



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA
EN LABORATORIO DE DOS ESPECIES FORESTALES, EN
REACCIÓN DE UN HONGO XILÓFAGO.**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: NOEMI ROCIO VARGAS ALLAUCA

DIRECTOR: Ing. PhD. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA

Riobamba-Ecuador

2021

© 2021, Noemi Rocio Vargas Allauca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Noemi Rocio Vargas Allauca, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular: el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de agosto del 2021



Noemi Rocio Vargas Allauca

060463380-0

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA EN LABORATORIO DE DOS ESPECIES FORESTALES, EN REACCIÓN DE UN HONGO XILÓFAGO**, realizado por la señorita: **NOEMI ROCIO VARGAS ALLAUCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científico, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Norma Ximena Lara Vásconez
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**NORMA XIMENA
LARA VASCONEZ**

2021-08-31

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDO PATRICIO
SALAZAR CASTANEDA**

2021-08-31

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS
FRANCISCO
CARIO COBA**

2021-08-31

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular lo dedico principalmente a Dios por darme la fortaleza necesaria durante mi trascurso universitario.

A mis padres María Natividad Allauca y Jorge Alberto Vargas por darme el apoyo y la confianza, además por ser mi principal razón de seguir adelante sin caer en momentos de debilidad, a mi hermana Marlene Vargas por comprenderme y ser mi sustento económico por el trabajo proporcionado durante años y sus consejos.

A mis compañeros y docentes de curso por darme las mejores experiencias y lecciones de vida, en las cuales me ayudaran a servir en la sociedad, a la institución que me abrió las puertas muchas gracias.

Noemi

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a los ingenieros Eduardo Salazar, Carlos Carpio y Ana Cunachi por su tiempo y conocimientos prestados para despejar cualquier inquietud por parte de mí persona, durante la elaboración de mi trabajo de integración curricular.

A mis amigas que junto a ellas viví experiencias maravillosas durante mi estancia en la institución, con aciertos y tropiezos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo al ser mi segundo hogar, al proporcionarme maestros no solo de conocimientos sino también de vida que me enseñaron que con trabajo y esfuerzo se puede lograr nuestros sueños anhelados.

Noemi

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
PROBLEMÁTICA.....	3
OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	5
HIPÓTESIS.....	5
HIPÓTESIS NULA.....	5
HIPÓTESIS ALTERNATIVA	5

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1. Acerca de la empresa AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.....	6
1.1.1. <i>Historia</i>	6
1.1.2. <i>Plantaciones de Aglomerados Cotopaxi</i>	7
1.1.3. <i>Introducción al género Eucalyptus en el Ecuador</i>	7
1.1.4. <i>Especies principales en Eucalyptus en el Ecuador</i>	8
1.1.5. <i>Aprovechamiento de Eucalyptus globulos en el Ecuador</i>	8
1.2. Características generales de las especies en estudio	9
1.2.1. <i>Eucalipto azul</i>	9

1.2.2.	<i>Eucalipto</i>	11
1.3.	Degradación de la madera	13
1.3.1.	<i>Agentes degradadores de la madera</i>	13
1.3.2.	<i>Pudricion de la madera</i>	16
1.3.2.1.	<i>Tipo de pudriciones</i>	16
1.3.3.	<i>Efecto de la pudrición sobre las propiedades de la madera</i>	17
1.4.	Hongos xilófagos	18
1.4.1.	<i>Descripcion general</i>	18
1.4.2.	<i>Factores fundamentales para el desarrollo del hongo</i>	18
1.4.3.	<i>Principales hongos xilofagos</i>	20
1.4.4.	<i>Descripcion general del hongo xilofago en estudio</i>	20
1.5.	Durabilidad natural	21
1.5.1.	<i>Conceptos básicos sobre la durabilidad natural de la madera</i>	21
1.5.2.	<i>Impreagnibilidad de la madera</i>	22
1.5.3.	<i>Tablas de índice de durabilidad</i>	22
1.5.3.1.	<i>Clasificación de la durabilidad natural de la madera</i>	23
1.5.3.2.	<i>Clasificación de Findlay</i>	23
1.5.3.3.	<i>Clasificación de la Norma ASTM D-2017</i>	24
1.5.4.	<i>Métodos para determinar la durabilidad de la madera</i>	25
1.5.4.1.	<i>Método de campo o cementerio de estacas</i>	25
1.5.4.2.	<i>Pruebas aceleradas en laboratorio</i>	25
1.6.	Densidad básica	26
1.6.1.	<i>Factores que afectan la densidad</i>	27
1.6.2.	<i>Método para determinar la densidad básica</i>	28

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	29
----	---------------------------------	----

2.1.	Área de estudio.....	29
2.2.	Materiales	29
2.3.	Equipos e Instrumentos	31
2.4.	Métodos y procedimientos.....	32
2.4.1.	<i>Prueba de resistencia de la madera a la pudrición</i>	<i>32</i>
2.4.2.	<i>Resistencia natural de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago.....</i>	<i>35</i>
2.4.3.	<i>Influencia de la densidad básica en la resistencia de la pudrición de las dos especies forestales.....</i>	<i>36</i>
2.5.	Diseño experimental.....	37

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1.	Objetivo 1 resultados: Pérdida de pesos de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago.....	39
3.2.	Objetivo 2 resultados: Clasificación de la resistencia natural de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago.....	42
3.3.	Objetivo 3: Influencia de la densidad en la resistencia de pudrición de las dos especies forestales.....	44

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación de la durabilidad Natural.....	23
Tabla 2-1: Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.....	24
Tabla 3-1: Clasificación según la Norma ASTM D-2017 para maderas expuestas a pruebas con hongos xilófagos en laboratorio.....	24
Tabla 1-2: Características climáticas del lugar de procedencia de las especies en estudio.....	30
Tabla 2-2: Características de las especies seleccionadas para el ensayo de durabilidad natural.....	30
Tabla 3-2: Criterio para la interpretación de resultados y clasificación de maderas respecto a su resistencia natural de las pudriciones.....	35
Tabla 4-2: Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.....	35
Tabla 1-3: Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de <i>Eucalyptus globulus</i> en acción de un hongo xilófago.....	40
Tabla 2-3: Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de <i>Eucalyptus nitens</i> en acción de un hongo xilófago.....	40
Tabla 3-3: Análisis de la Varianza Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de <i>E. globulus</i> y <i>E. nitens</i> durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo <i>Ganoderma sp</i>	42
Tabla 4-3: Clasificación de la madera en base a la resistencia natural de <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Eucalyptus nitens</i> a la acción de un hongo xilófago.....	43
Tabla 5-3: Clasificación de madera en base a su duración en años de <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Eucalyptus nitens</i> a la acción de un hongo xilófago.....	42
Tabla 6-3: Densidad básica y clasificación de la resistencia de <i>Eucalyptus globulus</i>	43
Tabla 7-3: Densidad básica y clasificación de la resistencia de <i>Eucalyptus nitens</i>	44
Tabla 8-3: Análisis de la Varianza Influencia de la densidad en la resistencia de la pudrición de <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Eucalyptus nitens</i>	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA DE EUCALYPTUS GLOBULUS.

ANEXO B: PERMISO FITOSANITARIO PARA LA IMPORTACIÓN DE LA ESPECIE DE EUCALYPTUS NITENS.

ANEXO C: PÉRDIDA DE PESO (%) DE LAS PROBETAS DE LA ESPECIE EUCALYPTUS GLOBULUS FRENTE A LA ACCIÓN DE GANODERMA SP.

ANEXO D: PÉRDIDA DE PESO (%) DE LAS PROBETAS DE LA ESPECIE EUCALYPTUS NITENS A LA ACCIÓN DE GANODERMA SP.

ANEXO E: DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA DE EUCALYPTUS GLOBULUS.

ANEXO F: DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA DE EUCALYPTUS NITENS.

ANEXO G: CULTIVO Y DESARROLLO DEL HONGO GANODERMA SP.

ANEXO H: DESARROLLO DEL HONGO GANODERMA SP. EN LOS FRASCOS DE VIDRIO.

ANEXO I: COLOCACIÓN DE LAS PROBETAS DE LA MADERA DE AMBAS DE LAS ESPECIES E. GLOBULUS Y E. NITENS.

ANEXO J: DESARROLLO DEL HONGO SOBRE LAS PROBETAS DE MADERA DE E. GLOBULUS Y E. NITENS.

ANEXO K: PÉRDIDA DE PESO DE LAS PROBETAS DE MADERA DE LAS ESPECIES DE E. GLOBULUS Y E. NITENS

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago en condiciones de laboratorio. La durabilidad se evaluó mediante el porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera por medio de la interpretación de su resistencia mediante la Norma ASTM D-2017 y la tabla de Findlay frente a la acción destructiva del hongo xilófago *Ganoderma sp*, el cual es utilizado para estudios de este tipo por su facilidad para remover la lignina. Los resultados detallan un porcentaje de pérdida de peso superior al 36% para las dos especies forestales, interpretando así que son maderas con una clasificación “C” y con un grado de resistencia “Moderadamente resistente” frente al hongo xilófago empleado, por ende, se le atribuye un promedio de vida útil entre 10 a 15 años. Esta pérdida de peso es independiente del nivel de altura del fuste de donde se tomó la muestra, no obstante, al comparar la pérdida de peso entre las dos especies *E. nitens* presentan valores más altos, sin afectar la clasificación de la resistencia. En cuanto a la relación de la densidad básica y la resistencia de las especies no presenta correlación alguna ya que la clasificación de la resistencia sigue siendo la misma para las dos especies, sin embargo, la densidad básica en forma general es un buen índice de durabilidad, pero existen numerosas excepciones. Se recomienda realizar estudios similares con la separación de albura y duramen, y mediante la acción destructiva de otras especies de hongos xilófagos.

Palabras claves: <DURABILIDAD NATURAL>, <MADERA>, <PRUEBAS ACELERADAS EN LABORATORIO>, < HONGO XILÓFAGO>, <RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN>, <DENSIDAD BÁSICA>

LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, I=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.09.15 14:37:25
-05'00'



1797-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the natural durability of two forest species' wood against the action of a xylophagous fungus under laboratory conditions. The durability was evaluated by the percentage of weight loss of the wood specimens, using their resistance interpretation through the ASTM D-2017 Standard and the Findlay table against the destructive action of the xylophagous fungus *Ganoderma* sp, which is used for these kinds of studies, due to its facility to remove lignin. The results detail a percentage of weight loss greater than 36% for the two forest species, thus interpreting that they are wood with a "C" classification and a "Moderately resistant" degree of resistance against the xylophagous fungus used. Therefore, it attributes an average useful life of between 10 and 15 years. This weight loss is independent of the height level of the stem from which the sample was taken. However, when comparing the weight loss between the two species *E. nitens* present higher values, without affecting the resistance classification. Regarding the relationship between the basic density and the resistance of the species, it does not show any correlation since the resistance classification remains the same for both. However, the basic density, in general, is a good index of durability, but there are numerous exceptions. Similar studies are recommended with the separation of sapwood and heartwood and through the destructive action of other species of xylophagous fungi.

Keywords: < NATURAL DURABILITY>, <WOOD>, <ACCELERATED TESTING IN LABORATORY>, < XYLOPHAGUS FUNGI>, <ROT RESISTANCE>, <BASIC DENSITY>

Translated by:

MARIENNY
BARROSO
LEYVA

Firmado digitalmente por MARIENNY
BARROSO LEYVA
DN: cn=MARIENNY BARROSO
LEYVA, c=EC, j=RIOBAMBA,
o=ESPOCH DTIC, ou=AUTORIDAD
DE CERTIFICACION ESPOCH DTIC
Motivo: He revisado este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-09-21 00:05:05:00

Riobamba, September 21, 2021

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad en Ecuador constituye un patrimonio natural para la humanidad, si bien la extensión territorial de nuestro país es relativamente pequeña, Ecuador es un país privilegiado por contar con diferentes factores biológicos determinados por su ubicación geográfica que genera recursos aprovechables para sustentar la exuberante variedad de especies forestales tanto nativos como exóticos (Barrera, 2018: p. 17).

El Ecuador pese a poseer una superficie relativamente pequeña que a sus demás países vecinos, el país está constituido de un 40% de su territorio de bosques naturales principalmente en la Amazonia, un 1% está constituida por plantaciones forestales y el 45% del territorio posee aptitud forestal indica estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Para el año 2019 existen aproximadamente 180.000 ha de plantaciones forestales comerciales, con una masa aproximada de 180 millones de árboles plantados. Las cuales el 65% de las plantaciones forestales comerciales estuvieron en Cotopaxi, Los Ríos, Guayas, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas. Además 160.000 ha del total fueron cultivadas con pino, teca, eucalipto, melina y balsa; esto según el Ministerio de Agricultura – MAG. (Sánchez, et al., 2020: pp. 2-3).

Según un estudio del Ministerio del ambiente MAE, (2010) sostiene que, entre las especies forestales que más se comercializan en el país están el pino y eucalipto, provenientes de plantaciones forestales ubicadas principalmente en la región Sierra, esta provee con el 57,1 %; Costa el 42,1 % y la Amazonía el 0,8 % (Juela, 2015: p. 1). El 95 % de las plantaciones forestales son representadas por *Eucalyptus globulus* en comparación que las demás especies dentro del género Eucalipto (Arauz, 2019: p. 2).

Holguín y Delgado (2018; p. 3) Menciona que en el 2013 las exportaciones ecuatorianas de productos forestales generaron ingresos de US\$ 171.294 miles de dólares. La madera ecuatoriana tubo diferentes destinos entre los cuales estos países como Colombia, Estados Unidos, China, Perú, Japón, Dinamarca, Alemania y México. Sin embargo, Sánchez, et al., (2019:p. 2) menciona que según el Banco Central del Ecuador para el año 2019, el 80.5% de las exportaciones tubo destino América y Asia la cual genero un valor de \$22.329,4 millones de dólares. La exportación de la madera contribuyó con el 5,7%, ubicándose en el puesto 6 de 22 productos; además, los productos primarios representaron

el 36,4% de las exportaciones no tradicionales. La madera junto con las flores naturales, productos mineros y frutas abarcaron el 86,4% de las exportaciones de productos primarios no tradicionales.

