Rubio, Carrillo, Espinosa y Borie, (2008) enmarcan la importancia de la acumulación de carbono por parte de la glomalina, una glicoproteína segregada por los hongos micorrízicos que participa en la estabilidad de los agregados del suelo, el estudio fue realizado en un Andisol con un bosque

mixto adulto de especies vegetales colonizadas, con gran potencial de producción de glomalina, la concentración de esta glicoproteína según los resultados puede representar el 10.4% del carbono total de suelo, teniendo en cuenta lo anterior, los autores hacen referencia a la importancia y necesidad de preservar estos ecosistemas forestales y refuerzan la aseveración que la glomalina puede ser un reservorio de carbono contribuyendo a la retención de CO₂ atmosférico. En conclusión, los autores enmarcaron las áreas de estudio mostrando alta presencia de esporas de micorrizas arbusculares las cuales se relacionaron directamente con la producción de glomalina depositada en el suelo.

Estudios realizados por Silva *et al.* (2014), presentan que en un bioma exclusivamente brasilero conocido como Catinga, el cual ha sufrido un acentuado proceso de deforestación. Demostraron que los hongos micorrízicos arbusculares favorecen el desarrollo fisiológico de las especies vegetales propias de los estados de sucesión natural, para ello seleccionaron parcelas experimentales en diferentes estados de sucesión.

Para el caso del estado inicial estudiaron la revegetalización de los últimos 15 años, para el estado intermedio estudiaron la revegetalización de los últimos 35 años y para los estados tardíos estudiaron parcelas experimentales con más de 50 años de sucesión, finalmente como control usaron parcelas de pasturas cercadas simulando los estados de momento inicial de sucesión y analizaron las raíces de 0 a 15 centímetros de profundidad donde se representa el mayor potencial de colonización.

Finalmente, en el estudio evidenciaron la importancia en cuanto a la presencia de hongos micorrízicos en los estados de sucesión, debido a que la colonización incluso de las semillas, induce el desarrollo de las especies vegetales y por ende acelera los procesos de revegetalización, además de ello concluyeron que las especies de micorrizas de los géneros dominantes como

Glomus y *Acaulospora* se adaptan fácilmente en condiciones semiáridas.

En el caso de *Trichoderma* spp., estudios realizados en Ecuador por parte del Centro de Investigaciones de Palma Aceitera CIPAL, demuestran la promoción de crecimiento que se genera tras la inoculación de este microorganismo, ya que dentro de los resultados obtenidos los autores manifiestan que “Es evidente el efecto de *Trichoderma* en el crecimiento de raíces... produce sustancias promotoras de crecimiento, como ácido 3-indol acético que actúa como catalizador de los tejidos meristemáticos primarios de la planta... microorganismo de alta importancia en el uso agrícola” Martínez *et al.* (2015, p16).

Los estudios con micorrizas en Colombia son condicionados, lo que está acorde con la inversión estatal en investigación en estas áreas, aun así, la generación de conocimiento en el área de los microorganismos ha venido avanzando en los últimos años. En la universidad de Antioquia se generó un estudio sobre la importancia del uso de hongos micorrízicos arbusculares; es así que Molina, Maecha y Medina (2005), describieron la importancia en cuanto al uso y manejo de micorrizas arbusculares en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles, ello debido a la falta de aceptación por parte de los productores en concordancia con los largos periodos de establecimiento de las especies arbóreas.

Dentro del estudio se consideró la estrategia del uso de estos microorganismos para inducir la adaptación y crecimiento de las especies arbóreas y así demostrar la importancia de su inclusión en las técnicas de siembra y por ende en la contribución en el establecimiento de agrosistemas sostenibles, a pesar de ello dentro del estudio también se describe la importancia en cuanto a la generación de conocimiento acerca de la identificación de cepas nativas que permitan generar mayor adaptabilidad de las especies vegetales en general.

Las micorrizas finalmente son una herramienta biotecnológica que fomenta a la

aceptabilidad de la implementación de sistemas silvopastoriles como una alternativa sostenible para la ganadería neotropical, ya que las evidencias demuestran que el uso de estas especies de hongos generan disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que incrementa la producción de biomasa, la cual se verá reflejada en ingresos para los productores; en este sentido, Barrera (2009), describe la importancia en cuanto a la funcionalidad de las micorrizas para el desarrollo agropecuario sostenible, ya que menciona "...la importancia de los HMA en la agricultura radica en que por su extenso micelio extra radical..., las plantas presentan ventajas en cuanto a la absorción de nutrientes de poca movilidad (como el P) con respecto a las plantas no micorrizadas" (p.9).

En Colombia el acercamiento al uso de *Trichoderma* sp, esta principalmente desarrollado para los sistemas de producción agrícola como lo son el café y la palma de aceite, estos sistemas representan gran contribución de progreso económico en el país en cuanto al sector agrícola. Estudios publicados por investigadores de Cenicafé, ayudan a esclarecer el modo de acción, eficacia, y usos de este microorganismo, en cuanto la promoción de crecimiento.

Se ha demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300% después de la aplicación de *T. hamatum* o *T. koningii*. Diferentes especies del género *Trichoderma* producen factores de crecimiento, los cuales han sido detectados e identificados en el laboratorio, como son las auxinas, citoquininas y etileno. 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 (Toro & Rivillas, 2012,p.34)

1.4 Objetivos de la Investigación

Los objetivos de esta investigación están estrechamente vinculados al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número quince “Vida de Ecosistemas Terrestres”, donde se expone claramente la dependencia del ser humano frente a los servicios ecosistémicos prestados por la flora en general y por ende de los bosques para la producción de alimento, agua, aire limpio y principalmente la mitigación al cambio climático. Este ODS apunta a la conservación y recuperación frente al uso sostenido de ecosistemas como bosques, humedales, tierras áridas y montañas. Por ende, surgimiento de un bosque ubicado en un humedal impacta de manera positiva en todas las escalas tanto local, como regional, nacional e internacional.

1.4.1 Objetivos

- 1) Adaptar metodologías que permitan la verificación microscópica de las colonias de los HMA y *Trichoderma* spp., en las especies arbóreas seleccionadas.
- 2) Demostrar la inducción del crecimiento y adaptación en las especies arbóreas inoculadas con HMA y *Trichoderma* spp., mediante el análisis de variables de epidometría.
- 3) Evaluar la diferencia entre dos polígonos con la misma etapa fenológica con distintas metodologías de establecimiento mediante fotointerpretación.

Capítulo 2. Marco Referencial de la Investigación

Durante el desarrollo del presente capítulo se realiza un acercamiento a la gran cantidad de información que existe con respecto al uso de microorganismos y su interacción simbiótica, la cual genera innumerables beneficios para lograr un mejor desarrollo fisiológico de las plantas en general. Teóricamente desde el paradigma positivista como soporte teórico para el desarrollo de un modelo piloto para la adaptación de las especies arbóreas que hacen parte de la restauración del humedal Laguna de La Herrera. De igual manera contempla la normatividad vigente que rige en Colombia, dichas normas debieron ser resumidas enmarcando la delimitación del proyecto.

2.1 Referentes Teóricos, Legales y Normativos

2.1.1 Referentes Teóricos. El marco referencial está constituido, en este caso, por el Marco Teórico, el Conceptual y el Constitucional y Legal, En el Teórico se despliegan las teorías de los autores que caracterizan las micorrizas y *Tricoderma* sp., como posibles promotores del crecimiento de plantas en suelos degradados por minería de extracción de materiales pétreos en un área adyacente a un ecosistema de humedal, mientras que en el conceptual se relacionan aquellos significados que estos mismos autores le otorgan a conceptos muy concretos utilizados en el texto y que, por lo tanto, su autor comparte o está de acuerdo.

El Marco Constitucional y legal, por su parte, recoge las normas más importantes relacionadas con el desarrollo de la investigación o con la problemática que lo distingue.

Ahora bien, el Acuerdo 23 de 2006 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), “Por el cual se declara como reserva hídrica el Humedal de la Laguna de la Herrera, establece su franja de protección y adopta otras determinaciones” (Acuerdo 23, 2006, p.1). Con base en ello se hace relevante la importancia de cumplir con los derechos y deberes consagrados en la legislación, relacionados con la protección de las riquezas naturales y la diversidad e integridad del ambiente, especialmente en las zonas que representen importancia ecológica. Para llevar a cabo este objetivo deben participar tanto el Estado como los particulares, actuando de manera articulada y constante a fin de conservar su utilidad pública en cuanto a los servicios ambientales, se debe resaltar que este humedal es el más grande de la Sabana de Occidente del departamento de Cundinamarca.

Este ecosistema actualmente está siendo directamente impactado por la explotación minera de extracción de materiales pétreos para la construcción, lo cual ha degradado de manera considerable este importante humedal. A pesar de ello las instituciones y la comunidad han venido trabajando en los últimos años implementando proyectos de conservación y recuperación.

El objetivo principal de este proyecto es contribuir a la reforestación, enfocado en la dinámica de los microorganismos en la rizosfera, quienes cumplen un papel muy importante en la adaptación de especies arbóreas, pues las micorrizas permiten “una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años” (Honrubia, 2009, p. 1). En efecto, la coevolución entre la planta y el hongo ha sido un proceso necesario y beneficioso para la adaptación de estos individuos a diferentes ambientes, donde hay una relación simbiótica mutualista, ya que la cooperación es un factor determinante para la sobrevivencia, en razón a que esta relación es claramente un intercambio de nutrientes los cuales favorecen a cada individuo (Margulis, 1988, 1998).

Por su parte, las plantas se favorecen de la solubilización y por ende disponibilidad de agua y nutrientes como el fósforo y el nitrógeno que son elementos determinantes para su crecimiento y adaptación; para el caso de los hongos, reciben las cantidades de carbono necesarias para su desarrollo, tal y como lo describe Read y Pérez (2003). El micelio¹ de las micorrizas actúa como una extensión de la raíz, lo cual proporciona disponibilidad adicional de nutrientes y de agua en el suelo, es así que las bondades de las micorrizas en cuanto a nutrientes tienen alcances incluso con elementos minerales de poca movilidad, como por ejemplo el calcio, el hierro, el magnesio, el potasio, entre otros (Flores & Cuenca, 2004).

Las relaciones entre plantas y micorrizas están ampliamente descritas, el parasitismo y el mutualismo son una descripción importante en la relación de estos simbios², a pesar de ello, generalmente la relación es mutualista ya que la constante de esta simbiosis se da en beneficio de ambas partes (Johnson, Graham & Smith, 1997). Los estudiosos de este importante tema resaltan la importancia que han tenido las micorrizas a través de la historia del planeta, anotando el papel crucial en la colonización de las plantas en los hábitats terrestres (Wilkinson, 2001), a través de instrumentos metodológicos basados en la documentación y frecuencia de hallazgos fósiles de hongos micorrízicos arbusculares, reportado por (Taylor, Remy, Hass & Kerp, 1995). Sus hallazgos describen arbusculos, hifas, y esporas fúngicas de hace 400 millones de años, asociados a la época en que las plantas colonizaron el planeta, de allí el reconocimiento actual de la importancia de estos microorganismos en los ciclos naturales para la sostenibilidad de los ecosistemas y su preservación.

¹ El Micelio es la parte vegetativa del hongo, se encuentra subterráneo y es el auténtico hongo. Su función es absorber del suelo los distintos compuestos orgánicos. El micelio está conformado por la masa de hifas constituidas por los filamentos. Hifa es la unidad vegetativa en la estructura de los hongos, su forma es filamentosa y de tipo tubular con paredes celulares, pudiendo presentar tabiques.

² El término simbiote se asigna a cada uno de los organismos que forman una simbiosis.

Según lo descrito por Smith y Read (2008), las micorrizas arbusculares se encuentran en la mayoría de los ecosistemas terrestres del planeta. Los arbusculos son estructuras fúngicas que se generan en el interior de las células corticales, en donde se realiza el intercambio de nutrientes entre los participantes de la simbiosis, de allí la importancia de su inclusión dentro de las estrategias de establecimiento de las especies arbóreas que hagan parte de la restauración de ecosistemas, importancia que se hace más evidente en razón a que en los ecosistemas naturales y semi-naturales, los hongos micorrízicos arbusculares constituyen el grupo de microorganismos “con mayor abundancia y funcionalmente los más importantes en el suelo, ya que son generalistas y responsables de la dependencia microtrófica del 90% de las plantas terrestres del planeta” (Smith y Read 2008,p.31), las bondades de las micorrizas arbusculares, están bien documentadas y reconocidas en la naturaleza, ya que contribuyen con la transferencia de nutrientes, la disponibilidad de agua, la protección contra microorganismos patógenos del suelo y factores ambientales adversos para el desarrollo fisiológico natural.

Por otra parte, de acuerdo con la teoría simbiótica es claro que *Trichoderma sp.*, también es un hongo ampliamente estudiado en el mundo, las facultades descubiertas en los últimos años hacen referencia principalmente a la fitoprotección, inducción al crecimiento y a la adaptación de las especies vegetales (Shoresh & Harman, 2008), de allí la importancia de su inclusión dentro de las estrategias de manejo e implementación de la restauración y conservación ecológica de los ecosistemas terrestres. Según el boletín de mayo de 2012, de la Federación de Cafeteros, se evidencia que *Trichoderma sp.*, es promotor del crecimiento vegetativo ya que las raíces colonizadas por este hongo, usualmente aumentan el crecimiento, desarrollo, productividad, entre otros, demostrando que la productividad puede incrementarse en más de un 300% después de su inoculación.

El uso de cepas comerciales del hongo *Trichoderma sp.*, para el biocontrol de hongos patógenos en plantas es ampliamente conocido, por ello generalmente se asocia con bondades de biocontrol; en este sentido, Adams *et al.* (2007) atribuye a *Trichoderma harzianum* la producción de antibióticos, efectos de parasitismo y competencia con patógenos por nutrientes (incluso exudados de la planta) y espacio, además de inhibir o degradar enzimas producidas por los parásitos y patógenos que penetran las superficies de las plantas. De igual manera, estimula la resistencia sistémica localizada, actuando también como un complemento de la rizosfera estimulando su desarrollo, todos estos beneficios favorecen el desarrollo de las plantas y por ende su productividad.

Durante el desarrollo de este capítulo se abordan los principales conceptos asociados al trabajo de tesis realizado, contruidos por los autores citados en el Marco Teórico, a fin de contextualizar cada uno de los componentes importantes que articulan la investigación.

En primera medida se debe contextualizar que un ecosistema, hace referencia a un sistema constituido por comunidades de seres vivos desde las bacterias hasta los organismos más compuestos, adaptados a factores abióticos como el sol, el aire, el agua y la temperatura, entre otros, quienes generan un equilibrio en un área determinada. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua – (RAE, 2014), define ecosistema como “Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente” (p.3), también es claro que no es posible determinar con exactitud dónde empieza o termina un ecosistema, a pesar de la caracterización más global que se conoce, donde se encuentra la tundra, la taiga, las sabanas, los desiertos, los bosques, el océano y todas sus derivaciones.

En cuanto a los ecosistemas acuáticos, presentan condiciones que los caracterizan. En

nuestro planeta se dispone de agua dulce o salada lo que está directamente definido por su ubicación geográfica, es así como las especies nativas están adaptadas directamente a las condiciones climáticas, fisicoquímicas y biológicas del lugar; no obstante, también son habitados temporalmente por especies migratorias, las cuales tienen condiciones especiales de adaptación en varios tipos de ecosistemas según su ciclo natural y características fisiológicas y fenológicas.

Los humedales son caracterizados como ecosistemas acuáticos, generalmente su ubicación se da cerca al océano o en zonas de sabana. Frecuentemente se percibe una sábana como un bioma plano, pero la topografía regularmente es ondulada, lo que promueve la acumulación de aguas según la dinámica de la capa freática, siendo este un factor abiótico determinante para la interacción y adaptación de las especies en general que lo habitan, ya sea permanente o temporalmente. Es claro entonces que estas zonas se inundan de manera intermitente según la condición climática, induciendo así el comportamiento y adaptación de especies acuáticas y terrestres, siendo “especies estrictamente producto de la evolución”, lo cual es soportado dentro de la biología evolutiva de Margulis (1988) y su descripción en el libro “El Origen de la Célula”

Finalmente, el aporte a la investigación de los conceptos descritos es fundamental para su desarrollo, contemplando que el ecosistema objeto de la investigación ha sido altamente impactado por la Minería, como factor principal de degradación en el Humedal Laguna de la Herrera, el cual debe ser objeto de una restauración activa o sesión inducida, para lo cual se están empleando microorganismos que fortalezcan esos procesos activos de adaptación de las especies arbóreas.

Según lo descrito en el libro planeta simbiótico Margulis (1998), la teoría de la endosimbiótica está basada principalmente en funciones propias de las eucariotas, quienes se originan en los organismos procariotas los cuales habrían establecido una relación de simbiosis,

ello basado en el funcionamiento de las mitocondrias, lo que involucra la respiración y por ende el cambio de gases con el ambiente cuya interacción esquematiza la coevolución con respecto a la adaptación. Ello es conocido como el origen simbiogenético de las células eucariotas.

En su libro “Symbiosis in Cell Evolution”, Margulis (1981), sostiene que las células eucariotas se originan como comunidades de entidades que obran recíprocamente y que terminan en la fusión de varios organismos. En la actualidad, se acepta que las mitocondrias y los cloroplastos de los eucariontes procedan de la endosimbiosis. Pero la idea de que una espiroqueta endosimbiótica se convierta en los flagelos y cilios de los eucariontes no ha recibido mucha aceptación, debido a que estos no muestran semejanzas ultraestructurales con los flagelos de los procariontes y carecen de ADN.

En cuanto a la clasificación de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), podemos definir que el termino micorriza fue descrito por el biólogo y micólogo alemán Frank (1885), quien describió y caracterizó las formas de simbiosis que se dan entre plantas y hongos, se pueden diferenciar tres conjuntos primordiales según la estructura de la micorriza formada, las Ectomicorrizas, las cuales desarrollan una capa de micelio sobre las raíces y pelos radicales encargados de la absorción de agua y nutrientes, este tipo de micorriza no penetra las células; las Endomicorrizas las cuales colonizan las raíces de manera intracelular y forman vesículas y arbusculos, esta simbiosis por su característica es mucho más avanzada y reportada por la comunidad científica ya que se asocia a las plantas pioneras como los son las Gramíneas y las Herbáceas y las Ectendomicorrizas las cuales pueden variar su colonización, es decir se comportan como ectomicorrizas o endomicorrizas según la disponibilidad de condiciones para el desarrollo de su ciclo biológico. (Read 1999).

El hongo *Trichoderma* spp., es un habitante natural del suelo, cuyas cepas saprófitas

favorecen las plantas; por su versatilidad poseen el potencial de actuar como un microorganismo oportunista que coloniza especies vegetales predominantes en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Zhang, Druzhinina & Kubick, 2005). Este microorganismo se caracteriza por su dominancia, es decir compite enérgicamente por nutrientes, espacio y colonización en diversos ambientes, esta facultad se da debido al potencial de antagonismo que presenta, su colonización en plantas inhibe la aparición de otros microorganismos con potencial patogénico, lo que favorece el óptimo crecimiento de las plantas. Harman *et al.* (2004)

2.1.1.1 Normatividad nacional. El marco constitucional y legal de esta investigación sobre humedales, comprende las determinaciones legales emitidas en Colombia, las cuales adoptan normas internacionales enfocadas a la conservación y restauración de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres, por lo tanto, a continuación, se describe la trazabilidad de la normatividad fundamentada hasta el momento.

Tabla 1. Normas o instrumentos con descripción de objetivos.

