



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de Investigación:

Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular
y pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina) en la zona central del
Trópico Húmedo Ecuatoriano

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de:

INGENIERO FORESTAL

Autor:

Ronny Rene Saltos Sampedro

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. For. Edison Solano Apuntes

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ronny Rene Saltos Sampedro, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____
Ronny Saltos Sampedro

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. For. Edison Solano Apuntes, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Ronny Rene Saltos Sampedro** realizó el Proyecto de Investigación de grado **“Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano”**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f: _____
Ing. For. Edison Solano Apuntes

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE
INGENIERÍA FORESTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Forestal:

Aprobado:

Ing. Carlos Belezaca Pinargote
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Rolando López Tobar
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Víctor Gutiérrez Lara
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Quevedo - Los Ríos - Ecuador
Año 2019

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida y por estar siempre a mi lado incluso en los peores momentos.

A la UTEQ y la Facultad de Ciencias Ambientales por haberme abierto sus puertas y dado la oportunidad de formarme como futuro profesional.

Al Ing. Edison Solano Apuntes por su gran amistad y desinteresada asesoría brindada para la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al proyecto FOCYCIT PFOC 6-45-2018, título **“Etiología de la pudrición de fuste en arboles de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano”** en el que cual se realizó el mencionado proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, los progenitores de mi vida, en especial a mi madre el cual ha sido el pilar fundamental para el logro de mis metas propuestas.

A mis queridos hermanos, por formar parte de mi gran familia a quién amo y aprecio tanto.

A mis queridos compañeros de clases, los cuales forman parte de esa gran familia universitaria de la que me siento orgullosa y que nunca olvidaré.

Ronny Saltos

RESUMEN EJECUTIVO

En el Trópico Húmedo Ecuatoriano, plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb (Melina) están siendo afectadas por una compleja enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste, con peculiaridades epidérmicas, de las cuales hasta el momento no se conoce el o los agentes causales. En la presente investigación se planteó describir la sintomatología de la enfermedad e identificar los hongos fitopatógenos asociados a árboles enfermos en el Trópico Húmedo Ecuatoriano mediante morfología. Para su efecto se muestreo en dos provincia (Los Ríos y Cotopaxi) tres plantaciones de diferentes edades (2, 3.5 y 5 años) en cada una se estableció tres parcelas de 500 m². Se realizó la descripción sintomatológica, se evaluó la incidencia y la severidad de la enfermedad empleando una escala de 5 categorías. Por cada parcela se diseccionaron 3 árboles, cuyos tejidos se llevaron al laboratorio, donde se emplearon 3 estrategias metodológicas (cámara húmeda, sándwiches de zanahoria y medio cultivo papa-destrosa-agar (PDA) para estimular la expresión de los fitopatógenos. En árboles enfermos se detectó clorosis, pérdida de turgencia, ápices de crecimiento secos, emisión de brotes epicórmicos en el fuste y marchitez vascular. Se aisló e identifico *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst., y especies de *Fusarium* de forma consecutiva con las tres estrategias metodológicas. La incidencia de la enfermedad fue del 18.0%, 7.9%, y 8.5% para las plantaciones de 2, 3.5 y 5 años respectivamente. Los árboles enfermos en la plantación de 2 años se encontraron en las escalas 2 a 5, mientras que en la plantación de 3.5 años se ubicaron en la categoría 2, en la plantación más adulta estuvo en la escala 2 y 5 de evolución de la enfermedad.

Palabras claves: *Ceratocystis fimbriata*, *Fusarium*, incidencia, severidad,

ABSTRACT

In the Ecuadorian Humid Tropics, Melina plantations (*Gmelina arborea* Roxb) are being affected by a complex disease of vascular wilt and stem rot, with epidermal peculiarities, of which until now the causal agent (s) are not known. In the present investigation, it was proposed to describe the symptomatology of the disease and to identify the phytopathogenic fungi associated with diseased trees in the Ecuadorian Humid Tropics by means of morphology. For its effect, two plots of 500 m² were planted in two provinces (Los Ríos and Cotopaxi), three plantations of different ages (2, 3.5 and 5 years). The symptomatological description was made, the incidence and severity of the disease were evaluated using a scale of 5 categories. For each plot, 3 trees were dissected, whose tissues were taken to the laboratory, where 3 methodological strategies were used (wet chamber, carrot sandwiches and potato-destroyer-agar medium (PDA) to stimulate the expression of phytopathogens. Chlorosis, turgor loss, dry growth apices, epicormic sprouts in the stem and fulminating wilt were detected, and Ellis & Halst. *Ceratocystis fimbriata* and *Fusarium* species were identified consecutively with the three methodological strategies. of the disease was 18.0%, 7.9%, and 8.5% for the plantations of 2, 3.5 and 5 years respectively. The diseased trees in the plantation of 2 years were found in scales 2 to 5, while in the plantation of 3.5 years they were placed in category 2, in the most adult plantation it was in the scale 2 and 5 of evolution of the disease.

Keywords: *Ceratocystis fimbriata*, *Fusarium*, incidence, severity

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	II
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	III
CERTIFICADO DE APROVACIÓN POR EL TRIBUNAL DE ACEPTACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.	4
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. Problemатización de la Investigación.....	5
1.1.1. Diagnóstico.....	5
1.1.2. Formulación del problema.....	6
1.1.3. Sistematización.....	6
1.2. Objetivos.	6
1.2.1. General.	6
1.2.2. Específicos.	6
1.3. Justificación.	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1. Marco teórico.....	9
2.1.1. Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.).....	9
2.2. Marco referencial.	23
CAPÍTULO III.....	25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.1. Localización.	26
3.2. Variables edafoclimáticas.....	27

3.3. Diseño de la investigación.....	27
3.3.1. Determinación de la incidencia de la enfermedad.....	27
3.3.2. Determinación de severidad de la enfermedad.....	28
3.3.3. Evaluación de variables dasométricas.	28
3.3.4. Muestreo y recolección de tejidos de árboles enfermos.....	29
3.3.5. Aislamiento e identificación de hongos asociados a tejidos de árboles enfermos.....	29
3.3.6. Análisis estadístico.....	30
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
4.1. Resultados.	32
4.1.1. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 1 (Dr. Carlos Belezaca Pinargote).....	32
4.1.2. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 2 (Sr. Oswaldo Mendoza).....	33
4.1.3. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 3 (Sr. Edgar Luzpa).....	35
4.1.4. Presencia de microorganismos fungosos en tejidos leñosos de árboles enfermos.....	37
4.1.5. Descripción de la sintomatología.....	40
4.2. Discusión.....	44
CAPÍTULO V.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1. Conclusiones.	48
5.2. Recomendaciones.	49
CAPÍTULO VI.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	50
6.1. Referencias bibliográficas.....	51
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	57
7.1. Anexos.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Contenidos	No. de paginas
Tabla 1.	Propiedades físicas y mecánicas de la madera de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb) según Moya (2004) y Rivero (2010).	13
Tabla 2.	Valores promedio de variables edafoclimáticas predominantes en la zona donde se encuentra ubicadas las plantaciones de <i>G. arborea</i> objeto de estudio.	27
Tabla 3.	Escala arbitraria de cinco categorías propuesta por Salas <i>et al.</i> (2015) para evaluar la severidad de la enfermedad de pudrición del fuste en <i>G. arborea</i> .	28
Tabla 4.	Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de <i>G. arborea</i> a nivel de campo en una plantación de 2 años de edad de la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, 2019.	32
Tabla 5.	Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de <i>G. arborea</i> de 2 años de edad pertenecientemente al Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, 2019.	33
Tabla 6.	Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de <i>G. arborea</i> de 2 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia	33

provincia de Los Ríos, 2019. Valores promedios representan la media de 54 árboles con su respectivo error estándar.

Tabla 7.	Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de <i>G. arborea</i> a nivel de campo en una plantación de 3.5 años de edad de la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019.	34
Tabla 8.	Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de <i>G. arborea</i> de 3.5 años de edad en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, perteneciente al cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019.	34
Tabla 9.	Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de <i>G. arborea</i> de 3.5 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019. Valores promedios que representan la media de 42 árboles con su respectivo error estándar.	35
Tabla 10.	Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de <i>G. arborea</i> a nivel de campo en una plantación de 5 años de edad de la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi, 2019.	35
Tabla 11.	Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de <i>G. arborea</i> de 5 años de edad en la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi, 2019.	36
Tabla 12.	Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de <i>G. arborea</i> de 5 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de	36

Cotopaxi, 2019. Valores promedios que representan la media de 47 árboles con su respectivo error estándar.

Tabla 13.	Presencia de peritecios del hongo <i>C. fimbriata</i> , y <i>Fusarium</i> sp., mediante la incubación de tejidos leñosos de árboles enfermos de <i>G. arborea</i> en cámaras húmedas.	37
Tabla 14.	Número y porcentaje de colonias de los hongos <i>Ceratocystis fimbriata</i> y <i>Fusarium</i> sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de <i>G. arborea</i> enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m ² , de una plantación de 2 años, en la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, 2019.	39
Tabla 15.	Número y porcentaje de colonias de los hongos <i>Ceratocystis fimbriata</i> y <i>Fusarium</i> sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de <i>G. arborea</i> enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m ² de una plantación de 3.5 años de edad, en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, 2019.	39
Tabla 16.	Número y porcentaje de colonias de los hongos <i>Ceratocystis fimbriata</i> y <i>Fusarium</i> sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de <i>G. arborea</i> enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m ² , de una plantación de 5 años de edad, en la finca del Sr. Edgar Luzpa, 2019.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenidos	No. de paginas
Figura 1.	Ubicación de las fincas de estudio.	26
Figura 2.	Muestras de madera de árboles enfermos de <i>G. arborea</i> incubadas en cámaras húmedas, que estimularon la manifestación de peritecios del hongo <i>C. fimbriata</i> , y <i>Fusarium</i> sp.	37
Figura 3.	Colonias de <i>Fusarium</i> sp., obtenidas a partir de árboles de <i>G. arborea</i> enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, creciendo en medio de cultivo PDA.	38
Figura 4.	Evolución de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste en árboles de Melina: A = Primeros síntomas caracterizados por clorosis en las hojas próximas a los ápices de crecimiento de ramas. B = Generación de múltiples brotes epicormicos en el fuste. C = Muerte del sistema foliar del árbol (marchitez vascular). D = Pérdida (defoliación) de las hojas secas. E = muerte total del árbol.	41
Figura 5.	Cortes transversales en la base de árboles de melina (5 – 10 cm sobre el nivel del suelo) enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste. Muestran la ausencia de necrosis y daños vasculares. A = árboles de 2 años, B = árboles 3.5 años de edad, C = árbol de 5 años de edad.	41
Figura 6.	Cortes transversales (sobre los 50 cm del nivel del suelo) en árboles de Melina enfermos con marchitez vascular y pudrición	42

de fuste, evidenciando necrosis en la madera de albura y duramen, y taponamiento de tejidos vasculares. Árboles de 2 años, 3.5 años y 5 años de edad en las tres fincas de estudio, 2019.

Figura 7. Heridas naturales y mecánicas cicatrizadas y no cicatrizadas, como puntos de ingresos y posterior diseminación en tejidos vasculares del o los fitopatógenos asociados a la marchitez vascular y pudrición de fuste de árboles de Melina. 43

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Contenidos	No. de paginas
Anexos 1.	Ficha forestal de la finca del Dr. Carlos Belezaca, parcela # 1.	58
Anexos 2.	Ficha forestal de la finca del Sr. Mendoza, parcela # 2.	59
Anexos 3.	Ficha forestal de la finca del Sr. Luzpa, parcela # 3.	60
Anexos 4.	Evidencias fotográficas de la investigación.	61

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano”			
Autor:	Ronny Rene Saltos Sampedro			
Palabras claves:	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	<i>Fusarium</i>	Incidencia	Severidad
Fecha de publicación:				
Editorial:	CAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Saltos, R.			
	En el Trópico Húmedo Ecuatoriano, plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb (Melina) están siendo afectadas por una compleja enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste, con peculiaridades epidérmicas, de las cuales hasta el momento no se conoce el o los agentes causales. En la presente investigación se planteó describir la sintomatología de la enfermedad e identificar los hongos fitopatógenos asociados a árboles enfermos en el Trópico Húmedo Ecuatoriano mediante morfología. Para su efecto se muestreo en dos provincia (Los Ríos y Cotopaxi) tres plantaciones de diferentes edades (2, 3.5 y 5 años) en cada una se estableció tres parcelas de 500 m². Se realizó la descripción sintomatológica, se evaluó la incidencia y la severidad de la enfermedad empleando una escala de 5 categorías. Por cada parcela se diseccionaron 3 árboles, cuyos tejidos se llevaron al laboratorio, donde se emplearon 3 estrategias metodológicas (cámara húmeda, sándwiches de zanahoria y medio cultivo papa-destrosa-agar (PDA) para estimular la expresión de los fitopatógenos. En árboles enfermos se detectó clorosis, pérdida de turgencia, ápices de crecimiento secos, emisión de brotes epicórmicos en el fuste y marchitez vascular. Se aisló e identifico <i>Ceratocystis fimbriata</i> Ellis & Halst., y especies de <i>Fusarium</i> de forma consecutiva con las tres estrategias metodológicas. La incidencia de la enfermedad fue del 18.0%, 7.9%, y 8.5% para las plantaciones de 2, 3.5 y 5 años respectivamente. Los árboles enfermos en la plantación de 2 años se encontraron en las escalas 2 a 5, mientras que en la plantación de 3.5 años se ubicaron en la categoría 2, en la plantación más adulta estuvo en la escala 2 y 5 de evolución de la enfermedad.			
Descripción:	63 Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

INTRODUCCIÓN

La Melina, (*Gmelina arborea* Roxb.) pertenece a la familia Lamiaceae, originaria del suroeste de Asia, específicamente de la India. Se distribuye en los países tropicales a nivel mundial en un rango altitudinal entre los 0 y 1000 msnm, con precipitaciones medias anuales de 1000 a 4500 mm, tiene un crecimiento rápido con incrementos anuales de 2 m de altura y de 3.6 cm de diámetro, el volumen de rendimiento es 20 a 35 m³/ha/años y un turno rotación estimado de 12 años (Jiménez, 2016). Por las características descritas, es considerado un árbol maderable cotizado en la industria internacional para la producción de pulpa de papel, además presenta excelentes características para la fabricación de muebles y productos terciarios (papeles y vigas) (Moya, 2004).