Ruíz (2017: p. 4) señala que la madera es un material que posee propiedades tales como anisotrópicas, higroscópicas y polares constituidas por células de sostén, almacenamiento y conductoras que cumplen funciones distintas y por ende de diferentes formas. Además, cuenta con características únicas entre estas se destacan su versatilidad y de una extensa gama, son resistentes y durables, son buenos aislantes naturales (Lizán, 2018: p. 17).

Para Holguín y Delgado (2018; p. 3). Es uno de los principales materiales que el hombre ha empleado para cubrir sus necesidades como vivienda, herramientas, templos con el paso del tiempo han ido evolucionando hasta la era actual. Gracias a su disponibilidad, resistencia y facilidad de trabajarla. El mercadeo de madera en el Ecuador orienta especialmente sus esfuerzos al mercado interno, los canales de distribución. Fabían (2020: p. 1) indica que existen maderas que son muy cotizadas en el mercado gracias a su resistencia que, debido a esa propiedad pueden ser usadas en condiciones de intemperismo, en contacto con el suelo o el agua.

Bobadilla (2004: p. 1) expresa que el empleo de la madera para un uso determinado depende de sus propiedades físicas, mecánicas y de su carácter estético definidas sobre la madera sana, los seres vivos tales como hongos xilófagos, insectos y animales marinos entre otros son los agentes que causan mayores alteraciones en la madera.

Ruíz (2017: p. 1) menciona que para conocer el uso de la madera se debe conocer las propiedades físicas, mecánicas y como se ve limitada su vida útil según los factores de deterioro a los que será expuesta la madera, además considerando que dichas características se ven afectadas también por el tiempo y organismos de deterioro en unas especies en mayor o menor porcentaje.

Aunque existen una gran diversidad de agentes, tanto bióticos como abióticos que atacan la madera, los seres vivos ocupan un lugar importante donde se puede agrupar en hongos xilófagos, insectos y animales que causan alteraciones en la madera (Bobadilla, 2004: p. 1). Sin embargo, De la Cruz, et al., (2018: p. 104) menciona que ninguna especie maderable, tienen la capacidad de resistir en forma indefinida el ataque de cualquier microorganismo, la madera por ser un material de naturaleza orgánica ya no es fisiológicamente funcional, lo que está sujeta al deterioro y la descomposición. También menciona

que los hongos xilófagos son los principales descomponedores, por ser más efectivos durante el proceso de degradación de la madera. estos hongos han sido estudiados ampliamente por ser los causantes de la pudrición blanca, marrón y blanda ya que estos degradan las paredes celulares de la madera.

La durabilidad de la madera es la resistencia que posee la madera para soportar los agentes biológicos y abióticos que causan su degradación, también se considera una propiedad de las propias especies de ser resistentes al ataque de hongos e insectos xilófagos sin la aplicación de algún tratamiento químico. la durabilidad también se puede conocer a medida del trascurso del tiempo que esta puede mantener las propiedades mecánicas cuando se encuentra en contacto con el suelo y agentes biológicos de deterioro (Ruíz, 2017: p. 5).

Según De la Cruz, et al., (2018: p. 104) El daño que causan los agentes es de esencial importancia, debido que en función de ello se realizan las recomendaciones para la óptima utilización de la madera, a partir de las condiciones de riesgo en su instalación final, de esta manera se evitan gastos innecesarios para su reposición y el empleo excesivo de la madera.

El bio deterioro producido principalmente por los hongos de pudrición son los mayores causantes de pérdidas económicas debido al remplazo de grandes volúmenes de madera degradada generalmente en condiciones regulares de uso. Dicha evaluación se emplea bajo normas internacionales, incrementar el nivel de competitividad de las especies en la industria forestal también contribuye a la apropiada utilización de estas. La importancia de conocer la durabilidad natural de las maderas radica principalmente en la necesidad de definir las condiciones de riesgo al ataque de hongos en que pueden ser estas usadas (Silva, et al, 2012: p. 110).

PROBLEMÁTICA

La madera al ser un material vegetal se encuentra expuesta al ataque de organismos que la deterioran con el pasar del tiempo, como son los hongos xilófagos que es el mayor causante del deterioro de la madera. Es por ello que industrias forestales con el fin de evitar pérdidas económicas establecen normas técnicas que les permitan aprovechar el máximo de dicho material.

La durabilidad natural es una de las propiedades que poseen las especie forestales, lo que con ello ayuda a conocer el tiempo de vida útil y el uso que se le puede dar a la misma, sin embargo, solo ciertas especies poseen resistencia biológica al ataque de agentes externos.

En el Ecuador, existe una falta de estudios relacionados con respecto a la durabilidad natural de la madera. Por ende, se complica el conocimiento de la resistencia o el tiempo que las maderas pueden estar almacenadas sin presentar alteraciones en su estructura.

JUSTIFICACIÓN

La industria forestal en los últimos años está teniendo relevancia, que, aportado en el desarrollo económico del país, cifras que están mencionadas en párrafos anteriores es por ello que el conocer la durabilidad natural de una especie forestal, o la eficacia de cierto tratamiento de protección, es primordial para maximizar la conservación de la madera.

Es por ello que, al elegir correctamente una especie o un tipo de tratamiento, es importante saber bien por qué y cómo estos ataques se manifiestan y se desarrollan, para la obtención de una madera de calidad y duración. Por esta razón el presente estudio se plantea Evaluar la durabilidad natural en laboratorio de dos especies forestales expuestas al ataque de un hongo xilófago, empleando una metodología de cultivar y propagar al hongo xilófago (*Ganoderma sp*) mediante un medio de cultivo modificado, se colocará 1 cm² de micelio del hongo en frascos de vidrio en condiciones de asepsia en la cámara de flujo laminar, pasado dos semanas estarán aptas para ser colocadas las probetas de ambas especies, que serán acondicionadas para el estudio cumpliendo así los tres objetivos propuestos en el estudio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la durabilidad natural de la madera en laboratorio de dos especies forestales expuestas al ataque de un hongo xilófago.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la pérdida de peso de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago.
- Identificar la resistencia natural de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago.
- Examinar la influencia de la densidad básica en la resistencia de pudrición de las dos especies forestales.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA

En las dos especies forestales maderables empleadas para este estudio la durabilidad natural no varía en los tratamientos utilizados.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Las dos especies forestales maderables con respecto a su durabilidad natural en estudio varía en los tratamientos utilizados.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Acerca de la empresa AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.

1.1.1. Historia

Aglomerados Cotopaxi S.A. fue creada en el año de 1978 por un grupo de emprendedores liderados por el Sr. Juan Manuel Durini Palacios, al año siguiente inicia su propia producción introduciendo en el Ecuador el tablero de partículas aglomeradas con tecnología importada desde Alemania, la empresa consiente de que la materia prima debe venir de recursos naturales renovables realiza la primera compra de bosques de pino y tierras para plantaciones forestales con el fin de fomentar la forestación y reforestación (COTOPAXI.COM, 2019: p. 1).

Para el año 1995 Aglomerados Cotopaxi monta un aserradero industrial para satisfacer las necesidades del mercado de madera solida de pino, dos años después inaugura la más grande e importante planta de MDF en la Región Andina. En el año 1999 sus productos ya son vendidos en todo el Pacto Andino, Centro, Norte América, y algunos países de Asia, África, y Europa, ya para el 2002 la empresa obtiene la certificación de su sistema de gestión de calidad ISO 9001 (COTOPAXI.COM, 2019: p. 1).

En el 2007 Aglomerados renueva se marca con el eslogan “Sembrando Futuro” donde la la empresa obtiene la certificación Forestal de FSC en el 2011, sobre el manejo responsable de los bosques y para el 2015 se certifica bajo el sistema de gestión ambiental ISO 14001 y el sistema de seguridad y salud ocupacional OHSAS 18001 (COTOPAXI.COM, 2019: p. 1).

1.1.2. Plantaciones de Aglomerados Cotopaxi

Hoy, la empresa agrupa 17 655 hectáreas forestales, de las cuales 11 933 se encuentran con plantaciones comerciales, es decir plantaciones plantadas para su posterior cosecha. Dentro de estas plantaciones las especies que más se producen son las especies de *Pinus radiata* y *Pinus pátula*, además de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* pero estas especies se encuentran en pocas extensiones. Requiriendo entre 15 y 20 años para llegar a su etapa más productiva (García , 2013: p. 1).

1.1.3. Introducción al género Eucalyptus en el Ecuador

El género Eucalyptus fue descrito y nombrado en 1788 por los franceses botánicos l'Héritier. Las flores del género Eucalyptus están protegidas por un opérculo, de ahí el nombre genérico, que proviene de las palabras griegas 'Eu' (bien) y 'calyptos' (cubierto). (Acosta, 2018: p. 5).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el Ecuador en el año 1865 en la presidencia de Gabriel García Moreno se importa varias especies del género Eucalyptus con el objetivo de restaurar el devastado callejón interandino, por las características favorables de desarrollo que posee el género y se tomó como una posible solución ante la deforestación (Juela 2015: p. 1).

Este género Eucalyptus se adaptó a las condiciones ambientales de la sierra ecuatoriana, y fue rápidamente difundido, ganando aceptación por su rápido crecimiento. Sembrar y vender madera de eucalipto para construcción, de leña y carbón era un negocio lucrativo. Este fenómeno ocurrió en toda América Latina. Gran parte de las políticas de forestación y programas para el control de la erosión aplicadas en el callejón interandino del Ecuador han utilizado esta especie exótica. De hecho, si se viaja por toda la sierra del país, es la especie arbórea más común. El origen de esta planta no es ecuatoriano, sino australiano (Juela, 2015: p. 3).

1.1.4. Especies principales en Eucalyptus en el Ecuador

En el Ecuador podemos encontrar algunas especies que son usadas comúnmente, donde *E. globulus* es la especie más común, pero también hay bastantes individuos de *E. saligna*, *E. camaldulensis* y *E. robusta*, además se realizan ensayos con *E. botryoides*, *E. citriodora*, *E. grandis*, entre otros mencionados por la FAO, y *E. urograndis* señalados por el MAE (Ministerio del Ambiente, 2013; citado en Avilés, 2019: p. 28).

Dentro del Ecuador podemos encontrar las mayores plantaciones de eucalipto en Latacunga y Quito. Las plantaciones principales del Ecuador se encuentran distribuidas en la sierra, en las provincias de: Tungurahua, Pichincha, Loja, Imbabura, Chimborazo, Cotopaxi, Carchi, Cañar, Bolívar y Azuay (Avilés, 2019: p. 28).

1.1.5. Aprovechamiento de Eucalyptus globulus en el Ecuador

El Ministerio del Ambiente indica lo siguiente:

El Ministerio del Ambiente (MAE, 2011) durante el 2009 autorizó en la sierra norte el aprovechamiento de 234 371,19 m³ de madera rolliza de Eucalyptus globulus en las tres provincias: Carchi, Imbabura y Pichincha, en la sierra centro se aprovechó 253 819 m³ de madera rolliza de las cuales 131 176,65 m³ provienen de la provincia de Cotopaxi y en la sierra sur el aprovechamiento de eucalipto fue de 126 171,64 m³ de madera rolliza provenientes de plantaciones forestales, de los cuales el 15,6 % están en la provincia de Cañar, el 20,9 % en Azuay y el 63,5 % en Loja; en el caso del eucalipto se autorizó la corta de alrededor de 74 848,67 m³ de madera rolliza, la cual se destina a aserraderos comunes en donde lo transforman en productos como tablas y duelas, para su utilización en la industria de la construcción (Juera, 2015: p. 1).

1.2. Características generales de las especies en estudio

1.2.1. *Eucalipto azul*

1.2.1.1. Taxonomía

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae
- Género: Eucalyptus
- Especie: *Eucalyptus globulus*.

1.2.1.2. Descripción botánica

El porte de los eucaliptos es muy variable, pueden ser de porte arbóreo y otros de porte arbustivo. Aproximadamente puede alcanzar alturas que va desde los 55-60 m, poseen una copa globosa y medianamente densa, sus hojas son simples y su follaje persistente, La corteza del tronco en estado adulto es un elemento para su identificación. Puede ser persistente o caduca y de diverso color, textura, grosor y constitución. (Arauz, 2019: pp.11-12).

En su estado adulto es muy fácil de reconocerlo debido que posee un fruto solitario en forma de cono. Su madera posee cualidades técnicas las que se les hacen deseables para la industria del papel. Esta especie tiene una corteza blanquecina con una facilidad de desprenderse en tiras por lo general en especies adultos, sus frutos es una capsula de color blanco cubierto por un polvo blanquecino. Esta especie se desarrolla mejor en suelos ligeramente ácidos y frescos y no tolera sequias prolongadas. (Hanco, 2018: pp. 27-28).

Eucalyptus globulus se caracteriza por ser una especie de rápido crecimiento, posee una alta capacidad de dispersión, adaptación y subsistir a una amplia gama de condiciones ambientales. Gracias a ello el aprovechamiento de este, tiene turnos que oscilan entre los 12 y 15 años (Carrasco, 2020: p. 12).

1.2.1.3. Distribución y característica de la especie

Esta especie cuenta con alrededor de 700 variedades, sus orígenes se encuentran en Australia y Tasmania, distribuidas en, zonas templadas mediterráneas, tropicales o subtropicales. Verdugo, et al., (2017) Por su rápido desarrollo y adaptabilidad también se lo puede encontrar en países como México, Guatemala, Brasil, Nicaragua, Colombia, Costa Rica, Ecuador y Chile (Giler, 2020: p. 4). En cuanto a la lluvia, estos prefieren una distribución homogénea superior a los 700 mm por año (Valla, 2017: p. 26).

