UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
17-04-15
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN DE LA MADERA DE *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "SAPOTE" PROCEDENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD - UCAYALI, AL ATAQUE DE DOS TIPOS DE HONGOS XILÓFAGOS EN CONDICIONES *IN VITRO*

Para optar el título profesional de:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

BACH. DENIS ORLANDO ROJAS RODRÍGUEZ

Pucallpa - Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

N° 279-2014-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo la 12:55 p.m. del día 18 de noviembre del 2014, se reunieron en la Butaca N° 2 de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del Jurado Calificador integrados por:

Ing. MSc. Manuel Iván Salvador Cárdenas	-	Presidente
Ing. MSc. Cesar Mori Montero	-	Miembro
Ing. Fermín Campos Solórzano	-	Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada: **"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN DE LA MADERA DE *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland "SAPOTE" PROCEDENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD - UCAYALI, AL ATAQUE DE DOS TIPOS DE HONGOS XILÓFAGOS EN CONDICIONES *IN VITRO*"**, sustentada por el **Bachiller DENIS ORLANDO ROJAS RODRÍGUEZ.**

Terminada la exposición se procedió a la rueda de preguntas por los Miembros del Jurado calificador, siendo absueltas por el tesista satisfactoriamente, llegando a la siguiente conclusión:

La tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD**, quedando el tesista para optar el Título de **Ingeniero Forestal**, con los arreglos de las observaciones del jurado para su publicación correspondiente.

Siendo las 1:55 p.m. se dió por concluido la sustentación.

Ing. MSc. Cesar Mori Montero
Miembro

Ing. Fermín Campos Solórzano
Miembro

Ing. MSc. Iván Salvador Cárdenas
Presidente

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Edilberto y Zoila

AGRADECIMIENTO

A Dios por encaminarme a lo largo de mi vida. A mis padres por su esfuerzo para apoyarme y velar por mi salud y educación a la largo de mi formación.

A la Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales y sus docentes, en especial al jurado por sus valiosas recomendaciones.

A la Asociación Integral para el Desarrollo (AIDER), por el apoyo brindando para la realización y culminación de la presente tesis.

A la Ing. Leticia Guevara Salnicov por su orientación y apoyo desinteresado como asesora durante la realización del presente trabajo de investigación.

A la Ing. MSc. Guísella Avalos Díaz por sus aportes vertidos en el desarrollo de la investigación.

Al personal de la Universidad Nacional de Ucayali, en especial al Sr. Jorge Macedo por las facilidades brindadas durante el tratamiento de las muestras en la investigación.

A todos mis amigos y personas que me brindaron su respaldo, asistencia y ánimo en la culminación de la presente investigación.

Denis

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTO IV

ÍNDICE DEL CONTENIDO V

ÍNDICE DE TABLAS VII

ÍNDICE DE FIGURAS IX

RESUMEN X

ABSTRACT XI

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 3

1.2 JUSTIFICACIÓN 4

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 5

2.1. ANTECEDENTES 5

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 6

2.2.1. Descripción de Matisia cordata Humboldt & Bonpland "sapote" 6

2.2.1.1 Clasificación taxonómica 6

2.2.1.2. Hábitat y distribución 7

2.2.1.3. Características dendrológicas de la especie 7

2.2.1.4. Características anatómicas de la madera 8

2.2.1.5. Características tecnológicas 9

2.2.1.6. Composición química de la madera 10

2.2.2. Resistencia natural de la madera 10

2.2.3. Método para determinar la durabilidad de la madera 11

2.2.4. Hongos xilófagos 13

2.2.4.1. Tipos de hongos xilófagos 14

2.2.4.2. Tipos de pudrición 16

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICO 18

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 21

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 21
3.1.1. Ubicación del estudio 21

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 22

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 23

3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 24

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS 30
3.5.1. Diseño estadístico y factores de estudio 30
3.5.2. Análisis de varianza 32
3.5.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN 32

CAPÍTULO IV. RESULTADOS 33

4.1. PÉRDIDA DE PESO DE LA MADERA DE MATISIA CORDATA HUMBOLDT & BONPLAND "SAPOTE" Y SU VARIABILIDAD POR NIVELES DEL FUSTE A LA PUDRICIÓN OCASIONADA POR DOS ESPECIES DE HONGOS XILÓFAGOS 33

4.2. RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN A DOS TIPOS DE HONGOS Y LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE DE LA MADERA DE MATISIA CORDATA HUMBOLDT & BONPLAND "SAPOTE" 36

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 40

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES 42

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES 43

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 44

ANEXOS 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la resistencia de la madera según pérdida de peso.....12

Tabla 2: Clasificación de la madera por su durabilidad natural.....13

Tabla 3: Diferencias entre tipos de pudrición de la madera.....18

Tabla 4: Clasificación de la resistencia de la madera según norma A.S.T.M.-D-2017.....21

Tabla 5: Procedencia del material de Matisia cordata "sapote".....22

Tabla 6: Codificación de la madera por número y nivel de troza.....25

Tabla 7: Composición del medio de cultivo.....27

Tabla 8: Características de las cámaras de pudrición.....28

Tabla 9: Criterio para clasificar la resistencia natural de la madera frente al ataque de los agentes xilófagos.....30

Tabla 10: D.C.R. con 2 factores.....30

Tabla 11: Arreglo combinatorio.....31

Tabla 12: Tratamientos.....31

Tabla 13: ANVA para un D.C.R. con 2 factores.....32

Tabla 14: Distribución de la pérdida de peso en porcentaje de las probetas por acción de hongos xilófagos.....33

Tabla 15: Resistencia a la pudrición de la madera de Matisia cordata Humboldt & Bonpland "Sapote" según la norma ASTM D 2017.....34

Tabla 16: Análisis de varianza (ANVA) de los valores promedios porcentuales de pérdida de peso.....34

Tabla 17: Prueba de Tukey de la pérdida de peso según niveles del fuste.....38

Tabla 18: Promedios porcentuales de pérdida de peso según tipo de hongo y niveles de fuste.....38

Tabla 19: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo Polyporus sanguineus y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Matisia cordata Humboldt & Bonpland "sapote".....40

Tabla 20: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo Lenzites erubescens y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Matisia cordata Humboldt & Bonpland "sapote".....42

Tabla 21. Codificación de las probetas en base a la especie, número de troza, nivel de árbol y número de probeta.....48

Tabla 22. Codificación de las probetas en base al número de probeta, número de troza, nivel de troza y hongo atacante.....49

Tabla 23. Resultados de la pérdida de peso del nivel base en las probetas de Matisia cordata "Sapote".....50

Tabla 24. Resultados de la pérdida de peso del nivel medio en las probetas de Matisia cordata "Sapote".....51