Nuestro país ofrece condiciones edafoclimáticas excelentes para el desarrollo de *G. arborea* reflejadas en un índice de crecimiento rápido. Es una especie seleccionada por países en desarrollo para suministros futuros de madera procedente de plantaciones forestales, entre ellos Ecuador (FAO, 2000). La producción de *G. arborea* en el Ecuador esta priorizada en la región tropical y subtropical de la costa por la Subsecretaria de Producción Forestal del MAGAP, quien implementó el “Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales”, potenciando la productividad, competitividad y sostenibilidad del negocio forestal, con varias especies, entre ellas *G. arborea* (Tafur, 2017).

La Melina al igual que otras especies forestales está propensa a experimentar enfermedades, las mismas que son ocasionadas por factores inherentes al medio en el que se desarrollan, los cuales pueden llegar a comprometer seriamente su sobrevivencia, y por lo tanto, significar una pérdida económica importante al afectar directamente su productividad. En el ámbito forestal la marchitez vascular y pudrición del fuste en plantaciones hace referencia a un hecho circunstancial, caracterizado por el detrimento prematuro del vigor y estado sanitario de los árboles. Los síntomas pueden incluir la mortalidad de las raíces, follaje descolorido y pequeño, retraso en el crecimiento, copas pequeñas, ramas muertas, entre otros, factores que pueden actuar aisladamente o en combinación, y motivar a una muerte progresiva (Benavides, 2013).

Este tipo de afectación es evidente en nuestro medio, especialmente en plantaciones comerciales, por lo cual resulta necesario diagnosticar la procedencia y actuación de este tipo de muerte, a fin de reducir el riesgo de pérdida de plantaciones enteras (Bongers & Tennigkeit, 2010).

En este sentido, la Melina al igual que otras especies forestales está propensa a experimentar enfermedades, las mismas que son ocasionadas por diferentes factores que pueden llegar a comprometer su sobrevivencia, y por tanto, generar significativas pérdidas económicas al afectar directamente su productividad (Arguedas, 2004). En los últimos cinco años, una compleja y agresiva enfermedad está afectando las plantaciones comerciales de Melina en el Trópico Húmedo Ecuatoriano (THE), manifestándose con un detrimento prematuro y gradual del vigor en los árboles, acompañada de decoloración del sistema foliar (clorosis) y retraso en el crecimiento. Es observable en algunos árboles que desde el fuste excretan exudados de color café oscuro, con fuerte olor a materia en descomposición, que indica una pudrición interna del fuste.

La sintomatología asociada a árboles de Melina enfermos, es parecida a la mostrada por árboles de *Schizolobium parahybum* (Pachaco) atacados por la enfermedad de “marchitez vascular y pudrición del fuste” en las décadas de 1990 y 2000, conllevando a la desaparición de plantaciones comerciales de esta especie forestal de los sistemas de producción del THE (Belezaca *et al.*, 2011; 2012b). La enfermedad detectada últimamente en Melina parece estar asociada a microorganismos fungosos, debido a las características propias de la enfermedad y a la presencia de signos a nivel de campo. En los actuales momentos es notoria la preocupación en el sector maderero, por el riesgo de perder las inversiones realizadas, y ha frenado el interés por el establecimiento de nuevas plantaciones.

Actualmente la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste se encuentra distribuida en casi todas las plantaciones de Melina establecidas en el THE, pero aún se desconoce su etiología y los factores que la predisponen, peor aún, mecanismos eficientes de prevención y control.

Por tal motivo, esta investigación pretende estudiar la presencia de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en

plantaciones de Melina en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano, como aporte fundamental al desarrollo forestal de la región y el país.

CAPITULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la Investigación

1.1.1. Diagnóstico

Nuestro país ofrece las condiciones edafoclimáticas necesarias para el desarrollo del sector forestal. Especies exóticas como *G. arborea* son utilizadas en plantaciones debido a que han adquirido una excelente adaptabilidad al medio ambiente introducido.

Esta adaptabilidad del cultivo ha hecho que agentes patógenos nuevos también se adapten a dichas plantaciones, empezando a generar dificultades fitosanitarias, que podrían poner en riesgo la existencia de plantaciones forestales saludables, con capacidades productivas óptimas, debido a la existencia de problemas fitosanitarios causados por insectos plagas y enfermedades que pueden provocar daños directos, indirectos y en ciertos casos no perceptibles a simple vista, provocando un debilitamiento en la fisiología de la planta. En plantaciones forestales independientemente de su edad, estos problemas pueden generar patologías consideradas como oportunistas y desconocidas, las cuales tienden a liquidar grandes extensiones forestales, sino se toman las debidas medidas de prevención y control.

La afluencia de muerte regresiva en las plantaciones de Melina del litoral ecuatoriano ha sido considerable en plantaciones de todas las edades, aunque con mayor intensidad en aquellas no mayores a cinco años, y cuyos efectos son básicamente el retraso de su crecimiento y la decoloración del sistema foliar, muerte de ramas y finalmente todo el árbol. Esta problemática ha ocasionado preocupación en el sector maderero, debido al riesgo de perder las inversiones realizadas en las plantaciones y ha frenado el establecimiento de nuevas áreas. Actualmente la enfermedad de “marchitez vascular y pudrición del fuste” se encuentra distribuida en casi todas las plantaciones de Melina establecidas en el litoral ecuatoriano, pero aún se desconoce su etiología y los factores que la predisponen, peor aún, mecanismos eficientes de prevención y control, aunque su sintomatología hace sospechar que estaría asociada a microorganismos fungosos patogénicos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál o cuáles son los agentes biológicos asociados a la enfermedad de “marchitez vascular y pudrición del fuste” en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb? en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano?.

1.1.3. Sistematización

- ¿Cuál es el estado actual de las plantaciones de Melina en la zona Central del Trópico Húmedo Ecuatoriano?
- ¿Qué microorganismos fungosos se encuentran asociados a árboles de Melina con sintomatología de marchitez vascular y pudrición del fuste?

1.2. Objetivos.

1.2.1. General.

Conocer los microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en árboles de *Gmelina arborea* Roxb (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano.

1.2.2. Específicos.

- Determinar la incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en plantaciones de *G. arborea* en el Trópico Húmedo Ecuatoriano.
- Aislar e identificar el o los agentes microbianos fungosos asociados a árboles de *G. arborea* con síntomas de marchitez vascular y pudrición del fuste.
- Describir la sintomatología de árboles de *G. arborea* con presencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano.

1.3. Justificación.

Las primeras plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb (Melina), que se han establecido en el Litoral Ecuatoriano, han adquirido una notable importancia económica debido a la gran demanda que se presentó en el mercado nacional e internacional, esto se debe a las excelentes características de su madera. Los bosques cultivados son uno de los recursos más importantes que han llegado a convertirse en uno de los rubros de mayor flujo en el Ecuador, aportando significativamente al PIB del país. Esta relevancia estimuló a inversionistas, quienes establecieron plantaciones de Melina dando origen a toda una industria alrededor de este cultivo forestal, aportando con miles de puestos de trabajo, directos e indirectos.

Sin embargo, se conoce que cuando se masifican monocultivos, aparecen problemas fitosanitarios a corto o mediano plazo que afectan a las mismas, situación que actualmente está enfrentado la Melina. La enfermedad de “marchitez vascular y pudrición del fuste” que está afectando las plantaciones en el THE, ha generado una justificada preocupación en toda la industria forestal, más aún cuando está en juego las cuantiosas inversiones realizadas hasta el momento, ya que hasta la actualidad no se conoce la(s) causa(s) de la enfermedad.

Se espera que los resultados de la presente investigación contribuyan al conocimiento científico-técnico sobre la enfermedad, y sea el punto de partida para desarrollar estrategias de prevención y control de la misma.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.

2.1.1. Melina (*Gmelina arborea* Roxb.).

2.1.1.1. Definición.

La *Gmelina arborea* es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 m de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 m y con una copa cónica (Jiménez, 2016).

2.1.1.2. Origen.

Esta especie es originaria de las regiones tropicales y subtropicales del Sureste de Asia, especialmente de la India, Nepal, Bangladesh, Sri Lanka, Paquistán, Malasia y el sureste de China, cultivándose ampliamente en el sudeste de Colombia, Costa Rica, Brasil, Venezuela, Trinidad, Belice, Cuba, México y otros países de las regiones tropicales (Rojas & Murillo, 2004).

Está distribuida ampliamente en América Central, considerándose como una alternativa importante de manejo de suelos en Costa Rica por producir la mayor biomasa en bosques húmedos cultivados y por su flexibilidad para los usos comerciales, siendo considerada hoy por hoy, una de las especies más promisorias para usar en diferentes procesos industriales y en programas de reforestación; en los que por su rápido crecimiento es fuente segura de materia prima (Cedeño, 2010).

En el Ecuador con la creación de los incentivos para establecer plantaciones forestales de interés comercial, se la considera a la Melina como una especie importante para este tipo de programa, por las diferentes ventajas que presta, es decir por su rápido crecimiento y los diferentes usos que se le otorgan (Jiménez, 2016).

2.1.1.3. Clasificación taxonómica.

La Melina presenta la siguiente clasificación taxonómica de acuerdo a Walker (2006), se detallan a continuación las siguientes características:

Reino	:	Plantae
División	:	Tracheophyta
Clase	:	Equisetopsida
Subclase	:	Magnoliidae
Orden	:	Lamiales
Familia	:	Lamiaceae
Género	:	<i>Gmelina</i>
Especie	:	<i>arborea</i>
Nombre Científico	:	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.
Nombre Vulgar	:	Melina
Origen	:	Sureste de Asia

2.1.1.4. Descripción botánica.

- **Árbol.**

La especie *Gmelina arborea* Roxb es una especie caducifolia introducida, que pertenece a la familia Lamiaceae, de rápido desarrollo, su diámetro aumenta aceleradamente en los primeros años hasta presentar más de 80 cm de diámetro, su altura por lo general es de 15 a 20 m, aunque llegan a alcanzar más de 30 m. Árbol de fuste recto y abundante ramificación, las ramas de las copas son lisas, de color marrón, pálido a gris, en los árboles maduros son de color café amarillento a café claro con manchas blanquecinas su forma en general varía de acuerdo a las condiciones en que se desarrolla (Rojas & Murillo, 2004; Patiño *et al.*, 1982).

- **Hojas.**

Las hojas son grandes de (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabro, envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes (Rojas & Murillo, 2004).

- **Flores.**

Las flores son de coloración pardusca, zigomorfas, bisexual, con pequeñas brácteas, pubescentes; cáliz tabular o en ocasiones campanulado, con 4 o 5 dientes o sobentero,

generalmente con glándulas prominentes; corola con (4-5) sépalos soldados a la base del ovario, amarillo brillante de 2.5 cm de largo, su inflorescencia presenta una cima dicásica terminal con las flores más antiguas en la base de la panícula y las más jóvenes en el extremo superior. La misma inflorescencia presenta numerosas fases de desarrollo de capullos y frutos (Rojas & Murillo, 2004).

- **Fruto.**

El fruto es una drupa ovoide u oblonga, de 3 a 5 mm de largo, el pericarpio es brillante succulenta de color amarillo cuando está madura con pulpa de sabor dulce y pericarpio coriáceo; el endocarpo es un cuesco de textura dura. El número de semillas por fruto varía dependiendo del origen de la fuente semillero (Rojas & Murillo, 2004).

- **Semillas.**

Posee una forma ovoide membranosa muy delgada, color café, lisa, opaca, con un tamaño mediano más o menos de largo alrededor de 2 a 3 cm y ancho de 1 a 1.5 cm, con una dispersión barocónica producción de 700 a 1400 semillas por kilogramo, presenta dos cotiledones y el embrión es recto, capacidad germinativa de un 70% a 90% (Jiménez, 2016).

La semilla de la Melina se considera ortodoxa, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del almacenamiento, se recomienda empacarla en bolsas plásticas selladas dentro de recipientes herméticos, ya que a temperatura ambiente la vialidad se reduce rápidamente (Trujillo, 2002.)

Para su almacenamiento se recomienda empacarla en bolsas plásticas selladas dentro de recipientes herméticos, ya que a temperatura ambiente la viabilidad se reduce rápidamente. Se debe reducir su contenido de agua hasta un 6 y 10% (base húmeda) y almacenarla en un cuarto frío entre 3 y 5 °C para conservarla adecuadamente hasta por dos años (Rojas & Murillo, 2004).

- **Raíces.**

Presenta tejido protector (súber), con presencia a nivel del suelo, pero su sistema radical es profundo, apareciendo sus raíces en suelos que tienen capas endurecidas u otros limitantes de profundidad (Rojas & Murillo, 2004).

2.1.1.5. Madera.

- **Aspecto.**

En trabajos realizados con madera de Melina de árboles creciendo en Costa Rica y utilizando las normas internacionales de descripción anatómica se describe a la madera como de color amarillo pálido para la albura y de gris a gris pálido para la madera de duramen. En condición verde puede distinguirse fácilmente la madera de albura de la madera de duramen; sin embargo, cuando la madera está seca, no se distinguen fácilmente estos dos tipos. No obstante, una causa de variación importante en el color de la madera es la presencia de madera de reacción, la cual ha tenido poca importancia hasta el momento, a pesar de sus graves efectos no solo en el color, sino también en las propiedades físico-mecánicas y en el desempeño de los procesos industriales (Ramos, 2016).

- **Propiedades.**

En general se plantea un peso específico básico de la madera de Melina en un rango de 0.3 a 0.5 con contenidos de humedad en muchas ocasiones superior a 150% en condición verde. Las contracciones tangenciales con un rango de 4 a 7%, las contracciones radiales de 2 a 4% y contracciones volumétricas entre 7 y 10%. Estos valores de contracciones hacen de este tipo de madera de una buena estabilidad dimensional una vez que está seca, por lo que es muy demandada para muchos usos (Moya, 2004).

La madera de Melina manifiesta un valor de peso específico básico que la clasifica como una madera liviana; tiene una densidad baja seca al aire; y se la puede categorizar como liviana según su densidad anhidra. Respecto a las propiedades relacionadas con cambios dimensionales de la madera, los valores obtenidos para las contracciones volumétrica, tangencial y radial, clasifican a la madera de Melina, como dimensionalmente inestable; con una contracción volumétrica total baja y normal muy baja; con un punto de saturación de las fibras normal (Moya, 2004). Mayores características se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de Melina (*Gmelina arborea* Roxb) según Moya (2004) y Rivero (2010).