En el mundo *Eucalyptus globulus* es la especie más plantada en el mundo, en el Ecuador esta especie es predominante en la sierra ecuatoriana por su popularidad por ser rustico de rápido crecimiento y de fácil adaptación, tiene un alto valor comercial (Valla, 2017: p. 26).

1.2.1.4. Propiedades y uso de la especie

Valla menciona que esta especie cuenta con las siguientes propiedades:

- ✓ Color: crema poca diferencia a duramen crema oscuro con tintes grisáceos.
- ✓ Trabajabilidad: Presenta, defectos muy leves de cepillado, moldurado y taladrado. Es sensible al clavado pues produce rajaduras, por lo que se recomienda hacer un pretaladrado.
- ✓ Secado: Rápido, bajo al 20% de contenido de humedad en 75 días. En secado al horno seca sin problema de defectos mediante el horario suave.
- ✓ Preservación: Especie imposible de tratar con sales a presión en igual forma con pentaclorofenol a presión e inmersión (Valla, 2017: p. 23).

En cuanto a sus usos Valla y Avilés se detalla los siguientes:

- ✓ Como material de construcción.

- ✓ Para la producción de pulpa de celulosa, postes, madera aserrada, esencias, leña, medicinales, astillas, mueblería entre otras.
- ✓ Industria papelera y maderera.
- ✓ Esta especie es utilizada para la repoblación masiva de forestación (Valla, 2017: pp. 26-27) y (Avilés, 2019: p. 30).

1.2.2. Eucalipto

1.2.2.1. Taxonomía

- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae
- Género: Eucalyptus
- Especie: nitens
- Nombre científico: *Eucalyptus nitens*

1.2.2.2. Descripción botánica

Esta especie puede llegar a tener una altura hasta de 60 metros, su corteza tiene un aspecto fibroso y escamoso en la parte inferior con colores que va de gris a marrón y su parte superior, su corteza es lisa y de colores que va de blanco gris o amarillo y presenta desprendimiento de tiras. (Freire, 2019: pp.: 4-5).

Sus hojas son lanceoladas de color verde claro en su etapa adulta y en su etapa juvenil son opuestas. Puede llegar a medir de 15 hasta 25 cm. Su inflorescencia tiene la forma de sombrillas compuesta de 7 flores, un pedúnculo estrechamente aplanado. La especie cuenta con un fruto pequeño y se agrupan en racimos, de forma cilíndrica, de unos 4 a 7 mm de largo (Freire, 2019: pp.: 4-5).

1.2.2.3. Distribución y características de la especie

Eucalyptus nitens es originaria de Australia donde habitan en los lugares secos donde forma selvas, esta especie se caracteriza por tener un rápido crecimiento y gran desarrollo, pero también estas se pueden desarrollar en distintas variedades climatológicas (Freire, 2019: p.: 5).

En el Ecuador esta especie se distribuye en la sierra desde los 1800 msnm a los 3300 msnm, pero generalmente su mejor desarrollo y crecimiento se encuentra en un rango altitudinal comprendido entre los 2000 a los 2900 msnm gracias a sus condiciones climáticas, topográficas y por su variedad de suelos y de esa manera ofrece condiciones idóneas para el desarrollo de la especie en el país. En cuanto al aprovechamiento de su madera es aproximadamente es de 30 m³/ha/año y también se pueden efectuar cosechas tempranas, entre 8 y 12 años (Freire, 2019: pp:5-8).

1.2.2.4. Propiedades y uso de las especies

La tonalidad general de la madera es clara, color blanquecino. Sus anillos de crecimiento son visibles, marcados y contabilizables. La distribución y forma de las fendas de secado, son particulares, posee multitud de pequeñas fendas en ojos en 8 sentido radial y abundancia de nudos muertos finos, que pueden continuarse hasta la médula (Freire, 2019: pp:7-8)

En cuanto sus usos se presentan los siguientes:

- ✓ fabricación de tableros.
- ✓ Para la producción de pulpa de celulosa
- ✓ Madera aserrada
- ✓ Leña
- ✓ Construcción

1.3. Degradación de la madera

La degradación natural de la madera a través del tiempo sufre una lenta pero imparable transformación en un proceso natural de envejecimiento. Los cambios se evidencian principalmente en variaciones sustanciales de las tonalidades de las policromías, en los espesores de la madera y en la aparición del craquelado. (Navarrete, 2017; p. 48).

Para Un agente degradador es toda causa que directa o indirectamente interviene en el deterioro o alteración de la madera. Los agentes se han agrupado de la siguiente forma:

Al ser un material de tipo orgánico la madera se deteriora por acción de agentes bióticos como macro y microorganismos y de agentes abióticos como las anomalías que se puede dar durante el crecimiento del árbol, como agentes atmosféricos, humedad y temperatura propias del ambiente, agentes mecánicos y químicos y el fuego (Alfieri, 2018: p. 22).

1.3.1. Agentes degradadores de la madera

1.3.1.1. Agentes ambientales

- **Temperatura**

El desarrollo de plagas e insectos en gran medida se le atribuye a la temperatura, además de favorecer al crecimiento de hongos. Esta será la energía de activación para una reacción de degradación que se desarrollará con mayor o menor rapidez dependiendo de la especie (Navarrete, 2017; p. 49).

- **Humedad**

La humedad es la primera causa de degradación, por los cambios bruscos provocando daños físicos y químicos de la madera y la aparición de agentes biológicos. La lluvia aumenta el contenido de humedad en la superficie, que será mayor a la del interior (Navarrete, 2017; p. 49). En la superficie la

madera tenderá a hincharse más que al interior originándose tensiones superficiales, lo que conducirá a la aparición de grietas. Esto favorece el ataque de agentes bióticos (Barreiro y Hirsch, 2011: pp. 9-10).

- **Radiación solar**

Radiación ultravioleta, su acción se centra en la superficie, quedando fibrosa y deshilachada. Así resulta más susceptible al ataque de la humedad y al deterioro producido por el polvo que arrastra el viento. Se forma una capa exterior de color gris o ceniza (Barreiro y Hirsch, 2011: pp. 9-10).

- **Luz natural**

La luz puede afectar con dos tipos, UV e IR. La luz UV se encuentra daños de coloración. Al ser energía que activa, puede llegar a hacer más o menos daño activando otros factores. Los IR provocan un calentamiento lo que provoca migraciones de vapor de agua, con ello cambios dimensionales, oscurecimiento de la madera por las radiaciones, a veces causado por mohos provocados por la humedad y las migraciones de vapor, estos se alimentan de la madera llegando a atacar la superficie de la madera. (Navarrete, 2017; p. 50).

- **El fuego**

La madera es un elemento altamente combustible. Sin embargo, su modo de combustión tiene características muy particulares y por su relación fuego/masa (Barreiro y Hirsch, 2011: pp. 9-10).

1.3.1.2. Agentes biológicos

- **Insectos**

A estos los podemos diferenciar entre los que atacan a la madera en el bosque (en pie o muertos) y los que atacan la madera ya cortada. Los insectos pueden ser de ciclo larvario, como las carcomas y polillas, o tener un comportamiento social, como las termitas y las hormigas carpinteras. Por lo general los agujeros característicos (grandes o pequeños) que se ve en la madera son siempre de salida del insecto, y no de entrada como se cree (Barreiro y Hirsch, 2011: pp. 9-10). Para Navarrete, (2017; p. 56) Dentro del gran número de insectos que existen en la naturaleza podemos destacar los Coleópteros, Lepidópteros e Isópteros.

- **Microorganismos**

Son organismos que sobreviven a condiciones desfavorables gracias a su alta resistencia. Los microorganismos no suelen convivir entre sí, suelen estar en competencia con las diferentes especies siendo su producto metabólico estimulador o inhibidor del crecimiento de otra especie. (Navarrete, 2017; p. 53).

En este grupo se encuentra, moluscos, bacterias, mohos. Entre estos se encuentran los hongos denominados agentes xilófagos, ya que se alimentan de los compuestos de la madera, causando su degradación. Las maderas responden de manera diferente frente a la pudrición. Ciertas maderas presentan un rechazo natural para los insectos xilófagos, pero la mayoría de ellas en su estado natural tienden a sufrir ataques y ser progresivamente destruidas por dichos agentes (Barreiro y Hirsch, 2011: p.10).

- **Hongos**

la reproducción de los hongos se da por medio de las esporas para ello necesitan buenas condiciones de humedad. Cuando germinan dan origen a las hifas que agrupadas forman un tejido conocido como micelio, después forma los esporóforos con el objetivo de producir nuevas especies para completar su ciclo. (Parrales, 2018: p. 4).

Dado que los hongos al no poseer clorofila para fabricar su propio alimento necesitan de materiales orgánicos ya elaborados, ciertos hongos se alimentan desintegrando las paredes celulares lo que provoca su pudrición, otros en cambio se alimentan de almidones del contenido celular (Ruíz, 2017: p. 7).

1.3.2. Pudrición de la madera

La pudrición de la madera es el resultado de la actividad de enzimas segregadas por los hongos, ocasionando la alteración o destrucción de los componentes principales de la pared celular de las células leñosas, para una clasificación de la pudrición se deberá tener en consideración las características propias de la pared celular en la cual podemos destacar la constitución submicroscópica y la composición química (González, 1978: p. 9). Entre las causas de pudrición de la madera se da por el deterioro microbiológico llevando a importantes pérdidas económicas (Fabián, 2020: p. 5).

1.3.2.1. Tipo de pudriciones

Martínez (2005) reportan que existen dos tipos de pudrición de la madera la cual se clasifica en base a los componentes degradados de la madera la cual la pudrición pardo o café la degradación enzimática se dirige a la holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) quedando la lignina levemente degradada. En cuanto a la pudrición blanca esta se dirige a la lignina (Equihua: 2018 p. 12).

- **Blanca o fibrosa**

Su principal fuente de alimentación para el hongo es la lignina, lo que produce una descomposición de los elementos de la pared celular, por la acción de las enzimas, y la lignina se incrusta en la lámina media y paredes celulares de la madera. se la reconoce por el color que se torna blancuzco en la zona afectada, y también se vuelve fibrosa y se rompe con mayor facilidad. (Parrales,2018: pp. 4-6). Este tipo de pudrición ataca tanto a las coníferas como a las latifoliadas García (2018: p. 3).

- **Blanda**

Los hongos de pudrición blanda estos son activos en condiciones que son desfavorables para la actividad de otros hongos, este tipo de pudrición se caracteriza como “madera podrida en contacto con humedad excesiva”, pero también pueden ocurrir en ambientes secos (Alfieri, 2018: p. 24).

- **Parda o café**

Los hongos responsables de la pudrición café remueven selectivamente celulosa y hemicelulosa de la madera por hidrólisis (García (2018: p. 3) También Parrales (2018: pp. 4-6) menciona que la madera afectada presenta un aspecto resquebrajado en sentido transversal a la fibra. Al quedar seca la pieza lo sobrante del material se agrieta y forman unas pequeñas primas que se desintegran lo que provoca pérdida de peso alterando las propiedades físico-mecánicas.

1.3.3. Efecto de la pudrición sobre las propiedades de la madera

La alteración de las características físicas y químicas de la madera atacada, está relacionada con la intensidad de la pudrición y los efectos específicos de las especies de hongos que actúan (Bobadilla, 2004: p. 45).

1. El color normal de la madera se modifica, adquiriendo la misma determinados colores característicos a la madera atacada.

2. La resistencia a la flexión, tracción, compresión y la densidad se reducen. La susceptibilidad de la madera aumenta por lo tanto las reacciones por el proceso de secado, como así también varían las propiedades de conducción de la electricidad térmica.

3. La madera atacada adquiere ablandamiento y fragilidad por lo que tiende a romperse bajo la acción mecánica (Bobadilla, 2004: p. 45).

1.4. Hongos xilófagos

1.4.1. Descripción general

Los hongos xilófagos son los responsables de grandes pérdidas económicas al deteriorar la madera aserrada y productos terminados, esto se debe al ataque de un sistema complejo de enzimas específicas que actúan sobre los principales componentes de la pared celular (celulosa, lignina y hemicelulosa) degradándolas y haci alterando sus propiedades físicas, mecánicas, químicas, estéticas, organolépticas y anatómicas (Equihua,2018 p. 12).

Los hongos xilófagos que causa más deterioro en especies forestales están dentro del grupo de los Basidiomicetes en la cual las familias más dañinas son Agaricaceae y Polyporaceae, la primera se conoce como hongos de sombrero o setas, y la segunda son conocidos como hongos en repisa o casco de caballo (Bobadilla, 2004: p. 46).

1.4.2. Factores fundamentales para el desarrollo del hongo

Zaid y Morey indican que existen cuatro condiciones para el desarrollo del hongo mencionadas a continuación:

- **Temperatura**

El aumento de la temperatura acelera el crecimiento del hongo debido a las reacciones enzimáticas y químicas de la célula su desarrollo va a un ritmo más rápido; pero, las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden quedar inactivos. (Estrada, et al., 2019: p. 63). Para Zaid (2004 pp. 10-

11) manifiesta que al igual que las plantas los hongos crecen más rápido en climas cálidos que en climas fríos. la tasa de crecimiento de los hongos aumenta gradualmente desde temperaturas cercanas a la de congelación hasta cuando esta se encuentra de 20 a 30°C porcentaje óptimo, pero si está por debajo de los 2° a 3° C y por encima de los 40 a 45° la actividad del hongo cesa (Morey ,2018: pp. 17-18).