Norma o Instrumento	Objetivo y Aplicabilidad
Constitución Política de la República de Colombia, vigente a partir de 1991 (Constitución Política de Colombia, 1991)	Artículos: 58, 79, 80, 95, 267, 268, 313, 317 y 334.
De acuerdo con Ramsar (1971), la Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, [...]Durante el primer encuentro de esta Convención se generan disposiciones relevantes (p.2)	Artículos: 3.1, 4.1, 4.3,4.4 y 4.5.
Convención Ramsar (San José de Costa Rica, Costa Rica, mayo de 1999), mediante la Resolución VII 20 COP 7. (Ramsar, 1999)	Solicita a los países participantes priorizar la identificación de humedal[...]
Resoluciones VIII 14 y 7 COP 8, Convención Ramsar (Valencia, España, noviembre de 2002) (Ramsar, 2002)	Estipulan como objeto de la Resolución 14 la generación de nuevos lineamientos para la planificación en cuanto al manejo de los sitios Ramsar y otros humedales, en Colombia son: 9. [...].
Sentencia C- 582 de 1997 basada en la Ley 357 del 21 de enero de 1997 (Sentencia C-582, 1997)	La Corte Constitucional aprueba la convención Ramsar y sus determinaciones, asumiendo las recomendaciones que el mandato constitucional resuelve y aprueba
Teniendo en cuenta lo citado por Naranjo, Andrade y Ponce de León (1999), en referencia a los Humedales Interiores de Colombia	Las bases técnicas para su conservación y uso sostenible, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, establece la siguiente pretensión: Aportar las bases técnicas que sirvan al Ministerio de Medio Ambiente (MMA) para la consulta, concertación y formulación de la Política Nacional de Humedales para priorizar sus acciones en instrumentos en el marco del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y en sus nexos con otras instancias del gobierno nacional, regional y local, y con la concurrencia de actores de la sociedad civil y las organizaciones no gubernamentales.
Resolución 0157 del 12 de febrero de 2004, emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Resolución 0157 , 2004)	“Por el cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en la aplicación de la convención de Ramsar” (Resolución 0157 , 2004,p.3). Se relacionan las disposiciones más importantes en los artículos: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 y 9.
Resolución 196 del 1 de febrero 2006 del Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (Resolución 196, 2006)	“Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia” (Resolución 196, 2006,p.1) Se deben tener en cuenta las disposiciones en el artículo 1.
Resolución 1128 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Resolución 1128, 2006)	“Por la cual se modifica el artículo 10 de la Resolución 839 de 2003 y el artículo 12 de la Resolución 0157 de 2004 y se dictan otras disposiciones”, se deben tener en cuenta el artículo 2, Parágrafos 1, 2 y el artículo 3 (Resolución 1128, 2006)

Tabla 1 (continua)

Norma o Instrumento	Objetivo y Aplicabilidad
Decreto 3600 del 20 de septiembre de 2007	“Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones” (Decreto 3600, 2007,p.1) se debe tener en cuenta el Artículo 4.
Política Nacional para humedales interiores de Colombia por el Ministerio del Medio Ambiente y Consejo Nacional ambiental en el año 2002, por el Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C.	Cuyo objeto es: “Propender por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del país (Política Nacional para Humedales interiores de Colombia, 2002,p.11)
Decreto 3570 del 27 de septiembre de 2011 emitido por el Departamento Administrativo de la Función Pública	“Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible” (Decreto 3570, 2011,p.1). Se tiene en cuenta el Artículo 2, funciones y el numeral 15.
Ley 1450 del 16 de junio de 2011	“Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014” (Ley 1450, 2011,p.1) y en cuanto al marco legal de humedales se tienen en cuenta el artículo 202, Parágrafo 2.
Ley 1753 del 9 de junio de 2015	“Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 “Todos por un nuevo país” (Ley 1753, 2015,p.1) y se tiene en cuenta las disposiciones en los artículos 20, 172 y 174.
Ley 685 del 15 de agosto de 2001	“Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones” (Ley 685, 2001,p.1). Se debe tener en cuenta el artículo 34
La Ley 1382 de 2010 (declarada inexecutable por la Corte Constitucional C 366 de 2011)	“Por la cual se modifica la Ley 685 de 2001 Código de Minas” (Ley 1382, 2010,p.1). Se tienen en cuenta el Art. 34.

Nota: Elaborada por el Autor con base en los Autores y normas legales citadas al interior de la tabla

En conclusión, el marco legal de humedales en Colombia está muy bien constituido, ya que se tienen en cuenta las condiciones legales generales desde la concepción de los derechos y deberes fundamentales, adoptando los marcos de importancia internacional en cuanto al tema de interés (humedales), buscando incentivar el desarrollo en la ciencia, la tecnología, la participación social e interinstitucional, buscado así que el país apunte al mejor modelo de desarrollo en materia ambiental y de conservación de la biodiversidad.

2.1.1.2 Normatividad regional. Dentro del marco normativo se abordan los instrumentos que aplican directamente sobre el Humedal Laguna de La Herrera, teniendo en cuenta la jurisdicción y las normas que contemplan y citan este humedal de Sabana de Occidente del departamento de Cundinamarca. Por el cual se adopta la revisión y ajustas del Plan Básico de ordenamiento territorial del Municipio de Mosquera – Cundinamarca

Tabla 2. Normatividad aplicable en la Laguna de La Herrera.

Norma o Instrumento	Objetivo y Aplicabilidad
Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio de Mosquera	Según el título VII, capítulo 1, Suelos de Protección, parágrafo 2, del Acuerdo 32 de 2013, “hacen parte del Suelo de Protección las áreas de manejo hídrico y de protección de causas, en las cuales incluyen las rondas de los ríos Bogotá, Balsillas, Subachoque y Bojacá, el humedal La Tingua, la Laguna de la Herrera, La Ciénaga del Gualí, el sistema de caudales del Distrito de Riego La Ramada y el Meandro de Say”. (Acuerdo 32, 2013,p.11) Mosquera cuenta con áreas de conservación donde se encuentra incluido el Humedal Laguna la Herrera, ubicado en la zona central de la Sabana de Occidente del departamento de Cundinamarca, el cual funciona como un regulador hídrico que contempla el río Bogotá.
Acuerdo 23 del 17 de julio de 2006 y Acuerdo 021 del 04 de agosto de 2009	Declaratoria del humedal como reserva hídrica y adopta el Plan de Manejo Ambiental (PMA) en el cual se encuentran las líneas base para su manejo integral, como por ejemplo la normatividad para la zonificación, las áreas de preservación y protección animal y sus usos principales, compatibles, condicionados o prohibidos. De igual manera tiene en cuenta las áreas de recuperación ambiental, como el cuerpo de agua, la ronda del humedal y las zonas de rehabilitación.

Nota: Elaborada por el Autor con base en los Autores y normas legales citadas al interior de la tabla

Como conclusión, la normatividad vigente en este importante humedal no se contempla el uso de microorganismos para la restauración o reconfiguración con especies arbóreas de áreas devastadas, por lo tanto, es el objeto principal de la presente propuesta que apunta y espera obtener resultados que ayuden a restablecer las condiciones naturales y así disfrutar nueva y más rápidamente los servicios ecosistémicos que puede brindar este humedal.

Capítulo 3. Fase Metodológica para la Verificación de Inducción del Crecimiento y Adaptabilidad de las Especies Arbóreas en el Humedal Laguna de la Herrera

En cuanto a la metodología basada en experimentos con microorganismos, se demuestra la posible simbiosis y por ende mejor adaptación de especies arbóreas en un polígono determinado del humedal Laguna de La Herrera.

3.1 Fundamentos epistemológicos de la investigación

La investigación se enmarca epistemológicamente en el Paradigma Positivista, ya que se espera promover la adaptación de especies arbóreas en un ecosistema específico, buscando descubrir las relaciones causa – efecto, identificando el papel de la minería extractiva en la degradación de un ecosistema, por la falta de adaptabilidad de las especies arbóreas dentro del modelo de restauración ecológica y el posible efecto contributivo que pueden generar las micorrizas y *Trichoderma sp.* En este sentido, el positivismo desde una posición ontológica destaca que hay una realidad que existe fuera de nosotros, conducida por leyes naturales y mecanismos inmutables (Guba 1990) y que el conocimiento es independiente del tiempo y el contexto, lo que permite generalizar y hacer surgir de este último de leyes causa – efecto.

Ahora bien, en el positivismo la realidad se puede generalizar porque los fenómenos y las soluciones son los mismos, por lo tanto, en esta investigación se presentan los resultados con imparcialidad (neutralidad valorativa) y la hipótesis no determina sus resultados. El objeto del

trabajo es establecer el efecto que tienen los hongos micorrízicos (HMA) y *Trichoderma* sp., sobre las especies arbóreas en etapa de establecimiento en un polígono afectado por fuertes impactos de la minería adyacente, por lo tanto, esta investigación es netamente explicativa de los acontecimientos evaluados en cuanto al comportamiento de las especies y sus interacciones.

3.1.1 Desarrollo del diseño metodológico. Es un tipo de investigación aplicada que pretende evidenciar los beneficios de la simbiosis para el establecimiento de especies arbóreas, ello debido a que los microorganismos representan un papel muy importante dentro de los ciclos naturales, por lo tanto, para el desarrollo de la investigación se han consultado artículos científicos de revista indexada, cibergrafía, y diversos libros en general a fin de dar un alcance y profundidad de manera correlacional, ya que se realizará la comparación estadística de algunos tratamientos, lo que permitirá determinar las diferencias del fenómeno según las variables y microorganismos usados. Todo lo anterior enmarcado en una investigación netamente cuantitativa ya que se usan datos medibles para predecir y explicar los fenómenos generados en las especies arbóreas con presencia de microorganismos.

3.1.1.1 Método utilizado: Investigación aplicada con microorganismos inductores de crecimiento (comerciales), con enfoque cuantitativo, fundamentado dentro del método deductivo que se basa en la observación de fenómenos para identificar las particularidades de cada tratamiento propuesto.

3.1.1.2 Criterios de validez y confiabilidad. Se formuló un bioensayo con diseño experimental, teniendo en cuenta los parámetros que generalmente se usan en investigaciones científicas aplicadas de campo, para el caso particular se determinaron siete tratamientos que mostrarán las diferencias en cuanto a la adaptación de especies arbóreas con y sin simbiontes (microorganismos) promotores del crecimiento, en especial de la raíz por la condición de suelos

degradados del polígono seleccionado. La determinación del bioensayo se basa en un modelo generado en campo de acuerdo a las condiciones específicas de la zona del humedal que ha sufrido degradación por la colindancia con frentes mineros de extracción de materiales pétreos.

En conclusión, el bioensayo se enmarca en un diseño experimental con bases científicas para la comprobación de la eficiencia del uso de simbiontes (*Micorrizas* y *Trichoderma* sp) para la adaptación.

3.1.2 Definición de hipótesis

- Las micorrizas y *Trichoderma* sp tienen efectos de promoción de crecimiento sobre las especies arbóreas en etapa de establecimiento, dentro del marco de restauración ecológica en suelos degradados por minería en el Humedal Laguna de la Herrera.
- El establecimiento de especies arbóreas en suelos degradados por minería, requiere la implementación de la biotecnología como una herramienta de inducción del crecimiento y adaptación de las especies.
- La generación de conocimiento en cuanto al uso de microorganismos en especies arbóreas, favorece la dinámica del bosque, fortaleciendo así la economía desde el punto de vista de la prestación de servicios ecosistémicos para las comunidades.

3.1.3 Universo y muestra representativa. Los árboles evaluados son 245 de una siembra de 500, los cuales hacen parte de una población de aproximadamente 3.000 individuos que son parte de la restauración ecológica del humedal Laguna de La Herrera. El criterio de implementación del proyecto está asociado a las jornadas de siembra que realiza la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Agropecuario, donde generalmente se establecen 500 individuos por jornada, por lo tanto, la inoculación con las micorrizas se realizó en la jornada que se llevó a cabo el 13 de septiembre de 2016. Finalmente, la muestra representativa de 500 especies se dió

con la selección de 245 individuos que representan cinco réplicas por tratamiento por cada especie, lo cual puede generar un marco de evaluación amplio con un margen de error muy bajo.

3.1.4 Instrumentos y Técnicas De Investigación

- Determinación del polígono de evaluación mediante georreferenciación.
- Individuos arbóreos para establecimiento en el polígono determinado.
- Distribución de tratamientos propuestos para la investigación.
- Uso de microorganismos comerciales inductores de crecimiento.
- Evaluación microscópica radicular para determinar la presencia o ausencia del inóculo.
- Evaluación de individuos arbóreos mediante tendencia de crecimiento.

3.2 Diseño Metodológico (Metodología Cuantitativa – Deductiva)

3.2.1 Lugar de ejecución. El modelo piloto se llevó a cabo en plantaciones de especies arbóreas en proceso de adaptación de la Laguna de la Herrera ubicada en el Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca, Colombia; con coordenadas aproximadas de 4° 41' 24.74" Norte, 74° 17' 05.22" Occidente a 2549 msnm. Los protocolos y análisis de laboratorio se llevaron a cabo en la universidad de Cundinamarca en la sede del municipio de Facatativá.

3.2.2 Selección de especies arbóreas. La selección de las especies estuvo supeditada a la disponibilidad en campo según la homogeneidad y disponibilidad de los individuos, por lo tanto, se eligieron 35 individuos arbóreos para cada una las especies arbóreas descritas a continuación:

- *Ciro* (*Braccharis macrantha*), especie de la familia Asteraceae, nativa y común en la sabana de Bogotá, habita en los bosques seco y húmedo montano bajo.

- *Corono* (*Xylosma spiculifera*), especie de la familia Salicaceae, nativa y común en el

departamento de Cundinamarca habita en los bosques seco y húmedo montano bajo.

- Eugenia (*Eugenia uniflora*), especie de la familia Myrtaceae, originaria de América del Sur, común en el departamento de Cundinamarca.

- Garbancillo (*Duranta mutisii*), especie de la familia Verbenaceae, nativa y común en el departamento de Cundinamarca, habita en los bosques seco y húmedo montano bajo.

- Jazmín (*Pittosporum undulatum*), especie de la familia Pittosporaceae, común en el departamento de Cundinamarca, habita en los bosques seco y húmedo montano bajo.

- Ligustro (*Ligustrum lucidum*) especie de la familia Oleaceae, común en el departamento de Cundinamarca, habita en los bosques seco y húmedo montano bajo.

- Sauco (*Sambucus peruviana*) especie de la familia Adoxaceae, común en el departamento de Cundinamarca, habita en los bosques seco, húmedo y muy húmedo montano bajo.

3.2.3 Montaje de tratamientos para evaluación en campo y laboratorio. Se inocularon siete (7) tratamientos para evaluar de manera descriptiva los efectos del inóculo en las especies arbóreas seleccionadas, los cuales fueron distribuidos al azar durante la siembra y están descritos a continuación:

1. T1: Parcela testigo general (Tierra + Cascarilla - Convencional).
2. T2: Materia Orgánica (Compost Convencional).
3. T3: Hidrorretenedor + MO Compost Convencional).
4. T4: Producto 1 Micorrizado
5. T5: Producto 2 Trichoderma
6. T6: Productos Micorrizado + Trichoderma (mezcla)
7. T7: Árboles sin tratamiento (Control).

3.2.4 Protocolo de tinción de raíces. Transcurrido un año después de la inoculación y basados en la metodología descrita por Philips y Hayman (1970), modificada por Cepero de Garcia, Beltran y & Cotes (2006) y adaptada Osorio *et al.* (2001), se extrajeron cuidadosamente muestras con cien (100g) gramos de raíces frescas de cada uno de los individuos arbóreos. Posteriormente en el laboratorio, las muestras fueron lavadas con abundante agua destilada para eliminar las partículas de suelo fijado. Luego las raíces fueron sumergidas en agua en tubos de ensayo previamente marcados con cada tratamiento, para iniciar con el protocolo de tinción se descartó el agua de cada tubo, posteriormente se agregó una solución KOH al 10% hasta cubrir las raíces totalmente, luego se llevó a punto de ebullición a 90°C durante 15 minutos, luego se descartó el KOH y las raíces fueron lavadas con abundante agua destilada. Después las raíces fueron sumergidas en una solución de KOH al 10% y H₂O₂ al 10% mezclados en una proporción 1:1 (v/v) trascurridos 10 minutos se descartó la solución y nuevamente las raíces fueron lavadas con abundante agua destilada. A continuación, las raíces fueron embebidas en una solución de HCL 1N durante 15 minutos, finalmente posterior al descarte del HCL 1N, se agregó colorante azul de tripan al 0.05% durante 24 horas a 4°C para la tinción, trascurrido el tiempo se descartó el colorante y se agregó agua destilada para su conservación y posterior lectura.

Es de importancia mencionar que se llevó a cabo una etapa previa al montaje del bioensayo, antes del tiempo cero, donde se realizó un muestreo de raíz con distribución homogénea en cinco individuos arbóreos preexistentes en el polígono seleccionado, la evaluación fue a las raíces teñidas de: tres (3) de la especie Ciro (*Braccharis macrantha*), uno (1) de la especie Ligustro (*Ligustrum lucidum*) y dos (2) de la especie Jazmín (*Pittosporum undulatum*) ello a fin de verificar la preexistencia de posibles micorrizas arbusculares o

Trichoderma.

3.2.5 Rastreo de estructuras fúngicas por medio de observación de células radiculares teñidas. Posterior a la tinción descrita anteriormente, bajo microscopia de luz se realizó el montaje de raíces inoculadas con el objeto de verificar la presencia o ausencia de estructuras fúngicas asociadas a las micorrizas y *Trichoderma* spp., para ello se realizó el montaje de placas en portaobjeto que contenían cuatro (4) fragmentos de raíz por cada muestra, de los cuales su longitud fue de dos (2) centímetros de largo y donde el análisis de presencia o ausencia se realizó con el objetivo 10X, posteriormente para la diferenciación de la morfología de las estructuras y el registro fotográfico se utilizaron los objetivos 40X y 100X.

3.2.6 Medición de epidometria en el primer año de establecimiento. Para evidenciar el progreso de los individuos arbóreos, basados en la metodología de epidimetría básica según Imaña (2008), se llevó a cabo la medición de altura y volumen de copa en centímetros (cm) con la ayuda de un flexómetro, la periodicidad fue bimestral a lo largo de doce (12) meses, los datos fueron consignados en libro de campo con un formato específico según los tratamientos, posteriormente fueron digitalizados en formato .XLS para su análisis estadístico,

Los conceptos de las variables de epidometria a medir fueron tomados según Imaña (2008), quien los describe así:

1. Crecimiento en altura: El crecimiento en altura se produce por la actividad de la yema apical o terminal, a través de la división celular. Este crecimiento es también llamado de crecimiento primario. Esta variable, altura del árbol, produce la modificación más notoria del crecimiento, especialmente en la edad juvenil en que es

fácil observar la rapidez de la modificación de la altura en periodos cortos de tiempo. El crecimiento en altura es evaluado midiendo las alturas al inicio y al final de un intervalo de tiempo definido.

2. Crecimiento en volumen: El crecimiento en volumen se refiere al aumento del volumen en un determinado período de tiempo, se evalúa calculando la diferencia de los volúmenes que el árbol tuvo al inicio y al final de un periodo (Imaña, 2008,p.33)

3.2.7 Análisis estadístico. Se empleó un ANOVA para conocer las diferencias en los porcentajes de crecimiento entre los diferentes tratamientos: posteriormente, se empleará como prueba a posterior la diferencia mínima significativa LSD (Fallas, 2012). Estos análisis serán ejecutados con estadística descriptiva y comparación de porcentajes con respecto al control (Saville, 1990), se realizará compararon medidas por Dunnet y por Tukey, para lo cual se utilizará el programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions) versión 17.

3.2.8 Fotointerpretación de polígonos objeto de estudio. Se tomaron fotografías aéreas con un dron de referencia Phantom 3 de la marca DJI con cámara de un total de pixeles 1.76m, las fotografías se tomaron a una altura entre 80 – 100 metros, de las cuales mediante fotointerpretación se caracterizó la vegetación presente en el polígono en el cual se estableció el bioensayo. Basados principalmente en lo descrito por Goosen (1968), donde describe que “La fotointerpretación es el estudio de la imagen de aquellos objetos fotografiados y la deducción de su significado” (p.31), por lo anterior y de acuerdo a la herramienta usada el propósito principal fue examinar las imágenes obtenidas para así identificar los distintos componentes del polígono específico y las diferencias entre las especies inoculadas con microorganismos y las que no, para ello las fotografías se analizaran bajo escala de grises de manera cualitativa.

La unidad principal de análisis, determinada para el presente estudio es el área donde

fueron establecidas las 245 especies arbóreas que hacen parte del bioensayo (Bastienne, Gayoso, & Guerra, 2000) no obstante, el polígono cuenta con más de cinco mil individuos en etapa fisiológica de establecimiento.

Capítulo 4. Desarrollo y Resultados de la Investigación

El análisis de resultado del trabajo en campo y laboratorio demuestra, lo ejecutado para la consecución de los objetivos de la presente investigación, de igual manera se aborda su discusión, así como la apertura de la línea de investigación para los entes territoriales interesados, incluyendo la dimensión ambiental desde los bioensayos cualitativos con microorganismos para el favorecimiento de los ciclos biológicos en especies arbóreas.

Partiendo que el diseño para esta investigación aplicada es un método cuantitativo deductivo, en la primera parte del desarrollo se aplicó la observación como instrumento principal, apoyado por una herramienta común de medición, donde se registró la altura y el volumen de copa con una periodicidad bimestral durante el primer año de establecimiento de las especies arbóreas.

Por lo anterior, en este apartado se inicia describiendo los resultados de la información recolectada en campo, mediante la cual se evidencia el comportamiento de cada una de las especies sobre los tratamientos evaluados y se analiza con un ANOVA (Anexo A, B.) para determinar que tratamiento favorece más el establecimiento de las especies arbóreas seleccionadas.