Propiedad	Descripción	Unidad	Promedio
Densidad	Al 12% C.H	g/cm ³	183.44
	Anhidra	g/cm ³	0.46
Peso específico	Básico		0.38
Contracción total	Volumétrica	%	10.41
	T/R	%	2.56
Punto de saturación de fibra	Volumétrica	%	26.98
Flexión estática	MOR	kg/cm ²	736.25
	MOE	kg/cm ²	86789.22
Compresión paralela al grano	MOR	kg/cm ²	334.31
Compresión perpendicular al grano	ELP	kg/cm ²	51,95
Dureza	Axial	Kg	190.51
	Perpendicular	Kg	232.69
Resistencia al cizallaje	Tangencial	kg/cm ²	94.67
	Radial	kg/cm ²	89.81
Extracción de clavos	Axial	Kg	46
	Perpendicular	Kg	48

- **Usos y Aplicaciones.**

Una vez secada la madera es utilizada para aserrío, construcciones rurales y construcción en general, tarimas, leña, muebles, artesanía, cajonería, pulpa para papel, contrachapados, embalajes, postes, tableros, carpintería, tableros y aglomerados. La raíz y corteza es usada para propósitos estomacales como laxativo y antihelmíntico, mejora el apetito. La pasta formada a partir de las hojas es aplicada para alivio del dolor de cabeza y en jugo para las úlceras. Las flores son dulces y usadas para control de la lepra y enfermedades de la sangre. La planta es recomendada en combinación con otras drogas para el tratamiento de las mordidas de serpientes en una decocción de las raíces y corteza (Moya, 2004).

Según Jiménez (2016), la Melina evidencia una buena reputación comercial, debido a su elevada resistencia y durabilidad. Es muy estable ante situaciones medioambientales cambiantes, no se rasga ni se pudre, y es muy resistente a la actividad de los xilófagos y los hongos, e inclusive a ciertos ácidos. Estas particularidades convierten a la madera de Melina en una de las maderas más apreciadas, dándole así, múltiples aplicaciones:

1. Placas para recubrimientos estéticos

2. Moblaje y marquetería
3. Carpintería interior: suelos, frisos, escaleras
4. Carpintería exterior: revestimientos, ventanas
5. Construcción naval: embarcaciones ligeras
6. Puentes: elementos para contacto con el suelo o el agua
7. Tornería: piezas curvadas
8. Depósitos resistentes a los ácidos

2.1.1.6. Condiciones de desarrollo.

- **Temperatura.**

La Melina crece a temperaturas de entre 18-38 °C, siendo la media 24 °C. Su óptimo desarrollo se logra a 25 °C, con un rango de 24-30 °C (Chavarria & Valerio, 1993).

- **Precipitación.**

Se adapta a condiciones pluviométricas que van desde los 1200 a 2300 mm anuales, teniendo una época seca de 3 a 4 meses, con extremos de 1000 a 4000 mm al año (Chavarria & Valerio, 1993).

- **Altitud.**

El rango altitudinal es amplio y en muchos de los casos recomendado plantar la melina de 0-1200 msnm, pero siempre hay que tomar en cuenta la altura óptima que es de 0- 600 msnm para lograr buenos resultados (Chavarria & Valerio, 1993).

- **Suelo.**

Los mejores sitios para melina se ubican en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes y los sitios con buenos contenidos de calcio y magnesio y los ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas. Las plantaciones de Melina no prosperan en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en esos sitios los árboles muestran características indeseables como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y aspecto arbustivo, por esta razón, se sugiere plantar esta especie en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical (Jiménez, 2016).

2.1.1.7. Adaptación.

Presenta alta adaptabilidad en distintos sitios, en zonas tropicales y subtropicales, con condiciones de precipitación y temperatura amplias y períodos de sequía necesarios para su adecuado desarrollo (Pakos, 2012).

Con maquinaria agrícola se debe nivelar el terreno para mejorar la capacidad de drenaje, lo que permitirá además capturar y conservar húmedas. La preparación del terreno deberá estar concluida antes del inicio de la temporada de lluvias (Cruz & Garza, 2003; Sampayo *et al.*, 2011).

2.1.1.8. Factores limitantes del crecimiento.

La Melina tolera de 6 a 7 meses con estación seca y a regiones con precipitaciones menores a 700 mm/anuales (Cruz & Garza, 2003). Esta especie es intolerante a la sombra (Sampayo *et al.*, 2011).

2.1.1.9. Manejo del cultivo.

- **Tratamientos pregerminativos y germinación.**

Las semillas forestales presentan una testa o cáscara dura, por lo tanto es conveniente acelerar la germinación, colocando las semillas en agua caliente, o hirviendo y dejar que el agua con las semillas se enfríen lentamente (Jiménez, 2016).

También se sumergen la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y una vez fuera del agua se recubren con una capa de hoja seca de plátano o saco de tela previamente humedecido, luego se debe remojar diariamente hasta que las semillas muestren signos de germinación lo cual ocurrirá en unas tres semanas. Otro tratamiento consiste en dejar la semilla de Melina en agua para tres días y luego extenderla al sol regándola todos los días hasta que inicie el proceso de germinación (Alizaga & Herrera, 2001).

El porcentaje de germinación cuando son semillas recién colectadas, esta es alta y suele ocurrir en menos de dos semanas (Cruz & Garza, 2003).

- **Siembra.**

La facultad germinativa es por el poder intrínseco que tiene una semilla para desarrollarse y dar origen a una nueva planta, que dependen de las reservas que encierra y la naturaleza permeable de sus cubiertas (Rojas & Murillo, 2004).

Muchas clases de semillas aparentemente maduras, fracasan en la germinación, aun en el caso de ser favorables todos los factores ambientales, a este estado de crecimiento inhibido de las semillas o de otros órganos vegetales resultante de causas internas se denominan generalmente latencia (Rojas & Murillo, 2004).

Aunque los mismos autores manifestaron que el período de remojo no afecta de manera significativa el porcentaje, ni la velocidad de germinación de las semillas, sin embargo, las semillas grandes tienen un mayor porcentaje y velocidad de germinación que las semillas medianas y pequeñas, por lo que es recomendable sembrarlas separadas para reducir la variabilidad en el lote de plantas (Jiménez, 2016).

Para una mejor germinación de la semilla se recomienda la escarificación, que consiste en procesos que tiene por finalidad hacer que el endocarpio u otras capas protectoras de la semilla sean más permeables al agua y al aire, de tal modo que no interfiera en el desarrollo de la germinación como función normal, la escarificación puede ser mecánica o química. Escarificación es el tratamiento que se le da a la semilla con el fin de eliminar los tegumentos y otras estructuras de la semilla con mesocarpio cariáceo (Ramos, 2016).

- **Multiplificación.**

Es conveniente sembrarla en pequeñas parcelas provisionales que constituyen el semillero. En estas las pequeñas plántulas pueden emerger con mayor facilidad y ser atendidas con mayor eficacia desde todos los puntos de vista el riego, los deshierbes, los tratamientos antiparasitarios son labores practicados en el semillero (Ramos, 2016).

Se recomienda para la construcción de un semillero un marco de caña guadua, tablón, ladrillo, u otro material, el tamaño recomendable es de 1 m de ancho, por 0.2 m de alto y de longitud variable, dependiendo ésta de la semilla disponible o del número de plantas que requieran (Ramos, 2016).

La propagación de la Melina para establecimientos y plantaciones puede realizarse por medio de semillas o estacas enraizadas, en reforestaciones y agroforestería, tienden a usar las semillas para establecer las plantaciones. Mientras que los grandes proyectos con programas de mejoramientos de desarrollo el uso de estacas enraizadas (Trujillo, 2002).

Uno de estos métodos de propagación es por esquejes en la cual se recomienda sumergir la base en estimulantes y posteriormente se plantan en camas de arena; después de 14 días los esquejes son trasplantados en los envases de polietileno en donde permanecerán hasta llevar al lugar definitivo tiempo promedio de 2 a 6 meses (Rojas & Murillo, 2004).

- **Fertilización.**

No hay gran experiencia reportada en la literatura sobre el efecto de la fertilización sobre el crecimiento de la especie a nivel de plantación, sin embargo algunos ensayos señalan que la aplicación de triple 15 (NPK) mejora el crecimiento en plantaciones de un año cuando se aplica dosis de 150 gr por planta (Muñoz & Vera, 2012).

La fertilización normalmente se la efectúa a partir de los 15 o 30 días posteriores a la plantación. Entre las dosis más recomendadas destaca la concerniente a 100-150 gramos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por planta, sin embargo, también destacan formulaciones como: 17-17-17, 10-34-6, 10-28-6, 5-30-10, 10-30-10 y 5-30-6. Es recomendable efectuar un análisis fisicoquímico adecuado del suelo a fin de reconocer los requerimientos nutricionales y dosis óptimas para la plantación (Ramos, 2016).

- **Trasplante.**

Elegir las plantas más vigorosas, libres de plagas y enfermedades. Aunque las características físicas dependerán de la especie, existen criterios generales que indican buena calidad en las plantas. La raíz deberá ocupar por lo menos el 50% del volumen total del envase, el diámetro basal del tallo deberá ser ≥ 0.25 cm, la altura total del vástago no mayor a 30 cm, y por lo menos $\frac{1}{4}$ parte de la longitud total del tallo con tejido leñoso, endurecimiento. Se recomienda aplicar un riego a saturación un día antes del transporte de las plantas (Rojas & Murillo, 2004).

- **Raleo.**

Desde el punto de vista silvicultural, los árboles en la plantación comienzan a ocupar el sitio, esto es utilizar las reservas de agua, nutrientes y luz entre otros factores por los

cuales compiten los individuos presentes en la plantación. Sin embargo, conforme los árboles acumulan biomasa, sus copas y su sistema radical crecen hasta entrar en competencia y la tasa de crecimiento en volumen puede reducirse rápidamente (Jiménez, 2016).

Los raleos son una práctica para favorecer el desarrollo de los mejores árboles y una oportunidad para sacar productos maderables. Al considerar los árboles por raleo, se deben tomar en cuenta la densidad, ubicación, forma y sanidad de ellos, eliminando aquellos enfermos, torcidos o bifurcados, en su primer raleo o entresaca, el primer raleo que se lo realiza es el selectivo. En conclusión el objetivo final del raleo es favorece a los árboles más vigorosos, con buena forma, los cuales se dejarán para la cosecha final (Jiménez, 2016).

- **Podas.**

Se debe realizar la poda de formación para obtener productos de mejor calidad, sobre todo si se trata de producir madera para aserrío o chapa. La poda es una práctica que se efectúa periódicamente desde el establecimiento de la planta y hasta los dos o tres años de edad, consiste en eliminar todas las ramas laterales que afecten la formación correcta del fuste. Esta labor se realiza con tijeras podadoras, machete o navaja (Arias & Arguedas, 2004).

- **Limpieza.**

Antes de la siembra y durante los tres primeros años se recomienda la eliminación de la vegetación indeseable establecido tres limpiezas por años, y de esta forma reducir la competencia por luz, nutrientes; este control puede hacerse, manual, mecánica, química mixto (Muñoz & Vera, 2012).

- **Rendimientos.**

El incremento medio anual en volumen es una de las variables más importantes para la toma de decisiones en el manejo forestal y expresa el potencial de producción de biomasa de una especie en particular, creciendo bajo determinadas condiciones de sitio, bajo un régimen de manejo y una edad determinada. A nivel tropical con excepción de las especies de eucaliptos, la melina es una de las especies con mayor potencial de

crecimiento. En sitios óptimos para su cultivo, esta especie puede alcanzar rendimientos de hasta 30 m³ /ha/año (Arias & Arguedas, 2004).

En algunos casos se han reportado rendimientos de hasta 38 m³ /ha/año (Arias & Arguedas, 2004). A pesar que ha sido mayormente plantada en elevaciones bajas y medias, en Costa Rica se reportan altos rendimientos en condiciones óptimas de suelos andisoles y valores de precipitación media anual de 3000 mm, sobre los 900 msnm (Arias, 2002).

- **Enfermedades forestales causadas por patógenos en Ecuador y el mundo.**

- **Aliso (*Alnus acuminata* HBK).**

Los alisos se ven afectados en las espiguillas de sus flores por la presencia de enfermedades de tipo fungosas de género *Taphrinas*. También se han detectado hongos que afectan el tallo y la raíz, tanto en fase de vivero como en plantaciones. Además, se ha evidenciado marchites y muerte de árboles por la acción del hongo *Rosellina bunodes*. Los hongos *Colletotrichum* sp. y *Phomopsis* sp., pueden provocar lesiones de follaje (González & Ordóñez, 2009).

En plantaciones se han detectado el ácaro *Eotetranychus carpini* capaz de dañar el follaje, y el coleóptero *Pseudopityophthorus* sp., que puede provocar orificios de entrada para hongos causantes de canchales (cáncer); además se destaca el enrollamiento de las hojas por el ataque de arañas (Benavides, 2013).

- **Cedro (*Cedrela montana* Moritz).**

Esta especie forestal comúnmente presencia el ataque del barrenador de yemas *Hypsiphyla grandella*, conocida como una plaga que puede ocasionar severos daños en la yema apical provocando la muerte, motivo por el cual existe la tendencia a que el árbol desarrolle un fuste imperfecto (chueco). El ataque del barrenador puede darse a alturas no superiores a los 4 m, lo cual indica que el árbol se encuentra mayormente expuesto durante el inicio de su vida (2 a 3 años) (González & Ordóñez, 2009).