- **Oxigeno**

Los hongos al igual que todo ser vivo necesitan oxígeno para su respiración, es decir, para la oxidación de los azúcares que utilizan para crecer y para su suministro de energía. Como resultado de su respiración los hongos producen dióxido de carbono y si no existiese un intercambio de aire alrededor de las hifas, el CO₂ se acumularía y finalmente el hongo moriría producto de sofocación (Zaid , 2004 pp. 10-11) una atmósfera de oxígeno puro limita considerablemente el crecimiento, pero sin llegar nunca a inhibirlo completamente (Estrada, et al, 2019: p. 63)

- **Sustrato**

La existencia de sustrato (madera), estos descomponen la madera a sustancia más simples para poder alimentarse. (Morey ,2018: pp. 17-18). El hongo requiere de una fuente de carbono para la síntesis de los constituyentes protoplasmáticos, además de otros elementos como hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre. El alimento requerido para la nutrición del hongo es suministrado principalmente por la misma materia que constituye las paredes de las células del hospedante, pero también pueden facilitar el alimento las sustancias almacenadas en las cavidades celulares, tales como almidones, azúcares y otros (Zaid , 2004 pp. 10-11).

- **Humedad**

La humedad es un factor muy necesario para la actividad fisiológica de los hongos, como la germinación de esporas, la actividad enzimática (Zaid , 2004 pp. 10-11). la absorción y transporte de sustancias, para que el hongo se desarrolle necesita del 18% al 20%, pero también el exceso de esta

también es perjudicial para el hongo. Los hongos al ser organismos aerobios necesitan una proporción del 10 a un 20% en volumen, es la tercera condición para su desarrollo (Morey ,2018: pp. 17-18).

1.4.3. Principales hongos xilofagos

Se pueden diferenciar dos grupos el primero es aquel que está formado por los mohos y los hongos cromógenos y el segundo por los hongos de pudrición; Los hongos pudridores de madera se agrupan en dos categorías de acuerdo con la forma en la que pudren la madera. Estos dos grupos son denominados hongos de pudrición blanca y hongos de pudrición café (Parrales,2018: p. 4).

1.4.4. Descripción general del hongo xilofago en estudio

El género *Ganoderma* fue descrito por el micólogo finlandés Peter Adolf Karsten en 1881, con *G. lucidum* proveniente de Inglaterra como la especie tipo. Posteriormente, el género fue subdividido en dos subgéneros: *Ganoderma* y *Elfvigia*. (Salazar, 2014 p. 4).

El género *Ganoderma* pertenece al filo Basidiomycota, es cosmopolita e incluye 50 especies lignícolas, algunas de ellas parásitos importantes de árboles forestales y ornamentales (Cid et al., 2017: p. 502). El género puede ser anuales o perennes, y se adhieren fuertemente a su sustrato la madera.

La pudrición blanca producida por *Ganoderma* se basa en la degradación de los componentes de la pared celular de la madera, gracias a que poseen enzimas extracelulares conocidas como enzimas modificadoras de lignina. Este género de hongos posee tres de las mayores familias de enzimas modificadoras de lignina: lacasas, peroxidasas dependientes de magnesio y peroxidasas de lignina por esta razón, el género *Ganoderma* es considerado uno de los principales agentes involucrados en la descomposición de madera de los bosques tropicales, jugando un papel crucial en su dinámica. Además de su importancia como agentes descomponedores (Salazar, 2014 p. 4).

1.5. Durabilidad natural

1.5.1. Conceptos básicos sobre la durabilidad natural de la madera

La Durabilidad natural de la madera se entiende como la resistencia que presentan ciertas especies contra el deterioro ambiental que se puede observar cómo pudrición (Carillo, et al., 2011: p. 8) Para Claros, et al., (2017:p. 70) además menciona que esto dependerá de los constituyentes orgánicos e inorgánicos que las especies leñosas fijandas durante su formación; así como también, las condiciones favorables para el desarrollo de los organismos destructores presentes en el medio ambiente, donde la madera es utilizada. Los agentes de degradación de la madera son los hongos, que causan pudriciones y alteraran los elementos estructurales, como lignina y celulosa, y sustancias de reserva, por lo que reciben el nombre de xilófagos. Las maderas presentan distintos grados de resistencia; en la albura se encuentran sustancias de reserva como azúcares y almidones que la hacen susceptibles a los hongos xilófagos; pero en el duramen, dependiendo de la especie, muestra una mayor resistencia por poseer sustancias propias, como aceites, taninos, gomas y sustancias hidrosolubles de alta toxicidad Claros, et al., (2017:p. 71).

La durabilidad es una propiedad de la madera en extremo variable que varía entre las diferentes especies leñosas, e incluso en los diferentes árboles de una misma especie, y aun dentro de un mismo árbol. Los factores responsables de la durabilidad natural son numerosos. Algunos dependen de las características intrínsecas de la madera, otros se relacionan con las circunstancias de uso (Guevara y Lluncor,1993 p. 204).

La durabilidad natural es una propiedad importante es el uso de la madera e influye en el tiempo en el que sus propiedades físicas y mecánicas se mantienen vigentes, que cobra interés para el sector industrial con el objetivo de optimizar el uso la madera para evitar pérdidas económicas y evitar el uso inadecuado Claros, et al., (2017:p. 72). Lo que concuerda con Morey (2018: p. 12) menciona que entre la albura y duramen esta última tiene mayor durabilidad natural por ser suave y porosa, en sus tejidos parenquimáticos y radios almacena almidones y azucares, también poseen poros grandes lo que minimiza la posibilidad del acceso de agua y oxígeno necesarios para que se desarrollen dichos organismos.

La durabilidad natural, se evidencia en ciertas características de resistencia propia que posee la madera expuestas ante el ataque de hongos u otros organismos, sin emplear ningún tratamiento. La mayoría de las maderas tienen una durabilidad diferente frente a los organismos que provocan su degradación; por lo tanto, hay maderas más durables en relación con otras. Así mismo se menciona que la durabilidad de la madera se puede ver afectada por el medio ambiente y el tiempo que estas estén expuestas a dichos organismos no benéficos (Parrales, 2018: pp. 7-8)

1.5.2. Impregnabilidad de la madera

Las principales propiedades que posee la madera son la durabilidad natural y la impregnabilidad que afectan a su durabilidad en un uso específico. La primera indica la resistencia intrínseca de la madera frente a los distintos agentes xilófagos y la segunda la mayor o menor aptitud para la penetración de los productos de protección de la madera. (Touza, 2013: pp. 19-20).

Touza menciona.” La impregnabilidad se define como la capacidad que presenta una especie de madera a la penetración de un líquido (por ejemplo, de un protector). “

En general, la impregnabilidad de la madera de albura será superior a la del duramen debido a que, en el árbol en pie, la albura está formada por células vivas que conducen la savia. Durante el proceso de duraminización, la capacidad conductora de las células se reduce considerablemente tanto en sentido transversal como longitudinal (Touza,2013: pp. 19-20).

1.5.3. Tablas de índice de durabilidad

Para la interpretación de la durabilidad se realiza mediante el cálculo del porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera utilizadas en el ensayo. La fórmula empleada esta citada por (González y Yataco, 2016: p.5).

$$\%PP = \frac{PSI-PSF}{PSI} * 100\%$$

Donde:

%PP: Pérdida de peso en (%)

PSI: Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición

PSF: Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición

1.5.3.1. Clasificación de la durabilidad natural de la madera

La durabilidad natural de las maderas se clasifica, para el caso de deterioro producido por hongos, clasifica en cinco clases, las mismas son descriptas en tabla 1-1 (Bobadilla, 2004: p. 32).

Tabla 1-1: Clasificación de la durabilidad Natural

Clase de durabilidad	Descripción	Duración en años
1	Muy durable	Mas de 20 años
2	Durable	15 a 20 años
3	Moderadamente durable	15 a 10 anos
4	Poco durable	5 a 10 años
5	No durable	Menos de cinco años

Fuente: Bobadilla, 2004: p.32.

Sin embargo, existen dos tipos de clasificaciones con autoría de Findlay y según las normas ASTM D-2017 para conocer la durabilidad natural de la madera (Ruíz, 2017: pp.10-11).

1.5.3.2. Clasificación de Findlay

Conocida como la tabla de cinco grados de durabilidad natural de la madera, en un tiempo que va de cinco a veinticinco años con respecto a la pérdida de masa en la madera se muestra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.

Grado	Pérdida de masa (%)	Tiempo de vida útil esperada (años)
Altamente resistente	0-1	25
Resistente	1-5	15-25
Moderadamente resistente	5-10	10-15
Poco resistente	10-30	5-10
No resistente	30	5

Fuente: Findlay citado en (Ruiz, 2017: p.10).

1.5.3.3. Clasificación de la Norma ASTM D-2017

Al igual que Findlay esta tabla también toma en consideración la pérdida de peso con cuatro clases de durabilidad natural a la madera, ocasionado por hongos xilófagos mostrada en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Clasificación según la Norma ASTM D-2017 para maderas expuestas a pruebas con hongos xilófagos en laboratorio.

Clase	Pérdida de peso (%)	Grado de resistencia a los hongos xilófagos
A	0-10	Altamente resistente
B	11-24	Resistente
C	25-44	Moderadamente resistente
D	>45	No resistente

Fuente: Norma ASTM D-2017 citado en (Ruiz, 2017: p.11).

1.5.4. Métodos para determinar la durabilidad de la madera

La resistencia de las maderas se puede determinar por ensayos de campo y de laboratorio. Los estudios que se llevan a cabo en el campo conocidas como “Pruebas definitivas”, lanzando datos precisos, pero requiere de tiempo largos y una alta inversión. Es por eso por lo que los métodos más generalizados son los de duración corta que se realizan en laboratorios, conocidos como “Pruebas aceleradas”, que permiten obtener índices de resistencia de la madera bastante aceptables (Fabián, 2020: pp. 8-9).

1.5.4.1. Método de campo o cementerio de estacas

Se efectúan en áreas seleccionadas por las características climáticas (temperatura y humedad relativa), la presencia de hongos xilófagos y termitas subterráneas, vegetación y tipo de suelo. El periodo de exposición requiere de un tiempo mínimo de dos años y un máximo indefinido, dependiendo del comportamiento de la madera. Los procedimientos normalizados recomiendan usar probetas de sección transversal, enterradas hasta la mitad de la longitud, y efectuar revisiones periódicas del estado sanitario. Los resultados permiten concluir sobre la durabilidad natural de la madera y eventualmente la toxicidad, resistencia a la lixiviación y permanencia de los preservantes en el caso de las maderas que han sido tratadas (Fabián, 2020: pp. 8-9).

1.5.4.2. Pruebas aceleradas en laboratorio

Estos ensayos demandan un control estricto de las técnicas para establecer el trabajo en condiciones de asepsia. De igual forma buscan controlar las variables más importantes que intervienen en el proceso, como el sustrato, la temperatura, humedad relativa y la ventilación. Además, debido al tamaño relativamente pequeño de las probetas que se necesitan para el ensayo, esta metodología permite realizar evaluaciones comparativas en las diferentes secciones del árbol. La pérdida de peso se usa comúnmente en los laboratorios para evaluar la durabilidad natural de la madera.

Existen básicamente dos métodos conocidos como: Método agar/block según la norma EN 350 -1, y el Método Soil/block según la norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005). Ambas con una duración de tres

a seis meses, bajo el mismo principio de someter a la madera a una especie de hongo en particular. Cada norma describe el procedimiento a seguir, y cuentan con información en tablas para clasificar las maderas según el porcentaje de peso que pierde después del ataque de los hongos. La información disponible sobre los índices de resistencia de la madera a la pudrición, y la experiencia adquirida hasta el momento en diversos países, permiten demostrar una buena correlación entre los resultados obtenidos en cementerios de estacas y los de laboratorios (Fabián, 2020: pp. 8-9).

1.6. Densidad básica

Para INFOR-CONAF en 1989 una propiedad fundamental de conocer en cualquier especie, es la densidad básica de la madera, definida como el peso de la madera seca (anhidra), dividido por su volumen verde ($\geq 30\%$ Contenido de Humedad). Esta propiedad es considerada como uno de los mejores parámetros de calidad, debido a que muchas propiedades físicas y mecánicas de la madera que están en función de ella. Además, este parámetro es importante para los procesos de conversión mecánica (aserrío, debobinado, cepillado, etc.), conversión química (pulpa y papel) y tratamientos de la madera (secado, impregnación, aplicación de barnices y pinturas) (Omonte y Valenzuela, 2011: p. 212).

Einspahr et al., 1969 menciona que La densidad básica o relativa de la madera tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final y se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales. Zobel y Talbert en 1984 indica que la densidad de la madera es una propiedad que muestra una amplia variación entre y dentro de especies, así como un fuerte control genético, por lo que es posible manipularla genéticamente (Valencia y Vargas, 1997: p. 82).

Libby en 1969 dice que la densidad básica de la madera es el cociente entre el peso anhidro de una muestra de madera y su volumen verde o saturado y depende de varios factores, muchos de ellos propios de cada especie y otros relacionados con el medio ambiente (Prado y Barros, 1989 citado en Espina, 2006: p. 3).

Además, López et al., en 2003 menciona que la densidad es el descriptor primario de mayor importancia en numerosas propiedades tecnológicas, independientemente si el objetivo es producción

de madera sólida o pulpa Esta propiedad es la que más información aporta sobre el comportamiento de cualquier madera, ya que el resto de las características físico-mecánicas están íntimamente correlacionadas con ella (Delmastro et al., 1980 citado en Espina, 2006: p. 3).

Villena en 2003 manifiesta que la densidad depende del tamaño de los vasos y de la cantidad de los mismos, del espesor de la pared, del diámetro de las fibras y de la composición química de la madera, de tal forma que dos maderas con densidades similares pueden ser muy distintas en cuanto a las características anteriores. La diferencia entre árboles es amplia, aun cuando se consideran árboles de igual edad, clase de copa, crecimiento en condiciones comparables y estas diferencias dependen de la especie. Entre las especies la densidad varía de 0,2 a 1,3 g/cm³ como valores extremos (Delmastro et al., 1980 citado en Espina, 2006: p. 3).