Tabla 25. Resultados de la pérdida de peso del nivel ápice en las probetas de Matisia cordata "Sapote".....52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Codificación de probetas y significado de los códigos. 26

Figura 02: Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo Polyporus sanguineus y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Matisia cordata Humboldt & Bonpland sapote". 36

Figura 03: Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo Lenzites erubescens y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Matisia cordata Humboldt & Bonpland sapote". 38

Fotografía 1. Vista horizontal de una de las rodajas de Matisia cordata "sapote" utilizadas para el estudio. 65

Fotografía 2. Preparación de las probetas de Matisia cordata "sapote". 65

Fotografía 3. Codificación de probetas de Matisia cordata "sapote" por árbol y niveles de fuste. 66

Fotografía 4. Preparación del medio de cultivo. 66

Fotografía 5. Inoculación de las cámaras de pudrición. 67

Fotografía 6. Acondicionamiento e Instalación del experimento. 67

Fotografía 7. Probeta de Matisia cordata "sapote" expuesta al ataque del Lenzites erubescens. 68

Fotografía 8. Probeta de Matisia cordata "sapote" seca y lista para ser pesada. 68

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental determinar y clasificar la resistencia a la pudrición de la madera de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" expuesta al ataque de los hongos xilófagos *Polyporus sanguineus* L ex Fr. y *Lenzites erubescens* (Mont) Fries en tres diferentes niveles del fuste (base, medio y ápice), utilizando el método de laboratorio indicado en la norma ASTM D-2017. Se seleccionó 5 árboles de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" de acuerdo a la Norma Técnica Nacional 251.008. La técnica aplicada fue el sistema de registro descriptivo y categorial. Al cabo de noventa días de observación se determinó que las características resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" corresponden a la Clase C (moderadamente resistente) de la tabla de interpretación de la norma empleada; los resultados muestran que el agente xilófago más agresivo para esta especie es el *Lenzites erubescens* (Mont) Fries, causando una mayor acción desintegradora y mayor pérdida de peso en los tres niveles. La vulnerabilidad de los niveles de acuerdo al mayor efecto de pudrición de los hongos es como sigue: nivel ápice, nivel medio y nivel base.

Palabras clave: Resistencia, pudrición, durabilidad, *Matisia cordata*, hongos xilófagos.

ABSTRACT

This work has as main objective to identify and classify the rotting resistance of *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" wood species exposed to attack of Polyporus sanguineus and L ex Fr. Lenzites erubescens (Mont) Fries fungi three different levels (base, mid and apex), using the laboratory method in shown ASTM D-2017 of stem. According to the National Technical Standard 251 008 standard; five (5) *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" species were selected. The used technique was the descriptive and categorical system registry. After ninety days of observation was determined that the characteristics rotting resistance *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" wood belongs to Class C according to the interpretation table of the rule used (moderately resistant). Results showed that *Lenzites erubescens* (Mont) Fries, is the most aggressive xylophagous agent causing the mayor rotting and greatest weight loss in the three different of stem levels. Vulnerability levels according to greatest effect of rotting fungi is as follows: apex level, mid-level and database level.

Keywords: Resistance, rotting, durability, *Matisia cordata,* xylophagous fungi.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los bosques amazónicos en general y los bosques de la región Ucayali están experimentando un empobrecimiento paulatino, lo que provoca el descreme de especies consideradas de alto valor comercial debido, entre otras causas, a la sobre explotación de un pequeño número de especies maderables, algunas con bajos índices de abundancia. Los bosques secundarios y los bosques primarios residuales o remanentes están siendo muy poco aprovechados y sin criterios de sostenibilidad, pese a que contienen volúmenes importantes de especies maderables potencialmente comerciales (Lluncor, 2012).

El empleo de una madera en un uso determinado depende principalmente de sus propiedades físicas, mecánicas y de su carácter estético, definidas sobre la madera sana. Es necesario sin embargo no dejar de considerar que estas propiedades son modificadas, en mayor o menor escala, cuando con el transcurso del tiempo la madera sufre alteraciones. (Bobadilla, 2004)

Los hongos xilófagos son responsables de grandes pérdidas económicas por la destrucción de enormes cantidades de madera, principalmente aquellas destinadas a la construcción de viviendas. Tal es la importancia, que ha dado origen a la industria de la preservación de madera. La acción de los hongos xilófagos, depende fundamentalmente de las condiciones de uso, donde la presencia de agua y oxígeno en cantidades relativamente importantes, determinan situaciones favorables para la vida y desarrollo de las colonias. (Bobadilla, 2004)

Ante la acción de agentes micóticos las distintas maderas presentan diferente resistencia. Esto se debe a su estructura y a las proporciones de sustancias químicas contenidas en los tejidos leñosos, variables según la especie, la edad del árbol y las condiciones de desarrollo (Carballeira López et al, 1986).

La resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" en nuestro país no ha sido estudiada sistemáticamente, y su investigación resulta fundamental para un adecuado empleo de este material. Por ello, es necesario constatar si la resistencia de la madera estudiada es alterada por el ataque de los hongos y clasificar los resultados en porcentajes de pérdidas de peso, de acuerdo con

la norma internacional ASTM D: 2017-81 (American Society for Testing Materials, 1986).

En tal sentido, generar información tecnológica y científica sobre patología forestal dentro del programa de investigación llevado a cabo por el Departamento de Industria Forestales, dependiente de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales - Universidad Nacional de Ucayali y el Proyecto "Estudio tecnológico de diez especies maderables de bosques secundarios y primarios remanentes", servirá de base para la implementación de medidas fitosanitarias de exportación e importación, incorporando nuevas especies al mercado para procesos industriales.

Por consiguiente la presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la resistencia a la pudrición de la madera de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" bajo condiciones in vitro. Así mismo los objetivos específicos fueron:

- Determinar la pérdida de peso de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" y su variabilidad por niveles longitudinales del fuste a la pudrición ocasionada por dos especies de hongos xilófagos: *Lenzites erubescens* (Mont) Fries y *Polyporus sanguineus* L ex Fr. bajo condiciones in vitro.

- Determinar la relación entre las variables resistencia a la pudrición a dos tipos de hongos y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. *Formulación del problema*

Una de las causas más frecuentes de exclusión en muchas maderas cuyas características tecnológicas las califican para usos comunes, es la susceptibilidad al ataque de agentes biológicos de deterioro depreciando al producto e incluso impidiendo su comercialización en mercados nacionales y extranjeros. En gran parte de la región Ucayali se observa las enormes pérdidas de madera que causan los hongos y no son tomadas con la debida importancia, es decir, su control o mitigación debido a la escasa información sobre ellos limita de manera considerable al problema que se tiene como penosa realidad en la mayoría de las industrias de aserrío y laminado (Toledo, 2002).