- **Eucalipto (*Eucalyptus saligna* Labill).**

Esta especie forestal puede verse afectado por la presencia de patógenos y/o plagas, las cuales se detallan a continuación:

a) Patógenos:

1. Ataque de las raíces: normalmente es producido por bacterias y hongos, dentro de los cuales destaca el género *Phytophthora*, causante de podredumbre y muerte de los árboles.
2. Chancro del tallo: es provocado por el hongo *Diaporthe cubensis* Bruner. Esta afectación a la vez acarrea un deficiente desarrollo del árbol, llegando a producir la muerte del mismo.
3. Enfermedad rosada: es causada por el hongo *Corticium salmonicolor*, el mismo que es capaz de destruir las partes de la planta, especialmente las ramas. El nombre de la enfermedad se debe a la aparición de manchas con tonalidades de color rosado, y la posterior introducción del hongo.
4. Moho: es ocasionado por un hongo denominado *Erysiphe cichoracearum*, el mismo que es capaz de atacar las hojas del árbol provocando su deformación y posterior desplome (González & Ordóñez, 2009).

b) Plagas:

1. Podredumbre del corazón: esta afectación es provocada por las larvas del insecto *Phoracantha semipunctata*, las mismas que ataca directamente la madera y raíces de árboles adultos ocasionándole daños severos en su estructura.
2. Chupador de savia: conocido científicamente como el insecto *Ctenarytaina eucalypti* Mask., organismo vivo que extrae la savia del árbol para su alimentación.
3. Afectaciones a especies jóvenes: estos daños son ocasionados por orugas de polillas, hormigas o larvas de escarabajos, las mismas que se alimentan de las partes tiernas de los árboles (González & Ordóñez, 2009).

Vale indicar que el eucalipto también es propenso a plagas tales como: *Glycarpis* sp., (chupador), *Didymuris violensis* (defoliador), y *Xyleborus truncatus* (perforador) (González & Ordóñez, 2009).

➤ **Guayacán (*Tabebuia chrysantha* Jacq. G. Nicholson).**

El guayacán puede presentar problemas por la presencia plagas, tales como: hormigas de la especie *Formica* sp., y *Atta* sp., y termitas (*Neotermes castaneus*). Además de esto se

ha evidenciado la afectación producida por hongos del género *Sclerotium*, el cual es capaz de producir damping-off y necrosis en los árboles (González & Ordóñez, 2009).

➤ **Pachaco (*Schizolobium parahybum*).**

En el trópico ecuatoriano se identificó el ataque de muerte regresiva en plantaciones de pachaco, la misma que se presenta de manera descendente, es decir, la coloración de las hojas se torna cloróticas, mientras que las yemas terminales se secan y desencadenan en la posterior muerte de las ramas, la corteza de las ramas presenta una coloración de tipo marrón oscuro. En el fuste de los árboles se evidenció una pudrición de tipo circular, la misma que al inicio cambia la coloración del xilema de café claro a gris rojizo, y con emanación de un líquido de color amarillo claro a café oscuro, con olor a materia en descomposición (Belezaca *et al.*, 2011 y 2012a).

La enfermedad presenta una sintomatología muy compleja, empieza con una marchitez vascular, acompañada de la pérdida de coloración verde oscura de las hojas hasta tornarse cloróticas. Las yemas terminales de las ramas empiezan a secarse ocasionando la muerte descendente de las mismas, haciendo que se caigan o queden suspendidas hacia abajo. En el fuste se presenta una pudrición circular que afecta la corteza y el xilema de los árboles. Inicialmente, la madera de la zona afectada adquiere una coloración café claro o café oscuro. De la lesión emana constantemente exudaciones de color amarillo claro o café oscuro, con un fuerte olor a materia orgánica en descomposición. En algunas heridas recientemente hechas, aunque no en todas, suelen observarse peritecios de *Ceratocystis* sp. En los árboles fuertemente atacados por la enfermedad, el daño alcanza algunos centímetros de profundidad, destruyendo el tejido vascular del área circular del fuste, el xilema cambia de color blanco (árbol sano) a pardo oscuro (Belezaca *et al.*, 2011 y 2012b).

➤ **Melina (*Gmelina arborea* Roxb).**

Independientemente del sistema de producción, los principales problemas de melina en vivero son las hormigas, y la heterogeneidad de su crecimiento, para lo cual se recomienda el empleo de gasolina en forma de roció en los caminos y nidos de los hormigueros, las mismas que atacan y defolian severamente los brotes y reducen la vialidad de las plantas ya que disminuir el área foliar se ve afectada la eficiencia fotosintética y la nutrición de la especie y consecuencia su desarrollo. Presenta ataques del insecto barrenador *Calopepla leayana* y fungosas de *Poria rhizomorpha* (Muñoz & Vera, 2012).

La podredumbre de la raíz, (mal del talluelo) causado por el Damping off para lo cual es necesario un estricto control de la humedad, tanto de riego como de lluvia (evitando exceso y déficit y la separación de semilla por tamaño (Muñoz & Vera, 2012).

En nuestro país aún no se han reportado problemas mayores en cuanto a plagas y enfermedades se refiere, no obstante como en cualquier otra plantación forestal en el trópico, existe la presencia de hormiga arriera del genero *Atta* sp., que es una amenaza en la fase de establecimiento y en los primeros años de vida de la plantación. Los obreros de las colonias cortan hojas en trozos más o menos circulares, que transportan hasta sus nidos, donde los trituran y usan como sustrato para cultivar un hongo (*Rozites gongylophora* Moeller) que constituye su alimento principal (CORMADERA, 2001).

Los nidos son subterráneos y presentan túneles extensos, provistos con respiraderos; externamente parecen montículos de tierra en los puntos de ingreso al nido. Estos nidos son generalmente grandes, pueden medir de 10 a 15 m de diámetro y hasta 4 metros de profundidad. También se reportan daños por termites, los cuales barrenan el tallo y las ramas. Los gusanos tierreros *Spodoptera frugiperda* (Lep: Noctuidae) ocasiona daños en cogollos y hojas nuevas. Insectos de la familia Acrididae (Orthoptera) producen defoliaciones severas, si las poblaciones del insecto son muy altas (CORMADERA, 2001).

Es muy importante tomar en cuenta, cuando se ingresa ganado a las plantaciones en vista de que si no hay suficiente pasto para su alimentación, estos dañan la corteza de los árboles, plantaciones jóvenes han sido destruidas por el ramoneo. Hay empresas forestales en el trópico, que el objetivo central es la producción de madera, por lo que no se permite el ingreso de ganado; pero no hay que descartar que hay pequeños propietarios que tienen poca superficie de tierra por lo que los sitios de plantación forestal son utilizados para doble propósito, madera y ganado, esta diversificación necesita del conocimiento profundo en el manejo de plantaciones con animales, esto es con la finalidad de que el crecimiento no se vea afectado, entre otros problemas que pueden repercutir en las plantaciones (CORMADERA, 2001).

Las plantas de *Gmelina arborea* son muy susceptibles al ataque del hongo *Ceratocystis* sp., (Especie). Las enfermedades de mayor peligro potencial es el “mal del machete” (*Ceratocystis fimbriana*), que puede ser muy severa en climas húmedos, cerca de cacaotales hospedantes. Las hojas se tornan de un color amarillo y tienden a secarse rápidamente

(permaneciendo en el árbol aún después de muerto). El tronco presenta manchas de color gris azulado y exuda un líquido parecido al vino tinto a través de la corteza y puede ser transmitida por las herramientas (CORMADERA, 2001).

2.2. Marco referencial.

Murillo *et al.*, (2014) investigaron acerca del uso de biocontroladores y materiales tolerantes a patógenos asociados al síndrome de muerte descendente en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. y *Gmelina arborea* de Santa Clara-Costa Rica. El muestreo se lo efectuó en plantaciones enfermas de Teca y Melina con rangos de edad de 7-12 y 2-9 años respectivamente, se tomaron muestras de raíces infectadas y del fuste que evidenciaba presencia de pudrición. Las muestras obtenidas fueron sometidas a desinfección con hipoclorito de sodio (1%) y alcohol etílico (95%) y depositadas en cajas de petri, para posteriormente ser incubadas en medio PDA (Papa-Dextrosa-Agar). Luego se determinó el grado de patogenicidad de los agentes causales aislados, la presencia de marcadores genéticos incorporados a la tolerancia de genotipos y la evaluación del uso de biocontroladores en la prevención y manejo de patógenos vinculados a la muerte descendente. Se obtuvieron patógenos asociados aislados, protocolos de evaluación de tolerancia genotípica y potenciales genotipos de melina tolerantes.

Belezaca *et al.*, (2011 y 2012a) indicaron acerca de *Macrophoma* sp., *Fusarium* sp., *Graphium* sp., *Ceratocystis paradoxa* (Dade) y *C. moniliformis* (Hedgc.), asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de Pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell Blake) en las provincia de Los Ríos, Santo Domingo de Los Tsáchilas, y Esmeraldas. La presente investigación abarco tres rodales de distintas edades que consistió en reconocer y recolectar muestras de árboles enfermos para analizar a nivel de laboratorio. Se aislaron e identificaron cinco hongos, tres a nivel de género: *Macrophoma* sp., *Fusarium* sp., y *Graphium* sp., y dos a nivel de especies: *Ceratocystis paradoxa* (Dade) y *C. moniliformis* (Hedgc.). Las pruebas de patogenicidad demostraron que *C. paradoxa*, *Macrophoma* sp., y *C. moniliformis*., provocaron los mayores valores de volumen aparente de necrosis con 5.4, 3.5 y 3.4 cm³ respectivamente. En cuanto a la incidencia de la enfermedad el primer rodal mayor a 25 años que estuvo ubicado en la provincia de Los Ríos se encontró la mayor incidencia de la enfermedad con 55%, el segundo rodal de 8 años

de la provincia de Esmeraldas con una incidencia de 29%, y el tercer rodal de Santo Domingo de Los Tsáchilas el cual tuvo 25% de incidencia.

García *et al.*, (2011) indagaron acerca de *Haematonectria haematococca* y *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., asociados a muerte descendente de Teca y Melina en los estados de Campeche y Tabasco, México. A efectos de dicha investigación se consideraron 10 árboles de teca y melina que evidenciaron síntomas de canchros y muerte de puntas, de los cuales se procedió a tomar muestras de la parte apical de las ramas y la corteza del fuste con evidencia de cuerpos reproductivos y agrietamientos. A las muestras recolectadas se las aisló mediante segmentación en trozos de 5mm de longitud y su desinfección con agua destilada e hipoclorito de sodio, para posteriormente ser sembradas en un medio de cultivo de tipo PDA (Papa Dextrosa Agar) y en EMA (Extracto de Malta Agar); seguidamente se identificó la morfología y caracterización molecular, mediante la realización de montajes permanentes utilizando glicerina deshidratada y azul de metileno; como último procedimiento se efectuó la extracción del ADN mediante el método AP. Los resultados muestran que los árboles de Teca y Melina evidencian muerte descendente de copa a largo plazo, producida por los hongos *Haematonectria haematococca* y *Fusarium solani*, los canchros producidos tienen su origen con el arribo de ascosporas y conidios hasta áreas de los árboles lesionados (heridas producidas por la poda, picaduras, barrenación de insectos, entre otras). Adicionalmente se identificó que los patógenos se trasladan hasta otras áreas por la incidencia de factores edáficos y medioambientales.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en 3 plantaciones de Melina situadas en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, y cantón Pangua provincia de Cotopaxi (Figura 1).

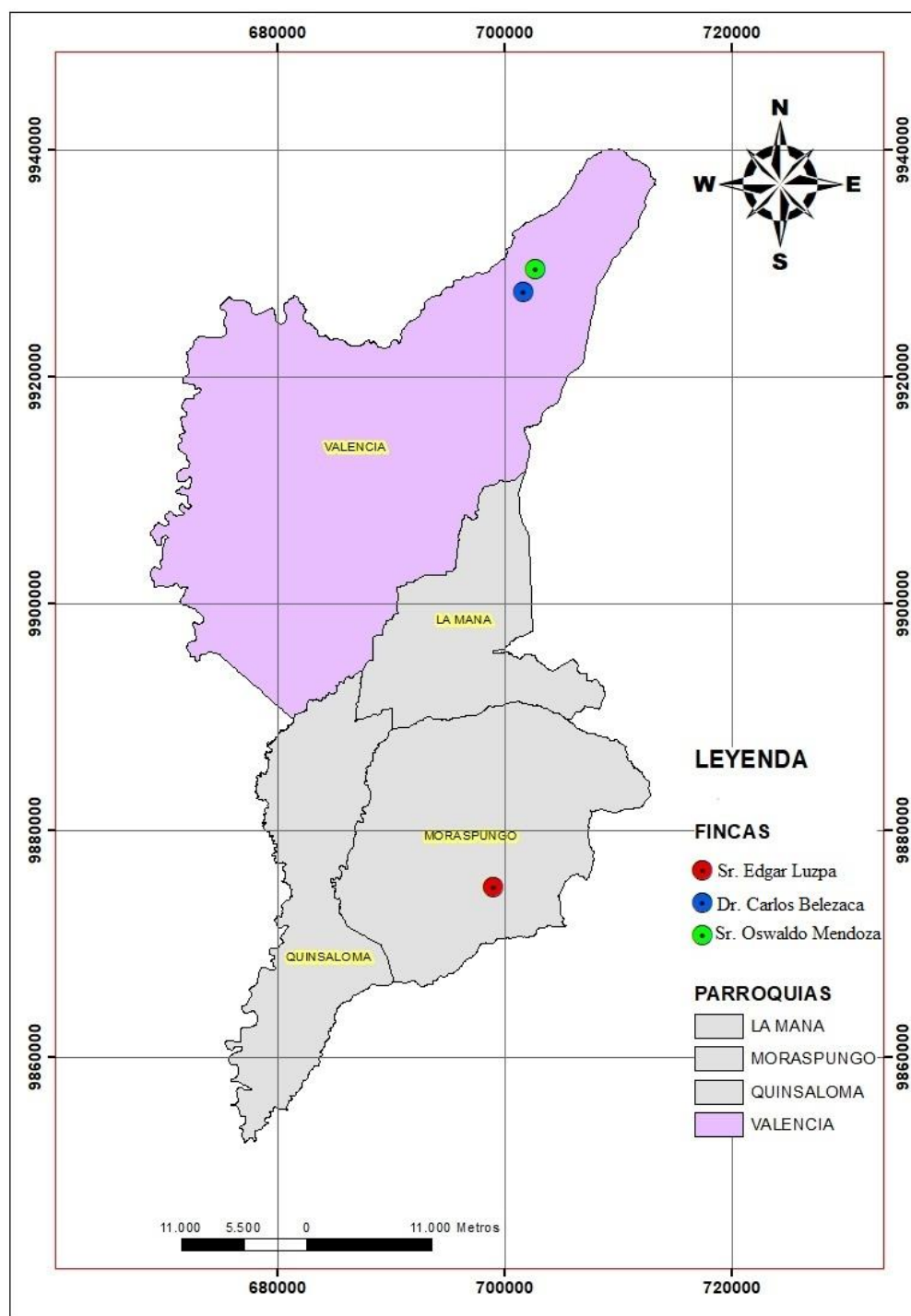


Figura 1. Ubicación de las fincas de estudio.