La densidad básica no presenta correlación significativa con la resistencia de las mismas a la acción destructiva de los hongos. Sin embargo, debemos dejar constancia de que la densidad básica en forma general es un buen índice de durabilidad (González y Yatacu, 2016: p. 13).

1.6.1. Factores que afectan la densidad

Existen varios factores que influyen en la densidad de la madera, como cantidad de madera temprana y tardía, tamaño de las fibras, espesor de pared celular, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles presentes en la madera. La presencia y cantidad relativa de estos últimos está a su vez influenciada por la edad de los árboles y su interacción con el medio ambiente (Prado y Barros, 1989 citado en Espina, 2006: p. 4).

Jayawickrama en 1992 indica las siguientes:

Factores genéticos: Procedencias / Fuentes de semilla, árboles individuales.

Factores de sitio: área geográfica, sitios dentro de una misma región, clima, disponibilidad de humedad en el suelo, temperatura.

Factores silviculturales: Establecimiento de plantaciones, Régimen de elementos nutritivos y fertilización, espaciamento, raleo, podas (Jayawickrama, 1992 citado en Espina, 2006: p.)

1.6.2. Método para determinar la densidad básica

González y Yatacu (2016: p. 6) Menciona que para el cálculo de la densidad básica se tomó como referencia la norma IRAN 9544 la cual detalla que se emplea 10 probetas por especie y con cubos de 2cm de aristas y con la siguiente formula:

$$Db = \frac{Psh}{Vv}$$

Donde:

Db = Densidad básica (gr/cc)

Psh = Peso saco al horno (gr)

Vv = Volumen verde (cc)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Ciencia Biológicas de la Facultad de Recursos naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), esta investigación se realiza con muestras provenientes de plantaciones forestales localizadas en la empresa de Aglomerados Cotopaxi.

2.2. Materiales

- **Madera**

La madera de las dos especies forestales, fueron seleccionadas bajo el criterio de la norma COPANT 458 para el presente estudio se empleó las especies forestales *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* provenientes de las plantaciones forestales, localizado en el patrimonio de la empresa de Aglomerados Cotopaxi, ubicada en la Panamericana. Norte Km.21 Desde Latacunga, Lasso-Cotopaxi.

- **Clasificación Ecológica**

Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes (MAE, 2013).

Tabla 1-2: Características climáticas del lugar de procedencia de las especies en estudio.

Temperatura promedio anual	Precipitación promedio anual	Humedad relativa promedio anual	Suelo
11 ° C	700 mm	85%	Arenoso-limoso

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Tabla 2-2: Características de las especies seleccionadas para el ensayo de durabilidad natural.

Especie	Edad	Altura promedio	DAP promedio	Ubicación
<i>Eucalyptus globulus</i>	6 años	10 m	0,40m	Aglomerados Cotopaxi
<i>Eucalyptus nitens</i>	6 años	10 m	0,40m	Aglomerados Cotopaxi

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Para la adquisición de las probetas de madera para esta investigación se tomó al azar tres individuos de cada una de las dos especies en estudio, tomando en consideración el fuste de la parte baja (base) y alta (copa) en cada uno de los individuos.

- **Hongo xilófago**

El hongo empleado pertenece al género *Ganoderma sp*, debido a ser el principal causante de pudrición de la madera, el mismo que corresponde a la familia de las Poliporaceas dicho hongo se recomienda para este tipo de estudios debido a que tiene la facilidad de remover la lignina antes o al mismo tiempo que remueve la celulosa de la madera. El mismo fue proporcionado por el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales.

- **Medio de cultivo**

El Medio de cultivo empleado fue Malta-Agar (modificado).

2.3. Equipos e Instrumentos

Para la preparación de probetas de madera

- Bandejas de plástico
- Estufa (MEMMERT)
- Frascos de vidrio 600 ml.
- Lijas para madera
- Vernier digital (calibrador)

Para la preparación del medio de cultivo

- Agitador / mezclador (FISHER MODEL 210T)
- Balanza de precisión (OHAUS)
- Botellas de vidrio con tapa de 250 ml.
- Cajas Petri 10 cm de diámetro
- Frascos de vidrio, con tapa metálica de rosca de 250 ml.
- Papel de Aluminio
- Probetas de madera de las dos especies en estudio
- Vaso de precipitación (FISHERBRAND / BEAKER)

Para el cultivo de hongos

- Asa microbiana (FISHER)
- Autoclave de esterilización (CHAMBERLAND)
- Bisturí (MEDICAL EXPO)
- Cámara de flujo laminar (LABCONCO)
- Desinfectante: Alcohol 70°.
- Incubadora (REVCO)
- Guantes y protectores

Para el registro de información

- Celular para fotografiar (XIAOMI Redmi Note 8)
- Computadora (INTEL CORE 7)
- Esferos, lápiz
- Libreta de apuntes

Materiales de campo

- Cinta métrica
- GPS- Aplicación (OFFLINEMAPS)
- Motosierra (STIHL 660)
- Machete (BELLOTA)

2.4. Métodos y procedimientos

Para el desarrollo del estudio se aplicaron métodos y procedimientos normalizados.

2.4.1. Prueba de resistencia de la madera a la pudrición

Para Gonzáles y Yataco (1978) toma como referencia la Norma ASTM D 2017 (Standard method of Accelerated Laboratory test of Natural Decay Resistance of Woods) recomendado en la metodología

La resistencia de la madera al ataque del hongo se conocerá mediante su durabilidad natural de la misma, mediante el análisis de la pérdida de peso de las probetas, por lo tanto, en esta metodología los objetivos 1 y 2 están íntimamente relacionados. los cuales se realizarán en los siguientes pasos:

2.4.1.1. Preparación de probetas de madera

Muestras de madera de las especies en estudio fueron cortadas en probetas de 2x2x2 cm convenientemente orientados, las mismas que fueron sometidas a una desinfección externa utilizando una solución de cloro al 10% durante 10 min dentro de la cual se colocaron las probetas, seguidamente se realizó lavados sucesivos con agua destilada hasta eliminar por completo el olor a cloro. Como siguiente paso, las probetas se secaron hasta un peso constante en la estufa a 70°C por 30 min, con el objetivo de obtener el peso seco inicial.

2.4.1.2. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo empleado fue Agar-Malta (modificado). Se empleó una composición: Agar-agar 10 gr, harina de cebada 20 gr, pony malta 100ml y agua destilada 500ml (corregido el pH) el medio fue esterilizado en autoclave por 20 min, seguido a ello en la cámara de flujo laminar se colocó 1 cápsula de cloranfenicol (antibiótico) por cada 500ml cultivo, después de ello se colocó el medio en cajas Petri esterilizadas, luego de 20 min de enfriamiento se colocó los micelios (15 días de incubación) con un asa microbiana en 4 puntos de la caja Petri. Luego las cajas fueron incubadas a temperatura ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante dos semanas.

2.4.1.3. Preparación de las cámaras de ablandamiento

En los frascos de vidrio, se adicionó 25 ml de Malta-Agar (modificado), previamente esterilizado. Seguido a ello se procedió a realizar la inoculación del hongo a prueba en secciones cuadradas (1 cm de lado) previamente cultivado en cajas Petri durante dos semanas. Una vez replicado el hongo en los frascos se incubó en la cámara durante 14 días a temperatura ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) y con las tapas abiertas $\frac{1}{4}$ de vueltas.

2.4.1.4. Acondicionamiento de probetas de madera

Luego de dos semanas de desarrollo del hongo xilófago se colocó una probeta de madera sobre el manto fungoso e inmediatamente se incubó, por un espacio de 12 semanas a una temperatura ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) iniciándose así el proceso de pudrición. Los niveles de humedad de las probetas fueron mantenidos mediante la adición de volúmenes de entre 1 y 2 cm^3 de agua destilada estéril dependiendo de la pérdida de humedad durante el tiempo de incubación.

2.4.1.5. Cálculo de pérdida de peso

Al término del período de incubación para el ablandamiento o pérdida de dureza, las probetas fueron sometidas a la limpieza para eliminar la masa fúngica de la superficie y después llevadas a la estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, hasta lograr el peso seco constante, registrándose dichos valores como el peso seco final (PSF) producto de la acción destructiva de los hongos xilófagos. Calculándose el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de cada probeta de madera empleando la siguiente relación:

$$\%PP = [(PSI - PSF) / PSI] \times 100.$$

(González y Yataco, 2016: p.5).

Donde:

- PSI = Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición.
- PSF = Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición.

Dichos valores (%PP) son Interpretados según la Norma ASTM D-2017. (Standard method of Accelerated Laboratory test of Natural Decay Resistance of Woods).

2.4.2. Resistencia natural de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago

Para conocer la resistencia de las dos especies forestales en estudio se tomó en cuenta la diferencia entre peso inicial (PSI) antes de la exposición del hongo xilófago y el peso final (PSF) después de la exposición del hongo xilófago. Por ser un método de fácil aplicabilidad y rapidez para maderas susceptible a deterioro.

La interpretación de los resultados de ablandamiento de la madera o pérdida de la durabilidad se realizó mediante la utilización de la Norma ASTM D-2017 (Standard method of Accelerated Laboratory test of Natural Decay Resistance of Woods). Para conocer el tiempo estimada de la durabilidad natural de la madera también se trabajó con la clasificación de

Tabla 3-2: Criterio para la interpretación de resultados y clasificación de maderas respecto a su resistencia natural de las pudriciones.

Promedio de la pérdida de peso (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación
0-10	Altamente resistente	A
11- 24	Resistente	B
25- 44	Moderadamente resistente	C
45 a mas	No resistente	D

Fuente: Norma ASTM D 2017 citado en (Claros et al., 2017: p.73).

Tabla 4-2: Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.

Grado	Pérdida de masa (%)	Tiempo de vida útil esperada (años)
Altamente resistente	0-1	25
Resistente	1-5	15-25
Moderadamente resistente	5-10	10-15

Poco resistente	10-30	5-10
No resistente	30	5

Fuente: Findlay citado en (Ruiz, 2017: p.10).

2.4.3. Influencia de la densidad básica en la resistencia de la pudrición de las dos especies forestales

Para conocer la influencia que existe entre la densidad, con la durabilidad de la madera se procederá a realizar los siguientes pasos:

2.4.3.1. Cálculo de la densidad básica

Para ello se consideró la metodología citada por (González & Yataco, 2016: p.6), que toma como referencia la norma IRAN 954, la cual emplea 4 probetas 2*2*2 por sección de las especies en estudio (con sus caras bien pulidas), las mismas que fueron llevadas a la estufa a 103°C por 24h para obtener su peso seco.

Para el volumen verde, se tomó la medida de 3 caras de los cubos tomando como referencia la fórmula de volumen (alto*ancho*longitud).

El cálculo de la densidad básica se obtuvo con los datos del peso seco y volumen, empleando la siguiente formula $Db = Psh/Vv$.

2.4.3.2. Interpretación de datos

La interpretación de los datos se realizará mediante la relación entre densidad básica adquirida con las tablas de resistencia, plasmadas en el objetivo 2.

Mediante un ANOVA se realizará la interpretación de los datos para el objetivo 1 y objetivo 2, con ayuda del programa estadístico InfoStat.

2.5. Diseño experimental

Para el análisis de varianza de los índices de Resistencia de la Madera a la Pudrición se empleó un arreglo factorial de dos factores: especie forestal y sección del árbol con tres repeticiones en un diseño completamente al Azar (DCA).

Factor “A”: Especies forestales

A1. *Eucalyptus globulus*

A2. *Eucalyptus nitens*

Factor “B”: Sección del árbol

B1. Sección Alta

B2. Sección Baja

Tratamientos

T1: *Eucalyptus globulus* + Sección Alta (Árbol #1)

T2: *Eucalyptus globulus* + Sección Baja (Árbol #1)

T3: *Eucalyptus globulus* + Sección Alta (Árbol #2)

T4: *Eucalyptus globulus* + Sección Baja (Árbol #2)

T5: *Eucalyptus globulus* + Sección Alta (Árbol #3)

T6: *Eucalyptus globulus* + Sección Baja (Árbol #3)

T7: *Eucalyptus nitens* + Sección Alta (Árbol #1)

T8: *Eucalyptus nitens* + Sección Baja (Árbol #1)

T9: *Eucalyptus nitens* + Sección Alta (Árbol #2)

T10: *Eucalyptus nitens* + Sección Baja (Árbol #2)

T11: *Eucalyptus nitens* + Sección Alta (Árbol #3)

T12: *Eucalyptus nitens* + Sección Baja (Árbol #3)

Repeticiones

Tres (3)

Unidad experimental

$2*2*3= 12$ unidades experimentales

6 probetas o cubos de madera por cada repetición, 72 cubos en total

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Objetivo 1 resultados: Pérdida de pesos de las dos especies forestales frete al ataque de un hongo xilófago

En las tablas 1-3 y 2-3 se presenta la pérdida de peso en porcentaje por sección de cada uno de los individuos de la especie *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* en acción del hongo *Ganoderma sp.*

Se presentan los valores promedio de pérdida de leño de las probetas de madera de las dos especies forestales. La pérdida de peso de la probeta de madera de *E. globulus* es **menor** debido a que esta se encuentra entre un rango que va desde 27,76% a 36,49% dando como promedio un **30,41%** en comparación con *E. nitens*. la cual esta se halla entre 24,12% a 46,37% dando como promedio general un **36,82 %** de pérdida de peso.

Ríos (2012: p. 30) En su investigación, muestra que los valores numéricos de los porcentajes de pérdida de peso de madera de albura y duramen, después de ser sometidos al ataque de los dos hongos xilófagos como son *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden y *Polyporus versicolor* L. ex Fr. los valores obtenidos se encuentran por debajo del 30 % (24.61 %, 22.78%, 16.78%, 16.44%, 7.74% y 26.67%), Los resultados expresados por los autores ya mencionados y los resultados expresados en esta investigación son similares, sin embargo, cabe señalar que en este estudio se tomó en consideración las sección baja y alta de cada uno de los individuos.