El uso de la madera depende principalmente de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades son modificadas, en mayor o menor escala, por alteraciones que sufre la madera, que provocan los agentes biológicos, siendo los hongos xilófagos responsables de estas alteraciones, estos hongos que pudren la madera se encuentran asociados principalmente a la pudrición blanca y Marrón (Homlquist et al, 2003) frente a esta premisa es de vital importancia realizar ensayos de laboratorio. Tanto el ***Polyporus sanguineus*** y el ***Lenzites erubescens,*** son hongos xilófagos bien distribuidos en el Perú, es por ello su presencia en la gran mayoría de los bosques tropicales. Así mismos son los principales representantes de la pudrición blanca y la pudrición marrón en la madera.

Debido al limitado conocimiento técnico que se tiene de la *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" frente al ataque de hongos xilófagos (*Polyporus sanguineus* y el *Lenzites erubescens)* se han iniciado estudios para determinar su resistencia a la pudrición con el fin de utilizarlas adecuadamente, para ello es necesario formular la siguiente pregunta ¿Cuál es la resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" frente al ataque de dos tipos de hongos xilófagos en condiciones in vitro? De esta manera constatar si la resistencia de la madera

estudiada es alterada por el ataque de los hongos y clasificar la resistencia de la madera en porcentajes de pérdidas de peso, de acuerdo con la norma ASTM D: 2017-81. La madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" es estudiada por ser una especie abundante, de rápido crecimiento, con enorme potencial de uso.

1.2. Justificación

Al generar información tecnológica y científica sobre patología forestal, servirá de base para la implementación de medidas fitosanitarias de exportación e importación (SENASA, 2008); de esta manera también se podrá incorporar nuevas especies al mercado para procesos industriales.

Para tal efecto se ha identificado a la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote", por ser una especie abundante, frecuente, heliófita, de crecimiento rápido y pionera, crece bien en suelos pobres. Es común en bosques secundarios de la Amazonia del Perú. A fin de propiciar el uso de esta madera, se propone realizar estudios para determinar su resistencia frente al ataque de hongos xilófagos en condiciones in vitro, según las especificaciones de la norma ASTM D 2017-81.

Dentro del programa de investigación llevado a cabo por el Departamento de Industria Forestales, dependiente de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales - Universidad Nacional de Ucayali y el Proyecto "Estudio tecnológico de diez especies maderables de bosques secundarios y primarios remanentes", surge la necesidad de estudiar determinadas especies de manera minuciosa, práctica y con resultados aplicables para el beneficio industrial.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Ferreyra (2012) en su investigación encontró diferencia frente al ataque de ambos hongos xilófagos en estudio siendo el *Lenzites erubescens* el que presentó mayor agresividad y pérdida de peso en las probetas de madera de *Simarouba amara* Aubl. "marupa". Existe diferencias en cuanto al grado de resistencia con respecto a los niveles de fuste, mostrando al nivel 1 (bajo) como el más resistente y el nivel 3 (ápice) como el más vulnerable a la acción de ambos hongos en estudio. La evaluación de la durabilidad natural de la madera de *Simarouba amara* Aubl. "marupa", basado en la norma ASTM D-2017 clasifica la especie "moderadamente resistente" a la acción de los dos hongos xilófagos *Lenzites erubescens* y *Pycnoporus sanguineus.*

Ferreyra (2012) también menciona que en las observaciones de las probetas sometidas a la prueba biológica permitieron establecer que en algunos casos existe relación directa, entre el desarrollo fungoso y la pérdida de peso de las probetas, ya que aquellas que fueron muy cubiertas por mantos fungosos indicaron porcentajes altos de pérdida de peso, como es el caso del *Lenzites erubescens* que tuvo un buen desarrollo micelial. En el análisis de varianza y la prueba de Tukey desarrollado para el porcentaje promedio de pérdida de peso de las probetas de *Simarouba amara* en los tres niveles del árbol, con un diseño completamente randomizado (DCR), muestra los resultados como altamente significativos, por lo tanto el uso de un determinado nivel del árbol puede brindar mayor resistencia al ataque de los hongos xilófagos peor con esto no se quiere ser selectico con los niveles solo que cierto nivel brindara más resistencia natural que otro en este caso el nivel bajo y medio con respecto al ápice.

Vásquez et al. (2007) realizaron estudios donde se utilizó el método de laboratorio indicado en la Norma ASTM - D 2017. Para ello se prepararon probetas de madera de cinco árboles de la especie *Miconia barbeyana*

cogniaux (paliperro) del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Las características de resistencia de la madera corresponden a la Clase D (no resistente) de la tabla de interpretación de la norma empleada. También se halló una alta correlación entre la resistencia a la pudrición mostrada y el porcentaje de extractivos de los tres niveles del fuste, presentando la madera de la base del árbol mayor resistencia que los demás niveles.

Renjifo y Trujillo (1992) realizaron pruebas de laboratorio para determinar la resistencia a la pudrición de la madera de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" frente al ataque de dos tipos de hongos (*Polyporus sanguineus* y *Ganoderma applanatum*), en muestras de maderas tomadas de la base y el ápice del fuste. Determinando que la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" es moderadamente resistente.

2.2. Planteamiento teórico

2.2.1. Descripción de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

Reynel (2003), describe la taxonomía de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland de la siguiente manera:

Familia : BOMBACACEA

Género : *Matisia*

Especie : *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland

Nombres comunes: **Perú:** Sapote. **Colombia:** Sapote. **Ecuador:** Sapote. **Venezuela:** Mame colorado

2.2.1.2. Hábitat y distribución

El área de distribución de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" según Reynel (2003) se extiende en la región amazónica, mayormente hasta los 500 msnm. Es una especie con tendencia heliófita, de crecimiento rápido, característica en bosques secundarios tardíos, en suelos de variada textura, niveles de acidez y fertilidad, bien drenados, a veces con pedregosidad elevada.