En el cantón Valencia provincia de Los Ríos se analizó dos plantaciones, la primera perteneciente al Dr. Carlos Belezaca Pinargote, con árboles de 2 años de edad, y la segunda plantación de 3.5 años de edad perteneciente al Sr. Oswaldo Mendoza. En el cantón Pangua se estudió una plantación de 5 años de edad perteneciente al Sr. Edgar Luzpa.

En todas las plantaciones se han aplicado técnicas silviculturales como raleos y podas de formación, mediante el empleo de tijeras, sierras y motosierras. El manejo de malezas fue realizado de forma manual y química (glifosato), mientras que el control de plagas se lo realiza mediante el empleo de químicos.

3.2. Variables edafoclimáticas.

A pesar de la distribución espacial de las plantaciones a ser estudiadas, estas poseen variables edafoclimáticas con pocas variaciones, que se resumen a continuación con el promedio de referencia de las mismas (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedio de variables edafoclimáticas predominantes en la zona donde se encuentra ubicadas las plantaciones de *G. arborea* objeto de estudio.

Parámetro	Promedio
Clima	Cálido y Húmedo Tropical
Zona de Vida	Bosque Húmedo Tropical
Temperatura media anual	20.2 °C
Precipitación media anual	2700 mm
Humedad Relativa	88 – 95 %
Suelo	Francos, arcillosos
Altitud	427 - 504 msnm

3.3. Diseño de la investigación.

3.3.1. Determinación de la incidencia de la enfermedad.

Para el efecto se delimitaron tres parcelas rectangulares de 500 m² en cada plantación. Por cada parcela se efectuó un censo árbol por árbol, con el propósito de establecer el número total de árboles presentes, la cantidad de árboles con síntomas de enfermedad, árboles muertos y aparentemente sanos [Ecuación 1].

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Nº de árboles enfermos}}{\text{Total de árboles}} * 100 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

3.3.2. Determinación de severidad de la enfermedad.

Mediante una ficha de recolección de información, y el empleo de una escala arbitraria de cinco categorías propuesta por Salas *et al.* (2015), se determinó la severidad de la enfermedad en función a las diferencias morfológicas visibles de ramas, hojas y fuste de los árboles enfermos, para posteriormente ser comparados con los árboles aparentemente sanos (Tabla 3). Además, se realizó una descripción de la sintomatología de la enfermedad.

Tabla 3. Escala arbitraria de cinco categorías propuesta por Salas *et al.* (2015) para evaluar la severidad de la enfermedad de pudrición del fuste en *G. arborea*.

Severidad (Criterio)	Síntomas
1	Árbol aparentemente sano, no hay evidencia de síntomas visibles.
2	Amarillamiento inicial de la copa (marchitez foliar evidente); el fuste puede tener pequeñas heridas necrosadas y con exudación negra en sitios diferentes a donde hubo podas; puede iniciar la aparición de rebrotes. No todos los síntomas se expresan.
3	El árbol está visiblemente enfermo. Hay lesiones tipo cancro en la corteza con indicios de pudrición, exposición y abultamiento de la corteza, exudación prominente; pérdida de más de un 50% del área foliar en un patrón progresivo; rebrotes desarrollados.
4	Afectación total del individuo; ausencia total de follaje; hay pérdida y desprendimiento evidente de ramas; aún se observan rebrotes en algunos sectores del tronco; la pudrición externa aparente alcanza un 75% del tronco, donde la zona cancerosa (cancro) se manifiesta con claridad
5	Árbol completamente seco, podrido; la madera ya perdió completamente su valor comercial.

3.3.3. Evaluación de variables dasométricas.

Dentro de las parcelas de cada plantación, a los árboles presentes sanos o enfermos se les registró las siguientes variables: densidad (individuos ha⁻¹), diámetro a la altura del pecho (DAP) (m), altura (m), número de brotes epicórmicos.

3.3.4. Muestreo y recolección de tejidos de árboles enfermos.

Dentro de cada parcela se muestreó el 10 % de los árboles con síntomas de enfermedad, los mismos que fueron talados al nivel del suelo con la ayuda de una motosierra, y posteriormente se realizaron cortes transversales en el fuste a cada 50 cm, con el propósito de determinar el sitio de ingreso del o los patógenos y la diseminación de los mismos dentro de los tejidos. La observación de síntomas internos (necrosis de tejidos) se empleó para la descripción de la sintomatología de la enfermedad.

Secciones de madera con evidencia de necrosis se seleccionaron, y se guardaron en bolsas plásticas con su respectiva rotulación (fecha de recolección, procedencia, número de árbol, edad de la plantación, etc.) y posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la UTEQ para su posterior análisis fitopatológico.

3.3.5. Aislamiento e identificación de hongos asociados a tejidos de árboles enfermos.

A nivel de campo “*ex situ*” los árboles a ser muestreados se analizaron externamente con ayuda de una lupa (10 x), con el propósito de detectar la presencia de signos de algún patógeno, especialmente en heridas abiertas de origen mecánico (antropogénico y/o natural).

Los árboles enfermos seleccionados se apearon con la ayuda de una motosierra, y secciones de madera con tejidos necróticos se llevaron al laboratorio donde fueron sometidos a los respectivos análisis microbiológicos. Para el efecto las muestras se acondicionaron de la siguiente manera:

- **Cámara húmeda:** Con el propósito de brindar condiciones de alta humedad relativa y temperatura constante (22 ± 2 °C) a nivel de laboratorio, muestras de madera con tejidos necrosados se introdujeron en bolsas plásticas conteniendo papel humedecido, e incubando durante 96 horas. Pasado este tiempo y con la asistencia de un estereomicroscopio, las muestras se analizaron con el propósito de detectar el desarrollo de signos (micelio, cuerpos fructíferos, etc.) presente sobre los tejidos necrosados (Commonwealth Mycological Institute, 1983). Cuando se detectó signos de microorganismos creciendo sobre la madera, estos fueron trasladados a medios de cultivo sintéticos, bajo condiciones de asepsia.

- **Siembra en sandwiches de zanahoria:** Con el propósito de estimular la manifestación, crecimiento y desarrollo de microorganismos fungosos de difícil crecimiento inicial en medios de cultivo sintético, se realizaron siembras con segmentos de tejidos necrosados de aproximadamente 2 x 2 x 0.5 cm (largo, ancho y espesor) entre dos rodajas de zanahoria, apretados con cinta de papel, formando una especie de sandwich (Li *et al.*, 2014; Piveta *et al.*, 2016). Por cada árbol se formaron entre 4 y 5 sandwiches que se introdujeron en recipientes plásticos estériles (tarrinas plásticas), tapados e incubados durante 120 horas (5 días). Pasado el tiempo de incubación y con la ayuda de un estereomicroscopio, los sandwiches se analizaron con el propósito de detectar el desarrollo de signos (micelio, cuerpos fructíferos, etc.) presentes, creciendo sobre la zanahoria, y cuando estuvieron presentes se trasladaron a medios de cultivo sintéticos, bajo condiciones de asepsia.
- **Siembras directas en medios de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA):** Por cada árbol seleccionado, las muestras frescas de madera con tejidos necróticos se diseccionaron en el laboratorio, mediante cortes limpios con la ayuda de un machete. Posteriormente, en un espacio aséptico y con un cuchillo bien afilado se cortaron pedacitos de madera de aproximadamente 0.5 x 0.5 cm y se depositaron en una placa de Petri estéril, a partir de la cual y sin previa desinfección con ningún antiséptico, cuatro pedacitos de madera necrótica fueron sembrados en cinco placas de Petri conteniendo 10 mL de medio de cultivo PDA + 0.2 mL de una mezcla de antibióticos (50 µg/mL de penicilina y 25 µg/mL de estreptomicina) (Parkinson, 1994), y se dejaron incubar durante 96 horas a temperatura de laboratorio (22±2 °C). Pasado este tiempo se identificaron el o los hongos que crecieron en el medio de cultivo a partir de los pedacitos de madera necrosada, y la identificación se realizó con la ayuda de claves taxonómicas (Von Arx, 1981; Barnett & Hunter, 1987; Hanlin, 1992).

3.3.6. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos a nivel de campo y laboratorio se analizaron empleando herramientas de estadística descriptiva: media, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación, etc. Para el efecto se empleó el paquete estadístico SYSTAT 11 versión para Windows.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 1 (Dr. Carlos Belezaca Pinargote).

Incidencia: En esta plantación (2 años de edad) se detectó una densidad de 1080 árboles por ha⁻¹, este valor fue debido a las podas y raleos aplicados en dicha plantación.

En promedio se detectaron 10 árboles enfermos y 2 árbol muertos por parcela (500 m²), lo que permitió inferir la existencia de 200 árboles enfermos y 40 árboles muertos por ha⁻¹, cuyos resultados representaron una incidencia de la enfermedad del 17.9% (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de *G. arborea* a nivel de campo en una plantación de 2 años de edad de la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, 2019.

Nº. Parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad	Nº Árboles por parcela	Árboles sanos	Árboles enfermos	Árboles muertos	Incidencia (%)
1	1080	54	39	14	1	25.9
2	1080	54	43	7	2	12.9
3	1080	54	42	8	2	14.8
Promedio	1080	54	41	10	2	17.9

Severidad: La mayor parte de los árboles enfermos se encontraron en la escala 2 y 3 dando como resultado el 16.7% mientras que la menor parte estuvo en la escala 4 con un 1.8%. Estos porcentajes hacen referencia que los árboles de la plantación se encontraron con presencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en estado de progreso medio. . Mientras que el 3.7% de los árboles están muertos en pie (escala 5), (Tabla 5).

Tabla 5. Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de *G. arborea* de 2 años de edad pertenecientemente al Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, 2019.

N°. Parcela	N°. de árboles por escala *					Árboles enfermos	N° Árboles por parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad
	1	2	3	4	5			
1	39	12	2	0	1	14	54	1080
2	43	3	3	1	2	7	54	1080
3	42	6	0	2	2	8	54	1080
Promedio	41	7	2	1	2	10	54	1080

*Escala: 1 = árbol sano; 2 = Hojas terminales cloróticas; 3 = Ramas con brotes muertos; 4 = Follaje con el 50% muerto; 5 = Árbol con el 80% o más de sus estructuras vegetales muertas.

Análisis de variables Dasométricas: El comportamiento de los árboles de melina en la plantación de la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote es aparentemente uniforme, según los datos recolectados (Tabla 6), donde la altura promedio estuvo entre 11.6 m y 12.3 m, mientras que el DAP fluctuó entre 12.8 cm y 12.9 cm.

Tabla 6. Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de *G. arborea* de 2 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, 2019. Valores promedios representan la media de 54 árboles con su respectivo error estándar.

N°. Parcela	Árboles ha ⁻¹ (Densidad)	N° árboles por Parcela	Altura (m)			DAP (cm)		
			Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo
1	1080	54	14	12.3±0.19	10	18.1	12.9±0.46	4.1
2	1080	54	14	11.6±0.18	7	19.1	12.8±0.39	7.9
3	1080	54	15	12.4±0.18	10	19.4	12.9±0.38	5.4

4.1.2. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 2 (Sr. Oswaldo Mendoza).

Incidencia: La plantación de 3.5 años de edad, se identificó una densidad de 840 árboles ha⁻¹, considerando que ha pasado por raleos sanitarios, los mismos que consistieron en eliminar árboles que perjudicaron la salud de la plantación como aquellos deformados y con problemas fitosanitarios.

En esta plantación se detectó un promedio de 3 árboles enfermos y sin presencia de árboles muertos por parcela (500 m²), dando una relación de 60 árboles enfermos por ha⁻¹. Los resultados encontrados mostraron una incidencia de la enfermedad del 7.9% que se puede apreciar a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de *G. arborea* a nivel de campo en una plantación de 3.5 años de edad de la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019.

Nº. Parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad	Nº Árboles por parcela	Árboles sanos	Árboles enfermos	Árboles muertos	Incidencia (%)
1	840	42	26	3	0	7.1
2	840	42	26	3	0	7.1
3	840	42	23	4	0	9.5
Promedio	840	42	25	3	0	7.9

Severidad: La mayor parte de los árboles enfermos se encontraron en la escala 2, lo cual indica que el 7.9% de los árboles de la plantación se encuentran con presencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en estado de progreso medio. Mientras que de acuerdo a los datos recolectados en campo indica que no existió árboles muertos en pie debido a las actividades de raleo realizadas (escala 5), (Tabla 8).

Tabla 8. Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de *G. arborea* de 3.5 años de edad en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, perteneciente al cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019.

Nº. Parcela	Nº de árboles por escala *					Árboles enfermos	Nº Árboles por parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad
	1	2	3	4	5			
1	26	3	0	0	0	3	42	840
2	26	3	0	0	0	3	42	840
3	23	4	0	0	0	4	42	840
Promedio	25	3	0	0	0	3	42	840

*Escala: 1 = árbol sano; 2 = Hojas terminales cloróticas; 3 = Ramas con brotes muertos; 4 = Follaje con el 50% muerto; 5 = Árbol con el 80% o más de sus estructuras vegetales muertas.

Variables Dasométricas: En la plantación de 3.5 años de edad, el comportamiento de los árboles de melina, fue aparentemente uniforme, según los datos recolectados, donde

la altura y DAP promedio fluctuaron entre 17.1 m – 21.1 m y 19.3 cm – 20.4 cm, respectivamente, (Tabla 9).

Tabla 9. Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de *G. arborea* de 3.5 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, ubicada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. 2019. Valores promedios que representan la media de 42 árboles con su respectivo error estándar.

