



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

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniera Forestal.

Título del Proyecto de Investigación:

Incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. (teca) en cuatro provincias de la costa ecuatoriana, año 2018.

Autora:

Keberlin Patricia Macías Suárez

Director del Proyecto de Investigación:

Dr. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote

Quevedo - Los Ríos - Ecuador.

- 2018 -

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Keberlin Patricia Macías Suárez**, declaro bajo juramento 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 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. _____
Keberlin Patricia Macías Suárez
C.C. # 1207086123

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Keberlin Patricia Macías Suárez, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. (teca) en cuatro provincias de la costa ecuatoriana, año 2018**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____

Dr. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE
COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO**



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. (teca) en cuatro provincias de la costa ecuatoriana, año 2018”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

Aprobado:

Ing. Elías Cuásquer Fiel
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Renato Baque Mite
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Rolando López Tobar
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

QUEVEDO - LOS RIOS - ECUADOR

- 2018 -

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Ambientales, a la carrera de Ingeniería Forestal, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de formarme como profesional, por las enseñanzas brindadas durante toda mi carrera. A todos los docentes por compartir sus conocimientos.

Expreso también mis más profundos agradecimientos a todas las personas que nos permitieron el ingreso a cada una de las plantaciones donde fue realizado el estudio, a las empresas PEMPRO, LIFE FORESTRY ECUADOR. A los señores Carlos Triviño, personal administrativo a cargo que nos acompañó en el recorrido de las plantaciones respectivas.

Al Dr. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote, por guiarme durante la elaboración de este proyecto, por el gran apoyo que me ha brindado.

Al Ing. Edison Hidalgo Solano Apuntes, por compartir sus experiencias, por la amistad brindada y por el apoyo.

A los docentes que conforman el tribunal de mi proyecto de investigación; Ing. Elías Cuásquer Fuel, Ing. Rolando López Tobar e Ing. Renato Baque Mite, gracias por sus importantes aportes metodológicos hacia mi proyecto final.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedicó a Dios por haber guiado mis pasos, por darme la salud, fuerzas y la sabiduría necesaria para poder llegar tan lejos y alcanzar tan anhelada meta.

A mis padres Hugo Patricio Macías Loor, Enia Ivonne Suárez Ávila, quienes son el pilar fundamental y fortaleza para llevar a cabo cada una de mis metas, por estar siempre que los necesito, por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida. A mis hermanas Angie y Nahomi, por todo el cariño y la confianza.

A mi querida tía mamá Lucia Suárez Ávila que siempre me ha brindado sus consejos y siempre ha confiado en mí, apoyándome siempre a mi padrino Wilson Tóala Palma que a más de ser mi padrino es como mi padre.

A mis papitos Marcos Suárez y Bertha Ávila mis viejitos adorados consentidores. Dora Loor la mami Loli y a mi papi Víctor Hugo Macías, que ahora no puede estar a mi lado disfrutando de este logro pero sé que es mi angelito que siempre me cuida. A mis demás familiares mis tíos maternos Lilian, Lucía, Humberto, Denny, Lorena, Maricela y a mis tías paternas con las que más he compartido Francisca y Verónica. A mis primos que de una u otra forma estuvieron a mi lado.

A una persona muy especial para mí a quien admiro y amo, que ha sabido estar a mi lado me cuida me protege se preocupa por mí, mi novio, quien me da fuerzas, ánimos y siempre está ahí cuando lo necesito para darme palabras de aliento y motivación, que me ayuda a ser mejor persona cada día.

A mis amigos Joselyn Camacho, Roxana López, Raúl Armendáris, Antonio Solórzano, Steban Nicolta, Bryce Cedeño, Jenifer Montiel, Mery Albán, María Leiton, Kevin Paredes, Javier Castro y compañeros de clase, por los momentos vividos en nuestra formación profesional que estarán siempre en nuestros recuerdos.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. (teca) en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador a nivel de plantaciones. Las provincias en las que se realizó este estudio fueron Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas. Se visitaron tres haciendas por provincia y se establecieron tres parcelas de 500 m², se efectuó un censo árbol por árbol, para determinar la incidencia y severidad, se utilizó una ficha de recolección de datos con una escala arbitraria de 5 categorías, en función de las diferencias morfológicas visibles, para ser comparados con árboles sanos. Los síntomas fueron la pérdida de turgencia de las hojas ubicadas en los extremos de ramas superiores y por ende la pérdida del área fotosintética que genera la aparición de brotes epicórmicos en el fuste como método de defensa. En la variable número de brotes epicórmicos entre las plantaciones de las provincias estudiadas, se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Las plantaciones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas presentaron el mayor número de brotes por árbol, mientras que el menor número de brotes se detectó en la provincia del Guayas, con 5.80 y 1.26 brotes respectivamente. La mayor altura de ubicación de los brotes epicórmicos en árboles afectados se encontró en la provincia de Esmeraldas, y la menor altura en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, a los 4.93 m y 2.46 m sobre el nivel del suelo, respectivamente. En lo referente a las variables Incidencia y Severidad de la enfermedad, no se encontraron diferencias significativas entre las plantaciones de las provincias estudiadas.

Palabras claves: Brotes epicórmicos, *Ceratocystis fimbriata*, etiología, plantaciones forestales.

ABSTRACT

The present investigation had as determine the incidence and severity of the disease of vascular wilt and regressive death of *Tectona grandis* L. f. (teak) in four provinces of the Litoral region of Ecuador at the level of plantations. The provinces in which this study was carried out were Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas and Guayas. Three haciendas were visited by province and three plots of 500 m² were established, a census was carried out tree by tree, to determine the incidence and severity, a data collection card was used with an arbitrary scale of 5 categories, according to the visible morphological differences, to be compared with healthy trees. The symptoms were the loss of turgor of the leaves located at the ends of upper branches and therefore the loss of the photosynthetic area that generates the appearance of epicormic shoots in the shaft as a defense method. In the variable number of epicormic outbreaks among the plantations of the provinces studied, significant statistical differences were detected ($P < 0.05$). Plantations in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas had the highest number of shoots per tree, while the lowest number of outbreaks was detected in the province of Guayas, with 5.80 and 1.26 shoots respectively. The highest location height of epicormic shoots in affected trees was found in the province of Esmeraldas, and the lowest height in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, at 4.93 m and 2.46 m above ground level, respectively. Regarding the variables Incidence and Severity of the disease, no significant differences were found between the plantations of the provinces studied.

Keywords: Epicormic buds, *Ceratocystis fimbriata*, etiology, forest plantations.

CONTENIDO GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADEMICO.....	iv
TRIBUNAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problematicación de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Diagnóstico del problema.....	4
1.1.3. Formulación del problema.....	4
1.1.4. Sistematización.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6

CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Teca (<i>Tectona grandis</i> L. f.).....	8
2.1.1.1. Definición origen.....	8
2.1.1.2. Teca en el mundo.....	8
2.1.1.3. La teca en el Ecuador.....	9
2.2. Clasificación taxonómica.....	10
2.2.1. Descripción botánica.....	10
2.2.1.1. Arbol.....	10
2.2.1.2. Hojas.....	10
2.2.1.3. Hoja cloróticas.....	11
2.2.1.4. Flores y frutos.....	11
2.2.1.5. Semillas.....	11
2.2.1.6. Raíces.....	12
2.3. Madera.....	12
2.3.1. Propiedades físicas y mecánicas.....	12
2.3.2. Usos.....	13
2.4. Consideraciones de desarrollo.....	13
2.4.1. Temperatura.....	13
2.4.2. Precipitación.....	13
2.4.3. Altitud.....	14
2.4.4. Suelo y pH.....	14
2.4.5. Adaptación.....	14
2.4.6. Factores limitantes de crecimiento.....	14
2.5. Manejo de cultivo.....	14
2.5.1. Tratamientos pregerminativos y de germinación.....	14
2.5.2. Siembra y establecimiento.....	15
2.5.3. Fertilización.....	15
2.5.4. Corona.....	15
2.5.5. Rose o limpia.....	16
2.5.6. Deshijas o deschuponado.....	16

2.5.7. Raleo.....	16
2.5.8. Podas.....	16
2.5.9. Turno o corta final.....	17
2.6. Sanidad.....	17
2.6.1. Planta sana y enferma.....	17
2.6.2. Causas de enfermedades y daños en las plantas.....	18
2.6.2.1. Síntoma y signo.....	19
2.7. Hongos.....	19
2.7.1. Generalidades de los hongos.....	19
2.7.2. <i>Ceratocystis fimbriata</i>	20
2.7.2.1. Descripción.....	20
2.7.2.2. Síntomas.....	20
2.8. Marchitez vascular.....	21
2.9. Muerte regresiva.....	21
2.10. Marco referencial.....	21
 CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	 24
3.1. Localización.....	25
3.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio.....	25
3.1.2. Datos geográficos y meteorológicos.....	26
3.2. Materiales.....	28
3.2.1. Materiales de campo.....	28
3.2.2. Materiales de oficina.....	28
3.3. Diseño de la investigación.....	29
3.3.1. Delimitación de las parcelas y diagnóstico de la enfermedad a nivel de campo.....	29
3.3.1.1. Descripción de la sintomatología observada a nivel de campo.....	29
3.3.1.2. Determinación de la incidencia de la enfermedad.....	29
3.3.1.3. Determinación de la severidad de la enfermedad.....	29
3.3.1.4. Evaluación de variables dasométricas.....	30
3.3.1.5. Muestreo y recolección de tejidos de árboles.....	30
3.3.1.6. Aislamiento e identificación de hongos asociados a tejidos de árboles enfermos.....	30

3.3.1.7. Análisis estadístico.....	31
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Resultados.....	34
4.1.1. Descripción de sintomatología.....	34
4.1.2. Variables dasométricas en plantaciones estudiadas.....	35
4.1.3. Presencia de brotes epicórmicos en árboles enfermos.....	38
4.1.4. Brotes epicórmicos e incidencia y severidad de la enfermedad entre provincias.....	40
4.1.5. Presencia de microorganismos fungosos en tejidos de árboles enfermos...	42
4.2. Discusión.....	43
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones.....	48
CAPITULO VI BIBLIOGRAFIA.....	49
6.1. Referencias Bibliográficas.....	50
CAPITULO VII ANEXOS.....	56
7.1. Anexos.....	57

INDICE DE TABLAS

1.	Propiedades físicas y mecánicas de la madera.....	12
2.	Situaciones meteorológicas y geográficas de la provincia de Los Ríos.....	26
3.	Condiciones meteorológicas y geográficas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	26
4.	Escenarios meteorológicos y geográficos de la provincia de Esmeraldas.....	27
5.	Condiciones meteorológicos y geográficos de la provincia del Guayas.....	27
6.	Escala arbitraria empleada para la determinación de severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva.....	30
7.	Variables dasométricas (altura total y DAP) estimadas en plantaciones de <i>T. grandis</i> con la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador. Valores representan el promedio de los árboles presentes en tres parcelas de 500 m ² , con su respectiva desviación estándar.....	37
8.	Variables de presencia de brotes epicórmicos (número de brotes y altura de ubicación de brotes) en plantaciones de <i>T. grandis</i> con la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador.....	39
9.	Comparación de variables relacionadas a árboles de <i>T. grandis</i> enfermos con marchitez vascular y muerte regresiva entre cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador.....	41

INDICE DE FIGURAS

1.	Mapa de localizacion de las haciendas estudiadas.....	25
2.	Evolución de la enfermedad de muerte regresiva en árboles de Teca: A = Primeros síntomas caracterizados por clorosis en las hojas próximas a los ápices de crecimiento de ramas. B = Generación de múltiples brotes epicórmicos en el fuste. C = Muerte del sistema foliar del árbol (marchitez vascular).....	34
3.	Cortes transversales en de árboles de teca enfermos con muerte regresiva, evidenciando necrosis en la madera de albura y duramen, y taponamiento de tejidos vasculares.....	35
4.	Muestras de madera de árboles de <i>T. grandis</i> enfermos, incubadas en cámaras húmedas que incitaron la expansión de peritecios del hongo <i>C. fimbriata</i>	42
5.	Sánduches de zanahoria mostrando el crecimiento de peritecios del hongo <i>C. fimbriata</i> después de la incubación.....	42