Esta variación de promedios se debe a una mayor o menor durabilidad de la madera sujeta a estudio que varía según la especie, también depende de la mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc., que impregnan sus tejidos conocidas como extractivos, que actúan como preservantes naturales, tal como lo indica (Gonzales, 2001 y Trujillo, 1992 citado en García, 2008 p: 35).

Tabla 1-3: Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de *Eucalyptus globulus* en acción de un hongo xilófago.

Tratamientos		Peso seco inicial (PSI)	Peso seco final (PSF)	Pérdida de peso (%)
Árbol 1	Sección Alta	73,56	32,34	29,6
	Sección Baja	70,73	30,08	28,2
Árbol 2	Sección Alta	79,71	34,45	36,49
	Sección Baja	67,07	24,1	31,14
Árbol 3	Sección Alta	73,68	32,71	29,29
	Sección Baja	68,1	27,47	27,76
PROMEDIO				30,41

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Tabla 2-3: Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de *Eucalyptus nitens* en acción de un hongo xilófago.

Tratamientos		Peso seco inicial (PSI)	Peso seco final (PSF)	Pérdida de peso (%)
Árbol 1	Sección Alta	85,14	36,17	42,66
	Sección Baja	79,54	26,38	46,37
Árbol 2	Sección Alta	69,03	27	29,92
	Sección Baja	74,8	27,06	38,62
Árbol 3	Sección Alta	65,6	27,21	24,12
	Sección Baja	77,72	29,9	39,25
PROMEDIO				36,82

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Tabla 3-3: Análisis de la Varianza Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de *E. globulus* y *E. nitens* durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo *Ganoderma sp.*

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	94,58	3	31,53	2,67	0,1189
ESPECIE	43,32	1	43,32	3,66	0,0920 n.s
SECCION	11,37	1	11,37	0,96	0,3556 n.s
ESPECIE*SECCION	39,89	1	39,89	3,37	0,1036 n.s
Error	94,60	8	11,83		
Total	189,18	11			

n.s=No existen diferencias significativas

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

El análisis de variancia a partir de un diseño completo el azar (DCA), de los porcentajes promedio de pérdida de peso Cuadro 1-3, de las probetas de madera de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* obtenido por la acción de un hongo xilófago *Ganoderma sp.* con un nivel de significancia de 5% indica que no existe diferencias estadísticamente significativas para el efecto interacción, ni para el factor sección del árbol ni para el factor especie.

Lorenzo menciona que no existen grandes diferencias de durabilidad entre especies de la misma procedencia como son las especies *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* pertenecientes a la familia MYRTACEAE, dichos resultados obtenidos en este estudio se asemejan (Lorenzo, 2008 p: 89)

En cuanto EATON y HALE, 1993 mencionan que la albura de todas las especies del mundo tiene baja durabilidad natural, mientras que el duramen es más resistente, la albura es rica en sabia, sustancias solubles fácilmente alterables por lo que siempre resulta de inferior calidad que su respectivo duramen. Dicha diferencia entre ambas maderas como son albura y duramen se atribuye a sustancias inherentes a su naturaleza de las mismas, que el árbol durante su crecimiento y desarrollo va fijando; las cuales son conocidas como extractivos que muchas veces actúan como preservantes naturales (Ríos,2012 p: 40)

En un estudio similar evaluó la acción de un Basidiomycetes de pudrición blanca sobre madera de eucalipto, obteniendo los mayores porcentajes de pérdida de peso en aquellas maderas con menor densidad, alcanzando una pérdida promedio de 2,87% en un período de 45 días. Además, señala que este comportamiento puede explicarse debido a que existe abundante oxígeno libre en madera de albura (menor densidad), región rica en almidón y otros carbohidratos de bajo peso molecular; a diferencia de madera de duramen (mayor densidad) la cual presenta menos oxígeno libre, mayor cantidad de extraíbles e incluso toxinas que la hacen menos susceptible a ser degradada por el hongo. A pesar de que la madera de mayor densidad es más difícil de colonizar por el hongo, una vez colonizada, la alta densidad contribuye a la degradación del material leñoso ya que las condiciones ambientales al interior de este son más estables que en madera de densidad más baja (Zaid,2004 p: 43) además menciona que existen resultados similares con respecto al ataque de hongos de pudrición fibrosa y con los de pudrición blanca (Lorenzo,2008 p: 89).

3.2. Objetivo 2 resultados: Clasificación de la resistencia natural de las dos especies forestales frente al ataque de un hongo xilófago

En la Tabla 3-3 se muestra la clasificación de las maderas respecto a la Durabilidad natural en función de los índices de resistencia de la madera a la pudrición hallados; empleándose para ello la tabla de interpretación de resultados de la Norma ASTM D 2017 (Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods) y la interpretación de Findlay. En él se observa que las maderas de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* presentaron una resistencia media la pudrición y son clasificados en el grupo **C: Moderadamente resistente**.

Para Bobadilla (2004: p. 32) menciona que la durabilidad natural de las maderas gracias a su clasificación, se puede conocer su tiempo de duración en años que dependerá de la clase que esta se encuentre las mismas son descriptas en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Clasificación de la madera en base a la resistencia natural de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* a la acción de un hongo xilófago.

Espece Forestal	Pérdida de Peso (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clase
<i>Eucalyptus globulus</i> .	30,41	Moderadamente resistente	C

Eucalyptus nitens

36,82

Moderadamente resistente

C

Realizado por: Vargas Noemi, 2021

Tabla 5-3: Clasificación de madera en base a su duración en años de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* a la acción de un hongo xilófago.

Especie Forestal	Descripción	Tiempo de vida útil esperada (años)
<i>Eucalyptus globulus.</i>	Moderadamente durable	15 a 10 años
<i>Eucalyptus nitens</i>	Moderadamente durable	15 a 10 años

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

De acuerdo con Bobadilla se muestra que ambas especies forestales por su clasificación de maderas moderadamente durables estas poseen una duración que oscilan de 10 a 15 años.

Con respecto a la durabilidad natural de la madera descritos en el cuadro 1-3, se puede observar que la madera tanto de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* no existe grandes diferencias entre ambas especies y la interacción entre especie y sección, con respecto a la pérdida de peso se pudo observar mayor perdida en la especie de *Eucalyptus nitens*, dando como resultado para ambas especies una madera moderadamente durable.

Para la durabilidad de la madera de *Eucalyptus globulus* autores coinciden con los resultados expuestos en el presente trabajo, entre ellos tenemos a CUFFRÉ (2010) que indica que le corresponde la clase de durabilidad 3 (medianamente durable) o 4 (poco durable) conforme al criterio de las normas europeas (Ríos, 2012 p: 40). Asimismo, CISMADERA (2002) menciona que, en la actualidad, la normativa australiana clasifica a la madera de *Eucalyptus globulus* dentro de la clase 3 de durabilidad. Es decir, con una vida media del duramen en contacto con el suelo comprendida entre 5 y 15 años lo que concuerda con los resultados de su duración expuesta en el (tabla 4-3) que oscila de 10 a 15 años (Ríos,2012 p: 40). Además, UNALMED (2006) menciona que la madera de *Eucalyptus globulus* presenta la clasificación de moderadamente durable al ataque de los hongos. También la

especie de *Eucalyptus nitens* al pertenecer a la misma familia se clasifica como una especie Moderadamente durable (Tapia, 2010 p: 29).

Lorenzo et al., (2008: p. 88) indica que los hongos de pudricion blanca como el hongo *Trametes versicolor* indica que la albura es un poco durable (4), el duramen es durable (2), y la madera juvenil es medianamente durable, en este investigacion dichas especies presentan la misma clasificacion debido a que los individuos cuentan con 6 años.

3.3. Objetivo 3: Influencia de la densidad en la resistencia de pudrición de las dos especies forestales

Los resultados de la densidad básica se muestran en la tabla 5-3 cuyos valores oscilan de 0,53-0,55 gr/cm³ dando como promedio de (0,54 gr/cm³) para la especie de *Eucalyptus globulus*.

Con respecto a su densidad Prado y Barros en 1989 mencionan que normalmente las especies introducidas en Chile, tienen tasas de rápido crecimiento y con densidades bajas, aunque *E. globulus* es la excepción, ya que, a pesar de tener una alta tasa de crecimiento, presenta densidades consideradas elevadas (0,510-0,520 g/cm³) (Espina, 2006 p: 4). Mientras que para Alarcón en su autoría indican que las comparaciones de estimaciones de densidades realizadas por los métodos de balanza hidrostática (MBH), método empírico (ME) y de máximo contenido de humedad (MMCH) se encuentran dentro de los rangos de valores publicados que para la especie de *Eucalyptus globulus* se estimaron valores medios de densidad entre 0,54 y 0,59 g/cm³ lo que nos indica que la densidad básica determinada en esta investigación con un valor de (0,54 gr/cm³) se encuentra dentro del rango establecido (Alarcón, 2018 p:180).

Tabla 6-3: Densidad básica y clasificación de la resistencia de *Eucalyptus globulus*.

#Árbol	Densidad Básica (g/cm ³)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación de la Resistencia
Árbol 1	0,55	Moderadamente Resistente	C

Árbol 2	0,53	Moderadamente Resistente	C
Árbol 3	0,54	Moderadamente Resistente	C

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Para la especie de *Eucalyptus nitens* cuenta con una densidad básica de (0,51gr/cm³), donde las variables estudiadas no se encontraron efecto Peredo, et al., indica que la variación de la densidad básica de la madera de *E. nitens* a lo largo del fuste, demostró que existe un efecto significativo de la altura sobre la densidad básica. La densidad promedio de la madera, varió entre (0,46 – 0.54 gr/ cm³), a los 2.4 y 29.4 m de altura, respectivamente, lo que confirma que la densidad básica obtenida que oscila de (0,49-0,57 gr/cm³) en este estudio se encuentra dentro del rango de valores expuestos (Peredo, et al., 2007 p: 6).

Además, la densidad básica de la madera de *E. nitens* aumenta desde la base hacia el ápice del árbol, presentado diferencias significativas entre la parte basal y apical de los árboles, tendencia que se expresa para todos los niveles de densidad analizados. El aumento de la densidad básica promedio desde las secciones más bajas hasta las superiores, presenta la misma tendencia en los tres tratamientos de densidad residual. Lo mismo ratifica (Mariani, sf p: 2) a medida que aumenta la altura de *E. nitens* el porcentaje de duramen comienza a disminuir, mientras que la densidad básica de la madera de *E. nitens* varía entre (0,45 y 0,52 gr/cm³) desde la base a la zona apical, siendo siempre superior la densidad del duramen.

Tabla 7-3: Densidad básica y clasificación de la resistencia de *Eucalyptus nitens*.

#Árbol	Densidad Básica (g/cm ³)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación de la Resistencia
Árbol 1	0,49	Moderadamente Resistente	C
Árbol 2	0,57	Moderadamente Resistente	C
Árbol 3	0,47	Moderadamente Resistente	C

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

Tabla 8-3: Análisis de la Varianza Influencia de la densidad en la resistencia de la pudrición de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	3	0,01	1,80	0,2251
ESPECIE	3,0E-03	1	3,0E-03	0,79	0,4001 n.s.
SECCIÓN	0,02	1	0,02	4,43	0,0684 n.s.
ESPECIE*SECCIÓN	6,7E-04	1	6,7E-04	0,18	0,6848 n.s.
Error	0,03	8	3,8E-03		
Total	0,05	11			

n.s.=No existen diferencias significativas

Realizado por: Vargas Noemi, 2021

Luego de aplicar el ANDEVA que se muestra en el Cuadro 2-3 con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas ($p < 0,6848$) lo que nos indica que no hay efecto en la interacción, ni en el factor sección del árbol ni en el factor especie. Lo que muestra que la densidad básica no tiene relación con respecto a la resistencia de la madera, a pesar que las especies de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, se clasifican como medianamente durable (C) con un tiempo de vida útil de 10 a 15 años.

Resultados que se pueden reafirmar en un estudio de durabilidad expuesto por Gonzales y Yataco, 2016: p. 13 en donde indica que la densidad básica no presenta correlación significativa con respecto a la resistencia de la madera frente a la acción de un hongo xilófago.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la HIPÓTESIS NULA y se rechaza la HIPÓTESIS ALTERNATIVA

La pérdida de peso obtenida para la especie de *Eucalyptus globulus* es de 30.41%, mientras que para *Eucalyptus nitens* es de 36.82% respectivamente.

Según el grado de resistencia al hongo de *Ganoderma sp.* las especies de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. presenta una clasificación de **Moderadamente durable (C)**, Con un promedio de vida útil que va de 10 a 15 años de dichas maderas.

La densidad básica no tiene influencia en la resistencia de la madera ante la pudrición de las dos especies forestales tanto de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio.

RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el estudio se recomienda realizar la separación de albura y duramen esto con el objetivo de conocer la variación de pérdida de peso de las especies seleccionadas.

Para conocer la resistencia de la madera frete a cualquier hongo xilófago se recomienda realizar con cepas puras del hongo. Además, se recomienda conocer la cantidad de extractivos propios de la especie en estudio debido a que estas ayudan a la resistencia natural de la madera.

Para conocer si la densidad básica influye o no en la resistencia ante la pudrición de la madera se recomienda realizar estudios con especies de la misma familia, o especies de mayor densidad para poder realizar la respectiva comparación.

Continuar con este tipo de estudios, con un mayor número de especies forestales y con otros tipos de hongos, de tal manera que se obtenga información detallada para la clasificación por resistencia natural de las maderas del país.