N°. Parcela	Árboles ha ⁻¹ (Densidad)	N° árboles por Parcela	Altura (m)			DAP (cm)		
			Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo
1	840	42	19	7.1±0.18	15	23.8	19.3±0.50	14.0
2	840	42	24	21.1±0.25	19	27.6	20.4±0.37	15.9
3	840	42	24	18.9±0.51	12	25.1	20.3±0.37	14.6

4.1.3. Incidencia, severidad de la enfermedad, y variables dasométricas en la finca 3 (Sr. Edgar Luzpa).

Incidencia: En la evaluación de la plantación (5 años de edad), se identificó una densidad de 940 árboles ha⁻¹, considerando que tuvo una densidad inicial de 1111 árboles ha⁻¹, esta variación se debe a que aplicaron técnicas silviculturales las mismas que consistió en eliminar aquellos árboles deformados y con problemas fitosanitarios.

En la finca del Sr. Luzpa en promedio de árboles enfermos se detectaron 4 individuos afectados y 2 árboles muertos por parcela (500 m²), lo que permitió deducir la existencia de 80 árboles enfermos por ha⁻¹ y 40 árboles muertos por ha⁻¹ en la plantación en cuestión, cuyos resultados representaron una incidencia de la enfermedad del 8.5% (Tabla 10).

Tabla 10. Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en tres parcelas de *G. arborea* a nivel de campo en una plantación de 5 años de edad de la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi, 2019.

N°. Parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad	N° Árboles por parcela	Árboles sanos	Árboles enfermos	Árboles muertos	Incidencia (%)
1	940	47	26	7	2	14.8
2	940	47	32	3	1	6.3
3	940	47	34	2	2	4.2
Promedio	940	47	31	4	2	8.5

Severidad: En la plantación de 5 años, la mayor parte de los árboles enfermos se encontraron en escala 2, lo cual indica que el 8.5% de los árboles de las plantaciones se encuentran con presencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en estado de progreso medio. Mientras que el 3.5% de los árboles en la respectiva plantación, están muertos en pie (escala 5), (Tabla 11).

Tabla 11. Severidad de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en una plantación de *G. arborea* de 5 años de edad en la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi, 2019.

N°. Parcela	N° de árboles por escala *					Árboles enfermos	N° Árboles por parcela	Árboles ha ⁻¹ Densidad
	1	2	3	4	5			
1	26	7	0	0	2	7	47	940
2	32	3	0	0	1	3	47	940
3	34	2	0	0	2	2	47	940
Promedio	31	4	0	0	2	4	47	940

*Escala: 1 = árbol sano; 2 = Hojas terminales cloróticas; 3 = Ramas con brotes muertos; 4 = Follaje con el 50% muerto; 5 = Árbol con el 80% o más de sus estructuras vegetales muertas.

Variables Dasométricas: En la plantación de 5 años de edad, el comportamiento de los árboles de melina, fue aparentemente idónea con relación a su edad, según los datos recolectados, donde la altura y DAP promedio fluctuaron entre 17.7 m – 23.5 m y 20.1 cm – 20.8 cm respectivamente, (Tabla 12).

Tabla 12. Variables dasométricas (altura total y DAP) analizadas en una plantación de *G. arborea* de 5 años de edad con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en la finca del Sr. Edgar Luzpa, ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi, 2019. Valores promedios que representan la media de 47 árboles con su respectivo error estándar.

N°. Parcela	Árboles ha ⁻¹ (Densidad)	N° árboles por Parcela	Altura (m)			DAP (cm)		
			Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo
1	940	47	24	17.7±0.52	10	28,9	20,7±0.59	12.7
2	940	47	28	22.6±0.55	14	28,6	20,1±0.72	11.4
3	940	47	28	23.5±0.42	16	33,7	20,8±0.71	13.0

4.1.4. Presencia de microorganismos fungosos en tejidos leñosos de árboles enfermos.

Cámara Húmeda: Luego de analizar bajo un estereomicroscopio los tejidos de madera necrosada de árboles enfermos de *G. arborea*, se determinó que el 33.3% de las muestras de todas las plantaciones estudiadas existía la presencia de peritecios globosos con un cuello, en cuyo extremo superior poseía varios apéndices (fimbrias), donde se acumulaban grupos de ascosporas de color amarillo pálido, estas características permitieron identificar al hongo como *Ceratocystis fimbriata*. Además crecieron colonias algodonosas de color blanco amarillento que pertenecía al hongo *Fusarium* sp., con un 77.8% de aparición en este modelo tradicional (Tabla 13). Dichos hongos cubrían las áreas necróticas de la madera de melina (Figura 2).

Tabla 13. Presencia de peritecios del hongo *C. fimbriata*, y *Fusarium* sp., mediante la incubación de tejidos leñosos de árboles enfermos de *G. arborea* en cámaras húmedas.

Finca	Nº. de arboles	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Porcentaje	<i>Fusarium</i> sp.	Porcentaje
1	9	5	55.5	8	88.8
2	9	1	11.1	4	44.4
3	9	3	33.3	9	100.0
Promedio	9	3	33.3	7	77.8



Figura 2. Muestras de madera de árboles enfermos de *G. arborea* incubadas en cámaras húmedas, que estimularon la manifestación de peritecios del hongo *C. fimbriata*, y *Fusarium* sp.

Sanduches de zanahoria: Posterior a la incubación durante 5 días, las rodajas de zanahoria conteniendo muestras de madera necrosada de árboles enfermos de melina (sanduches) no mostraron crecimiento de micelios algodonosos (*C. fimbriata*), ni formación de cuerpos fructíferos (peritecios) globosos de color negro (*Fusarium* sp.).

Microorganismos fungosos aislados en PDA a partir de muestras de madera necrosada: En los árboles de melina enfermos en todas las plantaciones muestreadas, y luego de las 96 horas de incubación en las placas de Petri, se observó a partir de las secciones de madera sembrados en PDA, el crecimiento de un tipo de colonia fungosa de color blanco algodonoso. Observaciones al microscopio permitieron identificar que en las colonias de color blanco correspondieron al hongo *Fusarium* sp., (Figura 3).

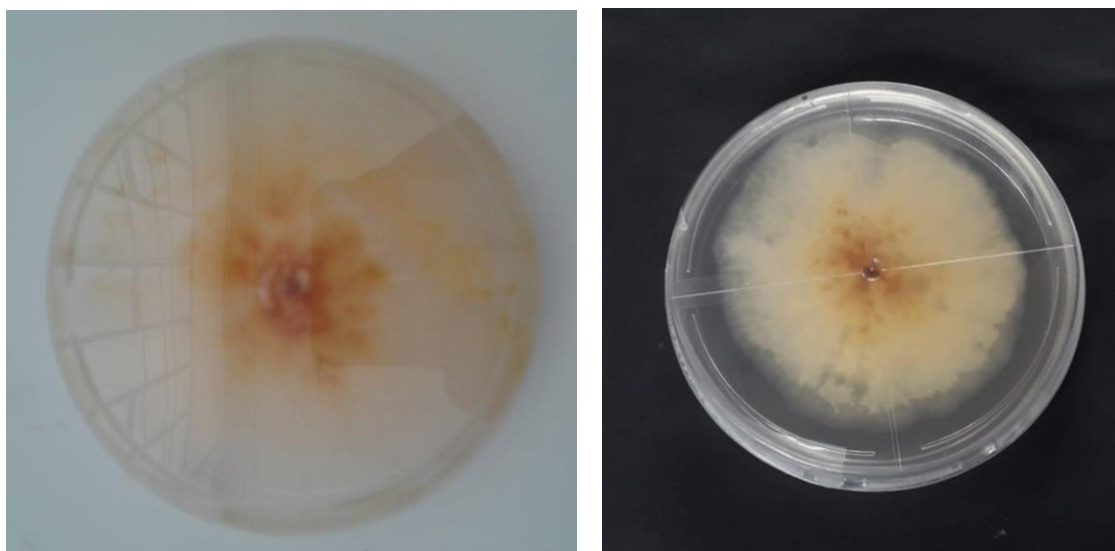


Figura 3. Colonias de *Fusarium* sp., obtenidas a partir de árboles de *G. arborea* enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, creciendo en medio de cultivo PDA.

La presencia de colonias de cada microorganismo a partir de segmentos de madera necrosada sembrados en PDA, mostraron dominancia del hongo *Fusarium* sp., con un 53.3% en las plantación de 2 años (finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, 9 árboles), 19.3% en las plantación de 3.5 años (finca del Sr. Oswaldo Mendoza, 9 árboles) y 16.3% en las plantación de 5 años (finca del Sr. Edgar Luzpa), frente a la ausencia de *C. fimbriata* (Tablas 14, 15, y 16) respectivamente.

Tabla 14. Número y porcentaje de colonias de los hongos *Ceratocystis fimbriata* y *Fusarium* sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de *G. arborea* enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m², de una plantación de 2 años, en la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, 2019.

Nº. De árbol	Nº de secciones de madera sembradas	Nº de colonias de <i>C. fimbriata</i>	Porcentaje	Nº de colonias de <i>fusarium</i> sp.	Porcentaje
Parcela 1					
1	15	-	-	8	53.3
2	15	-	-	9	60.0
3	15	-	-	13	86.7
Parcela 2					
1	15	-	-	10	66.7
2	15	-	-	10	66.7
3	15	-	-	6	40.0
Parcela 3					
1	15	-	-	15	100.0
2	15	-	-	2	13.3
3	15	-	-	3	20.0

Tabla 15. Número y porcentaje de colonias de los hongos *Ceratocystis fimbriata* y *Fusarium* sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de *G. arborea* enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m² de una plantación de 3.5 años de edad, en la finca del Sr. Oswaldo Mendoza, 2019.

Nº. De árbol	Nº de secciones de madera sembradas	Nº de colonias de <i>C. fimbriata</i>	Porcentaje	Nº de colonias de <i>fusarium</i> sp.	Porcentaje
Parcela 1					
1	15	-	-	-	-
2	15	-	-	2	13.3
3	15	-	-	2	13.3
Parcela 2					
1	15	-	-	2	13.3
2	15	-	-	1	6.6
3	15	-	-	8	53.3
Parcela 3					
1	15	-	-	3	20.0
2	15	-	-	3	20.0
3	15	-	-	5	33.3

Tabla 16. Número y porcentaje de colonias de los hongos *Ceratocystis fimbriata* y *Fusarium* sp., desarrolladas en placas de Petri con PDA, a partir de secciones de madera necrosada procedente de árboles de *G. arborea* enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, en tres parcelas de 500 m², de una plantación de 5 años de edad, en la finca del Sr. Edgar Luzpa, 2019.

Nº. De árbol	Nº de secciones de madera sembradas	Nº de colonias de <i>C. fimbriata</i>	Porcentaje	Nº de colonias de <i>fusarium</i> sp.	Porcentaje
Parcela 1					
1	15	-	-	-	-
2	15	-	-	7	46.6
3	15	-	-	1	6.6
Parcela 2					
1	15	-	-	2	13.3
2	15	-	-	2	13.3
3	15	-	-	-	-
Parcela 3					
1	15	-	-	7	46.6
2	15	-	-	2	13.3
3	15	-	-	1	6.6

4.1.5. Descripción de la sintomatología.

Los primeros síntomas que se evidencian en árboles de melina enfermos, son la decoloración y pérdida de turgencia de las hojas ubicadas en los extremos de ramas superiores. Se observa pérdida de vigor frente árboles sanos, disminuyen notoriamente su vigor, debido a la pérdida de área fotosintética, por lo que generan la emisión de muchos brotes epicormicos en el fuste. Sin embargo, como la enfermedad continua con su avance descendente, finalmente el árbol muere (se seca), (Figura 4). Generalmente no se observa la presencia de insectos barrenadores de corteza o/y madera.

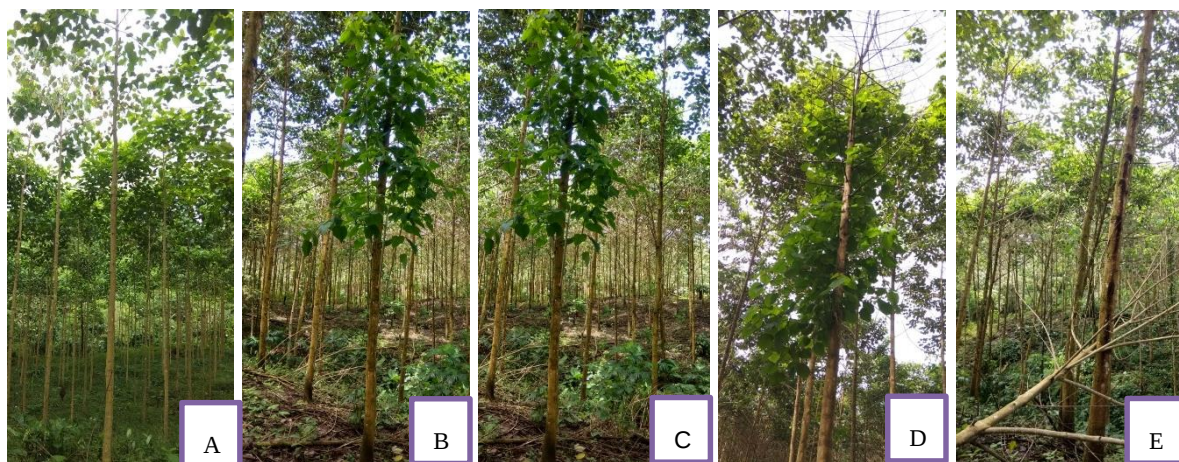


Figura 4. Evolución de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste en árboles de melina: A = Primeros síntomas caracterizados por clorosis en las hojas próximas a los ápices de crecimiento de ramas. B = Generación de múltiples brotes epicormicos en el fuste. C = Muerte del sistema foliar del árbol (marchitez vascular). D = Pérdida (defoliación) de las hojas secas. E = muerte total del árbol.

Al realizar cortes transversales en la base de los árboles (5 – 10 cm sobre el nivel del suelo), en la mayoría de los casos no se observan síntomas de necrosis o taponamiento de los tejidos vasculares (Figura 5).