INDICE DE ANEXOS

1. Ficha para recolección de datos de campo.....	57
2. Toma de datos en campo.....	57
3. Toma de muestras de árboles enfermos.....	58
4. Preparación de muestras para análisis.....	59
5. Resultados obtenidos en el laboratorio.....	60
6. Promedios de tres repeticiones (haciendas) con su respectiva desviación estándar en cuatro provincias del Litoral ecuatoriano de árboles de teca enfermos con marchitez vascular y muerte regresiva.....	61

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de <i>Tectona grandis</i> L. f (teca) en cuatro provincias de la costa ecuatoriana, año 2018”			
Autora:	Macías Suarez Keberlin Patricia			
Palabras clave:	Brotos epicórmicos	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Etiología	Plantaciones forestales.
Fecha de publicación:				
Editorial:	FCAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Macías, K.			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>La presente investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de <i>Tectona grandis</i> L. f. (teca) en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador a nivel de plantaciones. Las provincias en las que se realizó este estudio fueron Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas. Se visitaron tres haciendas por provincia y se establecieron tres parcelas de 500 m², se efectuó un censo árbol por árbol, para determinar la incidencia y severidad, se utilizó una ficha de recolección de datos con una escala arbitraria de 5 categorías, en función de las diferencias morfológicas visibles, para ser comparados con árboles sanos. Los síntomas fueron la pérdida de turgencia de las hojas ubicadas en los extremos de ramas superiores y por ende la pérdida del área fotosintética que genera la aparición de brotes epicórmicos en el fuste como método de defensa. En la variable número de brotes epicórmicos entre las plantaciones de las provincias estudiadas, se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Las plantaciones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas presentaron el mayor número de brotes por árbol, mientras que el menor número de brotes se detectó en la provincia del Guayas, con 5.80 y 1.26 brotes respectivamente. La mayor altura de ubicación de los brotes epicórmicos en árboles afectados se encontró en la provincia de Esmeraldas, y la menor altura en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, a los 4.93 m y 2.46 m sobre el nivel del suelo, respectivamente. En lo referente a las variables Incidencia y Severidad de la enfermedad, no se encontraron diferencias significativas entre las plantaciones de las provincias estudiadas.</p>			
Descripción:				
URI:				

INTRODUCCIÓN

Tectona grandis L. f. conocido comúnmente como teca, originario de la India, Tailandia y Laos (Nieto, 2001). Árbol de hoja caducifolia de gran tamaño con una copa redondeada, que crece en condiciones favorables, un fuste cilíndrico alto y limpio de más de 25 m. a menudo, en la base del árbol aparecen contrafuertes (Pandey *et al.*, 2000).

En 1950 se estableció la primera plantación de teca del Ecuador en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la estación experimental Pichilingue ubicada en el cantón Quevedo, cuyas semillas fueron procedentes de la India. Esto fue un punto de partida para que se implementaran nuevas plantaciones como monocultivo, es de gran importancia conocer si las plantaciones expandidas son provenientes de Pichilingue o tienen otra procedencia (Nieto, 2001).

Las plantaciones de teca en el país se han establecido principalmente en las provincias de la costa ecuatoriana: Los Ríos, Manabí, Guayas, Esmeraldas y El Oro, donde las temperaturas, precipitaciones y suelos son apropiados para el buen crecimiento de la especie (Morales *et al.*, 2013). Las plantaciones de teca mejoran la calidad de los sitios, en cuanto a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Espitia *et al.*, 2011).

Los árboles, como cualquier otra planta, a pesar de su vigorosidad y estructura son susceptibles al ataque de plagas y enfermedades que pueden llegar a deteriorar gravemente su estructura y con ello la sobrevivencia del individuo, visto desde el punto de vista económico pueden causar un deterioro en la productividad que se espera obtener de la especie. Los árboles pueden sufrir daños estando en ambientes naturales, en plantaciones puras o monocultivos, en sistemas agrosilvopastoriles y agroforestales (Espitia *et al.*, 2011).

Las plantaciones forestales puras por su extensión y distribución son un medio muy favorable para que el desarrollo epidémico de problemas fitosanitarios se máxime de manera rápida, si durante su establecimiento y desarrollo no se toman las medidas preventivas apropiadas. Los organismos causantes de problemas fitosanitarios pueden ser nativos o introducidos; los que a su vez pueden ser específicos o tener un rango amplio o reducido de hospedantes. Muchos de estos patógenos están en la capacidad de colonizar y

adaptarse a nuevos hospedantes cuando la oferta alimenticia es favorable (Flores *et al.*, 2010).

Se reconoce como una enfermedad a todo cambio o alteración morfo-fisiológica, con suficiente duración e intensidad para causar perjuicio o cesación de la actividad vital. En una aceptación más amplia, se puede considerar como un disturbio en la estructura y funciones normales de la planta, afectando al desarrollo y calidad (Flores *et al.*, 2010).

La marchitez vascular y la muerte regresiva se ha caracterizado por generar síntomas de mortalidad de las raíces, hojas cloróticas, retraso del crecimiento, ramas muertas, entre otros. Estas afectaciones han sido notorias en plantaciones ya que por ser monocultivos presentan mayor capacidad de proliferación de enfermedades lo que hace necesario diagnosticar el o los causantes de estas enfermedades con el fin de reducir las pérdidas de plantaciones (Flores *et al.*, 2010).

Los primeros estudios sobre esta compleja enfermedad que está afectando a la teca en el Litoral ecuatoriano fueron realizados por Ávila (2016), quien alertó sobre los altos índices de incidencia y severidad en plantaciones puras de la región, sin embargo, su estudio estuvo circunscrito a pequeña área geográfica. Por esta razón es necesario ampliar el área de estudio a varias provincias del Litoral Ecuatoriano, caracterizadas por cultivar teca para tener una mejor prospectiva sobre la afectación real de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en la costa ecuatoriana.

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Desconocimiento de la incidencia y severidad de marchitez vascular y muerte regresiva en plantaciones de *T. grandis* L. f. (teca) en cuatro provincias de la costa ecuatoriana.

1.1.2. Diagnóstico del problema

Los diversos cambios climáticos presentes en nuestro país hacen que la proliferación de enfermedades sea más fácil y las consecuencias sean devastadoras, esto también es consecuencia de un mal manejo de la plantación.

La sintomatología que presentan los árboles afectados es pérdida de vigor, decoloración de las hojas y entre otras sintomatologías que presenta el individuo. Este problema causa preocupación a los productores.

1.1.3. Formulación del problema

- ¿Cuál es la incidencia y severidad de marchitez vascular y muerte regresiva en *T. grandis* L. f. en cuatro provincias de la costa ecuatoriana?

1.1.4. Sistematización.

- ¿Cuál es la incidencia de la muerte regresiva y marchitez vascular en plantaciones de *T. grandis* L. f. en las cuatro provincias de la costa ecuatoriana?
- ¿Cuál es la severidad que presentan la muerte regresiva y marchitez vascular en plantaciones de *T. grandis* L. f. en las cuatro provincias de la costa ecuatoriana?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

- Determinar la incidencia y severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. (teca) en las provincias de Los Ríos, Guayas, Santo Domingo y Esmeraldas.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Analizar la sintomatología que presentan los árboles a nivel de plantaciones.
- Establecer la incidencia de la enfermedad presente en árboles con marchitez vascular y muerte regresiva.
- Determinar la severidad presente en árboles de teca con marchitez vascular y muerte regresiva.

1.3. Justificación

La teca es muy apetecida por su color, calidad y durabilidad. Existen en nuestro país actualmente 45.000 hectáreas plantadas según (Koller, 2011). Las actividades antrópicas han provocado que en la actualidad exista diversidad de enfermedades en las plantaciones, ya que por ser un monocultivo es más fácil su propagación.

La presencia de las enfermedades como marchitez vascular y muerte regresiva ha causado pérdidas muy grandes en plantaciones de teca desmejorándolas, creando una preocupación y pérdidas económicas en los productores ya que se han encontrado individuos en muy malas condiciones, incluso árboles muertos en pie.

Por este motivo el objetivo de esta investigación es determinar el grado de afectación de plantaciones de teca e identificar el o los agentes microbianos fungosos asociados con las enfermedades que presentan los árboles de teca con síntomas aparentes de marchitez vascular y muerte regresiva. Para llevar a efecto esta investigación se estudiaron doce plantaciones de teca de 2 a 9 años de edad en cuatro provincias de la costa.

Con los resultados de esta investigación se espera contribuir a los productores de teca y al conocimiento científico-técnico de las enfermedades de marchitez vascular y muerte regresiva para que sirva como impulso para desarrollar técnicas y estrategias para la prevención y control de las mismas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Teca (*Tectona grandis* L. f.)

2.1.1.1. Definición y origen

La teca es un árbol de fuste recto caducifolio que pertenece a la familia de las Lamiaceae que en condiciones adecuadas puede alcanzar hasta los 35 m de altura con un diámetro de hasta 2 m en condiciones de adaptación favorables (Flores *et al.*, 2010). Su madera es muy apetecida y apreciada por sus excelentes propiedades, como la facilidad que ofrece para trabajar con herramientas, estabilidad dimensional y durabilidad natural (Weaver, 1993).

Es originaria de la India, Myanmar, Birmania Tailandia donde se da de manera natural en donde puede alcanzar hasta 45m de altura, fue introducida en Asia en zona tropical, (Nigeria, Sierra Leona, la republica unida de Tanzania y Togo) que pertenecen a África tropical, en América Latina (Colombia, Ecuador, El Salvador, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela), en Australia se da de forma experimental (Pandey *et al.*, 2000).

En Ecuador se dio por primera vez en la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el cantón Quevedo de la provincia de Los Ríos; dando lugar a plantaciones específicamente en la región costa con semillas procedentes de India (Nieto, 2001).

En la mayoría de los países que ha sido introducida es conocida como Teca, mientras que en India como sagun, sagon, sagan, skhu, toak, shilp tru, Indian oak, en otros países como Francia, Inglaterra, Holanda, Indonesia, Birmania, Tailandia se la conoce como teck, jati, deleg, kulidawa, kyun, sak, mai-sak, teca de Rangún, rasawa (Intriago, 2015).

2.1.1.2. Teca en el mundo

Los países en los cuales existen bosques naturales de teca son (India, Laos, Myanmar y Tailandia) en los cuales se estimó una superficie de 29 millones de hectáreas de las cuales

aproximadamente la mitad se encuentra en Myanmar mientras que en Tailandia, India, y Laos se ha prohibido la explotación y comercialización de estos bosques naturales, sin embargo entre los periodos de 1992 y 2010, estos bosques se redujeron al 1.3% lo que representa 385000 ha (Jácome *et al.*, 2016).

En 1989 la FAO prohíbe la explotación de los bosques naturales de teca en Tailandia lo que resulto beneficioso para la recuperación de estos bosques. Estas restricciones y la calidad de la madera promovió el incremento de plantaciones de esta especie en otras partes que tiene climas tropicales, distintas a las de su origen como América del Norte (México), América Central (Costa rica, El Salvador, Panamá Nicaragua, Guatemala), América del Sur (Ecuador, Colombia, Brasil). En los países que gozan de un clima favorable las plantaciones de teca constituyen aproximadamente el 8% de la superficie total de plantaciones forestales (Jácome *et al.*, 2016).