Posteriormente se describen los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio,

correspondientes a la presencia o ausencia de los microorganismos evaluados en cada una de las especies arbóreas según su tratamiento. Finalmente se genera el lineamiento basado en la metodología de siembra que se debe usar en la Laguna de La Herrera, para garantizar el establecimiento de especies arbóreas que favorezcan la recuperación y restauración del ecosistema.

En el último apartado, se presenta la estrategia de establecimiento de espacios arbóreas con microorganismos como Micorrizas y Trichoderma para favorecer su crecimiento y adaptación a suelos degradados e impactados negativamente por la minería, dicha estrategia es realizada de acuerdo a los resultados y discusión que arroja el análisis de esta investigación.

4.1 Resultados obtenidos para la inducción del crecimiento y adaptabilidad de las especies arbóreas, descripción y discusión

4.1.1 Descripción

4.1.1.1 Establecimiento de bioensayo

- **Ubicación.** El establecimiento del ensayo se llevó a cabo el 13 de septiembre de 2016, para lo cual durante la siembra se seleccionaron doscientos cuarenta y cinco (245) individuos arbóreos de siete (7) especies diferentes, distribuidos en siete (7) tratamientos, de los cuales cinco (5) réplicas de cada especie fueron sembrados en suelo sin ningún tipo de alteración, fertilización, enmienda u otro factor de reestructuración como control positivo, los demás 210 árboles se distribuyeron en 6 tratamientos de acuerdo con la metodología descrita en el punto 3.2.3 para la inoculación de las micorrizas y *Trichoderma* así como los tratamientos convencionales.



Figura 1. Establecimiento del bioensayo con individuos arbóreos y distribución de tratamientos. Tomada por el Autor

4.1.1.2 Verificación de preexistencia de microorganismos endófitos en raíces. El en polígono seleccionado, se realizó lectura microscópica según la metodología expuesta en el punto 3.2.5 a las raíces teñidas de cinco individuos arbóreos preexistentes tres (3) de la especie *Ciro* (*Braccharis macrantha*), uno (1) de la especie *Ligustro* (*Ligustrum lucidum*) y dos (2) de la especie *Jazmín* (*Pittosporum undulatum*) a fin de verificar la preexistencia de posibles micorrizas arbusculares o *Trichoderma*. De la observación de cincuenta (50) campos por individuo en microscopio de luz con el objetivo 10X, los resultados obtenidos fueron 0% de presencia de estructuras endófitas en la raíz relacionadas con las micorrizas y 0% de esporas o estructuras relacionadas con la presencia de *Trichoderma*.



Figura 2. Especies arbóreas preexistentes, seleccionadas

como objeto de rastreo inicial de estructuras endófitas fúngicas. Tomada por el Autor

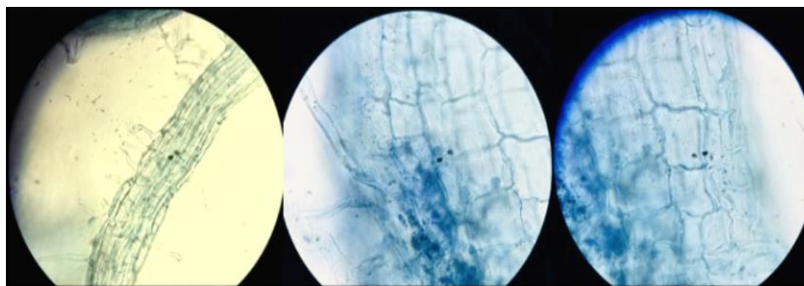


Figura 3. Raíces sin colonización de estructuras fúngicas.
Tomada por el Autor

4.1.1.3 Lectura de la presencia o ausencia de los microorganismos a evaluar. Trascurrido aproximadamente un año, exactamente el 27 de septiembre de 2017, según la metodología descrita en el punto 3.2.4, se llevó a cabo la tinción y posterior rastreo de estructuras endófitas en cada uno de los tratamientos con inoculación de microorganismos T4, T5 y T6. Los resultados se evidencian en la Tabla 3, donde el mayor porcentaje de raíces micorrizadas fue 100% en el tratamiento cuatro (4) así mismo el tratamiento seis (6) presentó porcentajes elevados de raíces micorrizadas. Para el caso de *Trichoderma* spp., el porcentaje de aparición en todas las especies y en los dos tratamientos involucrados fue 0%.

Tabla 3. Porcentaje de colonización por especie para los tratamientos 4, 5 y 6.

Especie	Porcentaje de aparición de estructuras		
	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6
Círo	87.5	0	90
Corono	85	0	85
Eugenia	N.A	N.A	N.A
Garbanzo	90	0	82.5
Jazmin	100	0	90
Ligustro	95	0	85
Sauce	90	0	87.5

Nota: Datos obtenidos por el Autor mediante la evaluación microscópica

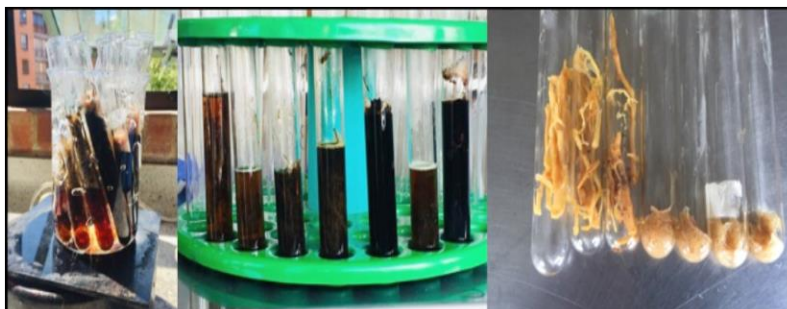


Figura 4. Tinción de raíces de los individuos arbóreos evaluados. Tomada por el Autor

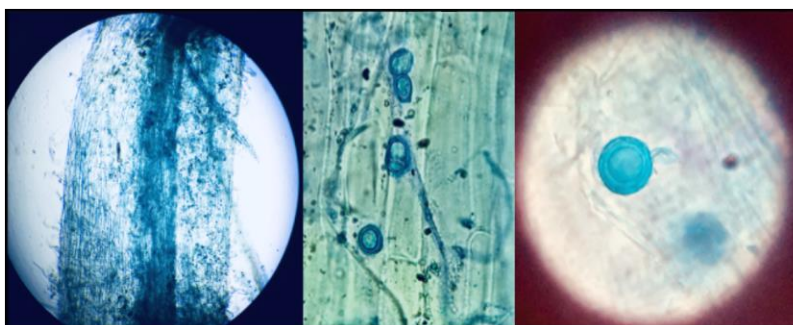


Figura 5. Estructuras micorrizicas evidenciadas. Tomada por el Autor

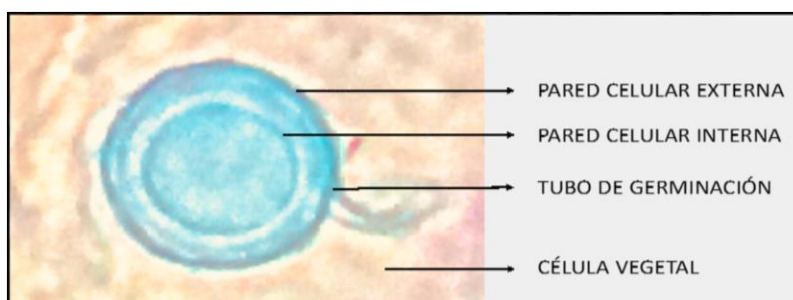


Figura 6. Espora micorrizica germinada en células radiculares evaluadas. Tomada por el Autor

4.1.1.4 Determinación mediante epidometria

- **Determinación de altura.** Los datos obtenidos a partir de las lecturas bimestrales por individuo en el bioensayo, para la variable de altura en centímetros (cm), fueron plasmados en una base de datos que contenía las fechas de programación y de ejecución, dichos datos fueron

representados mediante gráficas con líneas de tendencia por especie, en las cuales se evidenció el progreso en cuanto al crecimiento en altura de las especies arbóreas evaluadas durante sus primeros catorce meses establecimiento. A continuación, se asocian las gráficas obtenidas de cada uno de las especies evaluadas.

Ciro (*Braccharis macrantha*): para esta especie se representa el comportamiento de la especie a través del tiempo evaluado 20/09/2016 al 10/10/2017:

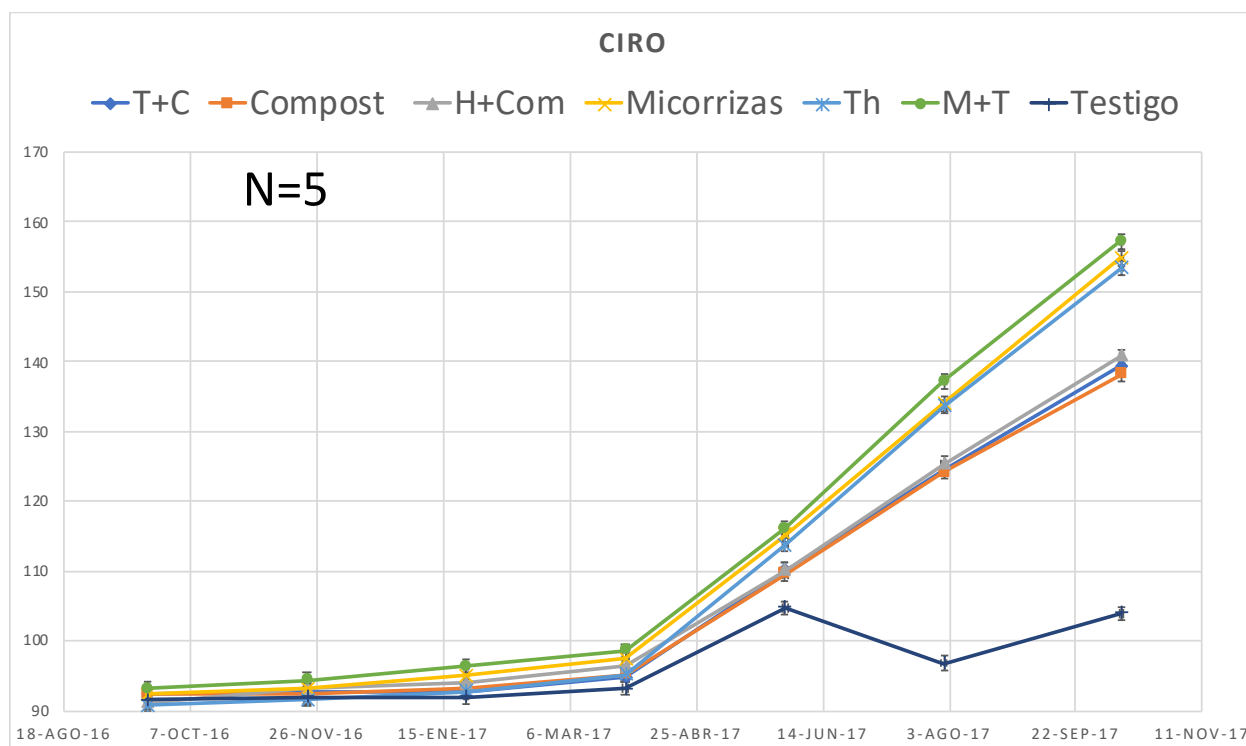


Figura 7. Altura **Ciro (*Braccharis macrantha*)**. Elaborada por el Autor

Corono (*Xylosma spiculifera*): para esta especie se representa el comportamiento de la especie a través del tiempo evaluado 20/09/2016 al 10/10/2017:

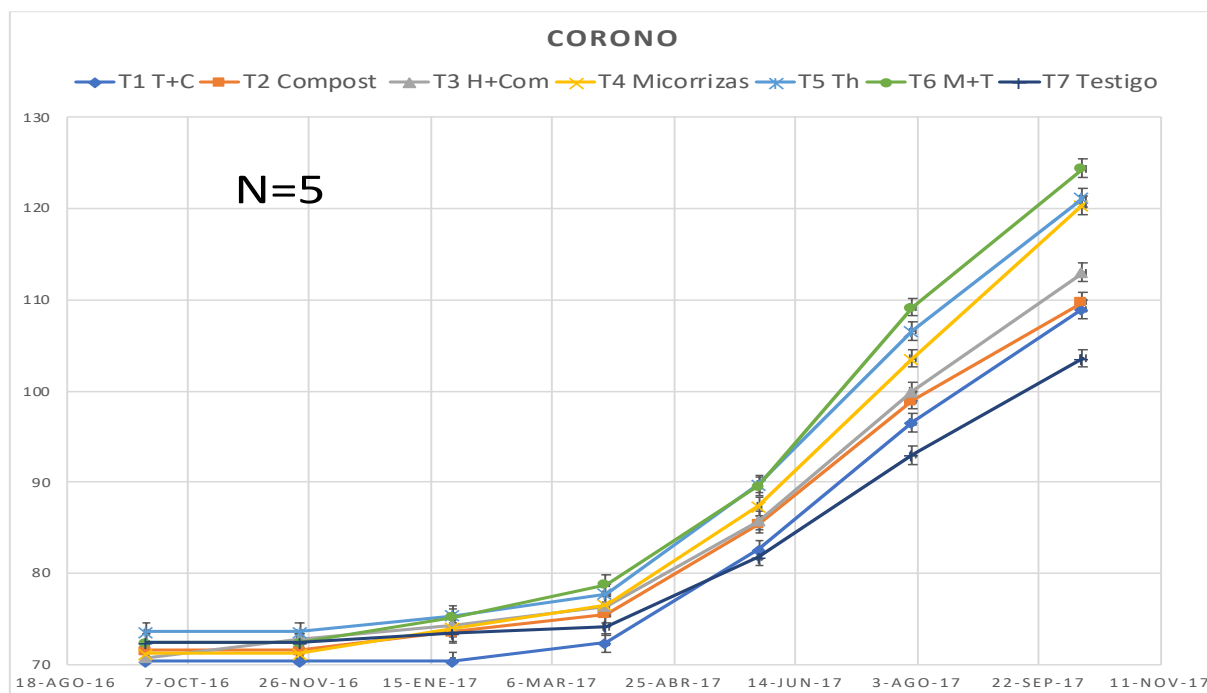


Figura 8. Altura Corono (*Xylosma spiculifera*). Elaborada por el Autor

Durante los primeros cuatro meses se evidencian dos tiempos de evaluación, donde las gráficas representan un período homogéneo en cuanto al avance de establecimiento y por ende del crecimiento, por lo tanto, se representó la gráfica para cada una de las especies a través del tiempo. Para así mismo observar la tendencia y el promedio de altura por especie de acuerdo a su arquitectura y morfología de crecimiento.

Con el ánimo de evidenciar la variación que este trabajo mostró, las gráficas se representaron por especie, para así mismo contrastar el comportamiento de cada uno de los tratamientos. A continuación se observa en la gráfica una tendencia asociada a la desaparición de la especie *Eugenia (Eugenia uniflora)*, lo que representa una tasa de mortalidad del 100% de la especie en el bioensayo.

***Eugenia (Eugenia uniflora)*:** para esta especie se representa el comportamiento de la especie a través del tiempo evaluado 20/09/2016 al 10/10/2017:

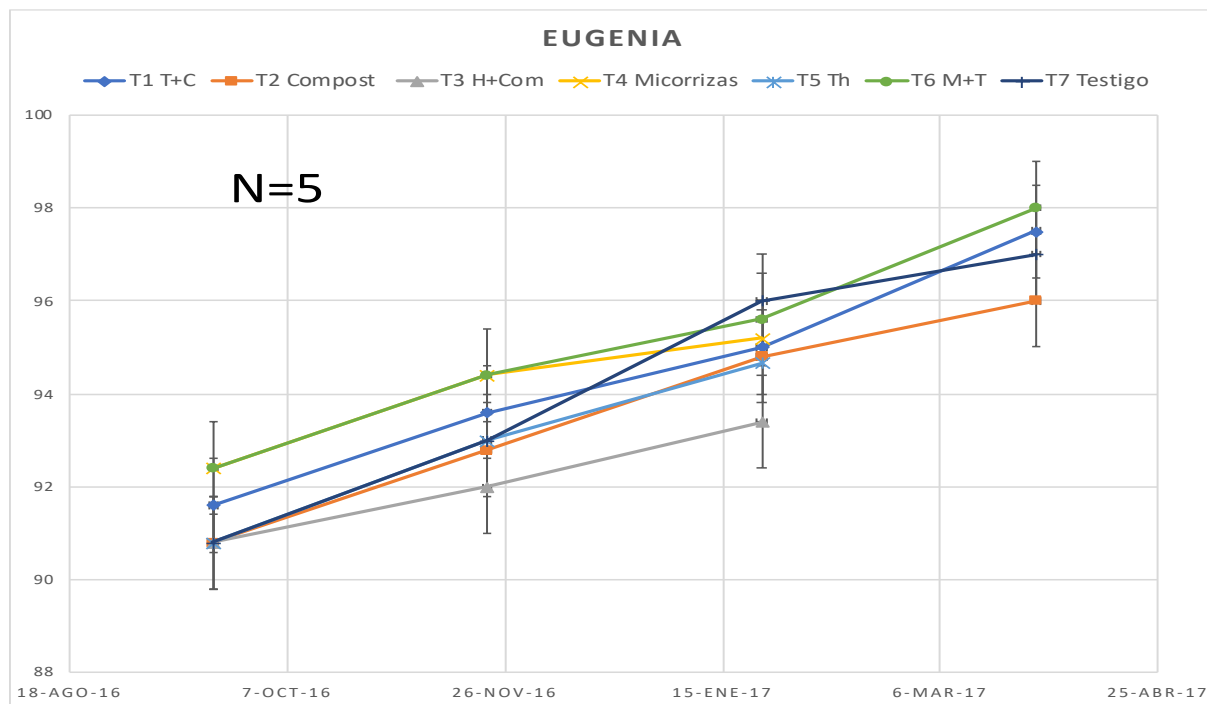


Figura 9. Altura Eugenia (*Eugenia uniflora*). Elaborada por el Autor

Garbancillo (*Duranta mutisii*): para esta especie se representa el comportamiento de la especie a través del tiempo evaluado 20/09/2016 al 10/10/2017:

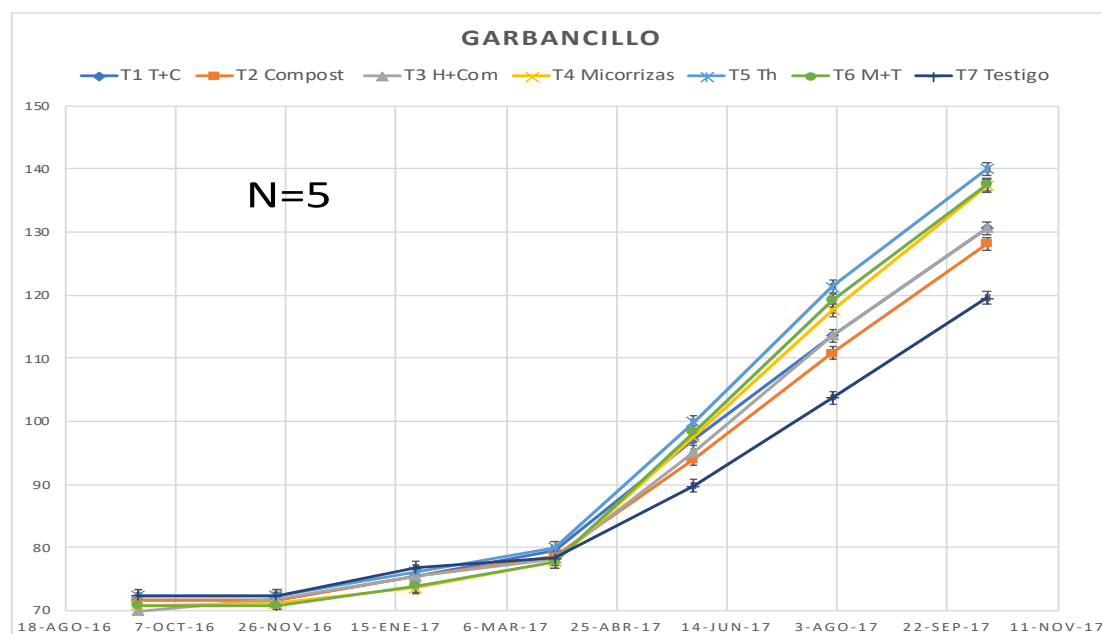


Figura 12. Altura Ligustro (*Ligustrum lucidum*). Elaborada por el Autor

Sauco (*Sambucus peruviana*): para esta especie se representa el comportamiento de la especie a través del tiempo evaluado 20/09/2016 al 10/10/2017:

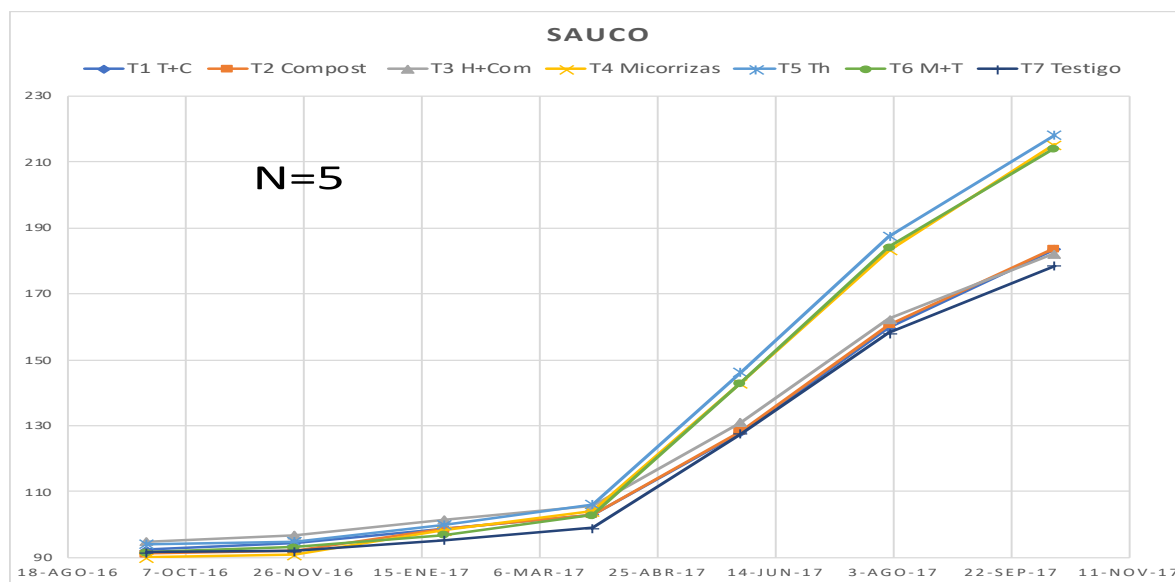


Figura 13. Altura Sauco (*Sambucus peruviana*). Elaborada por el Autor

A partir de estos resultados se conceptúa el análisis estadístico de los resultados por tratamiento en cada una de las especies. Además de ello en el Anexo C se evidencian las gráficas en barras representadas con su nivel de significancia de acuerdo con las salidas estadísticas.