GLOSARIO

Durabilidad de la madera. - La durabilidad natural de la madera se define como la capacidad que ésta presenta para resistir la acción del intemperismo y el ataque de organismos biológicos que la deterioran, tales como bacterias, algas, hongos, insectos y perforadores (Honorato, 2001 p: 86).

Hongo xilófago. -Estos degradan principalmente los componentes de la madera como la celulosa,⁴ la hemicelulosa⁵ y la lignina,⁶ mediante la producción y excreción de enzimas, destruyen parcial o totalmente las paredes celulares, hidrolizando las moléculas estructurales (Valgañón, 2016 p: 162).

Medio de cultivo.- Son una mezcla de nutrientes que, en concentraciones adecuadas y en condiciones físicas óptimas, permiten el crecimiento de los microorganismos. Son esenciales en el Laboratorio de Microbiología por lo que un control en su fabricación, preparación, conservación y uso, asegura la exactitud, confiabilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos (EcuRed, sf p: 1).

Densidad básica. - La densidad es una propiedad básica de cualquier líquido, y se define como su masa por unidad de volumen [1]. Las unidades más comunes de la densidad son g/ml y kg (Atarés, 2010 p: 1).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA HURTADO, Franklin Edison. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA DE LA ESPECIE *Eucalyptus saligna* (Eucalipto) EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL COMERCIAL DEL SECTOR TAMBILLO BAJO, CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Ecuador. 2018. pp. 5 [Consulta:2020-11-08] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10372/1/33T0207.pdf>.

ALARCÓN, P. et al., "Comparación de metodologías para la estimación de la densidad de la madera y sus implicancias en la estimación de parámetros genéticos en tres especies del género *Eucalyptus*". *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* [En línea],2018, (Argentina), 117 (2), p: 180. [Consulta: 19 de Abril 2021]. Disponible en : <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/1589/1616#>.

ALFIERI, Paula Vanesa. Control del deterioro de la madera mediante la acción de nanoimpregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Doctoral) Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Buenos Aires, Argentina.2018. pp. 22-24 [Consulta:2020-10-08] Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66389>.

ARAUZ HERRERA , Nelson Rolando. Criterios para el manejo de la fertilización en plantas de *Eucalyptus globulus* L. en condiciones de vivero en el cantón San Miguel de Urququí, hacienda Pisangacho, provincia de Imbabura, 2019. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Quevedo, Ecuador.2019. pp. 1-11-12 [Consulta:2020-10-03]Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3899/1/T-UTEQ-0104.pdf>.

ATARÉS, L. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. [En línea] Universidad Politécnica de Valencia, España, sf. p. 1 [Consulta: 2021-04-24] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>.

AVILÉS RAMOS, Ana Belén. Posible amenaza del complejo *Gonipterus scutellatus* Gylenhall (1833) sobre las especies de *Eucalyptus* L'Hér (1789), debido a su introducción a Ecuador. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Quito, Ecuador. 2019. pp. 28-30 [Consulta:2020-10-09] Disponible en: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17402/Monografia_final%20Ana%20Bel%c3%a9n%20Avil%c3%a9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BARREIRO, Silvana y HIRSCH, Tatiana. Protección de la Madera. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad de la Republica de Uruguay, Facultad de Arquitectura, Uruguay. 2011. pp. 9-10-11-12 [Consulta:2020-10-09] Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4703>.

BARRERA JIMÉNEZ, E. "Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador". *Bosques Latitud Cero*. [En línea], 2018, (Ecuador), 8 (2), p. 17 [Consulta:06 de octubre 2020] ISSN: 2528-7818 Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/491/386>.

BOBADILLA, Elisa Alici. 2004. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES APTAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad Nacional de Misiones, Colombia.2004. pp.1-45-46 [Consulta:2020-10-02] Disponible en: https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2448/BOBADILLA%20Elisa%20Alicia%202004_%20Durabilidad%20natural%20de%20la%20madera.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CARRASCO HINOJOSA, Cinthya Nicole. La forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en un bosque plantado de Eucalyptus globulus en la Hacienda el Paraíso, provincia de Imbabura. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Ecuador. 2020. p. 12 [Consulta:2020-10-09] Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/807/T.AMB.B.UEA.%20%203246.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CARRILLO PARRA, A., et al,"Durabilidad de la madera de Prosopis laevigata y efecto de sus extractos en hongos que degradan la madera". *Madera y boques*. [En línea], 2011, (México), 17(1), p. 8. [Consulta:04 de octubre 2020]. ISSN 2448-7597. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v17n1/v17n1a1.pdf>.

CID-MARTÍNEZ, M. y GALLARDO-VELÁZQUEZ, K. "Cuantificación de las esporas de Ganoderma del aire exterior en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, México". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* . [En línea], 2017, (México) 35(2), pp. 504[Consulta: 05 de octubre 2020]. ISSN 01884999. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.20>.

COTOPAXI.COM. Historia de Aglomerados Cotopaxi. [En línea] 2019. (Ecuador), p.1 [Consulta: 2021-05-23] Disponible en: <https://www.cotopaxi.com.ec/nosotros/historia>.

CLAROS CUADRADO, J; et al. "Durabilidad natural de la madera de Pinus oocarpa y Pinus tecunumanii, proveniente de plantaciones forestales en San Alberto, Oxapampa". *Revista Forestal del Perú*. [En línea], 2017 (Perú),32 (2), pp. 70-71-72. [Consulta:04 de octubre 2020]. ISSN 2523-1855. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v32i2.1038>.

DE LA CRUZ CARRERA, R. "Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [En línea],2018, (México), 9 (46), p. 104. [Consulta:02 de octubre 2020]. ISSN 2007-1132. Disponible en: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.144>.

EcuRed. Medio de cultivo (Microbiología). [En línea] sf. [Consulta: 24 de Abril 2021.] Disponible en: [https://www.ecured.cu/Medio_de_cultivo_\(Microbiolog%C3%ADa\)](https://www.ecured.cu/Medio_de_cultivo_(Microbiolog%C3%ADa)).

EQUIHUA EQUIHUA, Martha Lilia. Efecto de Termotratamientos en las propiedades física-mecánicas, químicas y resistencia a la pudrición de la madera de Gmelina arborea. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, México. 2018. p. 12 [Consulta:2020-10-05] Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/229.

ESPINA LIZANA , Alejandra Ivonne. Densidad básica de la madera de Eucalyptus globulus en dos sitios en Chile. [En línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Naturales, Chile.2006. p. 4 [Consulta: 2021-04-19] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fife.77d/doc/fife.77d.pdf>.

ESTRADA SALAZAR, Gloria Inés y RAMÍREZ GALEANO, Martha Cecilia. Micología general. [En línea] Universidad Católica de Manizales,2019. p. 63 [Consulta: 2021-01-17] Diponible en: http://www.ucm.edu.co/wp-content/uploads/libros/Micologia_general.pdf.

FABIÁN , Karen Nathaly. Durabilidad de la madera de Teca (*Tectona grandis* L.f.) procedente Chanchamayo- Junín. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Perú. 2020. pp. 1-5-8-9 [Consulta:2020-10-02] Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4388/fabian-hidalgo-karen-nathaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FREIRE CRUZ, Joselyn María. CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Eucalyptus nitens* PROCEDENTE DE PLANTACIONES PERTENECIENTES A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A., CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Ecuador.2019. pp. 4-5-7-8 [Consulta: 2021-01-07] Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/13176/1/33T0233.pdf>.

GARCÍA BRANCACHO, Laura Cecilia. DURABILIDAD NATURAL EN MADERAS DE *Miconia barbeyana* Cogniaux, *Jacaranda éopaia* (Aubl.) D. Don y *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke A LA ACCION DE LOS HONGOS *Polyporus versicolor* L. ex Fr Y *Heterobasidium annosum* (Fr.) Karst. [En línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Nacional Agraria de la Selva,

Facultad de Recursos Naturales Renovables, Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales, Perú, 2008. p: 35 [Consulta: 2021-04-16] Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/672>.

GARCÍA ORTIZ, Vanessa Ruby. Efecto de los metabolitos de *Bacillus* spp. para el control de los hongos xilofagos. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, México. 2018. p. 3 [Consulta: 2020-10-05] Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/226/FITECMA-M-2018-0549.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GARCÍA, P. Aglomerados Cotopaxi, una industria maderera con espíritu ambiental. [En línea] 2013. (Ecuador), p.1 [Consulta: 2021-05-23] Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/aglomerados-cotopaxi-industria-maderera-espíritu.html#:~:text=Dentro%20de%20estas%20plantaciones%20las,din%C3%A1mica%20de%20esta%20firma%20ecuatoriana>.

GILER RIVERA, Lenin Xavier. Comportamiento del fuego en combustibles superficiales de una plantación de *Eucalyptus* sp. en Santa Ana, Manabí, Ecuador. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería Forestal, 2020. p. 4 [Consulta: 2021-01-07] Disponible en: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2438/1/LENIN_GILER.pdf.

GONZÁLEZ FLORES, V.R. y AMES DE ICOCHEA, T. "Putridión de la Madera de Diez Especies Forestales por Acción de cinco Hongos Xilófagos". *Revista Forestal del Perú* [En línea], 1978, (Perú) 10(1-2). pp. 1-9. [Consulta: 11 de Octubre 2020] Disponible en: [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_8081_\(14\)/vol10_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_8081_(14)/vol10_art4.pdf).

GONZÁLES FLORES, V.R y YATACO PÉREZ, A. "DURABILIDAD NATURAL DE DIEZ MADERAS DE MADRE DE DIOS A LA ACCION DE TRES HONGOS XILOFAGOS". *Revista Forestal del Perú* [En línea], 2016, (Perú) 14(1), pp. 1-14. [Consulta: 24 de Mayo 2021.] Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/141/139>.

GUEVARA SALNICOV, L. y LLUNCOR MENDOZA, D. "Durabilidad Natural y Adquirida de 27 Maderas Tropicales en Condicion de Campo". *Follia Amazónica* [En línea], 1993, (Perú) 5(1-2), pp. 204 [Consulta: 06 de octubre 2020.] ISSN 2410-1184X. Disponible en: <https://doi.org/10.24841/fa.v5i1-2.242>.

HANCCO CHALLCO, Esther Priscila. Determinación de la Cobertura de Carbono en suelos con eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en el distrito de Huancané-Puno. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela

Profesional de Ingeniería Ambiental, 2018. 27-28 [Consulta: 2021-01-07] Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1785/Esther_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

HOLGUÍN BURGOS, B. P y DELGADO DELGADO, D. D. Estudio económico del comportamiento de la madera en el Ecuador en los últimos años. 2009-2017. *Revista OIDLES*, n. . [En línea], 2018,(Ecuador) 25, pp. 3. [Consulta: 29 de diciembre 2020.] ISSN 1988-2483X. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oidles/25/madera-ecuador.html>
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/oidles25madera-ecuador>.

HONORATO, J. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES DE Quercus DEL ESTADO DE PUEBLA. *Polibotánica* [En línea],2001. (México) 12, p. 86[Consulta: 29 de Abril 2021] ISSN: 1405-2768. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/621/62101205.pdf>.

JUELA QUIZHPE, Tatiana Cecibel. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE Eucalyptus saligna Smith EN LA PROVINCIA DE LOJA. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal, Ecuador. 2015. pp. 1-3 [Consulta:2020-11-10] Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/10310/1/Tesis%20Tatiana%20Cecibel%20Juela%20Quizhpe.pdf>.

LIGNUM. La madera al Exterior: Tratamientos y Conservación. [En línea] 2017. pp. 2-3 [Consulta: 2021-01-07.] Disponible en: <http://clustermadeira.com/wp-content/uploads/2017/01/C03.TratamientosyConservacion.pdf>.

LÍZAN NARRO, Pedro. Construir en Madera. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Politécnica de Valencia, España, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, España, 2018. p. 17 [Consulta:2020-10-04] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/99535>.

LORENZO, D. et al., "ADAPTACIÓN DE LA MADERA DE EUCALYPTUS GLOBULOS A LA NORMATIVA EUROPEA DE DURABILIDAD NATURAL". *Centro Investigación Forestal. INIA* [En línea], 2008, (España), 4 [Consulta: 16 de Abril 2021.] ISSN 1885-5237. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105048/zaid_1.pdf?sequence=3.

MARIANI, S. et al, Caracterización física y química del Eucalyptus nitens con la altura. [En línea] Universidad Austral de Chile sf. p: 2 [Consulta: 2021-04-19.] Disponible en: https://www.eucalyptus.com.br/icep02/silvana_mariani.pdf.

MONREY GARCIA, Oscar Ignacio. RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN DE LA MADERA DE Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don. (Huamanzamana) POR ACCIÓN DE DOS ESPECIES DE HONGOS XILÓFAGOS, EN CONDICIONES IN VITRO. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Nacional de Yucaly, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales Escuela

Profesional de Ingeniería Forestal, Perú. 2018. pp. 12-17-18 [Consulta:2020-10-04] Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4104/000003750T_FORESTA_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

NAVARRETE MARTÍNEZ, Ana. Análisis sobre las principales causas del deterioro de la retablística. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad de Sevilla, España, 2017. pp.48-49-50-56 [Consulta: 2021-01-08] Disponible en: [file:///D:/ARCHIVOS/Downloads/tesis%20\(1\).pdf](file:///D:/ARCHIVOS/Downloads/tesis%20(1).pdf).

OMONTE, M. y VALENZUELA, L. “VARIACIÓN RADIAL Y LONGITUDINAL DE LA DENSIDAD BÁSICA EN ÁRBOLES DE EUCALYPTUS REGNANS DE 16 AÑOS”. *Maderas. Ciencia y tecnología* [En línea],2011, (Chile) 13(2), p 212. [Consulta: 13 de mayo 2021.] ISSN 0718221X. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v13n2/art09.pdf>.