2.2.1.3. Características dendrológicas de la especie

Reynel (2003), describe la característica dendrológica de la Matisia cordata Humboldt & Bonpland "sapote":

a) Hojas: son simples, alternas y dispuestas en espiral, agrupadas en los extremos de las ramitas, los peciolos de 1 0-1 5 cm de longitud, pulvinulados, las láminas de 15-25 cm de longitud y 1 5-25 cm de ancho, ampliamente acorazonadas, el ápice obtuso, vagamente acuminado, la base cordada, la nervación palmeada, los nervios 7-9, las láminas glabras o glabradas.

b) Flores: de 6.5-7.5 cm de longitud, hermafroditas, actinomorfas, con cáliz y corola presentes, el pedicelo de 2-3 cm de longitud, el cáliz cupuliforme, usualmente 5-dentado, fina y densamente pubescente en el exterior, los pétalos 5, color blanco o crema, de 1.5-2.5 cm de longitud, densamente afelpado-pubescentes en el exterior, el androceo con los filamentos de los estambres unidos formando un tubo estaminal de unos 3-3.5 cm de longitud que sobrepasa la corola, liberado luego en 5 filamentos sobre los cuales se hallan las anteras numerosas y congestionadas; pistilo con ovario supero, estilo columnar y estigma capitado, exserto del tubo estaminal.

c) Frutos: globosos a subglobosos de 5-6 cm de longitud en los individuos silvestres, en variedades cultivadas hasta 10 cm de

longitud, la superficie lisa, color marrón amarillento, con 5 surcos, las semillas 5, rodeadas por pulpa carnosa amarillenta, dulce, comestible.

d) Corteza externa: lisa, color marrón claro a amarillento, también con lenticelas circulares de 3-6 mm de diámetro, regularmente distribuidas, en los individuos jóvenes pro-vista de marcas horizontales en forma de media luna de 20-30 cm de longitud (aristas semicirculares; son en verdad cicatrices foliares).

e) Corteza interna: gruesa en dos estratos, uno exterior fibroso-granular, color rojizo, y otro interior, homogéneo, color blanquecino-amarillento.

2.2.1.4. Características anatómicas de la madera

Lluncor, D. (2011), menciona la descripción de la estructura anatómica de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote".

a) Características macroscópicas**:**

- N° de anillos por 5 cm lineal : Promedio 18
- Diferencia entre albura y duramen: Poco diferenciado
- Tipo de Porosidad: Difuso
- Médula : Excéntrica
- Color : 10 YR 8/3; 10 YR 8/4 Very pale brown/2.5 Y 8/3 Pale yelow
- Olor : Sin Olor
- Sabor : Sin sabor
- Brillo : Medio
- Textura : Gruesa
- Veteado : Arcos superpuestos
- Grano : Entrecruzado

b) Características microscópicas

- Parénquima : Apotraqueal reticulado y paratraqueal vasicentrico.
- Anillos de crecimiento : Definidos
- Diferencia entre madera Temprana y tardía: Diferenciado
- Distribución de los poros: Sentido Radial
- Forma de poros : Ovalados e irregular.
- Agrupación de poros : Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6 hasta de 10, poros Simples y clúster escaso.
- Porosidad : Difusa.
- Radio : Heterogéneos, no estratificados con células envolventes.
- Presencia de inclusiones: Cristales en las células de parénquima longitudinal y en los radios.
- Número de cristales por célula : 1

2.2.1.5. Características tecnológicas

La CONFEDERACION PERUANA DE LA MADERA – CPM (2008), señala que las características tecnológicas de la especie en estudio son:

a) Propiedades físicas

- Densidad Básica : 0.43 gr/cm^3
- Contracción Volumétrica: 11.80 %
- Relación T/R : 2.35
- Contracción Tangencial: 8.97 %
- Contracción Radial : 3.81 %

b) Propiedades mecánicas.

- Módulo de Elasticidad en flexión: 89.00 tn/cm²
- Módulo de Ruptura en flexión: 488.00 kg/cm²
- Comprensión Paralela : 239.00 kg/cm²
- Comprensión Perpendicular : 40.00 kg/cm²
- Corte paralelo a las Fibras : 55.00 kg/cm²
- Dureza de lados : 272.00 kg/cm²
- Tenacidad : 2.10 kg-m

2.2.1.6. Composición química de la madera

La asociación para la investigación y desarrollo Integral – AIDER (2013), afirma que la composición química de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "Sapote" es:

- Celulosa	:	55,62%
- Hemicelulosa	:	12,51%
- Lignina	:	29,6 %
- Cenizas	:	2,13%
- Sílice	:	0,14%

2.2.2. Resistencia natural de la madera

La durabilidad natural comprende características de resistencia que posee la madera sin tratamiento frente al ataque de hongos, insectos, perforadores marinos y otras influencias. Normalmente se mide como el tiempo en años durante el que una madera es capaz de mantener sus propiedades mecánicas estando puesta en servicio empotrada en contacto con el suelo o el agua. La mayoría de las maderas tiene una durabilidad diferente frente a los diversos organismos que la pueden degradar (Bobadilla, 2004).

Para la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), durabilidad se refiere a la capacidad natural de la madera para resistir al ataque de agentes biológicos y no biológicos. No obstante, considera que dada la importancia de los hongos en la degradación de la madera, la durabilidad se define como la resistencia de la madera a las pudriciones.

JUNAC (1988) afirma que el duramen tiene mayor durabilidad natural que la albura, lo que se atribuye a los cambios químicos que suceden en la formación de duramen a partir de albura, básicamente sustancias derivadas de los polifenoles. La albura, suave y porosa, tiene almacenados en los radios y tejido parenquimático almidones solubles y azúcares simples. Tiene, además, poros sin obstrucciones y generalmente más grandes y/o más numerosos que el duramen. Las maderas densas tienen menor proporción de poros y por lo tanto cuentan con menor posibilidad de acceso al agua y oxígeno, indispensables para la supervivencia de los organismos lignícolas, con excepción de los hongos de la pudrición blanda.

Kollman y Cote (1984) indican que conocer la resistencia a la pudrición de la madera y efectuar una evaluación de su resistencia es muy importante, para dar el uso adecuado a las maderas y de esta manera lograr el aprovechamiento integral del bosque.

2.2.3. Método para determinar la durabilidad de la madera

Bobadilla (2004) menciona que la durabilidad de las maderas se determina a través de métodos de laboratorio y de campo. Aunque las técnicas son variadas, los métodos más generalizados son los que se realizan en laboratorios conocidos como "Pruebas Aceleradas" por su corta duración. Los que se realizan en campo o "Cementerios" son pruebas definitivas de durabilidad que demandan mayor tiempo.

Las pruebas para la determinación de la durabilidad o resistencia natural de una madera en laboratorio permiten obtener información sobre la efectividad de un producto preservantes o el desempeño de una cepa de hongos en un tiempo corto, entre 3 a 6 meses. Se

conocen varias metodologías, entre ellas la técnica sugerida por la norma Nº 9518 del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1962) consiste en desarrollar las cepas de hongos en un medio de cultivo compuesto por agar-agar y extracto de malta, colocándose sobre las mismas probetas por un lapso de tres meses. La metodología norteamericana consiste en el cultivo de un hongo xilófago en un medio artificial (agar-extracto de malta), disperso en caja de Petri o Erlenmeyers, una vez desarrollada la cepa se coloca sobre el mismo una tablilla de madera denominada "feeders strip", una vez que la misma está totalmente colonizada, sobre ella se coloca la probeta cuya durabilidad se quiere determinar. Con esta información podemos clasificar a las maderas empleando distintos tipos de tabla.