2.1.1.3. La teca en el Ecuador

En el Ecuador a teca fue introducida por Nelson Rockefeller en 1950, Esta especie fue introducida con el objetivo de implementarla en sistemas agroforestales con café. La mayor parte de las plantaciones de teca en Ecuador proceden de plantaciones originales establecidas por N. Rockefeller en terrenos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Jácome *et al.*, 2016).

Esto convirtió a la institución en el principal proveedor de semillas del país, la cual se adaptó de manera favorable a sus condiciones climáticas y existencia de suelos apropiados. En los últimos diez años se han establecido plantaciones con semillas procedentes de India y Costa Rica y también se ha incursado en la implementación de técnicas biotecnológicas para el mejoramiento genético con clones de árboles superiores de teca (Jácome *et al.*, 2016).

La superficie de teca plantada en el país ha incrementado en décadas pasadas existían un aproximado de 8.000 a 12.000 hectáreas y aumentó a 45.000 hectáreas hasta el año 2010 (Koller, 2016).

2.2. Clasificación taxonómica

Al igual que todas las especies la teca también cuenta con una descripción taxonómica la cual se detalla a continuación (Intriago, 2015).

Reino	:	Plantas
Filum	:	Spermatophyta
Subphylum	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledonae
Orden	:	Lamiales
Familia	:	Lamiaceae
Género	:	Tectona.
Especie fenólica	:	Grandis.
Nombre científico	:	<i>Tectona grandis.</i>

2.2.1. Descripción botánica

2.2.1.1. Árbol

Especie latifoliada árbol caducifolio de fuste recto que muchas veces presentan ensanchamientos en la base provocados por el hinchamiento exagerado de la raíces conocido también como contrafuertes (Pandey *et al.*, 2000), el árbol se caracteriza principalmente por presentar dominancia apical, la cual se pierde con la madurez o al florecer a temprana edad, lo que ocasiona que las ramas sean más numerosas y por ende una copa más amplia, la corteza es áspera fisurada y delgada que se desprende en placas y es de color café claro (Intriago, 2015).

2.2.1.2. Hojas

Hojas opuestas ovaladas, verticiladas en plantas jóvenes, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, consistentes y ásperas al tacto; miden comúnmente entre 40 y 50 cm. de largo y 20 a 25 cm. de ancho, pero en las plantas jóvenes algunas de ellas son de mayor tamaño (Heredia, 2003).

2.2.1.3. Hojas cloróticas

Hojas que pierden el color verde característico y presentan amarillamiento por la falta de clorofila, causado por diferentes factores los cuales pueden ser drenaje insuficiente, raíces dañadas y poco desarrolladas, raíces compactadas y las deficiencias nutricionales de la planta, estas deficiencias también pueden ser producidas por qué la planta está en un suelo no acto, con deficiencia de nutrientes a causa de un pH alto (suelo alcalino) (Alvarado, 2015).

2.2.1.4. Flores y frutos

Flores hermafroditas color amarillo verdoso consiste en una panícula terminal o axilar erecta y ramificada de aproximadamente 45 cm de largo y 35 cm de ancho con flores numerosas compuestas por pétalos que se juntan y toman forma de campana, tiene 6 lóbulos extendidos y estambres en el tubo de la corola (Quenallata, 2008). Ovario con cuatro celdas, pubescente con forma ovada o cónica. La cual se da en los meses de junio a septiembre (Chaves *et al.*, 1991).

Fruto tetragono de endocarpo grueso, que consta de cuatro celdas que generalmente tienen 1 o 2 semillas de 5mm de largo de textura carnosa cuando está fresco y alcanza su madurez aproximadamente 120 días después de la fertilización (Chaves *et al.*, 1991). La producción de estos frutos se da en los meses de febrero a abril (Heredia, 2003).

2.2.1.5. Semillas

Las semillas son poliembrionarias miden de 5 a 6 mm de largo, está cubierta por un corcho por tal motivo se recomienda realizar tratamientos pregerminativos como escarificación de inmersión en agua, puede mantener su viabilidad por años si es almacenada a temperaturas menor o igual a 0° y con contenidos de humedad de 6 a 7 % (Jácome *et al.*, 2016).

2.2.1.6. Raíces

Pivotante con raíces laterales que pueden alcanzar 12 cm de diámetro las cuales presentan sensibilidad en ausencia de oxígeno (Heredia, 2003).

2.3. Madera

La madera es de peso medianamente dura, aceitosa, la albura es de color blanco amarillento y el corazón (duramen), es de color amarillo cuando recién ha sido cortado, y cuando se seca toma una coloración parda con vetas oscuras presenta uniformidad en su coloración, de tono cremoso (Chaves *et al.*, 1991).

2.3.1. Propiedades físicas y mecánicas

La teca es categorizada como madera pesada, estable y semidura. Se dice que es muy fácil para trabajar que incluso se lo puede realizar a mano o con máquinas, pero se ha evidenciado desgaste de herramientas debido a la alta concentración de sílice que posee (Ypushima *et al.*, 2014). Más características se detallan en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Propiedades	Descripción	Unidad	Promedio
Densidad	al 12% C.H.	g/cm ³	0,46
	Anhidra	g/cm ³	0,43
Peso específico	Básico		0,38
Contracción total	Volumétrica	%	10,41
	T/R	%	2,56
Punto de saturación de fibras	Volumétrica	%	26,98
Flexión estática	MOR	kg/cm ²	736,25
	MOE	kg/cm ²	86.789,22
Comprensión paralela al grano	MOR	kg/cm ²	334,31
Comprensión perpendicular al grano	ELP	kg/cm ²	51,95
Dureza	Axial	Kg	190,51
	Perpendicular	Kg	232,69
Resistencia al cizalle	Tangencial	kg/cm ²	94,67
	Radial	kg/cm ²	89,81
Extracción de clavos	Axial	Kg	46
	Perpendicular	Kg	48

2.3.2. Usos

La madera de la teca es muy apreciada por su trabajabilidad, además el duramen ocupa la mayor parte del tronco a temprana edad y se lo diferencia porque es de color amarillo dorado, también posee hermoso un vetado que la hace más llamativa, siendo utilizada en muchos productos como:

- Pisos y parquets
- Construcciones interiores
- Chapas decorativas
- Escaleras
- Tarimas
- Puentes y mobiliario
- Tornería
- Postes
- Vigas
- construcciones estructurales y navales
- cubiertas de aviones y de barcos (Heredia, 2003).

2.4. Consideraciones de desarrollo

2.4.1. Temperatura

Se desarrolla en temperaturas máximas de hasta 35°C y en temperaturas mínimas desde 13°C aunque se sugiere que la temperatura adecuada para su óptimo desarrollo es una media de 25°C (MAGAP, 2016).

2.4.2. Precipitación

Tolera precipitaciones de anuales de 1500 a 3000 mm, con la existencia de una marcada época seca, pero la cantidad óptima para su desarrollo es de 1000 a 2200 mm. En zonas propensas a inundaciones presentan problemas con estrés y algunas enfermedades en ciertas épocas (MAGAP, 2016).

2.4.3. Altitud

Los mejores sitios para plantar se encuentran de 0 a 800 msnm (MAGAP, 2016).

2.4.4. Suelo y pH

Se consideran sitios óptimos suelos planos, bien drenados, suelos franco-arenosos, arcillosos, aireados, suelos aluviales y fértiles, con un pH de 5 a 8,5 pero se desarrolla mejor con un pH de 6,5 a 7,5 neutros, ricos en nutrientes preferentemente calcio y magnesio. Por lo general los bosques de teca son terrenos montañosos (Vascones, 2002).

2.4.5. Adaptación

La teca se adapta normalmente en piedra porosa, granito, esquitos y en suelos con piedra caliza, pero en cuarcita o arenisca dura se puede evitar el achaparramiento, puede crecer en suelos medianamente fértiles, esencialmente ricos en Ca (0,3% intercambiable) y Mg. Presenta adaptación más favorable en suelos francos, franco arcilloso-arenoso. Se recomienda establecer plantaciones en pendiente entre 20% a 25% (Heredia, 2003).

2.4.6. Factores limitantes de crecimiento

La sombra es un factor limitante, suelos inundables pantanosos o muy pedregosos, el exceso de agua pudre las raíces. El fuego también es un limitante de crecimiento aunque se crea que la especie lo tolera (Heredia, 2003).

2.5. Manejo de cultivo

2.5.1. Tratamientos pregerminativos y de germinación

El tratamiento pregerminativo depende si la semilla está o no esta escarificada, si la semilla esta escarificada solo requiere remojo por 24 horas; hay varios tratamientos si la semilla no está escarificada, pero uno de los más recomendados consiste en la inmersión en agua

durante la noche, y en el día exponerla al sol sobre una lona este procedimiento debe repetirse durante 12 días (Quenallata, 2008).

Las semillas poseen un porcentaje de germinación de 40 y 80% y demoran en germinar aproximadamente en el transcurso de 5 a 15 días, comienza con la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo (Quenallata, 2008).

2.5.2. Siembra y establecimiento

El éxito de una plantación depende de labores previas de la siembra como chapia o eliminación de vegetación no deseada. Es recomendable realizar la siembra en época lluviosa (entre mayo y agosto), para que los árboles puedan desarrollar bien sus raíces al llegar la época seca (Salazar *et al.*, 2009).

Se debe establecer las plantaciones con distanciamientos de 3x3, 3x4 o 4x4 metros para obtener una densidad de 1111,8 o 625 árboles por hectárea respectivamente (MAGAP, 2016).

2.5.3. Fertilización

Se recomienda aplicar fertilizante químico u orgánico aunque el más recomendado es NPK a 20 centímetros de la base del árbol, para que no queme las raíces, la cantidad a aplicarse es de 20 gramos/planta, motivando a que las plantas profundicen sus raíces e igual cantidad de un fertilizante foliar durante los dos primeros años de la plantación (Pavón *et al.*, 2014).

2.5.4. Corona

Consiste en eliminar la maleza y pastos a nivel del suelo, en al menos 50 cm alrededor de la planta esta actividad debe realizarse hasta que el árbol alcance la altura suficiente para librar la competencia con la maleza especialmente por la luz. se recomienda hacer dos coronas por año durante los primeros 3 años (Salazar *et al.*, 2009).

2.5.5. Rose o limpia

Esta actividad debe realizarse teniendo en cuenta las características del sitio y en los primeros años de la plantación, con el fin de evitar la competencia entre las malezas y los árboles por luz, agua y nutrientes, ya que la presencia de malezas puede causar desde un retraso importante en su crecimiento hasta la pérdida total de los árboles (Zuluaga *et al.*, 2011).

2.5.6. Deshije o deschuponado

Durante los primeros años es muy normal ver que aparezcan en la base del árbol brotes que se recomienda eliminarlos antes de que alcancen los 50 cm de altura, esta es una práctica silvicultural que sirve para disminuir la competencia por los nutrientes y garantiza el crecimiento de la planta en un solo eje (Pavón *et al.*, 2014).

2.5.7. Raleo

El raleo sirve para producir madera de calidad y se lo debe realizar para favorecer el desarrollo de los mejores árboles evitando la competencia entre ellos, concentrando su volumen en menos árboles, con buena forma y más gruesos (Salazar *et al.*, 2009). El primer raleo se debe efectuar cuando los árboles tengan una altura de cinco a siete metros de altura, la cantidad de raleos a realizar va a depender de la calidad genética de los árboles (INAB, 2013).

2.5.8. Podas

Cuando los árboles comienzan a ganar altura se recomienda podar acción que consiste en cortar las ramas de los árboles para evitar que la madera pierda su calidad con la aparición de nudos muertos en el tronco que producen huecos en la madera. Los nudos son uno de los principales defectos que disminuye el valor de la madera (Salazar *et al.*, 2009).