- Determinación de volumen. Los datos obtenidos a partir de las lecturas bimestrales por individuo en el bioensayo, para la variable de volumen en centímetros (cm), fueron plasmados en una base de datos que contenía las fechas de programación y de ejecución, dichos datos fueron representados mediante gráficas que van desde el tiempo cero hasta el tiempo hasta el tiempo seis, en las cuales se evidenció el progreso en cuanto al aumento de volumen de copa de las especies arbóreas evaluadas durante su primer año de establecimiento. Es de importancia aclarar que esta variable es menos representativa debido a que el total de las especies presenta una

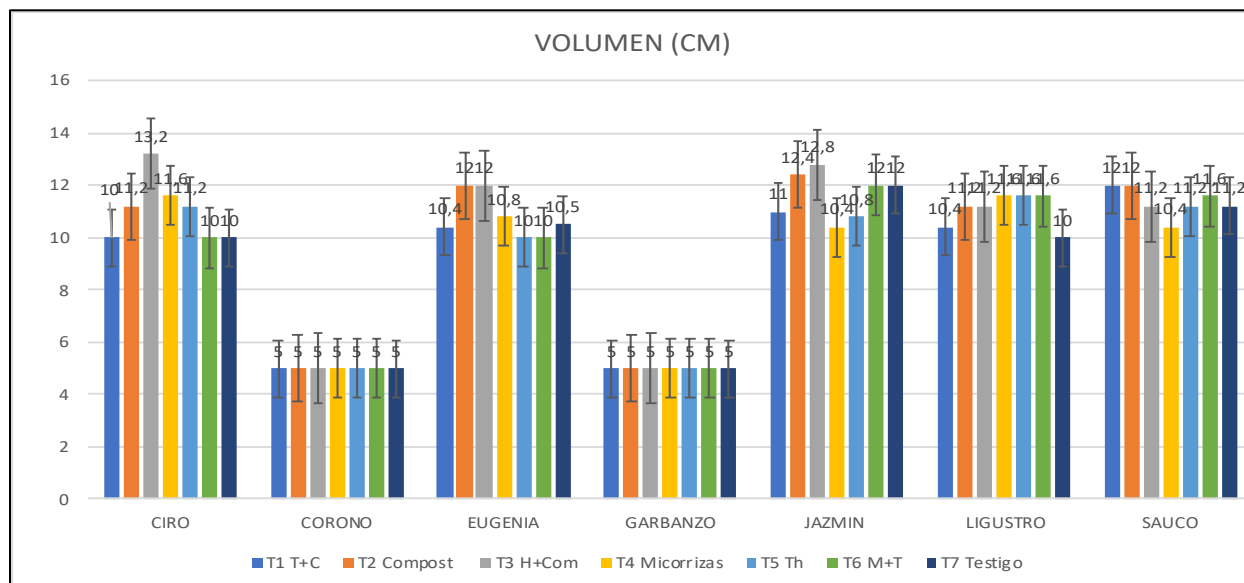


Figura 15. Tiempo uno (1), 22/11/2016. Elaborada por el Autor

Tiempo dos: para el tiempo dos se programó toma de datos para el 17/01/2017 y se ejecutó el 24/01/2017:

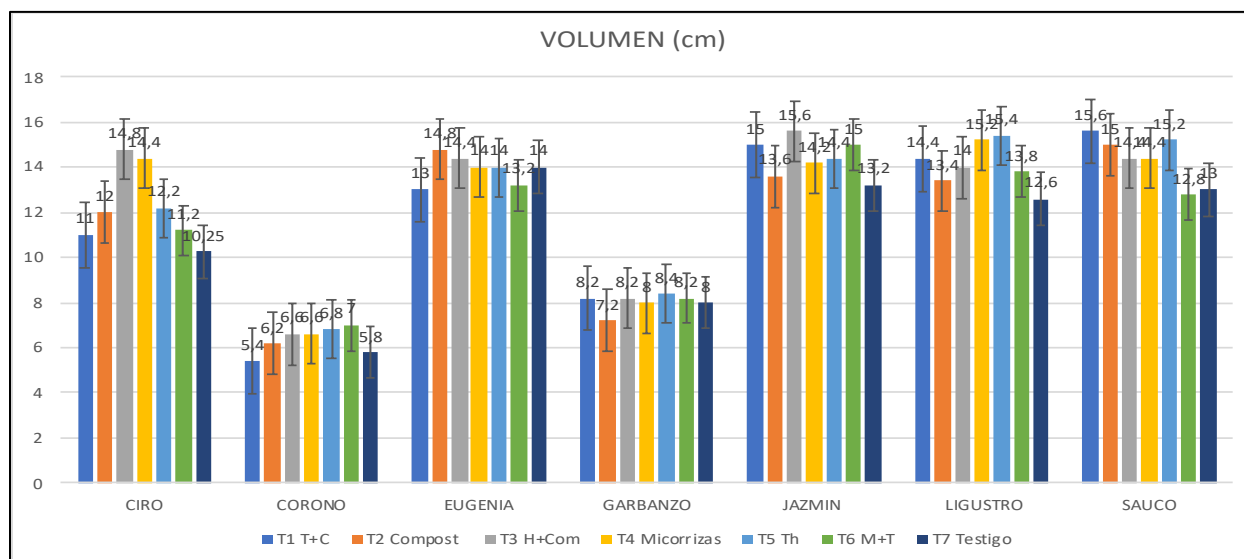


Figura 16. Tiempo dos (2), 24/01/2017. Elaborada por el Autor

Tiempo tres: para el tiempo tres se programó toma de datos para el 21/03/2017 y se ejecutó el 28/03/2017:

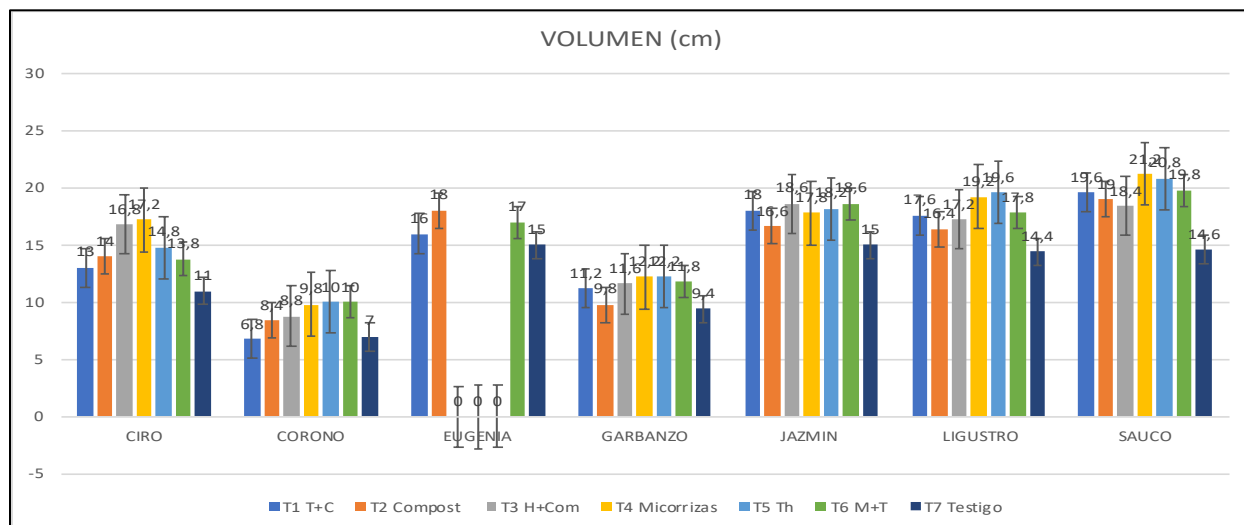


Figura 17. **Tiempo tres (3), 28/03/2017.** Elaborada por el Autor

Del tiempo cuatro en adelante, se observa en la gráfica la desaparición de la especie Eugenia (*Eugenia uniflora*), lo que representa una tasa de mortalidad del 100% de la especie en el bioensayo.

Tiempo cuatro: para el tiempo dos se programó toma de datos para el 23/05/2017 y se ejecutó el 30/05/2017:

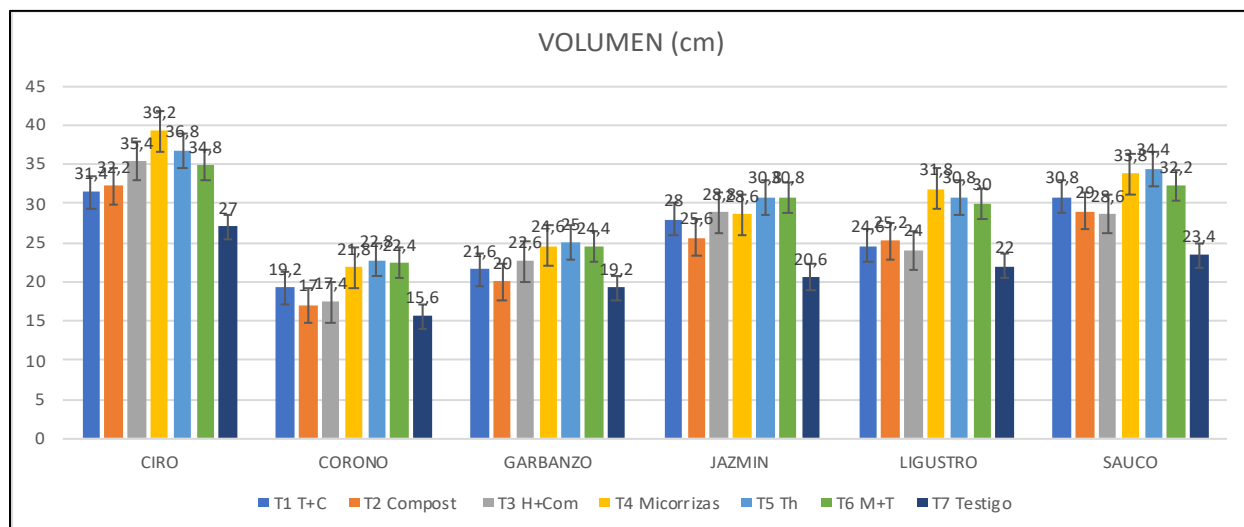


Figura 18. **Tiempo cuatro (4), 30/05/2017.** Elaborada por el Autor

Tiempo cinco: para el tiempo cinco se programó toma de datos para el 25/07/2017 y se ejecutó el 01/08/2017:

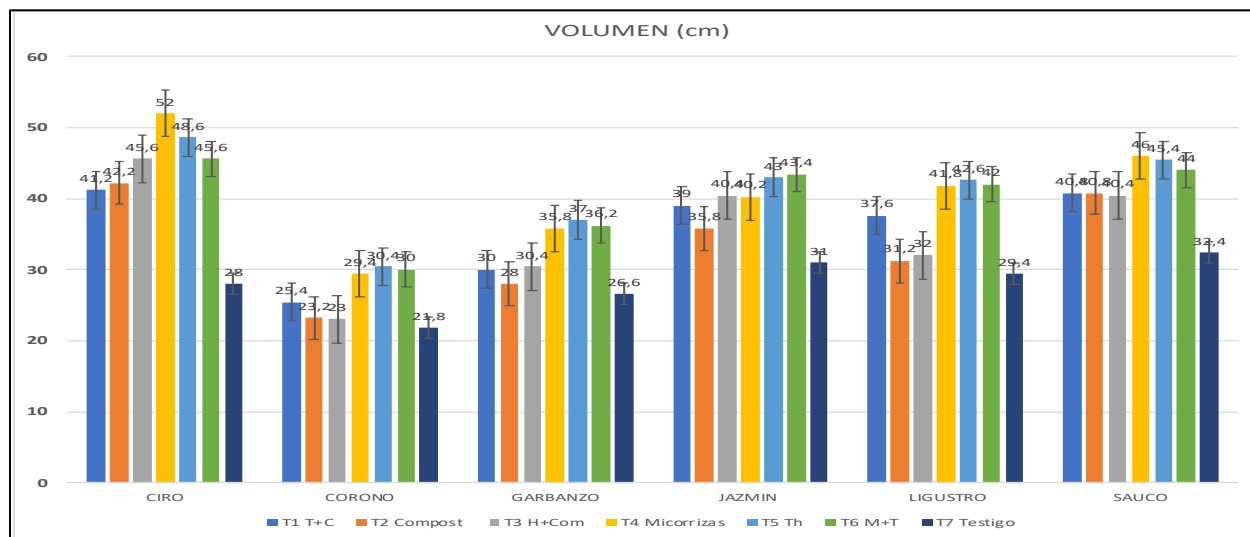


Figura 19. Tiempo cinco (5), 01/08/2017. Elaborada por el Autor

Tiempo seis (6): para el tiempo seis se programó toma de datos para el 27/09/2017 y se ejecutó el 10/10/2017:

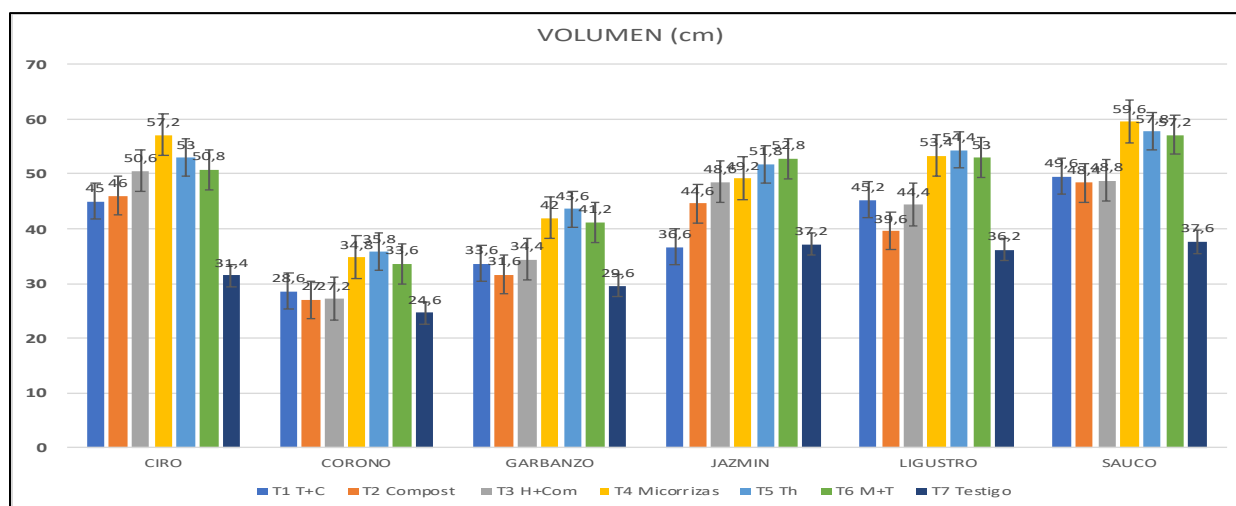


Figura 20. Tiempo seis (6), 10/10/2017. Elaborada por el Autor

Fotointerpretación. De lo evidenciado en las fotografías aéreas se resalta que, de acuerdo con la fotointerpretación, existen diferencias significativas entre los individuos que están dentro del bioensayo en cuanto al volumen de copa y la altura, lo que indicaría principalmente la promoción de crecimiento y adaptación. A continuación, se realiza la descripción de las fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra en el cual se visualiza la

fotografía a color y después en blanco y negro para que el contraste evidencie el avance fisiológico de los individuos.



Figura 21. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto primer escenario en color. Tomada por el Autor

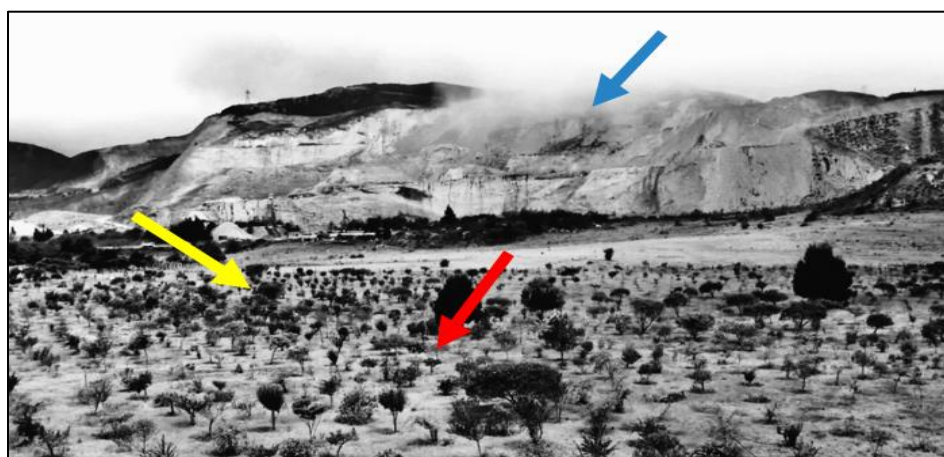


Figura 22. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto primer escenario en blanco y negro. Tomada por el Autor

En la figura 21, esta fotografía dirección norte – sur se fotointerpreta con la flecha azul ubicada en la parte superior, se denota el frente minero de mayor tamaño en la vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, dicho frente colindante con el Humedal Laguna de la Herrera y paralelamente adyacente a la plantación objeto de estudio. La flecha de color amarillo ubicada en

la parte izquierda muestra los individuos asociados al estudio donde se distribuyeron de manera aleatoria cada una de las réplicas componentes de los siete (7) Tratamientos del presente estudio, y la flecha roja señala los individuos con la misma edad, pero con un desarrollo fisiológico más lento con valores menores en cuanto a volumen de copa y altura.