Tabla 1: Clasificación de la resistencia de la madera según pérdida de peso.

PERDIDA DE PESO	CATEGORÍA DE RESISTENCIA
Inferior al 5%	Muy resistente
5% al 10%	Resistente
10% al 20%	Moderadamente resistente
20% al 30%	No resistente
Superior al 30%	Sin resistencia

Fuente: Bobadilla (2004). Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción.

En la Norma 9.600. de IRAM, (1998) considera el duramen expuesto al ataque de hongos xilófagos frente al mayor riesgo de uso (el empleo de la madera sin preservación en contacto con el suelo o agua dulce). Cada exposición ofrece un riesgo diferente que condiciona la vida útil de la madera. Los rangos de durabilidad corresponden a datos aproximados de los ensayos experimentales o de la observación de comportamientos. Por lo tanto, se aceptan como estimativos.

Tabla 2: Clasificación de la madera por su durabilidad natural.

CLASE	CATEGORÍA	VIDA ÚTIL
1	Muy durables	Más de 30 años
2	Durables	10 y 30 años
3	Poco durables	5 y 10 años
4	Muy poco durables	Menor de 5 años

Fuente: Norma 9.600. IRAM (1998). Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave.

La Norma Técnica A.S.T.M. D 2017 – 81: Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods, para la evaluación de la pudrición natural producidas por hongos en madera o en productos de madera calcula la pérdida de peso del material leñoso, estableciendo cuatro categorías para clasificar la madera por su resistencia a la pudrición.

2.2.4. Hongos xilófagos

Los hongos xilófagos o de pudrición pertenecen a la clase de los Basidiomicetos, Bobadilla (2004) menciona que la característica más importante de este grupo de destructores de la madera es que crecen a partir de micelios y se reproducen a partir de esporas.

LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA - JUNAC (1981) afirma que los hongos xilófagos están formados por filamentos celulares microscópicos que se propagan rápidamente a todas las maderas puestas en contacto. El desarrollo de los hongos xilófagos se inicia con la germinación de las esporas que caen sobre la madera. Comienzan su ataque mediante la penetración pasiva de las hifas a través de los orificios naturales de la madera, siendo su acción puramente mecánica. Una vez invadida la madera físicamente, empieza la destrucción bioquímica o penetración activa, poniéndose en juego todo el sistema enzimático, que permite descomponer los constituyentes de la madera.

La condición óptima de humedad en la madera para el crecimiento de los hongos se sitúa entre el 30% y 50%, dándose en ella una libre difusión de enzimas y de los productos resultantes de la degradación; existiendo, además, suficiente espacio para la circulación de los gases. Por otro lado los hongos necesitan de una temperatura adecuada para llevar a cabo su actividad vital, la cual se encuentra entre 20 ºC y 30 ºC, y que las temperaturas inferiores a 0 ºC y superiores a 38 °C, inhiben el crecimiento de los hongos, sin causarles la muerte inmediatamente.

Bobadilla (2004) menciona que los daños por hongos pueden originarse incluso cuando el árbol está en pie. Los altos contenidos de humedad en los tejidos de la albura de árboles vivos generalmente los previenen de ataques por hongos e insectos, pero cuando el árbol se corta y comienza el proceso de pérdida de humedad, se convierte en fuente alimenticia para muchos organismos. Las esporas de los 50 hongos que circundan el medio encuentran el sustrato apropiado para su germinación y posterior penetración en el tejido leñoso. Las preferencias alimenticias de los hongos son muy variadas, mientras unos desintegran las paredes celulares causando pudriciones, otros se alimentan de azúcares y almidones que forman parte del contenido celular y originan cambios de coloración en la madera.

2.2.4.1. Tipos de hongos xilófagos

a) Polyporus sanguíneus L. ex Fr.

Carpóforo correoso, de 20 a 60 cm de diámetro, de un vistoso fructificación semicircular dispuesta en repisa, color rojo anaranjado, con superficie lisa a ligeramente marcada en zonas concéntricas. De esporas blancas. Carne o trama anaranjado-amarillento, primero más claras y esponjosas, pasando luego a suberosa; con olor y sabor inapreciables. Habita sobre troncos, ramas, tocones, empalizadas de maderas frondosas y coníferas. No ataca árboles vivos sino madera muerta siendo su estructura miceliar, en el interior de color rojo. Su recolección es más

importante en las épocas de verano. En la cultura japonesa es utilizado el hongo molido y en infusión contra granos, verrugas, disentería y para desinflamar los pies (SENASA, 2008).

- Taxonomía : El SENASA (2008) muestra la siguiente información:

  Reino : Fungi
  Phylum : Basidiomycota
  Clase : Basidiomycetes
  Subclase : Agaricomycetidae
  Orden : Polyporales
  Familia : Polyporaceae

- Distribución: El SENASA (2008) reporta esta especie sobre maderas en: Rio Tambo en Satipo, Junín; Iñapari en Tahuamanu y las Piedras en Tambopata, Madre de Dios, Rioja En San Martin, Sepahua en Atalaya y aserraderos de Manantay, Coronel Portillo en Ucayali.

- Síntomas : Al degradar preferentemente la lignina produce deterioro de la pared de las células de madera del árbol, dejándolo al final con las fibras sueltas y disgregadas con un aspecto de color blancuzco.

***b) Lenzites erubescens* (Mont) Fries**

Macroscópicamente, presenta basidiocarpos de formas flabeliformes con estípite o pie, de consistencia flexible y de 4 a 5 cm de largo por 0.5 a 1 cm de ancho; superficie, glabra o lisa de color cremoso a marrón-rojizo. Microscópicamente presenta

basidioesporas de forma elipsoides a alantoides, hifas hialinas de paredes lisas y de 8.83 - 5.3u. SENASA (2008)

- Taxonomía : SENASA (2008) muestra la siguiente información:

  Reino : Fungi
  Phylum : Basidiomycota
  Clase : Basidiomycetes
  Subclase : Incertaesedis
  Orden : Polyporales
  Familia : Coriolaceae.

- Distribución: El SENASA (2008) reporta esta especie en Perú sobre maderas en: Provincia de Alto Amazonas, Pongo de Manseriche; en San Martin: provincia de San Martin, Juan Guerra, Tarapoto, rio Tambo, Satipo, Junín, iberia, Tahuamanu y Madre de Dios.

- Síntomas : Causa pudrición de color marrón en la madera dándole aspecto corchoso o resquebrajada.

2.2.4.2. Tipos de pudrición

Se clasifican principalmente en función al color característico que le confieren a la madera atacada. Se consideran de este modo las pudriciones blancas y las pardas.