La primera poda se la debe realizar cuando los árboles hayan alcanzado una altura de 3 m y se debe podar hasta una tercera parte de la copa, se recomienda hacerla en época seca para facilitar el secado del corte y evitar el ataque de plagas y enfermedades a causa de heridas en caso de que se desgarre la corteza, mientras más gruesas las ramas más tardan en cicatrizar los cortes (Pavón *et al.*, 2014).

2.5.9. Turno o corta final

Mientras más edad y madurez tiene la madera mayor valor. El turno final de la teca varía entre los 18 a 20 años y depende específicamente del objetivo de la producción y de la calidad del sitio (MAGAP, 2016).

2.6. Sanidad

Consiste en adecuado equilibrio de los bosques o masas forestales los cuales pueden estar causados por agentes vivos (daños bióticos), o por otros, que son consecuencia principalmente de factores ambientales y nutricionales (daños abióticos), (FAO, 2012). Estos agentes se caracterizan por ser infecciosos incluyen los hongos, bacterias, nematodos, microplasma y virus y los no infecciosos como desbalances nutricionales, estrés ambiental y toxicidad química (Jiménez, 2017).

La presencia de agentes biológicos se puede determinar por la aparición de signos y síntomas los cuales pueden ser morfológicos, holísticos o fisiológicos, que pueden manifestarse interna o externamente los cuales son la consecuencia del ataque de agentes patógenos (FAO, 2012).

2.6.1. Planta sana y enferma

Una planta es considerada sana cuando se desarrolla de manera óptima con todas sus funciones fisiológicas y morfológicas estables, estas funciones comprenden división celular normal, absorción de agua y nutrientes del suelo, que presenten características genéticas favorables para desarrollar el mercado. Una planta sana debe contar con un

follaje completo hojas sin manchas, con láminas completas y sin alteraciones de su color, tallo sin deformaciones heridas o manchas (Rajchenberg, 2014).

La planta enferma no desarrolla sus funciones vitales de manera adecuada ya que se encuentran interferidas o han sufrido algún cambio debido al ataque de algún patógeno o la acción de las condiciones ambientales. La planta enferma al contrario de la sana presenta cambios fisiológicos, estos varían de acuerdo al agente causal. En especies forestales se produce una menor producción y baja calidad de la madera (Rajchenberg, 2014).

2.6.2. Causas de enfermedades y daños en las plantas

Para que se pueda dar una enfermedad es necesario la presencia de diferentes factores y actores como el huésped, este es uno de los principales actores para que se desarrolle una enfermedad y debe estar susceptible, condiciones ambientales favorables para el desarrollo del patógeno (FAO, 2006). Estas enfermedades pueden ser causadas por agentes de origen biótico o un agente biótico.

Agentes de origen biótico

- Hongos
- Bacterias
- Plantas superiores parásitas
- Virus, tiroides y citoplasmas
- Nematodos
- Algas
- Insectos
- Acaros.

Agentes abióticos

- Temperaturas extremas
- Exceso o escasez de humedad en el suelo

- Excesiva o escasa luz
- Insuficiente oxígeno en el suelo
- Contaminación ambiental
- Deficiencias nutricionales
- Toxicidad de minerales (incluyendo minerales que no son nutrientes como el aluminio)
- Acidez o alcalinidad del suelo
- Aplicación inapropiada de agroquímicos
- Prácticas silviculturales incorrectas (Rajchenber, 2014).

2.6.2.1. Síntoma y signo

El síntoma es la secreción de sustancias, desintegración y colapso de las células, pudriciones y otros trastornos que aparecen en el hospedero dependiendo de la habilidad del agente causal para intervenir en las funciones vitales. Estos cambios se manifiestan macroscópicamente (FAO, 2006).

La manifestación directa del patógeno actuante, se la denomina como signo. Como la ovoposición en el caso de insectos, el micelio o carpóforo en caso de los hongos (FAO, 2006).

2.7. Hongos

2.7.1. Generalidades de los hongos

Los hongos constituyen un grupo de organismos vivos desprovistos de clorofila, existen aproximadamente 100.000 especies de hongos, de los cuales la mayoría son saprofitos y alrededor de 8.000 son fitoparásitos, lo que quiere decir que deben obtener sus alimentos ya elaborados (Gonzales, 1976).

Los hongos fitopatógenos en su mayoría tienen estructuras poco reconocidas, ya que el micelio se extiende dentro de los tejidos del hospedante y no es posible ver lo a simple vista (Gonzales, 1976).

2.7.2. *Ceratocystis fimbriata*

Se clasifica taxonómicamente a las especies del género *Ceratocystis*, de la siguiente manera (Upadhyay, 1993):

Clase	:	Ascomycetes
Subclase	:	Euascmycetidae
Serie	:	Plectomycetes
Orden	:	Microascales
Familia	:	Ophiostomataceae
Género	:	<i>Ceratocystis</i>

2.7.2.1. Descripción

Ceratocystis es un hongo que ataca a hospedantes distribuidos en Asia, América del Norte, América Latina, El Caribe y el Sudeste de los Estados Unidos, causa enfermedades en muchas plantas y cultivos, tales como camote, café mango, piña, caña de azúcar, narcisos, también causan daños o enfermedades en productos forestales y madera (Herrera, 2015).

Se reportó por primera vez en Ecuador en el año de 1918, cuando ocasiono grandes pérdidas económicas provocando la muerte de miles de árboles de cacao Nacional, enfermedad que se la denomino como “Mal de machete” (Suarez *et al.*, 1994).

2.7.2.2. Síntomas

- Árboles muertos o con ramas muertas y con hojas secas.
- Cambio de color en la corteza, con humedecimiento del tejido (cancro). Debajo de la corteza presenta una coloración marrón oscuro o verdosa.

- Árbol y ramas secas, pero con brotes epicórmicos por debajo del punto de ingreso del patógeno.
- En plantas de vivero pueden observarse lesiones longitudinales de color negro en tallos y en algunos casos con borde rojizo. Si se realiza un corte transversal del tallo se observa decoloración (Reyna, 2014).

2.8. Marchitez vascular

Esta enfermedad es destructiva y producida por distintos agentes etiológicos, se encuentran ampliamente distribuidos en poblaciones y cultivos en muchas especies de plantas. Presentan un conjunto de síntomas independientemente del agente causal, aunque la mayoría de las veces este es un hongo el cual se evidencia con signos de daño del follaje, decoloración y pérdida de turgencia. No solo causan daños en las hojas si no también causan decaimiento radicular, putrefacción del pie del tallo y frutos (Arguedas, 2008).

2.9. Muerte regresiva

También llamada como “muerte descendente”, “necrosis recesiva” en ingles “die-back”, y se refiere a que las hoja pierden de su color verde y se tornan cloróticas las yemas terminales de las ramas empiezan a secarse ocasionando la posterior muerte de las ramas estas se tornan color marrón oscuro (Córdor, 2017).

Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan entre 4 y 9 días después de la penetración del patógeno. El ataque de las plantas puede comenzar por la parte apical del brote terminal o ramas laterales y continuar progresando hacia abajo, hasta alcanzar el tallo principal. El hongo después de haber ingresado por heridas avanza hasta el tejido lignificado y se detiene (Belezaca *et al.*, 2011).

2.10. Marco referencial

Ávila (2016), efectuó un proyecto de investigación en el que se identificaron los 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,

específicamente en las provincias de Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas. Para el efecto de esta investigación se realizaron parcelas de 500 m² en las dos plantaciones estudiadas CAMBIOSCA y LA PALMA, con edades respectivas de 2,5 y 7 años en las cuales se efectuó un censo árbol por árbol, para identificar la cantidad de árboles con síntomas de enfermedad, árboles muertos y aparentemente sanos, se tomaron muestras de 3 árboles con síntomas de enfermedad las cuales fueron guardadas en fundas plásticas rotuladas y llevadas a laboratorio para ser sometidos a análisis realizando sánduches de zanahoria y también mediante siembras en medios de cultivo, donde se encontraron fitopatógenos fungosos *Ceratocystis fimbriata* y *Fusarium sp.*

Flores *et al.* (2010) investigaron acerca de las plagas y enfermedades en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. Teca en el cantón Balzar de la provincia del Guayas en haciendas pertenecientes a la empresa Topibosques S.A. Los datos se registraron en época seca y lluviosa durante seis meses en plantaciones con edades de entre 1 y 5 años de edad en cinco haciendas (Alianza, Las Piedras, Hacha y Cerro de hojas) estas plantaciones fueron evaluadas mediante un muestreo al azar con recorridos transversales, para lo que se establecieron 200 parcelas de 500 m². Se recolectaron muestras de tejidos de árboles enfermos (hojas, raíces, pedazos de madera y partes apicales) los que fueron guardados y etiquetados en fundas plásticas y de papel, también se realizaron trampeos para la recolección de insectos. Para realizar la categorización de la incidencia y severidad de los problemas fitosanitarios se emplearon índices arbitrarios de acuerdo al daño causal del árbol. Después de la valoración en laboratorio los resultados obtenidos fueron que las plagas y enfermedades más severas e incidentes fueron: *Hortensia similis* y *Hyadaphis erysimi*; en época lluviosa se encontró a la *Colletotrichum sp.*, *Olivea tectonae* y *Ceratocystis sp.*; además de *Atta sp.*, *Hemileuca maia* y *Scolytus sp.*; y *Olivea tectonae* en época seca.

Belezaca *et al.* (2011) indagaron acerca de los Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de pachaco (*Schizolobium parahybum*) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas, entre los años 2000 a 2002. Se delimitó una hectárea de superficie, donde se registraron árboles enfermos, muertos y aparentemente sanos de los cuales recolectaron muestras de tejidos de árboles con síntomas de

enfermedad estos tejidos fueron procedentes de heridas mecánicas, cicatrizadas y sin cicatrizar, tejidos vasculares con coloración oscura, los que fueron almacenados en bolsas de papel y llevadas a laboratorio para su posterior análisis mediante aislamiento y pruebas de patogenicidad en los que se obtuvieron microorganismos fungosos: *Ceratocystis paradoxa*, *C. moniliformis*, *Macrophoma* sp., *Graphium* sp., *Fusarium* sp.