Figura 23. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto segundo escenario en color. Tomada por el Autor

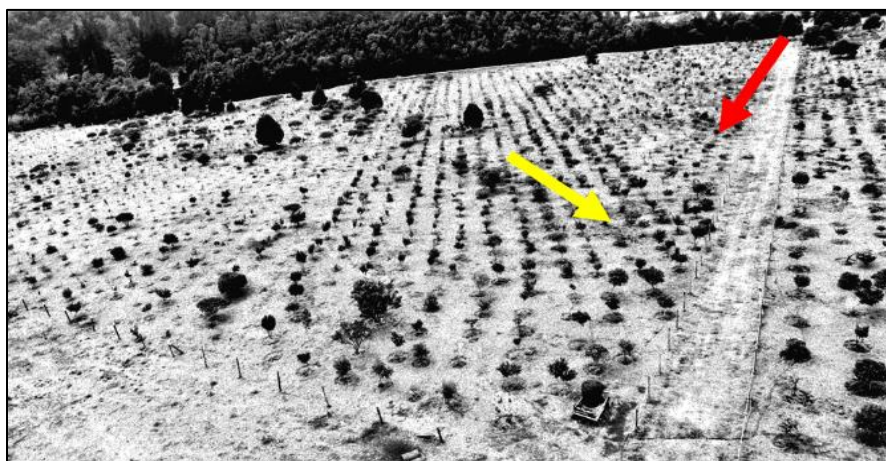


Figura 24. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto segundo escenario en blanco y negro. Tomada por el Autor

En esta fotografía con dirección norte – sur, se fotointerpreta con la flecha de color amarillo ubicada en la parte izquierda a los individuos asociados al estudio, y la flecha roja

señala los individuos con la misma edad, pero con un desarrollo fisiológico más lento.



Figura 25. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto tercer escenario en color. Tomada por el Autor

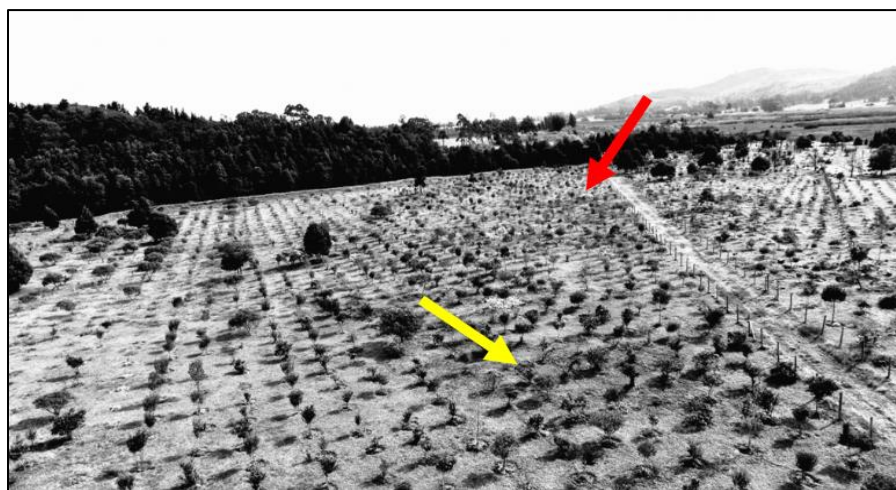


Figura 26. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto tercer escenario en blanco y negro. Tomada por el Autor

En esta fotografía con dirección norte – sur, se fotointerpreta con la flecha de color amarillo ubicada en la parte izquierda a los individuos asociados al estudio, y la flecha roja señala los individuos con la misma edad, pero con un desarrollo fisiológico más lento.



Figura 27. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto final. Tomada por el Autor



Figura 28. Fotografías evaluadas con un método de diferenciación de sombra. Foto final. Tomada por el Autor

En la fotografía final sin necesidad de señalización se denotan diferencias significativas que presentan los individuos que hacen parte del bioensayo, en la fotografía claramente se evidencian los individuos que presentan mayor crecimiento en cuanto a altura y volumen de copa, por ende, representan mayor cobertura vegetal e índice de producción de biomasa frente a los individuos que no fueron inoculados en su atapa de establecimiento.

- Presentación de avances en el Seminario Nacional De Ambiente – Innovación

Ambiental. El avance de los resultados obtenidos en el presente trabajo fue presentado mediante poster y presentación corta en el seminario nacional de ambiente – innovación ambiental, llevado

a cabo el 18 de mayo de 2018 en la Universidad del Bosque, el cual fue organizado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR en cabeza del Laboratorio de innovación ambiental.

Durante la presentación del avance se mostró el objeto principal del proyecto, el marco teórico y el avance de resultados en cuanto a la evidencia fotográfica de la aparición de estructuras fúngicas asociadas a micorrizas en las raíces evaluadas. El público realizó varias consultas en cuanto a si en campo se evidenció una real evidencia de la promoción de crecimiento mediante el uso de microorganismos, a lo cual la respuesta fue asociada principalmente a la evidencia positiva en cuanto observación ya que a la fecha no se contaba con el análisis estadístico, el cual ratifica la promoción del crecimiento.

Finalmente, la presentación se realizó manifestando la participación de la Universidad de Cundinamarca como fuente de investigación mediante el programa de Maestría en Ciencias Ambientales y la Secretaría de Ambiente de Mosquera – Cundinamarca, como ente promotor del mejoramiento técnico para la recuperación de los ecosistemas estratégicos como fuente de biodiversidad del municipio.



Figura 29. Presentación de avances en el Seminario Nacional de Ambiente – Innovación Ambiental. Tomada por el Autor

4.2 Discusión de Resultados

De acuerdo con la metodología y con el ánimo de evidenciar el efecto de estimulación al crecimiento y adaptación que tienen las micorrizas arbusculares (HMA) y *Trichoderma* spp., sobre las especies arbóreas seleccionadas en el Humedal Laguna de la Herrera, se llevaron a cabo de manera paralela dos metodologías que se complementaron con una metodología final de fotointerpretación. La primera mediante estudios microscópicos antes y después de la inclusión de los microorganismos seleccionados (micorrizas y *Trichoderma* spp.). La segunda una evaluación de epidometría que evidenciará la diferencia entre los tratamientos convencionales y el uso de estos microorganismos.

En el desarrollo de la primera fase se realizaron rastreos bajo el microscopio para verificar la presencia o ausencia de cepas nativas de microorganismos simbiotes endófitos de la raíz, donde el primer hallazgo en el polígono seleccionado fue la ausencia de microorganismos simbiotes de la raíz, tal y como se describe en el resultado 4.1.2. De acuerdo con el polígono seleccionado y como lo menciona Pera & Parladé (2005), la pérdida de la cobertura vegetal por razones naturales o de actividad antrópica, produce la desaparición de las poblaciones nativas de las poblaciones fúngicas como las micorrizas.

Trascurrido un año después de la inoculación en campo, se realizó el rastreo de estructuras fúngicas, donde se evidenciaron estructuras micorrizicas, específicamente en estado de división y con tubos de germinación, lo que permitió establecer con certeza la presencia de en los tratamientos evaluados y por ende la simbiosis esperada. En el caso de *Trichoderma* spp., no se evidenció ninguna estructura por lo cual se pueden mencionar varios factores que impidieron su aparición, el primer factor se asocia al requerimiento de protocolos de laboratorio con

herramientas más finas de identificación que permitan evidenciar las estructuras de *Trichoderma* spp., ya que de acuerdo con los resultados de epidimetría en los tratamientos que involucraban este microorganismo arrojaron resultados positivos en cuanto al desarrollo fisiológico de los individuos arbóreos, específicamente en el tratamiento numero 5 donde en el tiempo cero se evidencia homogeneidad de los individuos arbóreos y en el tiempo siete se evidencian diferencias significativas con respecto al control y a los tratamientos convencionales los cuales no involucran microorganismos.

Para la evaluación estadística de la epidimetría se caracterizaron dos grupos principales por especie en los resultados de altura y volumen de copa, el primero asociado a los tratamientos convencionales que no incluyen microorganismos y el segundo con tratamientos que involucra las micorrizas y *Trichoderma* spp., presentando así el mejor resultado la inoculación con microorganismos, estos dos grupos con diferencias significativas de crecimiento con respecto al testigo.

En cuanto a la fotointerpretación, se logró consolidar de manera gráfica el efecto de adaptación y crecimiento que tienen los hongos micorrizicos y *Trichoderma* spp., sobre especies arbóreas en etapa de establecimiento en áreas degradadas, principalmente asociadas a zonas xerófilas, tal y como lo describen Monroy, Estevez, Torres, García y Rios (2007) quienes evaluaron especies vegetales inoculadas con micorrizas durante un año en una zona degradada asociada al matorral xerófilo, cuyos resultados demostraron que la micorrización aumenta de manera significativa la supervivencia de las especies vegetales entre un 18 a un 54% y además favoreció el incremento en cuanto a la altura de las especies, reafirmando los resultados obtenidos en la presente investigación, de igual forma Allen, Allen, Egerton, Cordiki & Gómez, (2003), realizaron una evaluación en bosque tropical en etapa de establecimiento, donde

demonstraron que las micorrizas favorecieron el crecimiento de las especies arbóreas tanto en etapas tempranas como tardías de desarrollo fisiológico.

La comparación gráfica de los datos obtenidos en la epidometría de altura y volumen, muestran claramente un periodo de adaptación donde no hay variación de los individuos evaluados durante las primeras cuatro lecturas en el tiempo, es decir no se evidenciaron cambios significativos desde el 20/09/2016 hasta el 30/05/2017, asociado a ello se puede afirmar que el periodo de enraizamiento de los individuos en este caso específico puede durar aproximadamente siete meses, Salisbury y Ross (1991) afirman que “(...) Los fisiólogos ambientales estudian las respuestas de las plantas al ambiente físico. (...) las variaciones cíclicas de minerales y el flujo de energía a través de los ecosistemas” (p.67). De acuerdo con ello, el primer paso fisiológico para las especies vegetales después de un trasplante es el enraizamiento, ya que este es el sistema mediante el cual se absorbe agua y minerales, además del anclaje de estabilidad arquitectónica según la morfología de la especie, “En la mayoría de las especies, la germinación de la raíz comienza con la protrusión de la radícula o raíz embrionaria, y no del epicotilo o tallo, a rara vez de la cubierta de la semilla (...)” (Bewley y Black, 1978; Feldman, 1984, citado por Salisbury y Ross, 1991).

A partir de la quinta lectura 01/08/2017 y hasta el final de la medición 10/10/2017, en el análisis gráfico se denota la conformación de dos grupos característicos en los tratamientos evaluados. El grupo A referente a la inoculación T4,T5,T6 y el grupo B referente a los tratamientos convencionales T1,T2,T3 donde según la gráfica de tiempo 7, en todas las especies arbóreas evaluadas, el desarrollo fisiológico fue mayor en los individuos inoculados con los microorganismos seleccionados. En este sentido y de acuerdo con el análisis estadístico se afirma que, por especie evaluada, teniendo en cuenta que el grupo A hace referencia a los

tratamientos que fueron inoculados y el grupo B a los tratamientos convencionales:

Para el caso de Ciro (*Braccharis macrantha*), el grupo A presenta un 51,1% de mayor crecimiento en altura y 82,1% en volumen de copa, y el grupo B un 35,38% en altura y un 61,14% más, en comparación con el testigo.

Para el caso de Corono (*Xylosma spiculifera*), el grupo A presenta un 20,07% de mayor crecimiento en altura y un 82,1% en volumen de copa, y el grupo B un 10,9% en altura y un 16,2% más, en comparación con el testigo.

Para el caso de Eugenia (*Eugenia uniflora*), no se determinaron los porcentajes de evaluación debido a que todas las réplicas del bioensayo presentaron etapa senescente durante el periodo de crecimiento radicular, para lo cual podemos concluir un comportamiento inadaptativo de esta especie en el polígono seleccionado para el bioensayo. Se puede afirmar el grado de inaptitud teniendo en cuenta lo descrito por Salisbury y Ross (1991. P626) “Con más frecuencia, las respuestas de las plantas no solo se inician por un cambio ambiental, si no que le grado de cambio determina el grado de respuesta (...), teniendo en cuenta lo anterior podemos afirmar que esta especie no encontró las variables ambientales suficientes para lograr algún grado de adaptabilidad en la zona específica.

Para el caso de Garbancillo (*Duranta mutisii*), el grupo A presenta un 17% de mayor crecimiento en altura y un 47,29% en volumen de copa, y el grupo B un 10,9% en altura y un 11,2% más, en comparación con el testigo.

Para el caso de Jazmín (*Pittosporum undulatum*), el grupo A presenta un 38,92% de mayor crecimiento en altura y un 41,93% en volumen de cop, y el grupo B un 26,12 en altura y un 30,64% más, en comparacion con el testigo.

Para el caso de Ligustro (*Ligustrum lucidum*), el grupo A presenta un 22,2% de mayor

crecimiento en altura y un 15,02% en volumen de copa, y el grupo B un 10,5% en altura y un 24,86% más, en comparación con el testigo.

Para el caso de Sauco (*Sambucus peruviana*) el grupo A presenta un 23,55% de mayor crecimiento en altura y un 58,51% en volumen de copa, y el grupo B un 10,27% en altura y un 31,91% más, en comparación con el testigo.

Tabla 4. Porcentajes de desarrollo mayor con respecto al testigo.

Especie	Grupo A (altura) %	Grupo A (vol de copa) %	Grupo B (altura)%	Grupo B (vol de copa)%
Ciro (<i>Braccharis macrantha</i>).	51,1	82,1	35,38	61,14
Corono (<i>Xylosma spiculifera</i>)	20,07	82,1	10,9	16,
Eugenia (<i>Eugenia uniflora</i>)	N/A	N/A	N/A	N/A
Garbancillo (<i>Duranta mutisii</i>)	17	47,29	10,9	11,2
Jazmín (<i>Pittosporum undulatum</i>)	38,92	41,93	26,12	30,64
Ligustro (<i>Ligustrum lucidum</i>)	22,2	15,02	10,5	24,86
Sauco (<i>Sambucus peruviana</i> Kunth)	23,55	58,51	10,27	31,91

Nota: Elaborada por el Autor

En todos los casos los tratamientos que contienen las micorrizas y *Trichoderma* spp., presentan un mayor crecimiento con respecto al testigo y los tratamientos convencionales de siembra, lo que finalmente representa todos los autores citados en el presente trabajo.

En este sentido, se evidencia que una vez más sin importar las condiciones adversas al desarrollo fisiológico propiamente dicho, los microorganismos juegan un papel de vital importancia para inducir y/o favorecer la adaptación y el crecimiento de las especies vegetales, especialmente en áreas degradadas en ecosistemas estratégicos que son objeto de restauración con individuos arbóreos, manifestado por Argumedo, Alarcón, Ferrera & Peña (2009), quienes realizaron una revisión donde concluyen y exponen el potencial de algunas especies del género *Trichoderma* spp., en suelos degradados. Stewart y Hill (2014) concluyen también que diferentes

especies del genero *Trichoderma* spp., estimulan el crecimiento de un largo número de especies de diferentes plantas donde dicha promoción del crecimiento se da en la asociación física con las raíces y a la producción de hormonas de enraizamiento; como por ejemplo, el ácido indolacético, en cuanto a los hongos micorrizicos como lo afirma y evidencia Pera y Parladé (2005), los cuales afirman que las plantas inoculadas con estos hongos mostraron efectos positivos “(...) para la reforestación de zonas agrarias abandonadas, o la revegetación de suelos áridos con árboles y arbustos típicos (...)” (p.33). Los resultados publicados demuestran que la utilización de plantas micorrizadas mejoran la supervivencia y el crecimiento de las plantas tras su trasplante en campo, además que la utilización de plantas micorrizadas puede jugar un papel importante en la reforestación de zonas fuertemente alteradas por la actividad antrópica.

5. Conclusiones

Se comprobó que la inoculación con micorrizas y *Trichoderma* spp., a las especies seleccionadas favorece su crecimiento y adaptación en el polígono seleccionado del Humedal Laguna de la Herrera.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se determinó que las micorrizas y *Trichoderma* spp., son inductores de crecimiento, ya que los individuos arbóreos inoculados con ambos microorganismos, presentaron una tasa de crecimiento mayor a los tratamientos convencionales y mucho mayor con respecto al testigo.

Para la detección de las micorrizas se requiere un conocimiento previo de sus estructuras y modos de colonización de las raíces vegetales, complementada con el análisis de variables epidemiométricas.

Para la detección microscópica de *Trichoderma* spp., se requieren herramientas y técnicas de laboratorio más finas, que permitan su aislamiento e identificación, ya que con la tinción con azul de tripan de Philips y Hayman 1970 no fue posible evidenciar ninguna estructura de colonización.

Las variables de epidemiometría son una buena herramienta para realizar la diferenciación entre tratamientos y las especies evaluadas, ya que de allí se desprende una gran cantidad de datos que permiten evidenciar la variación con un bajo porcentaje de error.

Con este trabajo se brinda la pauta general para normalizar un protocolo de establecimiento

de las especies arbóreas evaluadas, donde como implementación principal, sea la inoculación de microorganismos para garantizar la sobrevivencia en etapas fenológicas de establecimiento en suelos degradados o altamente impactados por su adyacencia con frentes mineros asociados a la extracción de material pétreo a cielo abierto.

Este trabajo comprobó que los microorganismos como las micorrizas y *Trichoderma* spp., como seres simbioses naturales de las plantas, juegan un papel muy importante para mejorar los ciclos biológicos involucrados en la adaptación y crecimiento de los bosques asociados a la sesión inducida, especialmente en áreas de recuperación con suelos degradados.

Los avances de este trabajo fueron presentados mediante ponencia y poster en el Seminario Nacional de Medio Ambiente - Innovación ambiental, llevado a cabo en la universidad del Bosque el 18 de mayo de 2018.

Se adaptaron metodologías que permitieron realizar la verificación microscópica de las colonias de hongos micorrízicos arbusculares, no obstante, se requiere adaptar metodologías que permitan la observación, de colonias de *Trichoderma* spp.

El registro asociado a la fotointerpretación y el análisis de las variables epidométricas permitió evaluar la diferencia entre los polígonos seleccionados.

6. Recomendaciones

El uso de los microorganismos en general, es una ciencia aplicable que favorece la bioprospección y por ende la conservación en los ecosistemas terrestres, por lo cual surge la necesidad que desde la academia y en conjunto con las instituciones públicas y privadas se fortalezcan las líneas de investigación que le apunten a desarrollos innovadores con biotecnología aplicada en campo.

Adicional a lo anterior, la dinámica de desarrollo de los bosques Andinos puede tardar de 30 a 50 años para su consolidación, por lo tanto, es de suma importancia investigar sobre procesos que favorezcan el crecimiento de todas las especies vegetales que hacen parte de dicha dinámica.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo 23. (2006). *Por el cual se declara Reserva Hídrica el Humedal de la Laguna de la Herrera, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones.*
Bogotá: El Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.
- Acuerdo 32. (2013). *Por el cual se adopta la revisión y ajusta del Plan Básico de ordenamiento territorial del Municipio de Mosquera – Cundinamarca .* Mosquera - Cundinamarca:
Consejo Municipal.
- Adams,P ; De-Leji & Lynch,J. (2007). Trichoderma Harzianum Rifai 1295-22, Mediates Growth Promotion of Crak Willow (Salix fragilis) Saplings in Both Clean and Metal-Contaminated Soil. *Microbial Ecology*, 54 (2), 306-13.
- Allen,A ; Allen,M ; Egerton, L ; Cordiki, L. & Gómez,A. (2003). Impacts of early-and late-seral my-orrhizae during restoration in seasonal tropical forest. *Ecological Applications*, 21 (13), 1701-1717.
- Argumedo,R ; Alarcón,A ; Ferrera & Peña,J. (2009). El género fúngico trichoderma y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. *Revista Int. Contam. Ambient.*, 25 (4) 257-269.
- Barrera,S. (2009). *El uso de Hongos Micorrízicos Arbusculares como una Alternativa para la Agricultura.* Santander - Colombia : Universidad Industrial de Santander.

- Bastienne, J ; Gayoso, J & Guerra. (2000). *Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial, Manual de Procedimientos Muestras de Biomasa Forestal*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Cepero de Garcia, M ; Beltran, C & Cotes, A. (2006). *Detección de *Olpidium brassicae* en raíces de fique (*Fuecraea sp*), como posible vector de la raya necrótica del fique*. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica.
- Chun; Fei Zhang ; Jian ; Srivastava, Qiang; Sheng Wu & Ying. (2018). *Micorrhiza stimulates root-hair growth and IAA synthesis and transport in trifoliolate orange under drought stress*. College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, . China.
- Conceptode. (2019). *Definición de ambiente*. Obtenido de <https://concepto.de/ambiente-2/#ixzz5MgqVHqFJ>
- Constitución Política de Colombia. (1991). *Presidencia de la República*. Bogotá: Impreandes .
- Decreto 3570. (2011). *Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Congreso de la República.
- Decreto 3600. (2007). *Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo*. Bogotá: Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Ecured. (2017). *Espora*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Espora>
- EOI. (2018). *Escuela de Organización Industrial. Desarrollo sostenible* . Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2013/04/16/¿que-es-el-desarrollo-sostenible/>

- Fallas,J. (2012). *Analisis de Varianza, comparando tres o mas medidas, bajo licencia CC BY-NC-SA de —Creative Commons*. . Argentina.
- Flores, C & Cuenca. (2004). Crecimiento y dependencia micorrízica de la especie pionera y polenectarífera *Oyedaea verbesinoides* (tara amarilla). *Asteraceae. Interciencia*, 29(11), 632- 637.
- Forero,C. (2018). *Anova*. Obtenido de <http://e-stadistica.bio.ucm.es/glosario2/anova.html>
- Frank. (1885). *Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze* . Londres.
- Glonata. (2016). *Ecosistemas Estratégicos y biodiversidad*. Obtenido de <http://glonata28.blogspot.com.co/2006/02/definicion-de-ecosistemas-estrategicos-y.html>
- Glosarios. (2019). *Arbúsculo*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/biologia-vegetal/arbuculo>
- Goosen, D. (1968). *Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Guba, E. (1990). *The paradigm dialog*. Texas: SAGE Publications. .
- Harman, G ; Howell, A ; Viterbo, I; Chet & Lorito. (2004). Trichoderma species -opportunistic, a virulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 7 (2): 43-56.
- Hawksworth,D. (2001). La magnitud de la diversidad de hongos: la estimación de 1.5 millones de especies revisada. *Mycological Research*, 10(12), 1422 - 1432.
- Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66(1), 133-144.
- Honrubia,M. (2009). *Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años*. Murcia - España: Universidad de Murcia.