Pudrición marrón o parda.- Kollman (1986) afirma que la madera que presenta este tipo de pudrición tiene una apariencia resquebrajada en sentido transversal a la fibra, se la conoce también como pudrición cúbica o rómbica, pierde peso

afectando sus propiedades físico - mecánicas. Este tipo de pudrición se caracteriza por la degradación de la celulosa a través de una acción enzimática, es un proceso complicado, la cadena de celulosa formada por unidades B-D glucosas que es el monómero que se halla unido por enlaces glucosídicos B.

Pudrición blanca.- Según Buswell (1990) las pudriciones blancas basan su acción en la destrucción más de la lignina que de la celulosa, quedando un resto de celulosa pura de color blanquecino, disminuyendo en consecuencia la densidad del leño y aumentando el contenido de humedad en las zonas afectadas.

Dentro de este tipo de pudrición podemos distinguir a dos patrones básicos de degradación, simultánea y selectiva.

La degradación simultánea implica una disminución de todos los componentes de la pared celular y puede ser observar por la presencia de agujeros y senderos de erosión en la región próxima a la hifa. La zona de descomposición comienza en la pared celular cercana al lumen celular y se extiende progresivamente hacia la laminilla media, provocando un adelgazamiento notorio en la pared celular. Este tipo de degradación se observa en la deslignificación de la pared secundaria y de la laminilla media aunque no se observa ataque del mismo tenor sobre la celulosa.

La *degradación selectiva* se caracteriza por la remoción únicamente de lignina y hemicelulosa sin una disminución importante de la celulosa, que se conserva en forma de microfibrillas.

Tabla 3: Diferencias entre tipos de pudrición de la madera

CARACTERÍSTICA	PUDRICIÓN BLANCA	PUDRICIÓN PARDA/MARRÓN
Color	Apariencia blanquecina	Marrón rojizo o negro
Compuestos removidos	Lignina	Celulosa
Contracción	Más o menos normal	Anormalmente alta, sobre todo longitudinal
Rendimiento de pulpa	Similar a la madera sana	Bajo
Calidad de fibra	Comparable a la de madera sana	Pobre
Sustrato de madera	Latifoliadas	Coníferas

Fuente: Bobadilla (2004).

2.3. Definición de términos básicos

Los términos básicos empleados en la presente investigación se basan en Normas Técnicas Peruanas (2004).

a) **Albura:** Tejido ligno-celulósico caracterizado por células de lumen grande y paredes celulares relativamente delgadas, sin tílides, inclusiones y extractivos. Generalmente de color claro.

b) **Contenido de humedad**: Es la cantidad de agua contenida en la madera, normalmente expresada en una de las siguientes formas: a) en porcentaje del peso de la madera anhidra; b) en porcentaje del peso total de la madera; c) cantidad absoluta de agua en una cantidad absoluta de madera.

c) **Densidad**: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Se acostumbra expresar en gramos por centímetro cúbico.

d) **Durabilidad natural**: Resistencia que opone la madera a la acción de los agentes de deterioro, especialmente los de origen biológico.

e) **Duramen**: Tejido lignocelulósico caracterizado por células de lumen pequeño, paredes celulares relativamente gruesas, a menudo con tílides, inclusiones y extractivos en el lumen. Leño biológicamente inactivo y que generalmente se diferencia de la albura por su color más oscuro. Puede estar infiltrado por formas, resinas y otros materiales que lo hacen más oscuro y más resistente a los ataques de los microorganismos. Se encuentra localizado en el centro del árbol, entre la médula y la albura.

f) **Fibra**: Células alargadas, agrupadas en haces, provistas de puntuaciones que facilitan el paso de nutrientes. Cumplen la función de sostén en el tejido leñoso.

g) **Grano**: Se refiere a la dirección, tamaño, arreglo, apariencia o calidad de las fibras de madera. Cuando se usa con adjetivos calificativos, tienen significados especiales relativos a la dirección de las fibras o a la dirección y tamaño de los anillos de crecimiento; por ejemplo a través del grano, a lo largo del grano. Característica observable en la sección radial o tangencial, producida por la disposición que tienen los elementos xilemáticos longitudinales (vasos, fibras, traqueadas, parénquimas, etc.) con respecto al eje longitudinal del tronco, grano recto, grano oblicuo, grano entrecruzado, grano ondulado.

h) **Grano entrecruzado**: Es la disposición del grano debido a un crecimiento de las fibras en forma espiral con respecto al eje del árbol, alternándose la dirección del espiral en capas de diverso espesor. En las piezas de corte tangencial el grano entrecruzado presenta el mismo aspecto que una pieza de grano recto, es decir, en las caras se observan figuras simples o veteadas de forma variada. En las piezas de corte radial el grano entrecruzado se presenta en las caras como bandas o franjas longitudinales de tono claro y oscuro encontrados.

i)**Hongos cromógenos**: Hongos que producen la decoloración de la madera, se presentan en maderas susceptibles con alto contenido de humedad, medran en ambientes con temperatura y humedad relativa altas.

j)**Hongos xilófagos**: Hongos que producen la pudrición de la madera, pertenecen principalmente a la familia Basidiomycetes, se presentan en maderas susceptibles con contenido de humedad superior al 20%, medran en ambientes con temperatura y humedad relativa altas.

k) **Olor**: Es producida por efluvios de ciertas sustancias químicas, tales como resinas, aceites y gomas, que se encuentran infiltradas en la madera, las cuales al volatizarse emanan olores característicos.

l)**Pudrición**: Grado de desorganización del tejido lignocelulósico caracterizado por la pérdida gradual de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la madera.

m) **Punto de saturación de la fibra**: Condición en la madera que se caracteriza por la presencia de agua en las paredes celulares, habiéndose eliminado el agua libre de los lúmenes celulares. Generalmente se asume en 30% aunque las investigaciones indican que puede variar de 19 al 45%.

n) **Vasos**: Son elementos de conducción, constituidos por células articuladas y que forman una estructura tubular. En la sección transversal se observan como orificios circulares u ovalados llamados poros, en la sección longitudinal aparecen como finos canales de longitud variable.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Método de investigación

El método usado para la determinación de la resistencia a la pudrición de la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" fue la experimentación en condiciones *in vitro* según las especificaciones de la **Norma A.S.T.M. D: 2017-81** "Método estándar de pruebas de laboratorio aceleradas de resistencia natural a la pudrición de la madera".

Para la calificación de la resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" que se presentaron en cada uno de los tratamientos se consideró una escala descendente de acuerdo a la intensidad de ataque de los hongos, según la norma A.S.T.M. D: 2017-81, (Tabla 3).