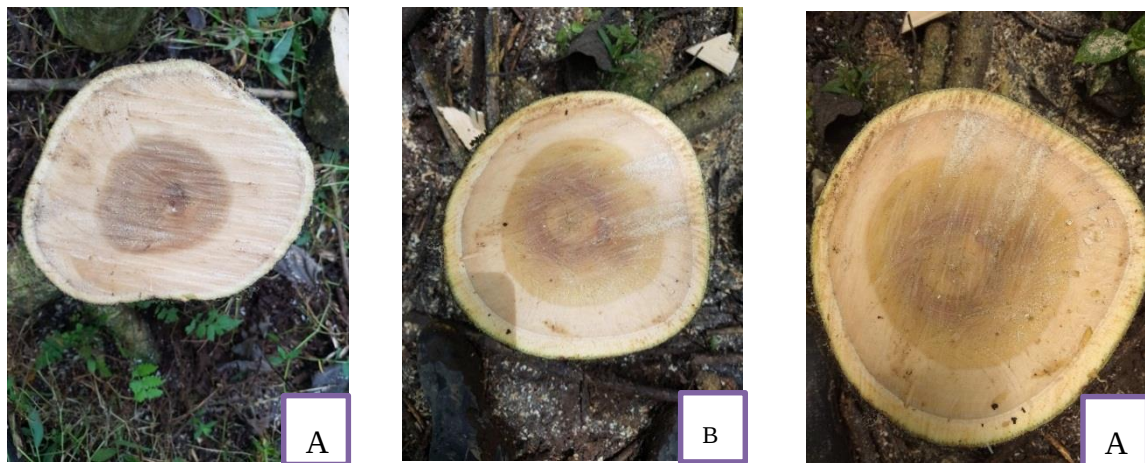


Figura 5. Cortes transversales en la base de árboles de melina (5 – 10 cm sobre el nivel del suelo) enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste. Muestran la ausencia de necrosis y daños vasculares. A = árboles de 2 años, B = árboles 3.5 años de edad, C = árbol de 5 años de edad.

Sin embargo, al realizar otros cortes transversales a mas altura (50, 70, 100, 150, 200 cm sobre el nivel del suelo) quedan en evidencia los daños irreversibles ocasionados por el o los patógenos en tejidos vasculares, necrosamiento y taponamiento de vasos conductores que impiden el normal flujo y reflujo de soluciones nutritivas y fotoasimilados (Figura 6).



Figura 6. Cortes transversales (sobre los 50 cm del nivel del suelo) en árboles de Melina enfermos con marchitez vascular y pudrición de fuste, evidenciando necrosis en la madera de albura y duramen, y taponamiento de tejidos vasculares. Árboles de 2 años, 3.5 años y 5 años de edad en las tres fincas de estudio, 2019.

Con el propósito de encontrar evidencias del mecanismo de ingreso del o los fitopatógenos en árboles enfermos, se realizaron inspecciones en heridas naturales y de origen antropogénico (poda de ramas, cortes de machete, etc.) mediante cortes con machete y cortes tangenciales con motosierra. Fue evidente que el ingreso del o los fitopatógenos se debió principalmente por heridas mecánicas de origen antropogénico, como las podas de ramas y cortes accidentales por machetes cuando se realizaron actividades de control de malezas.

En la mayoría de casos las heridas estaban cicatrizadas, sin embargo, protegían y enmascaraban el ingreso previo del patógeno, quien bajo la corteza se había diseminado tanto en sentido ascendente como descendente, pero en mayor longitud hacia arriba,

colonizando la madera de albura y duramen, ocasionado necrosamiento y taponamiento de los tejidos vasculares, que finalmente conllevan a la muerte del árbol. En algunas ocasiones las heridas no se encuentran cicatrizadas, sino expuestas, y por tanto desde las mismas se observa la constante excreción de fluidos de color café y mal olor, características que indican al árbol como enfermo (Figura 7).



Figura 7. Heridas naturales y mecánicas cicatrizadas y no cicatrizadas, como puntos de ingresos y posterior diseminación en tejidos vasculares del o los fitopatógenos asociados a la marchitez vascular y pudrición de fuste de árboles de Melina.

4.2 Discusión.

En la actualidad se puede decir que la masificación de monocultivos, lleva de la mano desequilibrios ecológicos y una de las claras manifestaciones de dicho desorden es el apareamiento de ciertas patologías (enfermedades) de origen abiótico o biótico. Situación que hoy por hoy está sucediendo en las plantaciones de especies forestales como la Melina en el Ecuador, ya que actualmente existen grandes extensiones de terrenos destinados a este cultivo. Cabe recalcar que las plantaciones en su mayoría se han establecido en la última década con semillas procedentes principalmente de Costa Rica. De acuerdo a los estudios realizados en el presente trabajo de investigación, la enfermedad sería de origen biótico, ya que en los árboles enfermos se encontraron fitopatógenos fungosos asociados a tejidos necrosados.

La incidencia de la enfermedad en las plantaciones de melina de la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote (2 años), del Sr. Oswaldo Mendoza (3.5 años), y del Sr. Edgar Luzpa (5 años), fue del 18.1%, 7.9%, y 8.5% respectivamente, valores que podrían considerarse altos, debido al gran número de árboles enfermos y muertos que existen dentro de las plantación, sin tener en cuenta que dichas plantaciones ya han sido eliminados árboles enfermos en el raleo sanitario de los cuales existe la posibilidad que lleguen a transformarse en reservorios de fitopatógenos y fuente de contaminación para los demás árboles sanos. La mayor parte de los árboles enfermos y/o muertos se encontraron entre las categorías 2 y 3, lo cual indica que la enfermedad se encuentra presente en diferentes niveles de severidad, lo que nos hace deducir que los árboles poseen diferentes niveles de tolerancia y/o resistencia a la enfermedad, propiedad estrechamente ligada a la variabilidad genética.

La presencia de enfermedades vasculares en especies forestales se ha incrementado en Ecuador durante las dos últimas décadas, cuyos niveles de incidencia son variables y aparentemente están en función de la especie forestal, la zona ecológica y la estación climática del año. La incidencia detectada en las plantaciones de Melina durante el presente trabajo de investigación (18.1%, 7.9%, y 8.5%) fueron similares a las detectadas en tres plantaciones de *T. grandis* (15%, 14.3%, y 11.3%), ubicadas en Buena Fe, Valencia y Santo Domingo de los Tsáchilas, sin embargo fueron inferiores a las detectadas en tres plantaciones de *S. parahybum* (24%, 29% y 55%), ubicadas en

Santo Domingo de los Tsáchilas, y Esmeraldas, todas estas plantaciones con marchitez vascular y pudrición del fuste en la década pasada (Belezaca *et al.*, 2012a; Ávila, 2016).

En base a secciones de tejidos necrosados procedentes de árboles enfermos de Melina, se encontraron, aislaron e identificaron dos hongos fitopatógenos, *Ceratocystis fimbriata* y *Fusarium* sp. La especie *C. fimbriata* es un ascomicete recurrente asociado enfermedades de marchitez vascular y pudrición de fuste en especies agrícolas y forestales de importancia económica a nivel global (Harrington *et al.*, 2011), y en Ecuador no puede ser la excepción. Especies del género *Ceratocystis* (*C. paradoxa* y *C. moniliformis*) se encontraron asociadas a árboles de pachaco con la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste en Trópico Húmedo Ecuatoriano, y posteriores pruebas de patogenicidad demostraron su interacción en la patogénesis de la enfermedad (Belezaca *et al.*, 2005). De igual modo, *C. fimbriata* se encontró estrechamente relacionada con la marchitez vascular de *A. fraxinifolius* (cedro rosado) que devastó plantaciones en la misma región del país (Belezaca *et al.*, 2012), y atacando árboles de *Eucaliptus* sp., y *Terminalia* sp., en la región Litoral ecuatoriana (van Wyk *et al.*, 2011). Adicionalmente, este hongo es altamente patogénico en plantaciones de cacao, que en las últimas ha matado miles de árboles en Ecuador (Delgado & Suárez, 2003) y a nivel mundial (Engelbrecht *et al.*, 2007).

Por otra parte, *Fusarium* sp., es un hongo imperfecto, cosmopolita, cuyo género está constituido por un amplio número de especies, vive generalmente en el suelo y algunas de sus especies son patógenas de vegetales (Hollyday, 1980). Varias especies son causantes de marchitez vascular en leñosas y no leñosas (Salerno *et al.*, 2000). Aunque es común que en análisis microbiológicos de tejidos vegetales necrosados se aislen colonias de *Fusarium* sp., no necesariamente suelen ser agentes causales de la patogénesis, debido a la conducta saprofítica que poseen la mayor parte de especies de este género fúngico.

Considerando que a partir de secciones de tejidos necrosados de cada árbol de Melina enfermos, se aplicó tres diferentes tipos de métodos de cultivos de hongos. En cuanto al primer método, la presencia de colonias de cada microorganismos a partir de segmentos de madera necrosada sembrados en PDA, mostraron dominancia del hongo *Fusarium* sp., con un 53.3% en las plantación de 2 años (finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote, 19.3% en las plantación de 3.5 años (finca del Sr. Oswaldo Mendoza) y 16.3% en las plantación

de 5 años (finca del Sr. Edgar Luzpa), frente a la ausencia de *C. fimbriata*. En el segundo método que fue mediante la formación de sandwiches de zanahoria no existió la presencia de ninguno de los dos hongos en cuestión. En el tercer método mediante cámara húmeda se obtuvo el 33.3% de presencia del hongo *C. fimbriata* y el 77.8 de presencia del hongo *fusarium* sp., por lo que se podría sospechar que ambos hongos tendrían un papel significativo en la patogénesis que deriva en la enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste en plantaciones de melina del Trópico Húmedo Ecuatoriano. Además, la sintomatología que presentan los árboles posee características parecidas a las observadas en otras especies forestales tropicales reportadas por (Belezaca, 2005 y 2011) en *A. fraxinifolius* y *S. parahybum*, donde se encontraron asociados a árboles enfermos.

Hay que tener en cuenta que todo fitopatógeno necesita de una puerta de acceso para infectar y diseminarse en los tejidos internos de los vegetales. Bajo esta regla, el presente estudio describe que debido a las heridas de origen antropogénico realizadas en los árboles de melina, como podas de ramas y heridas de machete sin la protección posterior con algún fungicida protector que impida la colonización de microorganismos patógenos, podría ser la excusa perfecta para constituirse en el foco de ingreso inicial de la infección y posterior desarrollo de la enfermedad. Si bien los mecanismos de cicatrización de la mayor parte de los árboles de melina en una de las plantaciones de estudio han funcionado, cubriendo rápidamente las heridas expuestas, también ha actuado negativamente, aislando y protegiendo internamente al patógeno que ingresó antes que la herida se cicatrice completamente, brindando condiciones favorables de incubación.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

1. La incidencia de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición de fuste en plantaciones de Melina de la finca del Dr. Carlos Belezaca Pinargote (2 años), del Sr. Oswaldo Mendoza (3.5 años) y del Sr. Edgar Luzpa (5 años), fue del 18.0%, 7.9%, y 8.5% respectivamente, donde la mayor parte de los árboles enfermos y/o muertos se encontraron entre las categorías 2 a 5, lo cual indica que la enfermedad se encuentra presente en diferentes niveles de severidad.
2. Mediante el método de aislamiento de los hongos sembrados en PDA y cámara húmeda, se obtuvo la presencia de *Fusarium* sp., y *C. fimbriata*, mientras que sembrados en sandwiches de zanahorias no se aislo ningún microorganismo a propósito.
3. La sintomatología de los árboles de melina enfermos, posee características similares a las observadas en otras especies forestales tropicales como *T. grandis*, *S. parahybum*, y *A. fraxinifolius*, con rasgos de marchitez vascular, acompañada de la pudrición de fuste.
4. Las heridas provocadas por podas de ramas y cortes de machete durante actividades mecánicas de control de malezas, aparentemente son los lugares idóneos que los patógenos utilizan para ingresar e invadir los tejidos vasculares, y ocasionar el daño en este caso provocando marchitez vascular y pudrición de fuste en los árboles de las plantaciones de Melina.

5.2. Recomendaciones.

1. Realizar seguimientos continuos en las plantaciones de Melina del Trópico Humedo Ecuatoriano, con la finalidad de detectar focos infecciosos de la enfermedad en los árboles, y una vez detectados proceder a retirarlos desde las plantaciones para evitar la diseminación de la enfermedad.
2. Reducir al máximo las heridas innecesarias en el fuste de los árboles de melina producidos por actividades de control mecánico de malezas (con machete) para evitar el ingreso del patógeno causante de la afección.
3. Evitar realizar actividades de poda si no se posee un plan de prevención de enfermedades, que incluya la cobertura inmediata de heridas mediante la aplicación de fungicidas protectores, para evitar la colonización de los microorganismos patógenos.
4. Realizar pruebas de patogenicidad (postulados de Koch) con los microorganismos *C. fimbriata* y *Fusarium* sp., aislados de árboles de Melina enfermos.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas.

- Alizaga, R. & J. Herrera. (2001). Tratamientos pregerminativos en semilleros de Melina, *Gmelina arborea* brox. Instituto tecnológico de Costa Rica. 187p.
- Arguedas, M. (2004). Problemas fitosanitarios de la Melina (*Gmelina arborea* Roxb) en Costa Rica. *Kurú. Revista Forestal*, 1(2): 9.
- Arias, D. (2002). Forestación con especies de árboles nativos e importados en suelos degradados en el sur de Costa Rica. Ph. D (tesis de pregrado). Informes del Centro de Investigación Ecosistemas Forestales, Serie A, Göttingen, Alemania. 180p
- Arias, D. & M. Arguedas. (2004). Unid 3: Manejo de plantaciones en: Manual para productores de melina en Costa Rica. (Eds.) Rojas, F., Arias D., Moya, R., Mesa, A., Murillo, O., & Aguedas, M. Cartago, Costa Rica; Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 151p.
- Ávila, A. (2016). Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de muerte regresiva en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (teca) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano (tesis de grado). Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 77p.
- Barnett, H., & B. Hunter. (1987). Illustrated genera of Imperfect fungi Macmillan Publishing Company. Fourth Edition. USA. 218p.
- Belezaca, C., Díaz, G., Ramos, L. & N. Ricachi. (2005). Agentes biológicos asociados a la muerte regresiva de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arm “cedro rosado” (Fabaceae: Leguminosae) en el Litoral ecuatoriano. In Memorias de la II Jornada Nacional de Investigación Forestal. Quevedo, Diciembre 2005. 1 disco compacto, 8mm.
- Belezaca, C., Suárez, C. & D. Vera. (2011). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de pachaco (*Schizolobium parahybum*) en el trópico húmedo ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 26(1): 15-22.
- Belezaca, C., Mora, W., Prieto, O., Cedeño, P., Moran, J. & E. Valenzuela. (2012a) Hongos asociados a problemas fitosanitarios emergente en especies forestales de importancia económica del Trópico Húmedo Ecuatoriano. In Libro de resúmenes

- del XXI Congreso de la Sociedad Chilena de Fitopatología. Puerto Varas, Chile (17 – 19 de Octubre del 2012). 79p.
- Belezaca, C., Suárez, C., Cedeño, P., Mora, W., Díaz, G. & F. Garcés. (2012b). Propuesta de un método para evaluar resistencia genética en *Schizolobium parahybum* (vell.) Blake (pachaco) frente a *Ceratocystis* sp: Evidencias preliminares de resistencia en Ecuador. *Boletín Micológico*, 27(1): 08-17.
- Benavides, A. (2013). Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 133p.
- Bongers, F. & T. Tennigkeit. (2010). Degraded Forests in Eastern Africa: Management and Restoration. Editorial Routledge. Primer Edition. New York, United States. 361p.
- Cedeño, C. (2010). Evaluación del Crecimiento Inicial de *Eucalyptus Urograndis*, *Gmelina Arborea* Roxb y *Ochroma Pyramidale* Cav bajo la Aplicación De Cuatro Dosis De Potasio en la hacienda Zoila Luz de Santo Domingo (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Del Ejército, Santo Domingo, Ecuador. 114p.
- Chavarria, M. & R. Valerio. (1993). Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. Dirección general forestal, Mirenem, Costa Rica. 202p.
- Commonwealth Mycological Institute (CMI). (1983). Plant pathologist`s Pocketbook. London. England. 267p.
- CORMADERA (2001). Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, productivas en el Litoral ecuatoriano. Quito. Ecuador. 16p.
- Cruz, M. & J. Garza. (2003). La melina, establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Huichihuayán. Folleto para productores No. 5:14p.