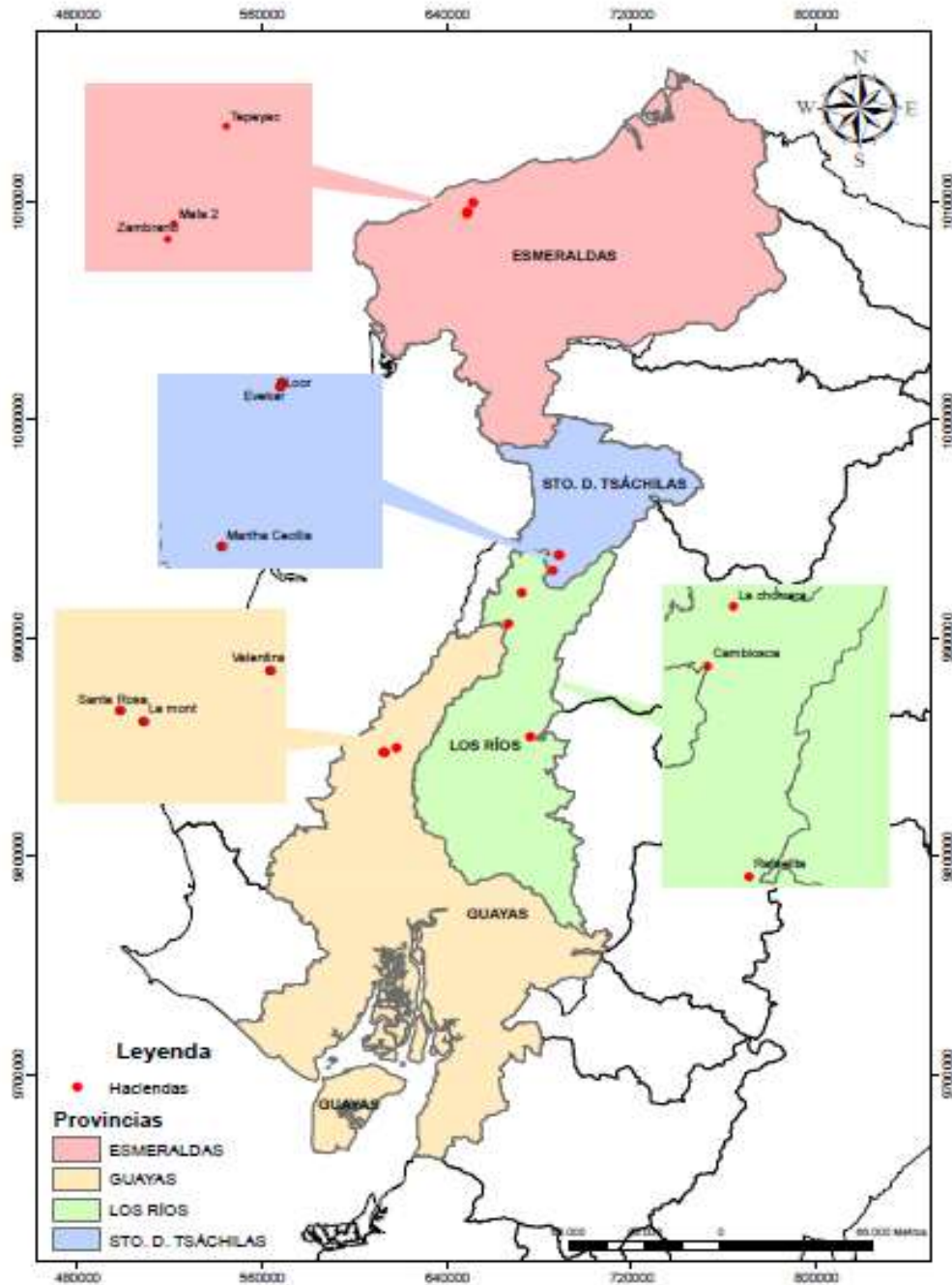
CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Localización

3.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La presente investigación se realizó en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador que son Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas y Esmeraldas (Figura 1).

Figura1. Mapa de localización de las haciendas estudiadas



Elaborado. Autor

3.1.2. Datos geográficos y meteorológicos

En las tablas 2, 3, 4 y 5 se detallan las condiciones meteorológicas y geográficas de las provincias en las que se realizó el estudio.

Tabla 2. Situaciones meteorológicas y geográficas de la provincia de Los Ríos.

Parámetro	Detalles
Condiciones meteorológicas:	
Clima	Tropical Monzónico
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Temperatura mín. – máx.	16 °C - 26 °C
Precipitación mín. – máx.	1250 – 3000 mm
Humedad relativa	84 %
Suelo	Francos, arcillosos.
Condiciones geográficas:	
Altitud mín. – máx.	10 – 2159 msnm
Latitud	1°48'07" S
Longitud	79°32'03" O
Número de habitantes	841.767 habitantes
Extensión geográfica	7.286 km ²
Densidad poblacional	115.53 hab/km ²

Fuente: (GAD Provincial de Los Ríos, 2015), (Proaño, 2009), (SENPLADES, 2014).

Tabla 3. Condiciones meteorológicas y geográficas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Parámetro	Detalles
Condiciones meteorológicas:	
Clima	Tropical Monzónico
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Temperatura	22,8 °C
Precipitación	2.658 mm
Humedad relativa	88 %
Suelo	Francos, arcillosos.
Condiciones geográficas:	
Altitud	554 msnm
Latitud	0,25 °S
Longitud	79,18 °O
Número de habitantes	403.6063 habitantes
Extensión geográfica	3.454 km ²
Densidad poblacional	116,69 hab/km ²

Fuente: (SENPLADES, 2014)

Tabla 4. Escenarios meteorológicos y geográficos de la provincia de Esmeraldas.

Parámetro	Detalles
Condiciones meteorológicas:	
Clima	Tropical Monzónico
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Temperatura	27°C
Precipitación	249.25 mm
Humedad relativa	81 %
Suelo	Francos, arcillosos.
Condiciones geográficas:	
Detalles	
Altitud	40 msnm
Latitud	2° 12' S
Longitud	79° 58' O
Número de habitantes	3.645.483 habitantes
Extensión geográfica	18.661,69 km ²
Densidad poblacional	196,07 hab/km ²

Fuente: (GAD Provincial de Esmeraldas, 2015), (SENPLADES, 2014)

Tabla 5. Condiciones meteorológicos y geográficos de la provincia del Guayas.

Parámetro	Detalles
Condiciones meteorológicas:	
Clima	Tropical Monzónico
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Temperatura	24 °C
Precipitación	1375 mm
Humedad relativa	83 %
Suelo	Francos, arcillosos.
Condiciones geográficas:	
Detalles	
Altitud	184 msnm
Latitud	0° 57' 0" N
Longitud	79° 40' 0" O
Número de habitantes	590.483 habitantes
Extensión geográfica	16.177 km ²
Densidad poblacional	35,92 hab/km ²

Fuente: (MAGAP, 2016), (PDOT, 2014)

3.2. Materiales

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se empleó los siguientes materiales.

3.2.1. Materiales de campo

- GPS
- Machete
- Cinta diamétrica
- Botas
- Libreta
- Lápiz
- Fundas plásticas
- Cámara fotográfica
- Machete
- Motosierra

3.2.2. Materiales de oficina

- Flash memory
- Ordenador
- Impresora
- Software's (Word, excel, power point, platform ArcGIS version 10.3)
- Libros
- Artículos
- Documentos electrónicos

3.3. Diseño de la investigación

3.3.1. Delimitación de las parcelas y diagnóstico de la enfermedad a nivel de campo

Se visitaron plantaciones de teca en cuatro provincias productoras de la región costa, a fin de identificar la presencia o no de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva, para el efecto se delimitaron tres parcelas rectangulares de 500 m² en cada plantación estudiada (Ávila, 2016).

3.3.1.1. Descripción de la sintomatología observada a nivel de campo

Se realizaron observaciones y anotaciones de los síntomas presentes en árboles afectados que se manifiestan de forma natural, de los cuales se tomaron muestras para ser analizadas.

3.3.1.2. Determinación de la incidencia de la enfermedad

En 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], (Ávila, 2016).

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

3.3.1.3. Determinación de severidad de la enfermedad

Mediante una ficha de recolección de información, y el empleo de una escala arbitraria de cinco categorías, se estableció la severidad de la enfermedad en función a las diferencias morfológicas visibles de las ramas, hojas y fuste, para posteriormente ser comparados con los árboles sanos. Además, se realizó una descripción detallada de la sintomatología de la enfermedad de acuerdo a Ávila (2016), (Tabla 6).

Tabla 6. Escala arbitraria empleada para la determinación de severidad de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva (Ávila, 2016).

Nº	Criterio
1	Árbol sano
2	Hojas terminales cloróticas
3	Brotos de ramas muertas
4	50% de follaje muerto
5	Árbol muerto o con el 80% de tejidos muertos

3.3.1.4. Evaluación de variables dasométricas

Dentro de las parcelas de cada plantación estudiada, a los árboles presentes sanos o enfermos se les registró las siguientes variables: densidad, edad, diámetro a la altura al pecho (DAP), altura, número de brotes epicórmicos (Ávila, 2016).

3.3.1.5. Muestreo y recolección de tejidos de árboles

Dentro de cada parcela se muestrearon 3 árboles que presentaron síntomas de enfermedad, los mismos que fueron talados a nivel del suelo con ayuda de una motosierra, posteriormente se realizaron cortes transversales en el fuste a cada 70 cm, con el propósito de determinar el sitio de ingreso del patógeno y la diseminación de los mismos dentro de los tejidos. La observación de síntomas internos (necrosis de tejidos) se empleará para la descripción de la sintomatología de las enfermedades (Ávila, 2016).

Secciones de madera con evidencia de necrosis se seleccionaron, guardaron en bolsas plásticas, rotularon (fecha de recolección, procedencia, número de árbol, edad de la plantación, etc.) y se trasladaron al laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la UTEQ para su posterior análisis microbiológico (Ávila, 2016).

3.3.1.6. 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), para detectar la presencia de signos de algún patógeno, especialmente en heridas abiertas de origen mecánico (antropogénico y/o natural) (Ávila, 2016).

Los árboles enfermos se seleccionaron, se apearon con la ayuda de una motosierra y secciones de madera con tejidos necróticos se llevaron al laboratorio donde fueron sometidas a los respectivos análisis microbiológicos. Para el efecto las muestras se acondicionarán 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 que contenían papel humedecido, e incubaron 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, de acuerdo a (CMI, 1983). Cuando se detectaron signos de microorganismos creciendo sobre la madera, estos fueron trasladados a medios de cultivo sintéticos, bajo condiciones de asepsia (Ávila, 2016).

Siembra en sánduches 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 realizarán 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 sánduche, según (Li *et al.*, 2014), (Piveta *et al.*, 2016). Por cada árbol se formaron entre 8 y 10 sánduches que se introdujeron en recipientes plásticos estériles (tarrinas plásticas), taparon e incubaron durante 120 horas (5 días). Pasado el tiempo de incubación y con la ayuda de un estereomicroscopio, los sánduches se analizaron con la finalidad 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 (Ávila, 2016).

3.3.1.7. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron a nivel de campo y laboratorio se analizaron empleando herramientas de estadística descriptiva: media, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación entre otros. Para establecer la existencia o no de diferencias

estadísticas significativas, los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de ($P < 0.05$), previa comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas. Posteriormente se aplicó la prueba LSD (mínima diferencia significativa), con un nivel de significancia del ($P < 0.05$). Para el efecto se empleó el paquete estadístico *SAS System 9* versión para Windows (Ávila, 2016).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Descripción de sintomatología

Los síntomas que se observaron en árboles de teca enfermos, fueron la decoloración y pérdida de turgencia de las hojas ubicadas en los extremos de ramas superiores, evidenciando la pérdida de vigor frente árboles sanos. Consecuentemente, conforme avanza la enfermedad, los ápices de crecimiento de las ramas mueren (se secan), y desciende matando completamente las ramas. Cuando los árboles presentan esta sintomatología, disminuyen notoriamente su vigor. La pérdida del follaje y por ende del área fotosintética, genera la manifestación de muchos brotes epicórmicos en el fuste. Sin embargo, la enfermedad continua de forma descendente y finalmente el árbol muere (se seca) en pie (Figura 2).

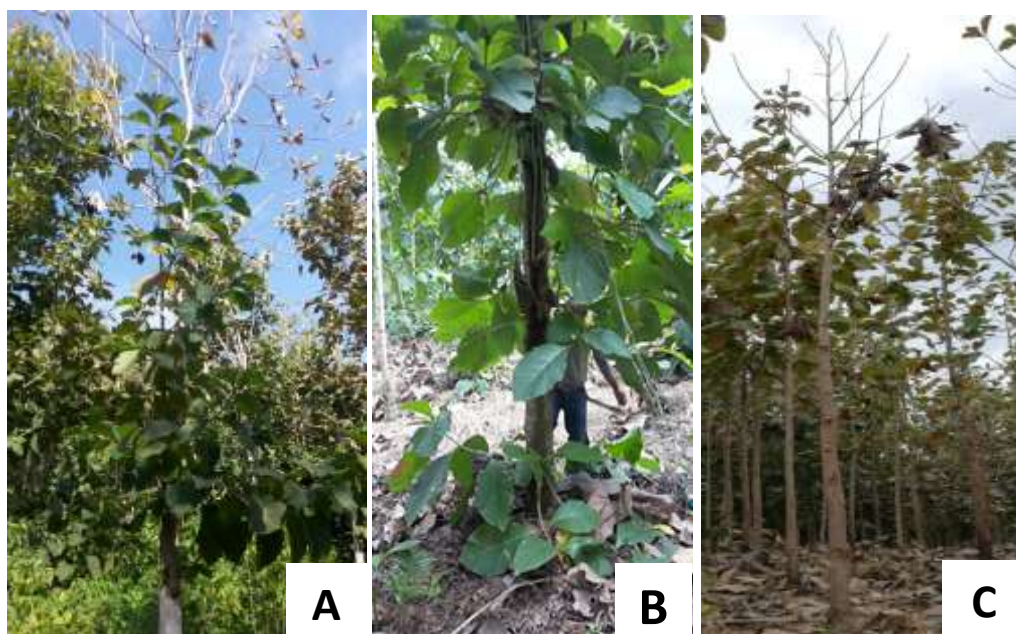


Figura 2. Evolución de la enfermedad de muerte regresiva en árboles de Teca: A = Primeros síntomas caracterizados por clorosis en las hojas próximas a los ápices de crecimiento de ramas. B = Generación de múltiples brotes epicórmicos en el fuste. C = Muerte del sistema foliar del árbol (marchitez vascular).