PARRALES VACA, Bernabé Fabián. Comportamiento de probetas de madera de tres especies forestales frente al ataque de Lenzites betulina (L.) en condiciones de laboratorio. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad Estatal del Sur de Manabí, facultad de Ciencias Naturales y de la agricultura, Carrera de Ingeniería Forestal Ecuador. 2018. pp.4-6-7-8 [Consulta: 2020-10-05] Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1338>.

PEREDO, Miguel. et al., EFECTO DEL ESPACIAMIENTO EN LA DENSIDAD BÁSICA Y APTITUD PULPABLE DE LA MADERA DE Eucalyptus nitens. [En línea] Bioforest S.A. Programa de Caracterización de la Madera, División Propiedades de la Madera, Chile,2007. p: 6 [Consulta: 2021-04-20] Disponible en: <https://www.eucalyptus.com.br/icep03/420Peredo.text.pdf.pdf>.

RÍOS RENGIFO, LOYDA MARIELA. DURABILIDAD NATURAL EN ALBURA Y DURAMEN DE Eucalyptus globulus Labill. A LA ACCIÓN DE DOS HONGOS XILÓFAGOS EN LA ZONA DE TINGO MARÍA. [En línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales, Perú, 2012. p: 40 [Consulta: 2021-04-16] Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/574/T.FRS-176.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RUIZ SALAZAR, Diego Esteban. DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE Carapa amorphocarpa W. Palacios Y Alnus nepalensis D. Don. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado)Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ingeniería Forestal, Ecuador. 2017. pp.1-4-5-7-10-11 [Consulta:2020-10-02] Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6641>.

SALAZAR LOAIZA, Washigton Andrés. Diversidad de los géneros Ganoderma y Amauroderma en el Ecuador. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Pontificia Universidad Católica del

Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, 2014.p. 4 [Consulta:2020-11-10] Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9027pdf>.

SÁNCHEZ, Ana Maria, et al. Sector Maderero Ecuador. [En línea] Universidad Técnica de Ambato, 2019. pp. 2-3 [Consulta: 2020-12-29] Disponible en: <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Sector-maderero-Ecuador-aprobado.pdf>.

SILVA GUZMÁN, José Antonio, et al. Caracterización Tecnológica de las Especies de Madera. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Departamento de Madera, Celulosa y Papel. 2012. p. 110 [Consulta: 2021-01-16] Disponible en: https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2596/Technical/Capitulo%203%20Caracterizacion%20tecnol%C3%B3gica%20de%20las%20especies%20de%20madera.pdf.

TAPIA CAMPOS, JOSELINE CECILIA. 2010. Durabilidad Natural de Eucalyptus nitens frente al ataque de hongos xilófagos. [En línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Naturales, Chile 2010. p: 29 [Consulta: 2021-04-18] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fift172d/doc/fift172d.pdf>.

TOUZA VÁZQUEZ, M. " DURABILIDAD". *Guia de la Madera"* [En línea]. CONFEMADER España:Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (GIS- MADERA), 2013. 19-20 [Consulta: 07 de enero de 2021.]. ISBN 9788469570449 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281321494_Guia_de_la_Madera_Capitulo_2_Durabilidad_Documento_de_Aplicacion_del_CTE.

VALGAÑÓN, V. 2016. Principales características de los hongos causantes de alteraciones en materiales celulósicos. [En línea] 2016. [Consulta: 2021-04-24] Disponible en: <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/1965#.Vqi-rPnhDIU>.

VALENCIA, S. y VARGAS, J. “Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera”. *Madera y Bosques* [En línea], 1997,(México) 3(1), p. 82[Consulta: 13 de mayo 2021.] ISSN: 1405-0471. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61730107.pdf>.

VALLA CEPEDA, Angélica Petrona. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN VIAL (VERTICAL) EN MADERA DE EUCALIPTO (EUCALYPTUS GLOBULUS LABIL) EN LA RED VIAL DE LA PARROQUIA DE COLUMBE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, 2017. pp. 23-26-27 [Consulta: 2021-01-07] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8415/1/112T0047.pdf>.

ZAID NÚÑEZ , Leyla Karem. ESTUDIO DEL BIODETERIORO EN MADERA DE Eucalyptus globulus Lab. POR MÉTODO GRAVIMÉTRICO. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales Departamento de Ingeniería de la Madera, 2004. pp. 10-11 [Consulta: 2021-01-08] Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105048/zaid_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

ANEXOS

ANEXO A: Certificado de Identificación botánica de Eucalyptus globulus.



Ofc.No.014.CHEP.2021

23 de marzo del 2021

A QUIEN CORRESPONDA:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que la señorita Vargas Allauca Noemi Rocío con CI: 0604633800, tesista de la carrera Forestal, se identificó: *Eucalyptus globulus* Labill. Esta especie es exótica cultivada, se revizó en el herbario y se archivaré en un tiempo no determinado para los fines pertinentes. Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad y el interesado puedo usar el presente certificado como crea conveniente

Atte.

JORGE
MARCELO
CARANQUI
ALDAZ

Firmado
digitalmente por
JORGE MARCELO
CARANQUI ALDAZ
Fecha: 2021.03.23
12:13:01 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui Msc.
BOTANICO
HERBARIO ESPOCH

ANEXO B: Permiso Fitosanitario para la Importación de la especie de Eucalyptus nitens.



Agencia de Regulación y Control
Fito y Zoonosanitario

PERMISO FITOSANITARIO PARA LA IMPORTACIÓN
IMPORTATION PHITOSANITARY PERMIT

N°: 16903422202100000363P

Fecha de inicio de vigencia: 2021-08-06

Fecha de fin de vigencia: 2021-11-06

DATOS DEL IMPORTADOR

Número de identificación del importador: 0590028665001
Nombre del importador: AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.
Dirección del importador: AV. GRANADOS E12-70 E ISLA MARCHENA

DATOS DEL EXPORTADOR

Nombre del exportador: EMPRESA FORESTAL MAURICIO LEONELLI EIRL
Dirección del exportador: PARCELA N° 14 EL MAITEN - EL PARQUE ANGOL

DATOS DEL PRODUCTO

País de origen: Chile
Medio de transporte: AEREO
Puerto de embarque: SANTIAGO-ARTURO MERINO BENITEZ AIRPORT
Puerto de entrada: QUITO-MARISCAL SUCRE AIRPORT
Tipo de producto: Semillas
Subtipo de producto: Semilla

LISTA DE PRODUCTOS

Nombre del Producto: eucalyptus nitens
Nombre científico del Producto: Eucalyptus nitens
Peso neto: 5 KG
Cantidad de producto: 5 KG

ANEXO C: Pérdida de peso (%) de las probetas de la especie *Eucalyptus globulus* frente a la acción de *Ganoderma sp.*

Especie	Árbol	Sección del Árbol	Repeticiones	PSI	Suma	PSF	Suma	PSI-PSF
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A1			5.46		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A2			5.01		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A3			5.35		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A4			5.43		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A5			5.84		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección superior	Eg A1 A6		73.56	5.25	32.34	29.60
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B1			5.02		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B2			4.97		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B3			5.23		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B4			4.57		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B5			5.06		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 1	Sección inferior	Eg A1 B6		70.73	5.23	30.08	28.20
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A1			5.84		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A2			5.87		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A3			5.63		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A4			5.9		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A5			5.63		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección superior	Eg A2 A6		79.71	5.58	34.45	36.49

<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B1			3.67		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B2			4.04		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B3			4.37		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B4			3.82		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B5			3.91		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 2	Sección inferior	Eg A2 B6		67.07	4.29	24.1	31.14
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A1			5.42		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A2			5.55		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A3			5.58		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A4			5.74		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A5			5.27		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección superior	Eg A3 A6		73.68	5.15	32.71	29.29
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B1			4.27		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B2			4.84		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B3			4.87		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B4			4.57		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B5			4.59		
<i>Eucalyptus globulus</i>	Árbol 3	Sección inferior	Eg A3 B6		68.1	4.33	27.47	27.76

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO D: Pérdida de peso (%) de las probetas de la especie *Eucalyptus nitens* a la acción de *Ganoderma sp.*

Especie	Árbol	Sección del Árbol	Repeticiones	PSI	Suma	PSF	Suma	PSI-PSF
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A1			6.03		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A2			5.97		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A3			5.64		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A4			6.46		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A5			5.78		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección superior	nA1 A6		85.14	6.29	36.17	42.66
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B1			5.12		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B2			4.63		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B3			6.07		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B4			5.6		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B5			5.52		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 1	Sección inferior	nA1 B6		79.54	5.51	26.38	46.37
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A1			4.89		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A2			5.11		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A3			5.15		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A4			5.7		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A5			5.06		

<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección superior	nA2 A6		69.03	6.2	27	29.92
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B1			4.82		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B2			5.53		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B3			4.62		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B4			5.51		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B5			4.34		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 2	Sección inferior	nA2 B6		74.8	7.75	27.06	38.62
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A1			4.5		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A2			5.02		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A3			3.92		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A4			4.54		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A5			5.04		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección superior	nA3 A6		65.6	4.19	27.21	24.12
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B1			5.19		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B2			5.07		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B3			4.85		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B4			5.02		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B5			4.59		
<i>Eucalyptus nitens</i>	Árbol 3	Sección inferior	nA3 B6		77.72	5.18	29.9	39.25

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO E: Datos para la obtención de la densidad básica de *Eucalyptus globulus*.

<i>Eucalyptus globulus</i> /Densidad Básica															
Código	PESO seco al horno(g)		VOLUMEN VERDE (cm3)						Volumen total		DENSIDAD (g/cm3)		S, A,	Pm. A	
	Sección Alta	Sección Baja	Sección Alta			Sección Baja			Sección Alta	Sección Baja	Sección Alta	Sección Baja			
Arb.1	C1	5.7	5.16	2.01	2.2	2.1	2.1	2.3	2.1	9.29	10.14	0.61	0.51	4.37	0.55
	C2	5.52	4.39	2	2.3	2	2.1	2	2	9.20	8.40	0.60	0.52		
	C3	5.9	4.48	2	2.3	2	2	2.3	2.1	9.20	9.66	0.64	0.46		
	C4	6.27	4.77	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	10.65	11.13	0.59	0.43		
Arb.2	C1	5.92	5.48	2	2.3	2	2	2.3	2	9.20	9.20	0.64	0.60	4.20	0.53
	C2	5.93	4.48	2.1	2.3	2.1	2.2	2.3	2.2	10.14	11.13	0.58	0.40		
	C3	5.78	3.89	2	2.3	2.1	2.1	2.2	2.1	9.66	9.70	0.60	0.40		
	C4	6.08	4.4	2.3	2.3	2.3	2	2.3	2	12.17	9.20	0.50	0.48		
Arb.3	C1	5.5	4.67	2	2.2	2	2.1	2.2	2.1	8.80	9.70	0.63	0.48	4.34	0.54
	C2	5.84	4.49	2.1	2.3	2.2	2	2.4	2	10.63	9.60	0.55	0.47		
	C3	5.59	4.96	2.1	2.3	2.1	2	2.2	2	10.14	8.80	0.55	0.56		
	C4	5.7	4.95	2.2	2.3	2.2	2	2.1	2	11.13	8.40	0.51	0.59		

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO F: Datos para la obtención de la densidad básica de *Eucalyptus nitens*.

<i>Eucalyptus nitens/ Densidad Básica</i>															
Código	Peso al horno (gr)		Volumen verde (Cm3)							Volumen total (cm3)		DENSIDAD (g/cm3)		S. A.	Pm, A
	Sección alta	Sección Baja	Sección Alta			Sección Baja				Sección alta	Sección Baja	Sección Alta	Sección Baja		
Arb.1	C1	6.46	5.16	2.4	2.2	2.4	2.4	2.2	2.3	12.67	12.14	0.51	0.42	3.89	0.49
	C2	5.79	5.57	2.4	2.2	2.4	2.3	2.2	2.3	12.67	11.64	0.46	0.48		
	C3	6.12	6.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.1	2.1	13.25	10.14	0.46	0.63		
	C4	6.17	5.14	2.4	2.2	2.4	2.3	2.2	2.3	12.67	11.64	0.49	0.44		
Arb.2	C1	5.78	4.9	2.3	2.1	2.2	2.3	2.3	2.2	10.63	11.64	0.54	0.42	4.56	0.57
	C2	5.43	5.88	1.8	2.3	1.7	2.2	2.3	2.3	7.04	11.64	0.77	0.51		
	C3	6.75	5.85	1.8	2.3	1.8	2.3	2.4	2.3	7.45	12.70	0.91	0.46		
	C4	5.18	5.84	2.3	2.3	2.2	2.3	2.2	2.3	11.64	11.64	0.45	0.50		
Arb.3	C1	4.58	5.23	2	2.3	2	2.2	2.3	2.2	9.20	11.13	0.50	0.47	3.75	0.47
	C2	4.73	5.39	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.3	10.63	11.64	0.45	0.46		
	C3	4.59	6.26	2.2	2.4	2.1	2.1	2.3	2.3	11.09	11.11	0.41	0.56		
	C4	4.53	4.48	2	2.3	2	2.2	2.3	2.2	9.20	11.13	0.49	0.40		

Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO G: Cultivo y desarrollo del hongo *Ganoderma sp.*



Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO H: Desarrollo del hongo *Ganoderma sp.* En los frascos de vidrio.



Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO I: Colocación de las probetas de la madera de ambas de las especies *E. globulus* y *E. nitens*.



Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO J: Desarrollo del hongo sobre las probetas de madera de *E. globulus* y *E. nitens*.



Realizado por: Vargas Noemi, 2021.

ANEXO K: Pérdida de peso de las probetas de madera de las especies de *E. globulus* y *E. nitens*.



Realizado por: Vargas Noemi, 2021.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Noemi Rocio Vargas Allauca</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Recursos Naturales</i>
Carrera: <i>Ingeniería Forestal</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Forestal</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.10.15 10:01:38
-05'00'



1797-DBRAI-UTP-2021