- Howell,C. (2003). Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Southern Plains Agricultural Research Center* , 87(1), 4-10.
- Imaña,J. (2008). *Epidometría forestal*. Brasil: Universidad de Brasilia.
- Iturbe,U. (2010). Adaptaciones y adaptación biológica. *Revista Evolución* , 5(1), 5-12.
- Johnson, N ; Graham, J & Smith, F. (1997). Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism–parasitism continuum. *New Phytologist*, 67 (135), 575–585.
- Kirk , P; Cannon , P ; Minter , D & Stalpers , J. (2008). *Diccionario de los hongos de Ainsworth y Bisby*. Reino Unido: CABI .
- Ley 1382. (2010). *Por el cual se modifica la ley 685 de 2001 Código de Minas*. Bogotá: Congreso de Colombia.
- Ley 1450. (2011). *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014*. Bogotá: Congreso de la República.
- Ley 1753. (2015). *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.
- Ley 685. (2001). *Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.
- Margalef, R. (1995). *Aplicacions del caos matemàtic determinista en ecologia*. España: Universitat de Barcelona.
- Margulis . (1981). *Symbiosis in Cell Evolution*. Texas: Mc Graw Hill.
- Margulis, L . (1988). *Planeta Simbiótico, un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Madrid – España: A & M Gráfico, S. L.
- Margulis, L . (1998). *El Origen de la Célula*. Barcelona: Editorial Reverte S.A.

- Margulis,L. (2002). *Planeta simbiótico* . México: Ecoe ediciones .
- Martinez, M ; Quesada, G ; Solis, K ; Bravo, V; Suarez,C y Ronquillo, M. (2015). *Mejore las raíces de sus palmas usando Trichoderma. Boletín Técnico número 11*. Ecuador: Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera – ANCUPA.
- Molina, M ; Maecha,L y Medina,M. (2005). Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18 (2), 21-32.
- Monrroy, A ; Estevez,J ; Torres., R ; García,S & y Rios,R. (2007). *Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado*. México: Unidad de investigación en Ecología Vegetal. Universidad Autónoma de Mexico.
- Mueller,J. (2004). *Clasificación, diversidad y conservación de los hongos. Jardín Botánico de Chicago. Presidente del Grupo de Especialistas de Hongos, Soportes y Puffball de la UICN*. Medellín - Colombia: VIII congreso Latinoamericano de Micología.
- Muñoz, E ; Macías,C; Franco, A ; Sánchez, E ; Jiménez, J & González,J. (2009). Identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo. *Terra Latinoamericana*, 27 (12), 355-361 .
- Naranjo,L ; Andrade & Ponce de León. (1999). *Humedales Interiores de Colombia: Bases técnicas para su conservación y uso sostenible*. . Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Ministerio del Medio Ambiente.
- Osorio,D ; Beltran,C ; Satoque,L ; Cepero de Garcia & Gonzalez, C. (2001). *Conocimiento del agente causal: Virus Y vector de la enfermedad de la macana*. Bogotá.
- Palenzuela. J ;Azcón,C ; Figueroa,D; Caravaca,F; Roldan, A & Barea. J. (2012). Effects of

- mycorrhizal inoculation of shrubs from Mediterranean ecosystems and composted residue application on transplant performance and mycorrhizal developments in desertified soil. *Bio Fertil Soils*, 7(11),10-23.
- Pera,J & Parladé,J. (2005). Inoculación controlada con hongos ectomicorrizicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. *Revista Investigación Agraria*, 14(3), 419-433.
- Pérez, J & Read, D. (2004). Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Revista Interciencia*, 29(5), 239-247.
- Pérez,D. (2015). *inóculo*. Obtenido de <https://www.onsalus.com/definicion-de-inoculo-18541.html>
- Phillips,J & Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 12 (55), 158-161.
- Política Nacional para Humedales interiores de Colombia. (2002). Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- RAE. (2014). *Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, Versión electrónica de la 23.a. edición*. España: Real Academia Española.
- Ramsar. (1971). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*. Paris.
- Ramsar. (1999). *Septima Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. San José (Costa Rica).
- Ramsar. (2002). *Octava Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención de Ramsar*. Valencia - España.

- Read, D. (1999). *Mycorrhiza*. Texas: Mc Graw Hill.
- Resolución 0157 . (2004). *Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención Ramsar*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 1128. (2006). *Por la cual se modifica el artículo 10 de la Resolución 839 de 2003 y el artículo 12 de la Resolución 0157 de 2004 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 196. (2006). *Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial .
- Romero,M ; Cabrera,E & Ortiz,N. (2008). *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007*. Bogotá: Instituto de Investigación Alexander von Humboldt.
- Salisbury,F & Ross,C. (1991). *Fisiología Vegetal*. Mexico : Universidad Autónoma de Mexico (UNAM)., .
- Saville, D. (1990). Multiple comparison procedures: the practical solution. *The American Statistician*, 44(2), 174-180.
- Seguel, A; Rubio, R; Carrillo, R; Espinosa, A & Borie, F. (2008). Niveles de glomalina y su relación con características químicas y biológicas del suelo (andisol) en un relicto de bosque nativo del sur de Chile. *Revisita Bosque*, 29(1), pp. 11-22.
- Sentencia C-582. (1997). *Magistrado Ponente Dr. José Gregorio Hernández Galindo*. Bogotá: Corte Constitucional.
- Shoresh & Harman. (2008). *La base molecular de las respuestas de brotes de las plántulas de maíz a Trichoderma harzianum T22 Inoculación de la raíz: un enfoque proteómico*.

Obtenido de <http://www.plantphysiol.org/content/147/4/2147.short>

- Sid Ahmed, A ; Ezziyyani, M & Pérez Sánchez, C. (2003). Efecto de la quitina en la actividad de control biológico de *Bacillus* spp. y *Trichoderma harzianum* contra la enfermedad de la pudrición de la raíz en plantas de pimiento. *Revista Europea de Fitopatología*, 109(86), 633-637.
- Silva, Simoes, Valadares, Sousa, Costa y Oehl. (2014). Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Successional Stages of Caatinga in the Semi-Arid Region of Brazil. *Tevista Ciencia Forestal*, 24 (1), 137-148.
- Smith, S. & Read, D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Texas: Mc Graw Hill.
- Stewart,A & Hill,R. (2014). *Applications of Trichoderma in Plant Growth Promotion*. Bio-Protection Research Centre. Lincoln University,.
- Taylor,R ; Remy,W ; Hass, & Kerp, H. (1995). Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian. *Mycologia*, 21 (87), 560-573.
- The Free Dictionary. (2019). *Compost*. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/compost>
- Toro,A & Rivillas,A. (2012). *Trichoderma ssp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. Chinchiná, Caldas: Boletín técnico - Cenicafé. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Federación Nacional de Cafeteros.
- Wang, B & Qiu, Y. (2006). Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299-363, 11 (16), 299-363.
- Wilkinson,D. (2001). Mycorrhizal evolution. *Trends Ecol. Evolut*, 12 (16), 64-65.
- Zhang, C ; Druzhinina,C & Kubick, T. (2005). *Trichoderma* biodiversity in China: evidence for a north to southern distribution of species in East Asia. *FEMS Microbiology Letters*, 33 (12) 251-257.

Anexos

Anexo A. Salidas Estadísticas, lectura 1 – tiempo 0

- Ciro – Altura (nivel significancia 0,05)

⌵

ANOVA

Altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	20,800	6	3,467	,843	,548
Dentro de grupos	115,200	28	4,114		
Total	136,000	34			

□

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,8000	1,2829	,626
	Compost	Testigo	,8000	1,2829	,626
	H+com	Testigo	-,4000	1,2829	,925
	Micorrizas	Testigo	,8000	1,2829	,626
	Th003	Testigo	-,8000	1,2829	,965
	M+T	Testigo	1,6000	1,2829	,343

⊕

			Subconjunto para alfa = 0.05
	Tratamiento	N	1
Tukey B ^a	Th003	5	90,800
	H+com	5	91,200
	Testigo	5	91,600
	T+C	5	92,400
	Compost	5	92,400
	Micorrizas	5	92,400
	M+T	5	93,200
Duncan ^a	Th003	5	90,800
	H+com	5	91,200
	Testigo	5	91,600
	T+C	5	92,400
	Compost	5	92,400
	Micorrizas	5	92,400
	M+T	5	93,200
	Sig.		,114

- **Ciro – volumen (nivel significancia 0,05)**

ANOVA

Altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	41,371	6	6,895	4,641	,002
Dentro de grupos	41,600	28	1,486		
Total	82,971	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de	Desv. Error	Sig.
			medias (I-J)		
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,0000	,7709	,857
	Compost	Testigo	1,2000	,7709	,226
	H+com	Testigo	3,2000*	,7709	,001
	Micorrizas	Testigo	1,6000	,7709	,096
	Th003	Testigo	1,2000	,7709	,226
	M+T	Testigo	,0000	,7709	,857

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Tukey B ^a	T+C	5	10,000	
	M+T	5	10,000	
	Testigo	5	10,000	
	Compost	5	11,200	11,200
	Th003	5	11,200	11,200
	Micorrizas	5	11,600	11,600
	H+com	5		13,200
	Duncan ^a	T+C	5	10,000
M+T	5	10,000		
Testigo	5	10,000		
Compost	5	11,200		
Th003	5	11,200		
Micorrizas	5	11,600		
H+com	5		13,200	
Sig.			,076	1,000

- Corono – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

Altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	36,571	6	6,095	2,602	,039
Dentro de grupos	65,600	28	2,343		
Total	102,171	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	-2,0000	,9681	1,000
	Compost	Testigo	-,8000	,9681	,980
	H+com	Testigo	-1,6000	,9681	,999
	Micorrizas	Testigo	-1,2000	,9681	,994
	Th003	Testigo	1,2000	,9681	,346
	M+T	Testigo	,0000	,9681	,857

		Subconjunto para alfa = 0.05		
	Tratamiento	N	1	2
Tukey B ^a	T+C	5	70,400	
	H+com	5	70,800	70,800
	Micorrizas	5	71,200	71,200
	Compost	5	71,600	71,600
	M+T	5	72,400	72,400
	Testigo	5	72,400	72,400
	Th003	5		73,600
	Duncan ^a	T+C	5	70,400
H+com		5	70,800	
Micorrizas		5	71,200	
Compost		5	71,600	71,600
M+T		5	72,400	72,400
Testigo		5	72,400	72,400
Th003		5		73,600
Sig.				,078

- Corono – Volumen (nivel significancia 0,05)

Avisos

Todas las desviaciones absolutas son constantes dentro de cada celda. Las estadísticas F de Levene no se pueden calcular.

ANOVA

Altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	6	,000	.	.
Dentro de grupos	,000	28	,000		
Total	,000	34			

- Eugenia – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

Altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17,371	6	2,895	,745	,618
Dentro de grupos	108,800	28	3,886		
Total	126,171	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,8000	1,2467	,618
	Compost	Testigo	,0000	1,2467	,857
	H+com	Testigo	,0000	1,2467	,857
	Micorrizas	Testigo	1,6000	1,2467	,328
	Th003	Testigo	,0000	1,2467	,857
	M+T	Testigo	1,6000	1,2467	,328

		Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamiento	N	1
Tukey B ^a	Compost	5	90,800
	H+com	5	90,800
	Th003	5	90,800
	Testigo	5	90,800
	T+C	5	91,600
	Micorrizas	5	92,400
	M+T	5	92,400
Duncan ^a	Compost	5	90,800
	H+com	5	90,800
	Th003	5	90,800
	Testigo	5	90,800
	T+C	5	91,600
	Micorrizas	5	92,400
	M+T	5	92,400
	Sig.		,274

- Eugenia –volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22,400	6	3,733	9,333	,000
Dentro de grupos	11,200	28	,400		
Total	33,600	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,0000	,4000	,857
	Compost	Testigo	1,6000*	,4000	,001
	H+com	Testigo	1,6000*	,4000	,001
	Micorrizas	Testigo	,4000	,4000	,452
	Th003	Testigo	-,4000	,4000	,988
	M+T	Testigo	-,4000	,4000	,988

		Subconjunto para alfa = 0.05		
	Tratamiento	N	1	2
Tukey B ^a	Th003	5	10,000	
	M+T	5	10,000	
	T+C	5	10,400	
	Testigo	5	10,400	
	Micorrizas	5	10,800	
	Compost	5		12,000
	H+com	5		12,000
	Duncan ^a	Th003	5	10,000
	M+T	5	10,000	
	T+C	5	10,400	
	Testigo	5	10,400	
	Micorrizas	5	10,800	
	Compost	5		12,000
	H+com	5		12,000
	Sig.		,083	1,000

- Garbanzo – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	23,771	6	3,962	1,083	,396
Dentro de grupos	102,400	28	3,657		
Total	126,171	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	-,8000	1,2095	,968
	Compost	Testigo	-,8000	1,2095	,968
	H+com	Testigo	-2,4000	1,2095	1,000
	Micorrizas	Testigo	-1,6000	1,2095	,995
	Th003	Testigo	,0000	1,2095	,857
	M+T	Testigo	-1,6000	1,2095	,995

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
Tukey B ^a	H+com	5	70,000
	Micorrizas	5	70,800
	M+T	5	70,800
	T+C	5	71,600
	Compost	5	71,600
	Th003	5	72,400
	Testigo	5	72,400
Duncan ^a	H+com	5	70,000
	Micorrizas	5	70,800
	M+T	5	70,800
	T+C	5	71,600
	Compost	5	71,600
	Th003	5	72,400
	Testigo	5	72,400
	Sig.		,094

- Garbanzo – volumen (nivel significancia 0,05)

Avisos

Todas las desviaciones absolutas son constantes dentro de cada celda. Las estadísticas F de Levene no se pueden calcular.

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	6	,000	.	.
Dentro de grupos	,000	28	,000		
Total	,000	34			

- Jazmín – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	42,971	6	7,162	3,133	,018
Dentro de grupos	64,000	28	2,286		
Total	106,971	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de	Desv. Error	Sig.
			medias (I-J)		
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	-,8000	,9562	,980
	Compost	Testigo	,8000	,9562	,528
	H+com	Testigo	-2,4000	,9562	1,000
	Micorrizas	Testigo	,8000	,9562	,528
	Th003	Testigo	,8000	,9562	,528
	M+T	Testigo	-,8000	,9562	,980

+

respuesta

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Tukey B ^a	H+com	5	70,800	
	T+C	5	72,400	72,400
	M+T	5	72,400	72,400
	Testigo	5	73,200	73,200
	Compost	5		74,000
	Micorrizas	5		74,000
	Th003	5		74,000
Duncan ^a	H+com	5	70,800	
	T+C	5	72,400	72,400
	M+T	5	72,400	72,400
	Testigo	5		73,200
	Compost	5		74,000
	Micorrizas	5		74,000
	Th003	5		74,000
	Sig.			,124

- Jazmín – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	21,943	6	3,657	3,765	,007
Dentro de grupos	27,200	28	,971		
Total	49,143	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	-,4000	,6234	,966
	Compost	Testigo	,4000	,6234	,618
	H+com	Testigo	,8000	,6234	,328
	Micorrizas	Testigo	-1,6000	,6234	1,000
	Th003	Testigo	-1,2000	,6234	,999
	M+T	Testigo	,0000	,6234	,857

respuesta

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
Tukey B ^a	Micorrizas	5	10,400		
	Th003	5	10,800	10,800	
	T+C	5	11,600	11,600	11,600
	M+T	5	12,000	12,000	12,000
	Testigo	5	12,000	12,000	12,000
	Compost	5		12,400	12,400
	H+com	5			12,800
	Duncan ^b	Micorrizas	5	10,400	
	Th003	5	10,800	10,800	
	T+C	5	11,600	11,600	11,600
	M+T	5		12,000	12,000
	Testigo	5		12,000	12,000
	Compost	5			12,400
	H+com	5			12,800
	Sig.		,078	,088	,095

- Ligustro – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	26,286	6	4,381	1,420	,242
Dentro de grupos	86,400	28	3,086		
Total	112,686	34			

Variable dependiente: respuesta

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	-,4000	1,1110	,933
	Compost	Testigo	-,8000	1,1110	,973
	H+com	Testigo	-1,6000	1,1110	,997
	Micorrizas	Testigo	,8000	1,1110	,582
	Th003	Testigo	,8000	1,1110	,582
	M+T	Testigo	,8000	1,1110	,582

			Subconjunto para alfa = 0.05
	Tratamiento	N	1
Tukey B ^a	H+com	5	90,000
	Compost	5	90,800
	T+C	5	91,200
	Testigo	5	91,600
	Micorrizas	5	92,400
	Th003	5	92,400
	M+T	5	92,400
	Duncan ^a	H+com	5
	Compost	5	90,800
	T+C	5	91,200
	Testigo	5	91,600
	Micorrizas	5	92,400
	Th003	5	92,400
	M+T	5	92,400
	Sig.		,069

- Ligustro – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12,343	6	2,057	2,571	,041
Dentro de grupos	22,400	28	,800		
Total	34,743	34			

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,4000	,5657	,588
	Compost	Testigo	1,2000	,5657	,088
	H+com	Testigo	1,2000	,5657	,088
	Micorrizas	Testigo	1,6000	,5657	,020
	Th003	Testigo	1,6000	,5657	,020
	M+T	Testigo	1,6000	,5657	,020

			Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamiento	N	1	2
Tukey B ^a	Testigo	5	10,000	
	T+C	5	10,400	
	Compost	5	11,200	
	H+com	5	11,200	
	Micorrizas	5	11,600	
	Th003	5	11,600	
	M+T	5	11,600	
	Duncan ^a	Testigo	5	10,000
	T+C	5	10,400	10,400
	Compost	5	11,200	11,200
	H+com	5	11,200	11,200
	Micorrizas	5		11,600
	Th003	5		11,600
	M+T	5		11,600
	Sig.		,061	,070

- Sauco – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	82,971	6	13,829	2,373	,056
Dentro de grupos	163,200	28	5,829		
Total	246,171	34			

T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	,8000	1,5269	,670	-2,876
	Compost	Testigo	-,4000	1,5269	,916	-4,076
	H+com	Testigo	3,2000	1,5269	,092	-,476
	Micorrizas	Testigo	-1,6000	1,5269	,989	-5,276
	Th003	Testigo	2,4000	1,5269	,221	-1,276
	M+T	Testigo	,0000	1,5269	,857	-3,676

			Subconjunto para alfa = 0.05
	Tratamiento	N	1
HSD Tukey ^a	Micorrizas	5	90,000
	Compost	5	91,200
	M+T	5	91,600
	Testigo	5	91,600
	T+C	5	92,400
	Th003	5	94,000
	H+com	5	94,800
	Sig.		
Tukey B ^a	Micorrizas	5	90,000
	Compost	5	91,200
	M+T	5	91,600
	Testigo	5	91,600
	T+C	5	92,400
	Th003	5	94,000
	H+com	5	94,800

- Sauco - Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9,371	6	1,562	2,103	,085
Dentro de grupos	20,800	28	,743		
Total	30,171	34			

T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo				
			,8000	,5451	,257	-,512
	Compost	Testigo	,8000	,5451	,257	-,512
	H+com	Testigo	,0000	,5451	,857	-1,312
	Micorrizas	Testigo	-,8000	,5451	,997	-2,112
	Th003	Testigo	,0000	,5451	,857	-1,312
	M+T	Testigo	,4000	,5451	,576	-,912

			Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamiento	N	1	2
HSD Tukey ^a	Micorrizas	5	10,400	
	H+com	5	11,200	
	Th003	5	11,200	
	Testigo	5	11,200	
	M+T	5	11,600	
	T+C	5	12,000	
	Compost	5	12,000	
	Sig.			,084
Duncan ^a	Micorrizas	5	10,400	
	H+com	5	11,200	11,200
	Th003	5	11,200	11,200
	Testigo	5	11,200	11,200
	M+T	5	11,600	11,600
	T+C	5		12,000

Anexo B. Salidas Estadísticas, lectura 6 – tiempo 7

- **Ciro – Altura (nivel significancia 0,05)**

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2951,018	6	491,836	87,596	,000
Dentro de grupos	151,600	27	5,615		
Total	3102,618	33			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	9,40000 [*]	1,58955	,000	5,6079
	Compost	Testigo	8,20000 [*]	1,58955	,000	4,4079
	H+com	Testigo	10,80000 [*]	1,58955	,000	7,0079
	Micorrizas	Testigo	24,80000 [*]	1,58955	,000	21,0079
	Th003	Testigo	23,40000 [*]	1,58955	,000	19,6079
	M+T	Testigo	27,20000 [*]	1,58955	,000	23,4079

		Subconjunto para alfa = 0.05				
	Tratamiento	N	1	2	3	4
HSD Tukey ^{a,b}	Testigo	4	130,0000			
	Compost	5		138,2000		
	T+C	5		139,4000		
	H+com	5		140,8000		
	Th003	5			153,4000	
	Micorrizas	5			154,8000	
	M+T	5			157,2000	
	Sig.			1,000	,619	,202
Duncan ^{a,b}	Testigo	4	130,0000			
	Compost	5		138,2000		
	T+C	5		139,4000		
	H+com	5		140,8000		
	Th003	5			153,4000	
	Micorrizas	5			154,8000	154,8000
	M+T	5			157,2000	157,2000
	Sig.			1,000	,118	,367

- **Ciro – volumen (nivel significancia 0,05)**

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2061,143	6	343,524	7,254	,000
Dentro de grupos	1326,000	28	47,357		
Total	3387,143	34			

T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	13,60000 [*]	4,35234	,010	3,1224
	Compost	Testigo	14,60000 [*]	4,35234	,006	4,1224
	H+com	Testigo	19,20000 [*]	4,35234	,000	8,7224
	Micorrizas	Testigo	25,80000 [*]	4,35234	,000	15,3224
	Th003	Testigo	21,60000 [*]	4,35234	,000	11,1224
	M+T	Testigo	19,40000 [*]	4,35234	,000	8,9224

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
HSD Tukey ^a	Testigo	5	31,4000		
	T+C	5	45,0000	45,0000	
	Compost	5		46,0000	
	H+com	5		50,6000	
	M+T	5		50,8000	
	Th003	5		53,0000	
	Micorrizas	5		57,2000	
	Sig.			,056	,110
Duncan ^a	Testigo	5	31,4000		
	T+C	5		45,0000	
	Compost	5		46,0000	
	H+com	5		50,6000	50,6000
	M+T	5		50,8000	50,8000
	Th003	5		53,0000	53,0000
	Micorrizas	5			57,2000
	Sig.			1,000	,110

- **Corono – Altura (nivel significancia 0,05)**

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1755,543	6	292,590	17,387	,000
Dentro de grupos	471,200	28	16,829		
Total	2226,743	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	5,40000	2,59450	,095	-,8458
	Compost	Testigo	6,20000	2,59450	,052	-,0458
	H+com	Testigo	9,40000 ^c	2,59450	,003	3,1542
	Micorrizas	Testigo	16,80000 ^c	2,59450	,000	10,5542
	Th003	Testigo	17,60000 ^c	2,59450	,000	11,3542
	M+T	Testigo	20,80000 ^c	2,59450	,000	14,5542

		Subconjunto para alfa = 0.05				
Tratamiento	N	1	2	3	4	
HSD Tukey ^a	Testigo	5	103,6000			
	T+C	5	109,0000	109,0000		
	Compost	5	109,8000	109,8000		
	H+com	5		113,0000	113,0000	
	Micorrizas	5			120,4000	120,4000
	Th003	5			121,2000	121,2000
	M+T	5				124,4000
	Sig.		,240	,718	,051	,718
Duncan ^a	Testigo	5	103,6000			
	T+C	5		109,0000		
	Compost	5		109,8000		
	H+com	5		113,0000		
	Micorrizas	5			120,4000	
	Th003	5			121,2000	
	M+T	5			124,4000	
	Sig.		1,000	,156	,156	

- Corono – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	586,171	6	97,695	9,770	,000
Dentro de grupos	280,000	28	10,000		
Total	866,171	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	4,00000	2,00000	,110	-,8147
	Compost	Testigo	2,40000	2,00000	,363	-2,4147
	H+com	Testigo	2,60000	2,00000	,321	-2,2147
	Micorrizas	Testigo	10,20000 ^c	2,00000	,000	5,3853
	Th003	Testigo	11,20000 ^c	2,00000	,000	6,3853
	M+T	Testigo	9,00000 ^c	2,00000	,000	4,1853

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
HSD Tukey ^a	Testigo	5	24,6000		
	Compost	5	27,0000		
	H+com	5	27,2000		
	T+C	5	28,6000	28,6000	
	M+T	5		33,6000	33,6000
	Micorrizas	5		34,8000	34,8000
	Th003	5			35,8000
	Sig.			,437	,059
Duncan ^a	Testigo	5	24,6000		
	Compost	5	27,0000		
	H+com	5	27,2000		
	T+C	5	28,6000		
	M+T	5		33,6000	
	Micorrizas	5		34,8000	
	Th003	5		35,8000	
	Sig.			,076	,309

- Garbanzo – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1483,200	6	247,200	26,953	,000
Dentro de grupos	256,800	28	9,171		
Total	1740,000	34			

T de Dunnett (>control) ^a	T+C	Testigo	11,00000 ^c	1,91535	,000	6,3891
	Compost	Testigo	8,60000 ^c	1,91535	,000	3,9891
	H+com	Testigo	11,00000 ^c	1,91535	,000	6,3891
	Micorrizas	Testigo	17,80000 ^c	1,91535	,000	13,1891
	Th003	Testigo	20,40000 ^c	1,91535	,000	15,7891
	M+T	Testigo	18,00000 ^c	1,91535	,000	13,3891

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
HSD Tukey ^a	Testigo	5	119,6000		
	Compost	5		128,2000	
	T+C	5		130,6000	
	H+com	5		130,6000	
	Micorrizas	5			137,4000
	M+T	5			137,6000
	Th003	5			140,0000
	Sig.			1,000	,867
Duncan ^a	Testigo	5	119,6000		
	Compost	5		128,2000	
	T+C	5		130,6000	
	H+com	5		130,6000	
	Micorrizas	5			137,4000
	M+T	5			137,6000
	Th003	5			140,0000
	Sig.			1,000	,247

- Garbanzo – volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	935,771	6	155,962	52,741	,000
Dentro de grupos	82,800	28	2,957		
Total	1018,571	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	4,00000*	1,08759	,003	1,3818
	Compost	Testigo	2,00000	1,08759	,145	-,6182
	H+com	Testigo	4,80000*	1,08759	,000	2,1818
	Micorrizas	Testigo	12,40000*	1,08759	,000	9,7818
	Th003	Testigo	14,00000*	1,08759	,000	11,3818
	M+T	Testigo	11,60000*	1,08759	,000	8,9818

		Subconjunto para alfa = 0.05					
Tratamiento	N	1	2	3	4	5	
HSD Tukey ^a	Testigo	5	29,6000				
	Compost	5	31,6000	31,6000			
	T+C	5		33,6000			
	H+com	5		34,4000			
	M+T	5			41,2000		
	Micorrizas	5			42,0000		
	Th003	5			43,6000		
	Sig.		,535	,172	,324		
Duncan ^a	Testigo	5	29,6000				
	Compost	5	31,6000	31,6000			
	T+C	5		33,6000	33,6000		
	H+com	5			34,4000		
	M+T	5				41,2000	
	Micorrizas	5				42,0000	42,0000
	Th003	5					43,6000
	Sig.		,077	,077	,468	,468	,152

- Jazmín – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7164,818	6	1194,136	134,452	,000
Dentro de grupos	239,800	27	8,881		
Total	7404,618	33			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	27,90000 [*]	1,99917	,000	23,0704
	Compost	Testigo	29,20000 [*]	1,88483	,000	24,6466
	H+com	Testigo	30,20000 [*]	1,88483	,000	25,6466
	Micorrizas	Testigo	42,40000 [*]	1,88483	,000	37,8466
	Th003	Testigo	45,00000 [*]	1,88483	,000	40,4466
	M+T	Testigo	42,60000 [*]	1,88483	,000	38,0466

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
HSD Tukey ^{a,b}	Testigo	5	115,6000		
	T+C	4		143,5000	
	Compost	5		144,8000	
	H+com	5		145,8000	
	Micorrizas	5			158,0000
	M+T	5			158,2000
	Th003	5			160,6000
	Sig.			1,000	,888
Duncan ^{a,b}	Testigo	5	115,6000		
	T+C	4		143,5000	
	Compost	5		144,8000	
	H+com	5		145,8000	
	Micorrizas	5			158,0000
	M+T	5			158,2000
	Th003	5			160,6000
	Sig.			1,000	,268

- Jazmín – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	834,591	6	139,099	31,206	,000
Dentro de grupos	120,350	27	4,457		
Total	954,941	33			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	8,55000 [*]	1,41627	,000	5,1285
	Compost	Testigo	7,40000 [*]	1,33528	,000	4,1742
	H+com	Testigo	11,40000 [*]	1,33528	,000	8,1742
	Micorrizas	Testigo	12,00000 [*]	1,33528	,000	8,7742
	Th003	Testigo	14,60000 [*]	1,33528	,000	11,3742
	M+T	Testigo	15,60000 [*]	1,33528	,000	12,3742

		Subconjunto para alfa = 0.05					
	Tratamiento	N	1	2	3	4	5
HSD Tukey ^{a,b}	Testigo	5	37,2000				
	Compost	5		44,6000			
	T+C	4		45,7500	45,7500		
	H+com	5		48,6000	48,6000	48,6000	
	Micorrizas	5			49,2000	49,2000	
	Th003	5				51,8000	
	M+T	5				52,8000	
	Sig.			1,000	,084	,185	,061
Duncan ^{a,b}	Testigo	5	37,2000				
	Compost	5		44,6000			
	T+C	4		45,7500			
	H+com	5			48,6000		
	Micorrizas	5			49,2000	49,2000	
	Th003	5				51,8000	51,8000
	M+T	5					52,8000
	Sig.			1,000	,405	,662	,066

- Ligustro – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6271,543	6	1045,257	176,308	,000
Dentro de grupos	166,000	28	5,929		
Total	6437,543	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	8,40000*	1,53994	,000	4,6928
	Compost	Testigo	8,20000*	1,53994	,000	4,4928
	H+com	Testigo	6,00000*	1,53994	,001	2,2928
	Micorrizas	Testigo	34,00000*	1,53994	,000	30,2928
	Th003	Testigo	27,40000*	1,53994	,000	23,6928
	M+T	Testigo	34,20000*	1,53994	,000	30,4928

		Subconjunto para alfa = 0.05				
	Tratamiento	N	1	2	3	4
HSD Tukey ^a	Testigo	5	154,0000			
	H+com	5		160,0000		
	Compost	5		162,2000		
	T+C	5		162,4000		
	Th003	5			181,4000	
	Micorrizas	5				188,0000
	M+T	5				188,2000
	Sig.			1,000	,708	1,000
Duncan ^a	Testigo	5	154,0000			
	H+com	5		160,0000		
	Compost	5		162,2000		
	T+C	5		162,4000		
	Th003	5			181,4000	
	Micorrizas	5				188,0000
	M+T	5				188,2000
	Sig.			1,000	,151	1,000

- Ligustro – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1560,000	6	260,000	75,519	,000
Dentro de grupos	96,400	28	3,443		
Total	1656,400	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	9,00000 [*]	1,17352	,000	6,1749
	Compost	Testigo	3,40000 [*]	1,17352	,017	,5749
	H+com	Testigo	8,20000 [*]	1,17352	,000	5,3749
	Micorrizas	Testigo	17,20000 [*]	1,17352	,000	14,3749
	Th003	Testigo	18,20000 [*]	1,17352	,000	15,3749
	M+T	Testigo	16,80000 [*]	1,17352	,000	13,9749

		Subconjunto para alfa = 0.05				
	Tratamiento	N	1	2	3	4
HSD Tukey ^a	Testigo	5	36,2000			
	Compost	5	39,6000			
	H+com	5		44,4000		
	T+C	5		45,2000		
	M+T	5			53,0000	
	Micorrizas	5			53,4000	
	Th003	5			54,4000	
	Sig.			,091	,993	,891
Duncan ^a	Testigo	5	36,2000			
	Compost	5		39,6000		
	H+com	5			44,4000	
	T+C	5			45,2000	
	M+T	5				53,0000
	Micorrizas	5				53,4000
	Th003	5				54,4000
	Sig.			1,000	1,000	,501

- Sauco – Altura (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9932,286	6	1655,381	72,833	,000
Dentro de grupos	636,400	28	22,729		
Total	10568,686	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	5,00000	3,01520	,194	-2,2586
	Compost	Testigo	5,20000	3,01520	,175	-2,0586
	H+com	Testigo	3,60000	3,01520	,366	-3,6586
	Micorrizas	Testigo	36,60000'	3,01520	,000	29,3414
	Th003	Testigo	39,60000'	3,01520	,000	32,3414
	M+T	Testigo	35,60000'	3,01520	,000	28,3414

		Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamiento	N	
			1
HSD Tukey ^a	Testigo	5	178,6000
	H+com	5	182,2000
	T+C	5	183,6000
	Compost	5	183,8000
	M+T	5	214,2000
	Micorrizas	5	215,2000
	Th003	5	218,2000
	Sig.		,606
			,834
Duncan ^a	Testigo	5	178,6000
	H+com	5	182,2000
	T+C	5	183,6000
	Compost	5	183,8000
	M+T	5	214,2000
	Micorrizas	5	215,2000
	Th003	5	218,2000
	Sig.		,125
			,221

- Sauco – Volumen (nivel significancia 0,05)

ANOVA

respuesta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1755,943	6	292,657	23,601	,000
Dentro de grupos	347,200	28	12,400		
Total	2103,143	34			

T de Dunnett (>control) ^b	T+C	Testigo	12,00000 ^c	2,22711	,000	6,6386
	Compost	Testigo	10,80000 ^c	2,22711	,000	5,4386
	H+com	Testigo	11,20000 ^c	2,22711	,000	5,8386
	Micorrizas	Testigo	22,00000 ^c	2,22711	,000	16,6386
	Th003	Testigo	20,20000 ^c	2,22711	,000	14,8386
	M+T	Testigo	19,60000 ^c	2,22711	,000	14,2386

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Tratamiento	N	1	2	3
HSD Tukey ^a	Testigo	5	37,6000		
	Compost	5		48,4000	
	H+com	5		48,8000	
	T+C	5		49,6000	
	M+T	5			57,2000
	Th003	5			57,8000
	Micorrizas	5			59,6000
	Sig.			1,000	,998
Duncan ^a	Testigo	5	37,6000		
	Compost	5		48,4000	
	H+com	5		48,8000	
	T+C	5		49,6000	
	M+T	5			57,2000
	Th003	5			57,8000
	Micorrizas	5			59,6000
	Sig.			1,000	,617

Anexo C. Gráficas con niveles de significancia.

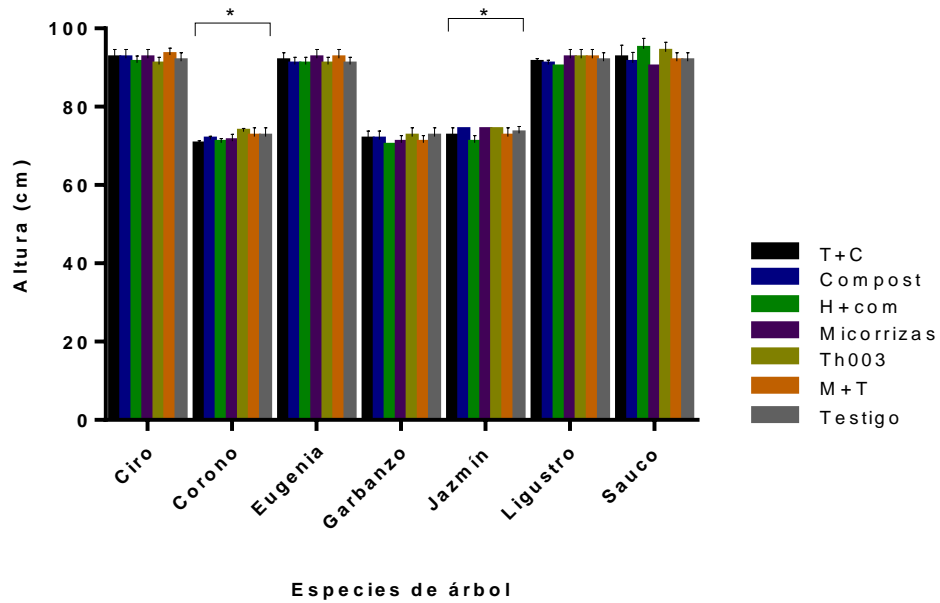


Figura 1: Resultados de altura en la lectura 1. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

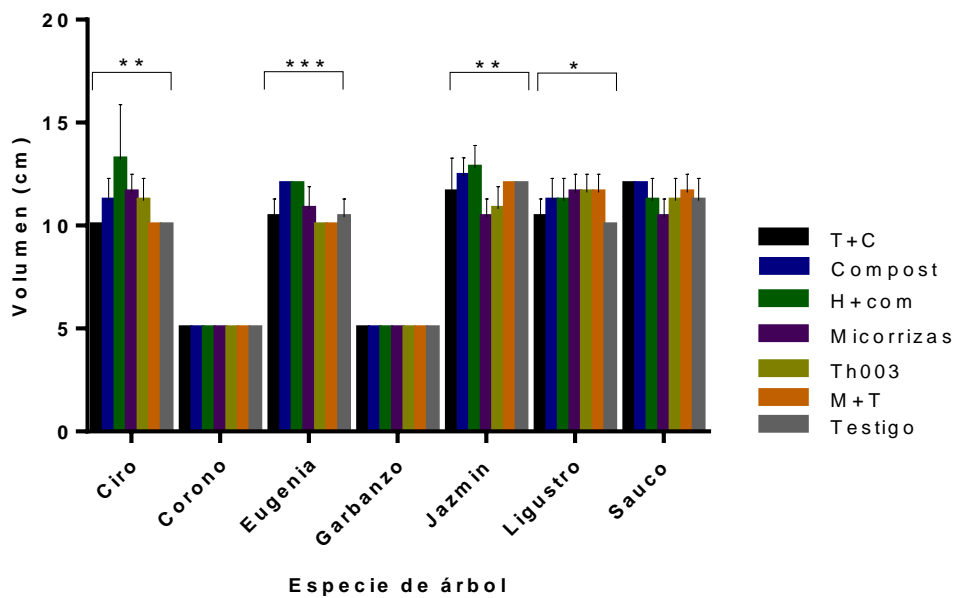


Figura 2: Resultados de volumen en la lectura 1. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

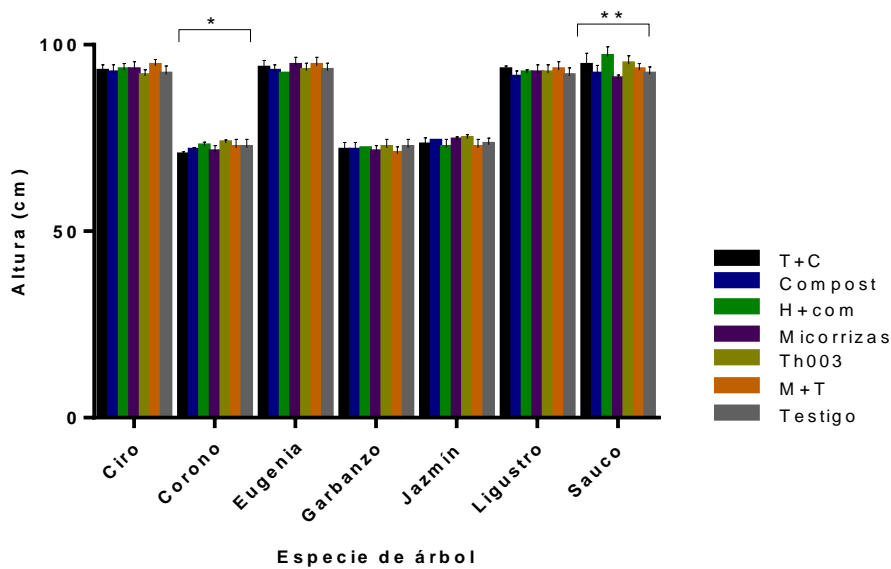


Figura 3: Resultados de altura en la lectura 2. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