Tabla 4: Clasificación de la resistencia en madera según norma A.S.T.M.-D-2017

PROMEDIO DE PERDIDA DE PESO (%)	PROMEDIO DE PESO RESIDUAL (%)	RESISTENCIA A UN HONGO
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente
11 a 24	76 a 89	Resistente
25 a 44	56 a 75	Moderadamente resistente
45 o más	55 a menos	Ligera o no resistente

Fuente: A.S.T.M. ANUAL BOOK OF STANDARD (1986).

3.1.1. Ubicación del estudio.

El trabajo de campo de desarrollo con la obtención de muestras de árboles de la especie en estudio provenientes de distintas zonas, tal como se indica en el Tabla 5.

El trabajo de laboratorio se desarrolló en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional de Ucayali – UNU ubicado en el KM 6.00 de la carretera Federico Basadre, respectivamente, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por árboles de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" seleccionadas al azar de los bosques primarios residuales, presentes en las zonas de prospección de la CCNN Sinchi roca - San Alejandro y del Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya – CICFOR ubicado políticamente en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry – A. von Humbolt; en la provincia de Padre Abad.

3.2.2. Muestra

La muestra la constituyen 5 árboles de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote", el muestreo probabilístico se realizó en forma aleatoria e independiente según las recomendaciones de la Norma Técnica Nacional 251.008.

Tabla 5: Procedencia del material de Matisia cordata "sapote"

POBLACIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA	SUB ZONA	COORDENADAS UTM	
					Y	X
Árbol 01	Padre Abad	Padre Abad	San Alejandro	CC.NN. Sinchi Roca	9005830	18L 474117
Árbol 02	Padre Abad	Padre Abad	San Alejandro	CC.NN. Sinchi Roca	9006023	18L 474170
Árbol 03	Padre Abad	Padre Abad	San Alejandro	CC.NN. Sinchi Roca	9009795	18L 474089
Árbol 04	Padre Abad	Irazola	A. von Humbolt	**CICFOR**	9019180	18L 494660
Árbol 05	Padre Abad	Irazola	A. von Humbolt	**CICFOR**	9019222	18L 498665

Elaboración: propia

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

La técnica utilizada en el presente estudio es el sistema de registro descriptivo y categorial.

3.3.2. Instrumentos

a) Para la determinación del peso inicial y final de las probetas:

- Balanza digital 0,01 g de precisión.
- Estufa eléctrica con termostato regulable a temperatura de 100±2°C.
- Campana de desecación provista de cloruro de calcio.

b) Para la preparación de medio de cultivo estándar:

- Autoclave de esterilización por vapor húmedo.
- Balanza digital 0,1 g de precisión.
- Vasos de precipitado de 100 y 1 000 ml.
- Matraces de Erlenmeyer de 100 y 1000 ml.
- Papel al sulfato kcraf, algodón, hilo pabilo.
- Estufa eléctrica con rango de operación para obtener 103 ± 2 °C.
- Agar agar.

c) Para el cultivo de hongos xilófagos

- Agujas histológicas.
- Cultivos puros de hongos xilófagos con identificación taxonómica.
- Estufa eléctrica con termostato regulable con rango de operación para obtener temperaturas de 27 ± 2 °C
- Frascos de vidrio de 250 cm^3 de capacidad, tapa metálico a rosca con empaquetadura de jebe.

d) Para el periodo de exposición de las probetas de madera

- Cuarto de incubación.
- Termómetro de Hg con rango de operación de 10 a 50 °C.
- Higrómetro con rango de operación de 0 a 100%.

e) Materiales complementarios

- Placas petri
- Vasos precipitados de 1000 ml
- Asas de siembra
- Cubre objetos
- Frascos de Erlenmeyer de 1000ml
- Mecheros de bunsen
- Algodón, alcohol, parafina, mascarillas, plumones indelebles y cocina eléctrica.

3.3.3. Equipos

- **Equipo de esterilización:** Autoclave de esterilización, estufa eléctrica, termostato regulable.

- **Equipo de medición:** Balanza digital de 0,01 g de precisión, higrómetro o hidrógrafo, termómetro de mercurio.

- **Equipo de incubación:** Cuarto de incubación, andamios de madera.

- **Equipo de conservación:** Refrigeradora o frigorífico, campana de desecación.

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Trabajo de campo

El trabajo se realizó con el apoyo de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) y la Asociación integral para el desarrollo (AIDER).

a) Identificación dendrológica

Se tomaron tres muestras dendrológicas de hojas, flores y corteza, se herborizaron de acuerdo a los procedimientos de rutina y se enviaron a la sede de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) de la ciudad de Pucallpa: Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA).

b) Selección de árboles y marcado

Los árboles de la especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" fueron seleccionados aleatoriamente de los inventarios en la prospección teniendo en cuenta sus características fitosanitarias, morfológicas, DAP y fuste comercial. Cada árbol seleccionado fue marcado y codificado con una clave correlativa (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5).

c) Preparación y codificación de la madera

Los 5 árboles seleccionados se derribaron y cortaron en dimensiones de 2 m de largo teniendo en cuenta tres niveles codificados (base: N_1, medio: N_2 y ápice: N_3), de cada troza aserrada se obtuvo 3 secciones circulares de 15 cm de espesor, las que se codificaron de la siguiente manera:

Tabla 6: Codificación de la madera por número y nivel de troza

		TROZAS				
NIVEL		**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**	**T_5**
BASE	**N_1**	T_1N_1	T_2N_1	T_3N_1	T_4N_1	T_5N_1
MEDIO	**N_2**	T_1N_2	T_2N_2	T_3N_2	T_4N_2	T_5N_2
ÁPICE	**N_3**	T_1N_3	T_2N_3	T_3N_3	T_4N_3	T_5N_3

Elaboración: propia

3.4.2. Trabajo de laboratorio

Para el trabajo se consideraron los siguientes lineamientos indicados en la norma ASTM-D-2017-81:

a) Preparación y codificación de las probetas

Para la preparación de probetas, 3 secciones circulares de cada troza fueron dispuestas en una sierra de disco de dientes diamantados, los residuos de aserrín y astillas de madera se eliminaron con una lija 120. De cada sección circular se obtuvieron 8 probetas de 2cm x 2cm x 2cm, en total para los ensayos se utilizaron 120 probetas. Las probetas

obtenidas fueron codificadas tal como se muestra en la figura1. Las probetas fueron secadas en estufa regulada a 100 ± 2 °C durante 20 min (ASTM 1413) hasta alcanzar un peso constante, las mediciones fueron repetidas 6 veces. Luego, fueron colocadas en una campana de desecación provista de cristales de CaCl durante 20 minutos (ASTM 1413), por último se pesaron en la balanza analítica, que se considera el peso inicial del experimento (PI). Las 120 probetas fueron codificadas en base al número de probeta, número de troza y nivel de troza (Anexo 1).