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, pero al realizar los cortes a mas altura se pueden evidenciar los daños ocasionados por el patógeno, los mismos que son irreversibles ya que impiden el flujo normal de nutrientes (Figura 3).



Figura 3. Cortes transversales en de árboles de teca enfermos con muerte regresiva, evidenciando necrosis en la madera de albura y duramen, y taponamiento de tejidos vasculares.

4.1.2. Variables dasométricas en plantaciones estudiadas.

Los resultados obtenidos demuestran que tanto las alturas totales y DAP no estuvieron asociadas a las edades de las plantaciones. Aparentemente, el manejo forestal estuvo estrechamente relacionado con las variables dasométricas, lo cual se refleja en las altas densidades que se encontraron en plantaciones a partir de los cuatro años, independientemente de la provincia donde estaban ubicadas las plantaciones.

En la provincia de Los Ríos, la menor altura y DAP se encontró en la plantación de la hacienda “Rafaelita” que poseía 4 años de edad y una densidad de 1320 árboles ha^{-1} , alcanzando 8.6 m y 10.8 cm, respectivamente, mientras que la mayor altura y DAP se obtuvo en la hacienda “La Chorrera” de 7 años de edad y 700 árboles ha^{-1} , donde se encontró promedios 15.0 m y 19.7 cm, respectivamente. En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la menor altura y DAP se obtuvieron en la plantación de la hacienda “Loor” de 4 años de edad y 633 árboles ha^{-1} , alcanzando 10.9 m y 14.6 cm, respectivamente, mientras que la mayor altura y DAP se obtuvo en la hacienda “Martha Cecilia” que poseía 5 años de edad y una densidad de 753 árboles ha^{-1} , donde se registraron promedios de 12.1 m y 15.7 cm respectivamente. En la provincia de Esmeraldas, la mayor altura y DAP fue registrada en la hacienda “Mala 2” que poseía 7 años de edad y una densidad de 653 árboles ha^{-1} , se encontraron promedios de 13.9 m y 17.5 cm respectivamente, mientras que la menor altura y DAP se obtuvo en la hacienda “Tepeyac” de 7 años de edad y 707 árboles ha^{-1} , alcanzando 10.8 m y 12.3 cm,

respectivamente. En la provincia del Guayas la hacienda en la que se registró menor altura y DAP fue “La Valentina” de 5 años de edad y 560 árboles ha^{-1} , donde se alcanzaron promedios de 10.4 m y 12.4 cm respectivamente, mientras que la hacienda en la que se encontró mayor altura y DAP fue “Santa Rosa” que poseía 7 años de edad y una densidad de 473 árboles ha^{-1} se encontraron promedios de 13.0 m y 16.1 cm respectivamente (Tabla 7).

Tabla 7. Variables dasométricas (altura total y DAP) estimadas en plantaciones de *T. grandis* con la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador. Valores representan el promedio de los árboles presentes en tres parcelas de 500 m², con su respectiva desviación estándar.

No.	Plantaciones (hacienda)		No. Árboles ha ⁻¹	Alturas (m)			DAP (cm)		
	Nombre	Edad (años)		Total Promedio	Máxima	Mínima	Total Promedio	Máximo	Mínimo
Provincia de Los Ríos									
1	Cambiosca	3.5	600	10.5 ± 1.4	13.0	6.0	15.3 ± 2.2	19.9	8.8
2	Rafaelita	4	1320	8.6 ± 2.0	15.0	3.0	10.8 ± 2.3	18.9	5.1
3	La Chorrera	7	700	15.0 ± 2.3	18.0	11	19.7 ± 3.5	19.0	13.4
Provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas									
1	Martha Cecilia	5	753	12.1 ± 1.3	14.5	7.0	15.7 ± 3.2	26.1	8.6
2	Evekar	9	827	12.0 ± 1.8	14.5	5.0	15.5 ± 3.6	28.3	6.7
3	Loor	4	633	10.9 ± 0.8	13.0	9.0	14.6 ± 2.1	19.3	9.0
Provincia de Esmeraldas									
1	Zambrano	7	653	13.6 ± 2.2	17.0	4.0	17.8 ± 4.2	27.6	5.9
2	Mala 2	7	653	13.9 ± 3.3	22.0	7.0	17.5 ± 5.2	31.5	8.9
3	Tepeyac	7	707	10.8 ± 2.2	14.5	3.0	12.3 ± 2.4	18.9	3.8
Provincia del Guayas									
1	La Mont	4	500	11.7 ± 1.6	15.0	7.0	13.6 ± 2.3	19.8	7.9
2	Santa Rosa	7	473	13.0 ± 1.2	16.5	9.0	16.1 ± 2.3	21.3	11.1
3	La Valentina	5	560	10.4 ± 2.4	15.0	5.0	12.4 ± 3.8	20.7	5.9

4.1.3. Presencia de brotes epicórmicos en árboles enfermos

En las haciendas de la provincia de Los Ríos el mayor valor promedio de brotes epicórmicos se presentó en la hacienda “Cambiosca” con 4.4 brotes por árbol, a una altura promedio de ubicación del brote más alto y más bajo de 2.8 m y 1.4 m respectivamente, mientras que la hacienda “Rafaelita” presentó el menor valor promedio de brotes con 3.2 por árbol, con una altura de ubicación del brote más alto y más bajo de 3.8 m y 1.5 m respectivamente. En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas el valor promedio mayor de brotes presentes se registró en la hacienda “Loor” con 8.3 brotes por árbol, a una altura promedio de ubicación del brote más alto y más bajo de 5.1 m y 2.5 m respectivamente, mientras que la hacienda “Martha Cecilia” presentó el menor valor promedio de brotes con 3.1 por árbol, con una altura de ubicación del brote epicórmico más alto y más bajo de 2.5 m y 1.5 m respectivamente. En la provincia de Esmeraldas, el valor promedio mayor de brotes se registró en la hacienda “Tepeyac” con 5.0 brotes por árbol, a una altura promedio de ubicación del brote más alto y más bajo de 3.3 m y 1.5 m respectivamente, mientras que la hacienda “Zambrano” presentó el menor valor promedio de brotes con 2.4 por árbol, con una altura de ubicación del brote más alto y más bajo de 2.2 m y 1.2 m respectivamente. Finalmente, en la provincia del Guayas el mayor valor promedio de brotes epicórmicos se presentó en la hacienda “La Mont” con 1.7 brotes por árbol, a una altura promedio de ubicación del brote más alto y más bajo de 2.3 m y 0.8 m respectivamente, mientras que la hacienda “La Valentina” presentó el menor valor promedio de brotes con 0.9 por árbol, con una altura de ubicación del brote más alto y más bajo de 4.2 m y 2.1 m respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Variables de presencia de brotes epicórmicos (número de brotes y altura de ubicación de brotes) en plantaciones de *T. grandis* con la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador.

No.	Plantaciones (hacienda)		No. Árboles ha ⁻¹ Promedio	No. de brotes epicórmicos			Altura del brote epicórmico más alto (m)			Altura del brote epicórmico más bajo (m)		
	Nombre	Edad (años)		Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Provincia de Los Ríos												
1	Canbiosca	3.5	600	4.4	20	0	2.8	6.0	0	1.4	3.0	0
2	Rafaelita	4	1320	3.2	15	0	1.5	6.0	0	0.8	4.0	0
3	La Chorrera	7	700	3.5	21	0	3.8	6.0	0	1.5	4.0	0
Provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas												
1	Martha	5	600	3.1	11	0	2.5	6.0	0	1.5	4.0	0
2	Evekar	9	1320	6.0	18	0	4.8	7.0	0	2.7	6.0	0
3	Loor	4	700	8.3	18	0	5.1	7.0	0	2.5	5.0	0
Provincia de Esmeraldas												
1	Zambrano	7	600	2.4	10	0	2.2	7.0	0	1.2	5.5	0
2	Mala 2	7	1320	2.9	11	0	3.2	8.0	0	1.0	5.0	0
3	Tepeyac	7	700	5.0	14	0	3.3	7.0	0	1.5	5.0	0
Provincia del Guayas												
1	La Mont	4	600	1.7	9	0	2.3	5.0	0	0.8	2.5	0
2	Santa Rosa	7	1320	1.2	9	0	4.7	7.0	0	4.1	7.0	0
3	La Valentina	5	700	0.9	7	0	4.2	7.0	0	2.1	4.5	0

4.1.4. Brotes epicórmicos e incidencia y severidad de la enfermedad entre provincias

Se detectaron diferencias estadísticas significativas para esta variable ($P < 0.05$). Las plantaciones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas ($F=4.52$; $P=0.03$) presentaron un mayor número de brotes promedio por árbol (5.80), pero fueron estadísticamente similares al número de brotes detectado en las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, con 3.63 y 3.43 brotes respectivamente y estadísticamente superiores al número de brotes generados por las plantaciones de la provincia del Guayas con 1.27 brotes. En cuanto a la altura promedio de ubicación del brote epicórmico más alto en los árboles ($F=8.12$; $P=0.00$), el comportamiento estadístico de las plantaciones entre las provincias tuvo diferencias significativas, donde en la provincia de Los Ríos se encontró que la altura en que se ubicaban los brotes epicórmicos era a los 2.49 m sobre el nivel del suelo, siendo inferior a las alturas de ubicación de las plantaciones de las demás provincias. Mientras que a la altura promedio de ubicación del brote epicórmico más bajo en los árboles ($F=3.36$; $P=0.03$), el comportamiento de las plantaciones entre provincias tuvo diferencias estadísticas significativas, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se pudo evidenciar brotes epicórmicos a una altura de 2.47 m sobre el nivel del suelo, siendo este valor superior a las alturas de ubicación de las plantaciones de las demás provincias.

Para las variables Incidencia ($F=1.62$; $P=0.25$) y Severidad ($F=0.21$; $P=0.88$) de la enfermedad entre las provincias, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de variables relacionadas a árboles de *T. grandis* enfermos con marchitez vascular y muerte regresiva entre cuatro provincias de la región Litoral del Ecuador.

Provincias	VARIABLES				
	Nº de brotes epicórmicos	Altura de ubicación de brote epicórmico más alto	Altura de ubicación de brote epicórmico más bajo	Incidencia*	Severidad*
Los Ríos	3.63 ± 0.51 ab	2.49 ± 1.89 c	1.27 ± 0.14 b	14.97 ± 1.86 ns	1.37 ± 0.15 ns
Santo Domingo de los Tsáchilas	5.80 ± 2.60 a	4.82 ± 0.79 ab	2.47 ± 0.23 a	16.97 ± 4.36 ns	1.30 ± 0.10 ns
Esmeraldas	3.43 ± 1.38 ab	4.93 ± 0.85 a	1.73 ± 0.23 ab	14.93 ± 1.89 ns	1.37 ± 0.29 ns
Guayas	1.27 ± 0.40 b	3.72 ± 2.24.b	2.34 ± 2.74 a	20.40 ± 4.77 ns	1.43 ± 0.23 ns

* Valores corresponden a promedios de tres repeticiones (haciendas) con su respectiva desviación estándar. Letras iguales indican medias estadísticamente similares, y ns equivale a no significativo ($P < 0.05$).