- Engelbrecht, C., Harrington, T. & A. Alfenas. 2007. *Ceratocystis* Wilt of Cacao – A Disease of Increasing Importance. *Phytopathology*, 97(12): 1648-1649.
- Delgado, R. & C. Suárez. (2003). Diferencias en agresividad entre aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* de Ecuador y Brasil en cacao. In XII Seminario Nacional de Sanidad Vegetal, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador (19 – 21 de noviembre 2003).
- FAO (2000). Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/X8423S/X843S00.htm#TOC>: [recuperado el 02/12/2018]. 163p.
- García, S., Cibrián, D. & O. Pérez. (2011). *Haematonectria haematococca* (Berk. & Broome) Samuels & Nirenberg y su anamorfo (*Fusarium solani* (Mart.) Sacc.) asociado a muerte descendente de teca y melina. Cuernavaca, México: CONAFOR, XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal.
- González, D. & M. Ordóñez. (2009). Evaluación de ocho especies forestales plantadas en tres estadios de sucesión vegetal en la Estación Científica "San Francisco", provincia de Zamora Chinchipe (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 204p.
- Hanlin, R. (1992). Illustrated genera of Ascomycetes. APS. PRESS. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 18 – 20: 49p.
- Harrington, T., Thorpe D. & A. Alfenas. (2011). Genetic Variation and Variation in Aggressiveness to Native and Exotic Hosts Among Brazilian Populations of *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology*, 101(5): 555-566.
- Hollyday, P. 1980. Fungus diseases of tropical crops. Cambridge University Press. Gran Bretaña. pp 253 -254.
- Jiménez, L. (2016). El Cultivo de la melina (*Gmelina arborea* Roxb) en el Trópico (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE del Ecuador, Sangolquí, Ecuador. 124p.

- Li, J., Zhang, Y., Xu, K., Yang, J., Han, Y., Sun, Y. & Q. Huang. (2014). First Report of Wilt of *Eucalyptus* Caused by *Ceratocystis fimbriata* in China. *Plant Disease*, 98(12): 1744.
- Moya, R. (2004). Unid 5: Industrialización y Usos en: Manual para productores de melina en Costa Rica. (Eds.) Rojas, F., Arias D., Moya, R., Mesa, A., Murillo, O. & M. Aguedas. Cartago, Costa Rica; Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 151p.
- Muñoz, M. & W. Vera. (2012). Efectos de tres métodos pre-germinativos y tres sustratos en la propagación de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) En el recinto Sabanetillas, Cantón Echeandía Provincia Bolívar (tesis de pregrado). Universidad Estatal De Bolívar, Bolívar, Ecuador. 177p.
- Murillo, O., Badilla, Y., Rojas, F. & X. Mata. (2014). Uso de biocontroladores y materiales tolerantes a los patógenos asociados al síndrome de la muerte descendente de la teca (*Tectona grandis*) y cancro nectria de la melina (*Gmelina arborea*). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 51p.
- Pakos, P. (2012). Comportamiento y manejo de *Gmelina arborea* Roxb., en Zamorano Honduras (tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 35p.
- Parkinson, D. (1994). Filamentous fungi. In Weaver, R.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties*. Number 5 in Soil Science Society of America Book Series. Soil Science Society of America. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 350p.
- Patiño, V., Cedeños, S., Juares, G. & V. Bertoni. (1982). *Gmelina arborea* Robx. una especie promisorio en el trópico mexicano. SARH, INIF, CIFTROH. Campeche, Mexico. 138p.
- Piveta, G., Ferreira, M., Muniz, M., Valdetaro, D., Valdebenito-Sanhueza, R., Harrington, T. & A. Alfenas. (2016). *Ceratocystis fimbriata* on kiwifruit (*Actinidia* spp.) in Brazil. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 44(1): 13-24.

- Ramos, J. (2016). Producción de plantas de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), con dos tratamientos pregerminativos, en fundas plásticas a nivel de vivero en el cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 59p.
- Rivero, J. (2010). Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. Valle del Sacta, Cochabamba, Bolivia. 73p.
- Rojas, F. & O. Murillo. (2004). Unid 1: Botánica y Ecología. Unid 2: Establecimiento de plantaciones en: Manual para productores de melina en Costa Rica. (Eds.) Rojas, F., Arias D., Moya, R., Mesa, A., Murillo, O. & M. Arguedas. Cartago, Costa Rica; Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 151p.
- Salas, A., Murillo, O., Murillo, R., Ávila, C. & X. Mata. (2015). Evaluación de la severidad de la pudrición del tronco de *Gmelina arborea* (Roxb). 20p.
- Salerno, M., Gianinazzi, S. & V. Gianinazzi-Pearson. (2000). Effects on growth and comparison of root tissue colonization patterns of *Eucalyptus viminalis* by pathogenic and nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *New Phytologist*, 146(2): 317-324.
- Sampayo, S., Silva, J. & M. García. (2011). Establecimiento de plantaciones comerciales de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en Tamaulipas. INIFAP Y CIR-NORESTE, Río Bravo. [Folleto].
- Tafur, D. (2017). Estudio de diversidad genética de la colección de melina (*Gmelina arborea* Roxb) del INIAP, mediante el uso de marcadores moleculares ISSR (Inter Simple Séquence Repeats) (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE del Ecuador, Sangolquí, Ecuador. 85p.
- Trujillo, E. (2002). Manual de árboles. Sistemas de producción en vivero. Requerimientos ecológicos, limitantes, usos y protocolo de producción de 90 especies. Primera Edición. Impreso en Bogotá- Colombia. 121p.
- van Wyk, M., Wingfield, B. & M. Wingfield. (2011). Four new *Ceratocystis* spp. associated with wounds on *Eucalyptus*, *Schizolobium* and *Terminalia* trees in Ecuador. *Fungal Diversity*, 46(1): 111-131.

Von Arx, JA. (1981). The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture. Ed. Cramer J. Alemania. 424p.

Walker, A. (2006). Enciclopedia de la madera. Ed. Brume. 1ª edición. Barcelona, España. 192p.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1. Anexos.

Anexos 7.1. Ficha forestal de la finca del Dr. Carlos Belezaca, parcela # 1

UNIVERSIDAD TECNICA ES TATAL DE QUEVEDO																
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALE																
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL																
Proyecto: Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de Gmelina arborea Roxb. (melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano.																
finca:		Belezaca					coord:		0702797- 9928966							
parcela:		1					superficie:		500m2							
altura:		427 msnm					evaluador:		Saltos y Macias							
fecha:		06/02/2019														
#	ALTURA (m)		CAP (cm)	DAP	Severidad de la enfermedad											
	Total	Comercial			1	2	3	4	5	S*	M*	R*	Exudacion	# brotes		
1	13	8	42	13,37	X											
2	12	8	34	10,82	X											
3	13	8,5	40	12,73		X									X	
4	13	8	41	13,05	X											
5	13	8	51	16,23		X									X	
6	11	7	32	10,19	X											
7	8	6	18	5,73	X					X						
8	12	8	52	16,55	X											
9	13	9	51,5	16,39	X											
10	13	9	13	4,14	X											
11	13	8	15	4,77	X											
12	13	8	37	11,78	X											
13	13	8	48	15,28	X											
14	12	8	37	11,78	X											
15	13	8	47	14,96	X											
16	12	8	44,5	14,16	X											
17																
18	14	8	54	17,19		X									X	
19	12	8	48	15,28		X									X	
20	9	6	22	7,00	X					X						
21	9,5	7	24	7,64	X											
22	13	9	44,5	14,16	X											
23	13	8	42	13,37		X										
24	14	8	45,5	14,48	X											
25	13	8	41	13,05		X										
26	12	8	36	11,46	X											
27	14	8	50	15,92	X											
28	13	7	40	12,73	X											
29	14	8	42	13,37	X											
30	14	9	48	15,28		X								X		1
31	10	7	23	7,32	X					X						
32	14	9	38	12,10			X							X		
33	10	7	41	13,05	X											
34	10	7	33	10,50	X											
35	11	8	43	13,69			X							X		9
36	13	8	43	13,69		X								X		
37	14	9	49	15,60		X								X		2
38	14	9	47	14,96	X											
39	13	8	41	13,05	X											
40	13	8	51	16,23		X								X		
41	13	8	44	14,01	X											
42	12	8	37	11,78	X											
43	12	8	45	14,32		X								X		2
44	13	8	42	13,37	X											
45	12	8	37	11,78	X											
46	10	7	42	13,37	X											
47	12	8	42	13,37	X											
48	13	8	47	14,96	X											
49	14	8	57	18,14		X								X		
50	12	8	36	11,46	X											
51	13	8	57	18,14	X											
52	11	8	44	14,01	X											
53	10	7	27	8,59	X											
54	13	8	46	14.64	X											

Anexos 7.2. Ficha forestal de la finca del Sr. Mendoza, parcela # 2

UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO												
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALE												
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL												
Proyecto: Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de Gmelina arborea Roxb. (melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano.												
finca:		Mendoza			coord:		0701700- 9927588					
parcela:		1			superficie:		500m2					
altura:		431 msnm			evaluador:		Saltos y Macias					
fecha:		21/03/2019										
#	ALTURA (m)		CAP (cm)	DAP	Severidad de la enfermedad							
	Total	Comercial			1	2	3	4	5	S*	M*	R*
1	16	13	53	16,87		X						
2	15	12	52	16,55		X						
3	17	14	63	20,05	X							
4	18	16	46	14,64	X							
5												X
6	16	14	73	23,24	X							
7	16	14	66	21,01	X							
8	18	16	67	21,33	X							
9												X
10	17	15	47	14,96	X							
11	18	16	63	20,05	X							
12	19	17	59	18,78	X							
13												X
14												X
15	17	16	62	19,74	X							
16	18	16	71	22,60	X							
17												X
18	18	16	45	14,32	X							
19												X
20	18	16	68	21,65	X							
21												X
22	18	16	68	21,65	X							
23	17	15	57	18,14	X							
24	16	14	66	21,01	X							
25	16	13	44	14,01	X							
26	17	13	64	20,37	X							
27	16	13	64	20,37	X							
28	16	13	64	20,37	X							
29	15	12	45	14,32		X						
30	16	13	48	15,28	X							
31												X
32												X
33												X
34	18	16	45	14,32	X							
35	18	16	73	23,24	X							
36												X
37	19	17	71	22,60	X							
38	18	16	68	21,65	X							
39	18	16	75	23,87	X							
40												X
41												X
42	19	17	75	23,87	X							

Anexos 7.3. Ficha forestal de la finca del Sr. Luzpa, parcela # 3

UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO												
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALE												
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL												
Proyecto: Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de Gmelina arborea Roxb. (melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano.												
finca:		Luzpa			coord:		0699112- 9875068					
parcela:		1			superficie:		500m2					
altura:		504 msnm			evaluador:		Saltos y Macias					
fecha:		20/03/2019										
#	ALTURA (m)		CAP (cm)	DAP	Severidad de la enfermedad							
	Total	Comercial			1	2	3	4	5	S*	M*	R*
1	18	14	78,5	24,99	X							
2	10	9	56	17,83	X							
3	16	11	66	21,01	X							
4	18	14	67	21,33	X							
5	16	13	91	28,97		X						
6												X
7												X
8												X
9	10	7	48	15,28		X				X		
10												X
11												X
12												X
13	16	14	57	18,14	X							
14	18	15	73	23,24	X							
15	18	15	69	21,96	X							
16											X	
17	15	13	46	14,64	X							
18												X
19												X
20	20	17	73	23,24	X							
21												X
22												X
23	12	8	57	18,14		X				X		
24	12	8	65	20,69		X						
25	16	13	86	27,37	X							
26	20	17	71	22,60	X							
27	14	12	52	16,55	X							
28	16	13	71	22,60		X						
29	20	18	79	25,15	X							
30	16	13	50	15,92	X							
31	18	16	61	19,42	X							
32	18	15	66	21,01	X							
33											X	
34	20	18	63	20,05	X							
35	22	18	82	26,10		X						
36	22	20	63	20,05	X							
37	22	20	69	21,96	X							
38	20	18	77	24,51	X							
39	19	17	69	21,96	X							
40	20	18	50	15,92	X							
41	24	21	79	25,15	X							
42	23	20	66	21,01	X							
43	16	11	40	12,73		X						
44	18	15	41	13,05	X							
45	23	20	74	23,55	X							
46												X
47												X

Anexos 7.4. Evidencias fotográficas de la investigación

Fotografías 1-4: Toma de las muestras en árboles de Melina enfermos.



Fotografías 5-13: Preparación de las muestras para el análisis en laboratorio.



Fotografías 14-16: Resultados obtenidos en laboratorio.