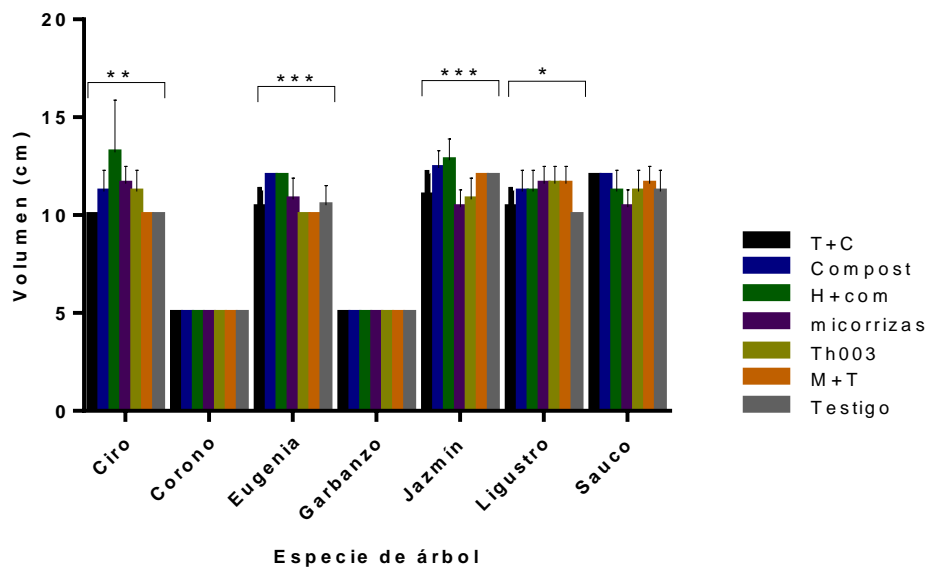


Figura 4: Resultados de volumen en la lectura 2. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

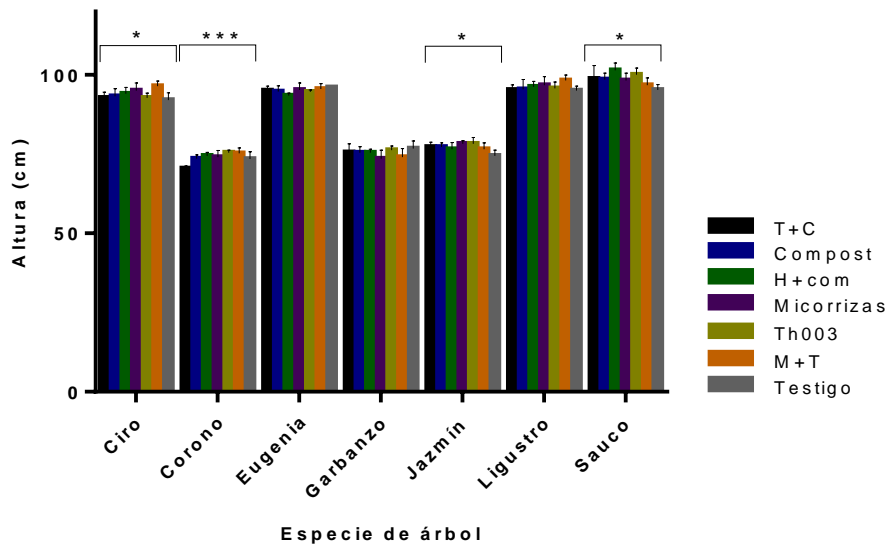


Figura 5: Resultados de altura en la lectura 3. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

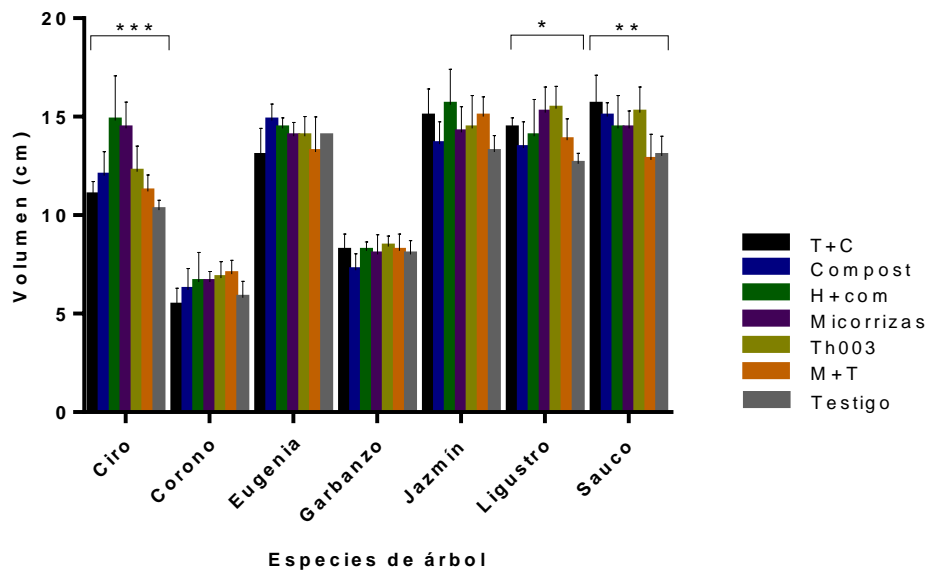


Figura 6: Resultados de volumen en la lectura 3. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

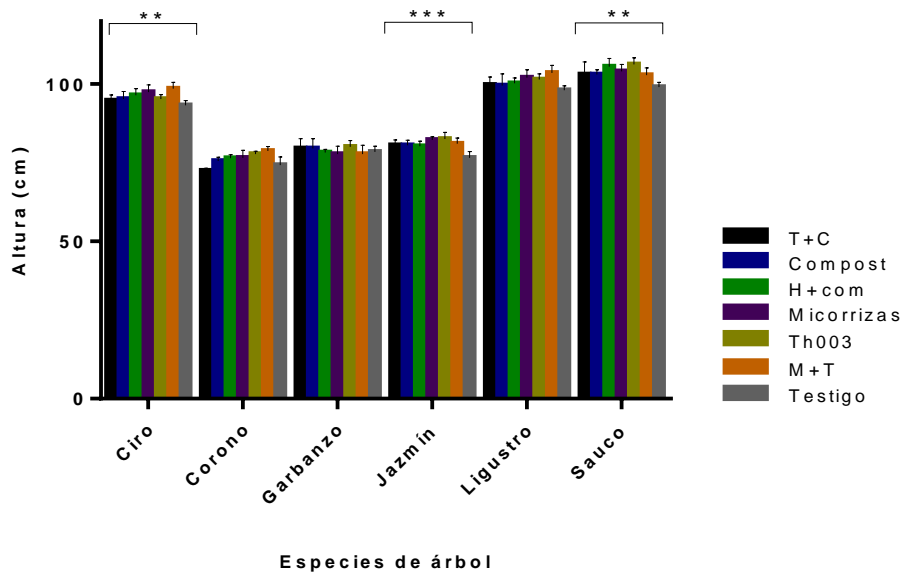


Figura 7: Resultados de altura en la lectura 4. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

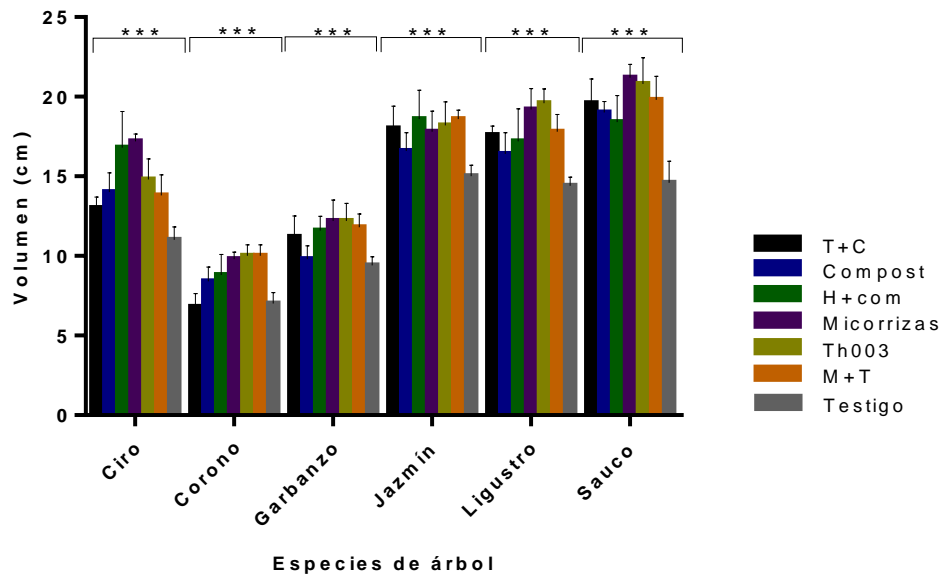


Figura 8: Resultados de volumen en la lectura 4. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

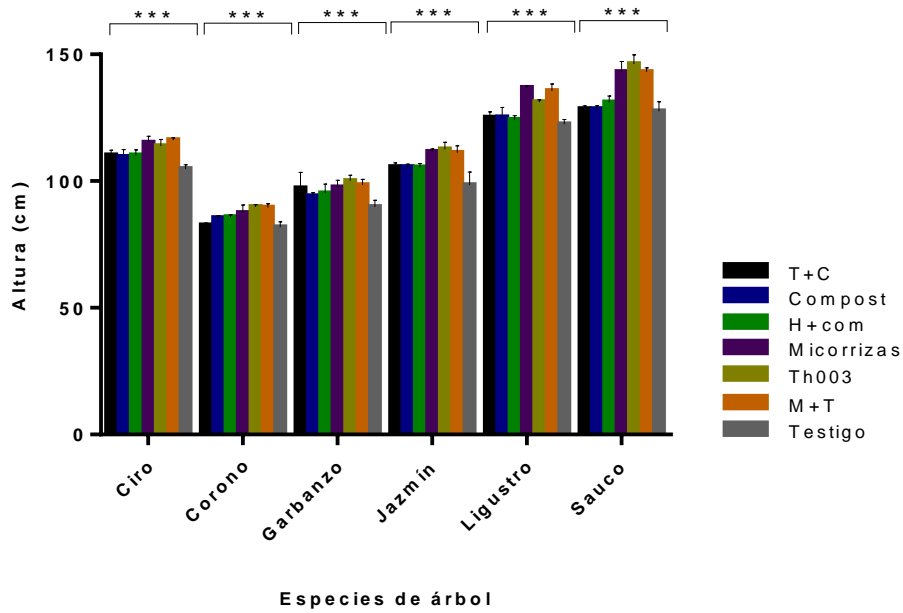


Figura 9: Resultados de altura en la lectura 5. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

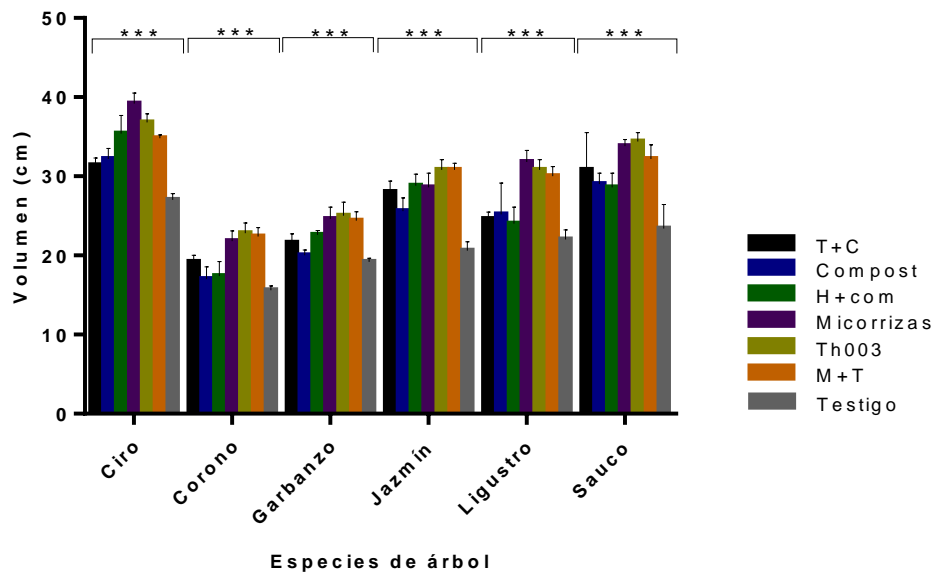


Figura 10: Resultados de volumen en la lectura 5. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

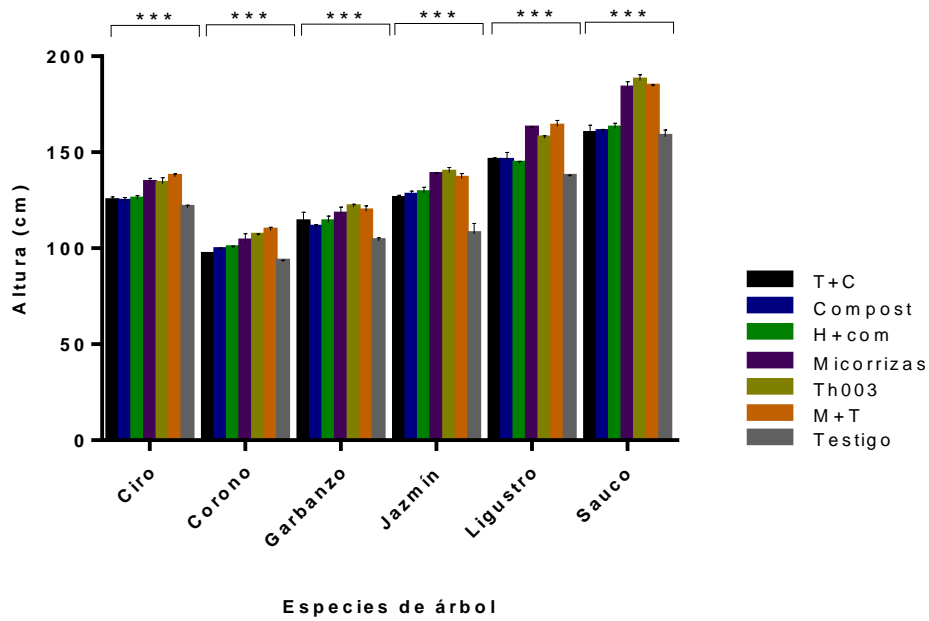


Figura 11: Resultados de altura en la lectura 6. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

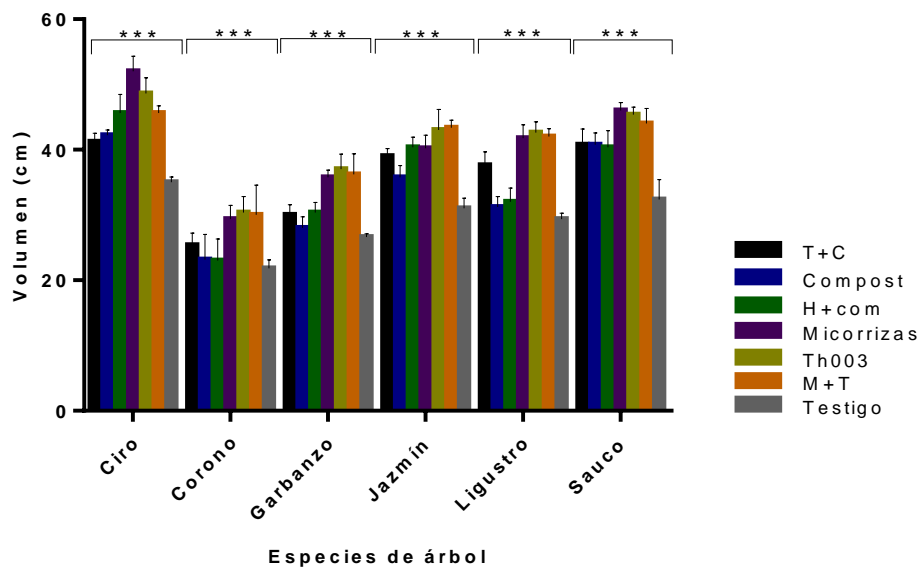


Figura 12: Resultados de volumen en la lectura 6. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

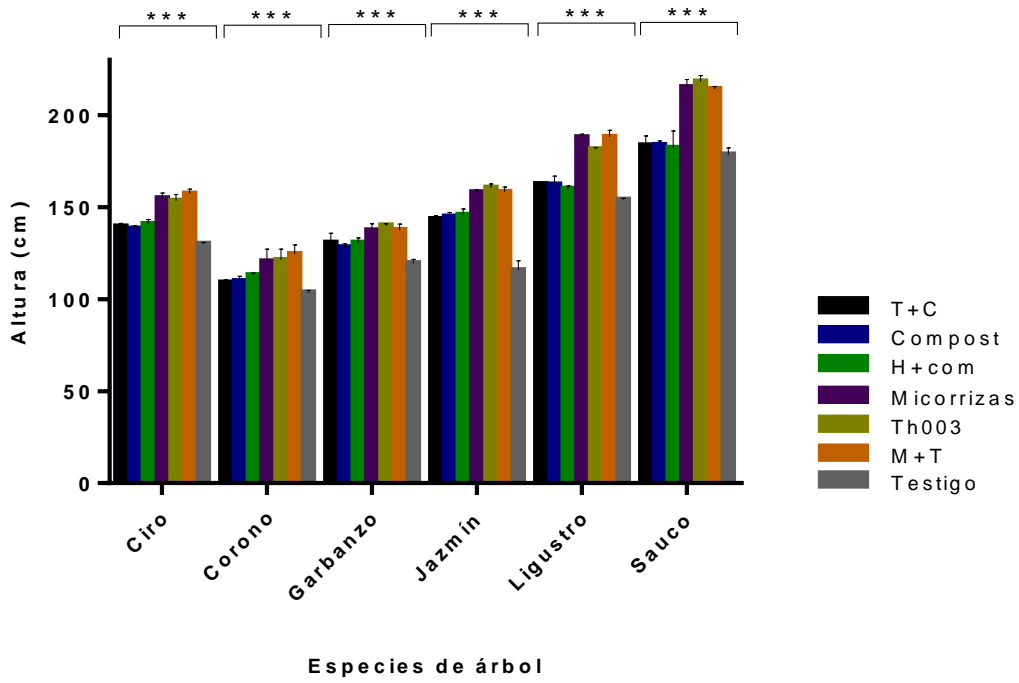


Figura 13: Resultados de altura en la lectura 7. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

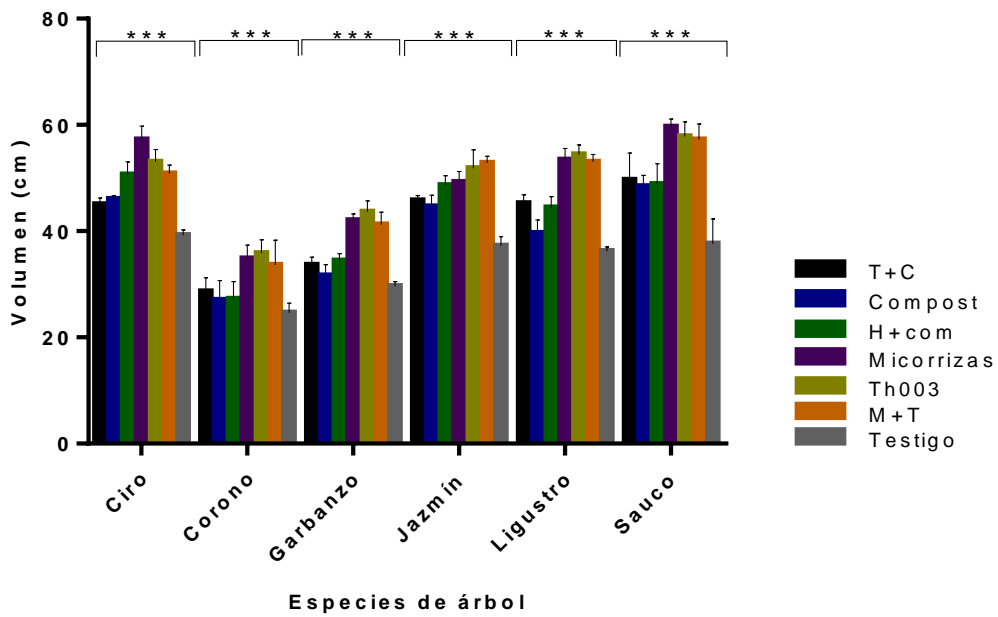


Figura 14: Resultados de volumen en la lectura 7. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