4.1.5. Presencia de microorganismos fúngos en tejidos de árboles enfermos.

Cámara Húmeda: Los tejidos madera necrosada de árboles enfermos de *T. grandis*, fueron analizados bajo un estereomicroscopio, para constatar que las muestras de todas las plantaciones estudiadas presentaban peritecios de *Ceratocystis fimbriata*, que se encontraban cubriendo las áreas necróticas de la madera (Figura 4).



Figura 4. Muestras de madera de árboles de *T. grandis* enfermos, incubadas en cámaras húmedas que incitaron la expansión de peritecios del hongo *C. fimbriata*.

Sánduches de zanahoria: En rodajas de zanahoria que contenían muestras de madera necrosada de árboles enfermos de teca (sánduches) se visualizó la formación de cuerpos fructíferos (peritecios) globosos de color negro (Figura 5), en el 100% de los árboles enfermos para las plantaciones estudiadas, este resultado se obtuvo mediante la incubación durante 5 días máximo y mediante el análisis en microscópicos se pudo comprobar la presencia de peritecios pertenecientes al hongo ascomicete *C. fimbriata*.

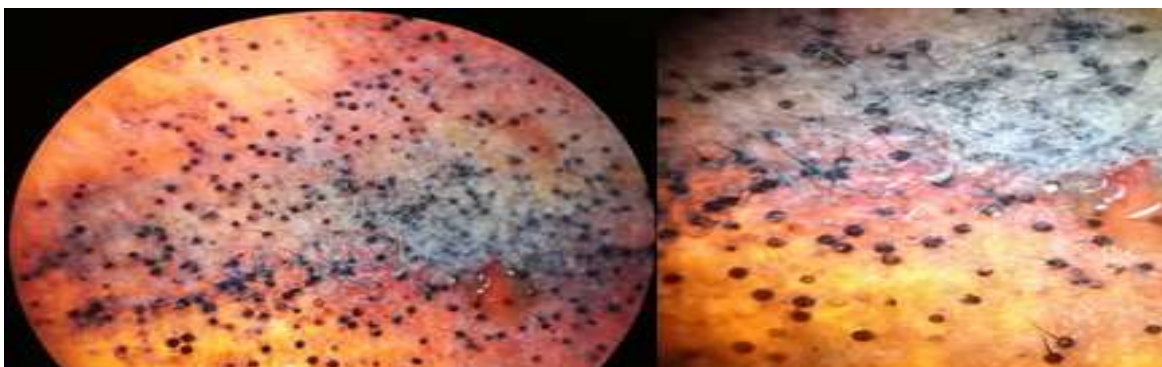


Figura 5. Sánduches de zanahoria mostrando el crecimiento de peritecios del hongo *C. fimbriata* después de la incubación.

4.2. Discusión

En nuestro país las plantaciones forestales se ha incrementado de manera formidable, existen aproximadamente 45.000 ha. según (Koller, 2011), de las cuales 19.812,60 fueron plantadas mediante el programa de incentivo forestal (MAGAP, 2016), por este motivo estas grandes extensiones de monocultivos han generado un nicho adecuado para la proliferación de plagas y enfermedades fitosanitarias o patológicas de origen biótico o abióticos causando desequilibrios ecológicos, problemas que se están suscitando en las plantaciones de teca en el litoral ecuatoriano, generando gran preocupación y pérdidas económicas en los productores, cuyas plantaciones en su mayoría se han establecido en la última década con semillas procedentes de Costa Rica.

Es necesario tomar en cuenta que todo fitopatógeno necesita una vía de acceso para ingresar e infectar al hospedero en concordancia a lo que manifiesta la Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal, emitida por la (FAO, 2012). Lo que nos hace inferir con el presente estudio que las heridas de origen antropogénico, como podas, heridas con machetes, heridas expuestas no cicatrizadas, constituyen una fuente de ingreso e infección del patógeno y como consecuencias el desarrollo de la enfermedad.

Los brotes epicórmicos surgen de la necesidad que posee el árbol de teca, para realizar el proceso fotosintético de manera adecuada ya que al encontrarse enfermo empieza a perder follaje y por ende su capacidad fotosintética, los nuevos brotes sustituyen a el follaje, comportamiento similar al del *Schizolobium parahybum* (pachaco), como manifiesta (Belezaca *et al.*, 2012) en la publicación Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de pachaco (*Schizolobium parahybum*) en el trópico húmedo ecuatoriano.

De acuerdo a la investigación realizada por (Ávila, 2016), la enfermedad sería de origen biótico ya que en los árboles enfermos se encontraron tejidos necrosados asociados a fitopatógenos fungosos. Mientras que (Cóndor., 2017) determina que los tejidos necrosados de cada árbol de teca enfermo, se obtuvo el 100% de presencia del hongo *C. fimbriata*, tanto en cámara húmeda como en sánduches de zanahoria, lo que hace sospechar que *C. fimbriata* asumiría un papel principal en la patogénesis que se deriva en la

enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva, corroborando con los datos obtenidos en la presente investigación.

Según (Herrera *et al.*, 2015). Los síntomas de marchitez vascular y muerte regresiva presentes en plantas afectadas *Spathodea campanulata* (Tulipán Africano) mostraron en los síntomas iniciales una amarillez del follaje, que posteriormente se necrosaron provocando marchitez generalizada y caída paulatina de las hojas, quedando el árbol completamente desnudo y se produce su muerte irremisiblemente. Se realizaron cortes transversales en las plantas afectadas en los tallos de los árboles se observaron áreas de color negro azulado, en sectores radiales o cuñas, cuyo vértice se dirigía hacia la región de la médula, provocando fuerte necrosis del sistema vascular de la planta; síntomas de marchitez vascular y muerte regresiva similares a los encontrados en la teca.

La sintomatología de marchitez vascular y muerte regresiva que presentan los árboles enfermos de teca es parecida o similar a las observadas en otras especies como: *Theobroma cacao* (Suárez *et al.*, 1993), *Schizolobium parahybum* (Belezaca *et al.*, 2011), *Gmelina arborea* (Ferreira *et al.*, 2010) y *Acrocarpus fraxinifolius* (Belezaca, 2005), la misma que fue descrita en distintos artículos científicos en donde se detalla que este patógeno posee un alto rango de hospederos y que dicho comportamiento es propio de esta enfermedad.

De acuerdo a la presente investigación se puede determinar un incremento en la incidencia de la enfermedad en la hacienda CANBIOSCA con 16.7 % con edad de la teca (3.5 años) y en la primera investigación realizada por (Ávila, 2016), se obtuvo 15%, a la edad de (2 años).

Según Salas *et al.* (2016) un proceso de escala en cinco grados de severidad y su validación en sitios diferentes de Costa Rica, permitió identificar con claridad los síntomas iniciales (marchitez y pérdida foliar), síntomas posteriores (pérdida completa foliar y aparición de exudados), hasta la aparición de formación de cancro y el proceso final de pudrición en árboles de *Gmelina arborea*; La misma metodología realizada en la investigación anterior fue usada en el presente trabajo con la implementación de la escala arbitraria de cinco categorías, para determinar la severidad de las enfermedades de marchitez vascular y muerte regresiva, lo que nos permite inferir que estas son variables y

están en función de la especie, además que los árboles poseen diferentes niveles de tolerancia.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La compleja sintomatología que presentan los árboles de teca enfermos, posee características similares a las reportadas en varias especies forestales del Trópico Húmedo Ecuatoriano que son afectadas por otras patologías, tal es el caso de *Schizolobium parahybum*, *Gmelina arbórea*, *Theobroma cacao*, *Spathodea campanulata* y *Acrocarpus fraxinifolius*, con características de marchitez vascular, acompañada de muerte regresiva desde los tejidos apicales de ramas, formación de brotes epicórmicos que tratan de sustituir el follaje muerto para mantener vivo al árbol, pero mueren a medida que la enfermedad va avanzando hasta la base.
2. El comportamiento de la enfermedad en lo referente a Incidencia y Severidad fue similar para todas las plantaciones y provincias estudiadas, lo cual se reflejó en la ausencia de diferencias estadísticas para estas variables.
3. Se detectaron árboles enfermos y/o muertos entre las categorías de severidad 2 a 5, lo que permite inferir que la enfermedad se encuentra presente en las plantaciones de teca con diferentes niveles de incubación.
4. Se confirma la presencia del hongo *C. fimbriata*, desde tejidos necrosados del fuste de árboles enfermos de teca, tanto en cámara húmeda, como en sánduches de zanahoria, lo cual permite inferir que este hongo juega un papel primordial en el desarrollo de la enfermedad y posterior muerte de los árboles de teca.

5.1. Recomendaciones

1. Detectar árboles enfermos y retirarlos de las plantaciones para evitar la diseminación de la enfermedad.
2. Reducir las actividades de control de malezas (con machete), podas u otro tipo de manejo que deje heridas accidentales en el fuste de los árboles de teca, para evitar la entrada de patógenos a través de las heridas.
3. Aplicar fungicidas protectores para la curación de heridas luego de las podas, con el propósito de impedir su colonización por microorganismos patógenos.
4. Realizar una colección de los mejores arboles de teca del trópico húmedo ecuatoriano mediante clonación, para después testar resistencia y/o tolerancia frente a *C. fimbriata* en los árboles seleccionados.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFIA

6.1. Referencias bibliografía

Álvaro, T. (2015). Utilización de medidas de fluorescencia de la clorofila para monitorizar el estado nutricional y estimar el potencial enológico en viñedos afectados por clorosis férrica. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, España. 289 p.

Arguedas, M. (2008). Clasificación de síntomas de enfermedades Forestales. Primera parte. *Kurú: Revista Forestal*.5 (11): 1-6.

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 Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 63 p.

Belezaca, C. (2005). Muerte de Cedro Rosado en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76: 89-91.

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: 15-22.

Belezaca, C.; Suárez, C.; Cedeño, P.; Mora, W.; Díaz, G. & F. Garcés. (2012). Propuesta de un método para evaluar resistencia genética en *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake (PACHACO) frente a *Ceratocystis* spp. Evidencias preliminares de resistencia en Ecuador. *Boletín Micológico*, 27: 8-17.

Chaves, E. & W. Fonseca. (1991). Teca *Tectona grandis* L. f. especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE/ROCAP. Turrialba, Costa Rica .47 p.

CMI (Commonwealth Mycological Institute). (1983). Plant pathologist`s Pocketbook. London. England. 267 p.

Cóndor, M. (2017). Determinación del agente causal de la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva de *Tectona grandis* L. f. en el Trópico Húmedo ecuatoriano. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 55 p.

Espitia, M.; Murillo, O. & C. Castillo. (2011). Ganancia genética esperada en teca (*Tectona grandis* L.f.) en Córdoba (Colombia). *Colombia Forestal*, 14: 81-93.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. 113 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). Manual de Campo: Apoyo a la Defensa y Protección de las Plantaciones Forestales en el Uruguay. 167 p.

Ferreira, E.; Harrington, T.; Thorpe, D. & A. Alfenas. (2010). Genetic diversity and interfertility among highly differentiated populations of *Ceratocystis fimbriata* in Brazil. *Plant Pathology*, 59: 721-735.

Flores, T.; Crespo, R. & F. Cabezas. (2010). Plagas y enfermedades en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona de Balzar, provincia del Guayas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 3(1): 15-22.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Esmeraldas (GAD). (2014). Provincialización de Esmeraldas. 11 p.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Los ríos (GAD). (2014). Boletín sistema ecológico ambiental. 41 p.

Gonzales, L. (1976). Introducción a la Fitopatología. San José, Costa Rica. 147 p.

Heredia. (2003). Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.F.) en Costa Rica. 112 p.

Herrera, L.; Grillo, H.; Harrigton, T.; Díaz, A. & R. Álvarez. (2015). *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. f. sp. *spathodense* (nueva especialización): Agente causal de la marchitez en *Spathodea campanulata* Beauv. en Cuba. *Protección vegetal*, 30 (1): 40-45.

INAB (Instituto Nacional de Bosque). (2013). Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Teca. Guatemala. 37 p.

Intriago, R. (2015). Evaluación de cinco procedencias de teca (*Tectona Grandis* L. f.) en la empresa Seragroforest, cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas. Tesis de Ingeniería Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 85 p.

Jácome, A.; Herrera, B.; Belezaca, C.; Salvatierra, D.; Jiménez, E.; Cuásquer, E.; Veloz, L. & O. Murillo. (2016). Reservorio genético de teca en Ecuador proyecto La Mayronga. 102 p.

Jiménez, R. (2017). Las enfermedades de las plantas: Impactos, amenazas y control. *Boletín de la Real Academia de Córdoba*. 112-130.

Koller, W. (2011). Teak in the world 2010-A global assessment of teak resources. Conferencia mundial de teca patrocinada por CATIE, FAO y Teaknet (San Jose, CR, 31 oct.- 2 nov.). 29 p.

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.

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). (2016). Boletín de Precipitación y Temperatura. 2 p.

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca). (2016). Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales. Guayaquil, Ecuador. 70 p.

Morales, J.; & R. de Camino. (2013). Las plantaciones de teca de América Latina: Mitos y realidades. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE). 344 p.

Nieto, J. (2001). Diversidad genética de ecotipos de la teca (*Tectona grandis* L. f.) del Litoral Ecuatoriano. Tesis de Master. Universidad Internacional de Andalucía. Quevedo-Ecuador. 62 p.

Pandey, D. & C. Brown. (2000). La Teca: una visión global. Una visión general de los recursos mundiales de teca y de los elementos que influyen en sus perspectivas de futuro. *Unasylva*, 201(51): 3-13.

Pavón, J.; Sequeira, A. & C. Gutiérrez. (2014). Plantaciones Forestales de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 48 p.

PDOT (Plan de Desarrollo Ordenamiento Territorial). (2012). Plan de Ordenamiento Territorial de la provincia del Guayas. 326 p.

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.

Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2013). Proyectos emblemáticos en Sto. Domingo de los Tsáchilas. Subsecretaría Zonal 4-Pacífico. 20 p.

Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2014). Proyectos emblemáticos en Los Ríos. Subsecretaría Zonal 5. 66 p.

Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2014). Proyectos emblemáticos en Esmeraldas. Subsecretaría Zona 1-Norte. 20 p.

Proaño, G. (2009). Estudio de impacto ambiental para el diseño definitivo del puente camarones, ubicado sobre el río Quevedo y localizado en la vía Fumisa, Los Vergeles, Provincia de Los Ríos. 84 p.

Quenallata, J. (2008). Aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (*Tectona Grandis* L. f.) en Sapecho-La Paz. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 122 p.

Rajchenberg, M.; Barroetaveña, C. & A. Errasti. (2014). Patología Forestal: Guía de trabajos prácticos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. 43 p.

Reyna, R. & C. Pérez. (2014). Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales. Marchitamiento por *Ceratocystis*. Universidad de la República Uruguay Cartilla N° 38. 1-2 p.

Salas-Rodríguez, A.; Murillo-Gamboa, O.; Murillo-Cruz, R.; Ávila-Arias, C. & X. Mata. (2016). Evaluación la severidad de la pudrición del tronco en *Gmelina arborea* Roxb. *Mesoamericana KURÚ*, (Vol. Esp.): 1-10 p.

Salazar, G.; Lobo, S. & M. Chavarría. (2009). Guía del productor para el establecimiento y manejo de pequeñas plantaciones forestales comerciales. Oficina Nacional Forestal (ONF) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 30 p.

Suarez, C; Moreira, M. & J. Vera. (1994). Manual del cultivo de cacao, INIAP, Quevedo, Ecuador. 143 p.

Upadhyay, H. (1993). Classification of the Ophiostomatoid fungi. In *Ceratocystis* and *Ophiostoma*: Taxonomy, Ecology and Pathogenicity. Wingfield, M.; Seifert, K. & J. Webber. The American Histopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp 7-13.

Vascones, L. (2002). Estudio técnico y económico para el establecimiento de una Plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) en El Empalme, Guayas, Ecuador. Zamorano, Honduras. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad de Zamorano. 46 p.

Weaver, P. (1993). *Tectona grandis* L. f. Previamente publicado en inglés: Teak. SO-ITF-SM-64. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 18 p.

Ypushima, A.; Salcedo, E.; Manríquez, R.; Silva, J.; Zamora, J. & E. Hernández. (2014). Propiedades de la madera y relación del estado nutrimental con el crecimiento en teca. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5 (24): 1-9.

Zuluaga, J.; Osorio, V.; Gutiérrez, B.; Romero, J.; Martínez, J.; Bocanegra, W. & F. Solipa. (2011). Experiencia de desarrollo forestal y agroforestal en el Caribe Colombiano, Cereté, Córdoba, Colombia. 43 p.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 3. Toma de muestras de árboles enfermos

Fotografías 1-4 :



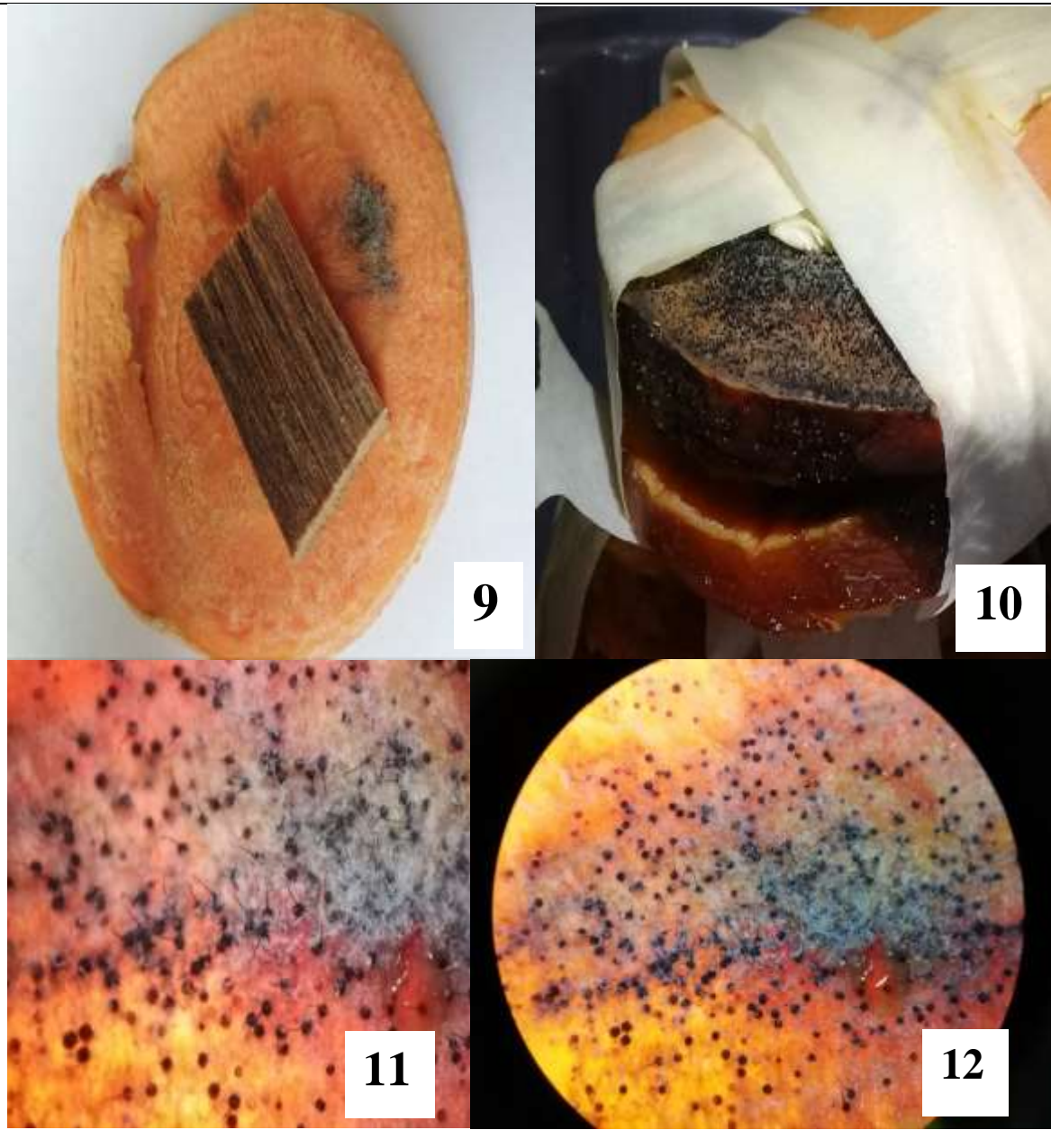
Anexo 4. Preparación de muestras para análisis

Fotografías 5- 7:



Anexo 5. Resultados obtenidos en el laboratorio

Fotografías 9- 12:



Anexo 6. Promedios de tres repeticiones (haciendas) con su respectiva desviación estándar en cuatro provincias del Litoral ecuatoriano de árboles de teca enfermos con marchitez vascular y muerte regresiva.

No.	Plantaciones (hacienda)		No. Árboles ha ⁻¹	Variables				
	Nombre	Edad (años)		Nº de brotes epicórmicos	Altura de ubicación de brote epicórmico más alto	Altura de ubicación de brote epicórmico más bajo	Incidencia	Severidad
Provincia de Los Ríos								
1	Cambiosca	3.5	600	4.43±2.22 a	3.30±0.27 a	1.53±0.21a	16.67±12.39a	1.63±0.35a
2	Rafaelita	4	1320	2.70± 0.53a	1.40± 1.31a	0.93±0.40ab	12.97± 5.52a	0.83±0.35b
3	La Chorrera	7	700	3.33± 1.88a	2.77± 1.70a	1.33±0.25b	15.17± 5.54a	1.27± 0.06ab
Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas								
1	Martha Cecilia	5	753	3.13±0.25c	3.77±0.50b	1.93±0.12b	14.20±4.39a	1.27±0.12a
2	Evekar	9	827	5.93±0.32b	5.37±0.49a	2.90±0.36a	22.03±5.80a	1.43±0.15a
3	Loor	4	633	8.27±0.29a	5.33±0.40a	2.57±0.25a	14.70±4.62a	1.27±0.06a
Provincia de Esmeraldas								
1	Zambrano	7	653	2.53±1.36a	5.07±0.85ab	1.87±0.64a	17.13±2.48a	1.26±0.06a
2	Mala 2	7	653	3.03±1.37a	5.67±0.64a	1.63±0.46a	13.63±3.70a	1.20±0.10a
3	Tepeyac	7	707	4.93±1.56a	4.07±0.55b	1.70±0.53a	14.10±2.46a	1.13±0.06a
Provincia del Guayas								
1	La Mont	4	500	1.73±1.12a	2.30±0.40b	0.80±0.36b	25.87±10.70a	1.70±0.36a
2	Santa Rosa	7	473	1.17±0.57a	4.70±0.46a	4.10±0.56a	17,47±3.20a	1.30±0.10a
3	La Valentina	5	560	0.93±1.50a	4.17±1.96ab	2.13±1.50b	17.80±4.22a	1.30±0.00a