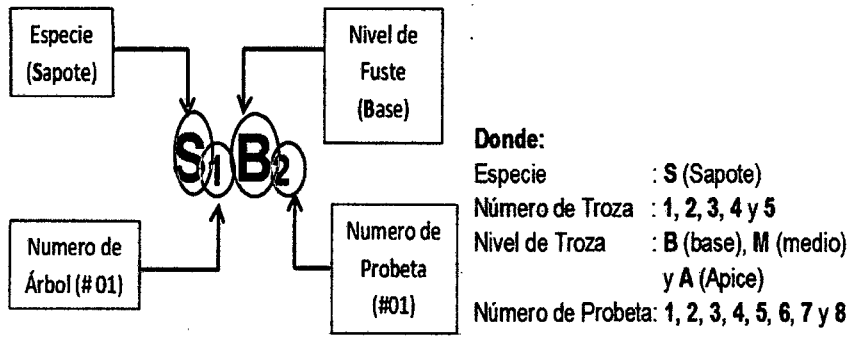


Figura 1. Codificación de probetas y significado de los códigos.

Elaboración: propia

b) Selección de las especies de hongos xilófagos

Se seleccionaron dos hongos en el Centro de Investigación Forestal – CIFOR Macuya de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali e identificados en el Laboratorio de Preservación de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las especies utilizadas en la investigación fueron: *Polyporus sanguineus* y *Lenzites erubescens.*

c) Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo para el desarrollo de las cepas se preparó por disolución en agua destilada caliente y fue uniformizada por agitación manual hasta la ebullición. Luego se esterilizó en autoclave a temperatura de 121 °C y 15 lb de presión por espacio de 20 min.

Tabla 7: Composición del medio de cultivo

SUSTANCIAS	CANTIDAD
Agar-agar	20 g
Extracto de malta	12 g
Dextrosa	20 g
Peptona	1 g
Agua destilada	1 000 g

Fuente: Avalos, A.G. (2012).

d) Cultivo de hongos en estudio

En la siembra de los hongos *Polyporus sanguineus* y *Lenzites erubescens* se colocaron en cada placa petri 30ml de medio de cultivo y una rodaja de cultivo del hongo desarrollado de 0.5cm de diámetro. Este procedimiento se repitió 6 veces por especie de hongo con la finalidad de eliminar posibles contaminaciones y obtener cultivos puros. Luego fueron llevados a la cámara de incubación a 25 °C de temperatura y 50% de humedad relativa en donde se desarrollaron los hongos durante 7 días.

e) Preparación de las cámaras de pudrición

Se colocaron 15 ml de medio de cultivo líquido caliente con 0.5gr de bactericida a cada cámara de pudrición (120 frascos de vidrios lavados, secados y esterilizados en autoclave a 121 °C y 15lb/pg^2 de presión por 15min), se dejan enfriar y se colocan en posición horizontal sobre una superficie desinfectada con solución de hipoclorito sódico (NaOCl) al 10%.

Tabla 8: Características de las cámaras de pudrición

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
Material	vidrio
Capacidad	300 ml
Forma	cilíndrica
Diámetro de base	5cm
Altura	8cm
Tapas de plástico	resistentes a altas temperaturas

f) Inoculación de las cámaras de pudrición

Cada cámara de pudrición esterilizada fue inoculada con un pequeño trozo de 1cm de cultivo de los hongos xilófagos con la ayuda de un sacabocado, luego fueron introducidas en la estufa eléctrica regulada a 27 ± 2 °C de temperatura y 70 ± 4% de humedad relativa hasta que el micelio cubra no menos de la mitad de la superficie del medio de cultivo.

g) Acondicionamiento y codificación de las probetas de ensayo

Las probetas secas en estufa se esterilizaron en autoclave a 120 °C y 15 lb/pg^2 de presión durante 20 min. Se introdujo una probeta en cada cámara de pudrición utilizando pinzas y guantes quirúrgicos esterilizados. Las tapas se enroscaron parcialmente para propiciar el intercambio gaseoso y la disponibilidad de oxigeno indispensable para el metabolismo de los hongos aeróbicos. Las probetas fueron identificadas con: Número de troza, nivel del árbol, código del hongo atacante y número de probeta.

h) Instalación del experimento

Las cámaras de pudrición se colocaron en el cuarto de incubación a temperatura ambiente por espacio de 90 días. La temperatura en esta

habitación se mantuvo aproximadamente a 20 °C y la humedad relativa de un 50%.

i) Determinación del peso final

Finalizado el periodo de exposición se retiraron las probetas de las cámaras de pudrición, fueron lavadas con alcohol acetona, secadas en estufa hasta peso constante. Luego se limpiaron los restos de micelio y se colocaron en la campana de desecación provista de NaCl por 20min. Por último, se pesaron en la balanza a 0,01g de precisión, el resultado obtenido se considera el peso fina del experimento (PF).

3.4.3. Evaluación y registro de resultados

a) Cálculo de la pérdida de peso

La pérdida de peso se calculó en las probetas de manera individual se calculó con los pesos iníciales y finales de la exposición frente a los agentes xilófagos. Esto se calcular con la siguiente fórmula matemática:

$$PP = (PI - PF) / PI * 100\ \%$$

Dónde:

- PP : pérdida de peso de las probetas del experimento, expresada en porcentaje (%).
- PI : peso inicial de las probetas del experimento, expresado en gramos (g).
- PF : peso final de las probetas del experimento, expresado en gramos (g).

3.4.4. Determinación de la resistencia natural

El grado de resistencia natural a la pudrición se determinó mediante la exposición de las probetas de madera a la acción de los cultivos puros de hongos xilófagos seleccionados según su comportamiento en pruebas *in vitro* y capacidad de pudrición y la transformación de los valores porcentuales de pérdida de peso en categorías de durabilidad natural de acuerdo la escala establecida en la Norma ASTM D 2017-81(86) que se muestra a continuación:

Tabla 9: Criterio para clasificar la resistencia natural de la madera frente al ataque de los agentes xilófagos

Categoría	Pérdida de peso (%)	Nivel de resistencia al hongo de prueba
A	0 – 10	Altamente resistente
B	11 - 24	Resistente
C	25 – 44	Moderadamente resistente
D	45 a mas	Ligera o no resistente

3.5. Tratamiento de datos

3.5.1. Diseño estadístico y factores de estudio

Tabla 10: D.C.R. con 2 factores

F1 Hongos	**= 2 (H_1=*Polyporus sanguineus*, H_2=*Lenzites erubescens*)**	
F2 Niveles	**= 3 (N_1 = Base, N_2 = Medio, N_3 = Ápice)**	
F1 Hongos	**= 2 (H_1, H_2)**	**6 Tratamientos**
F2 Niveles	**= 3 (N_1, N_2, N_3)**	
Repeticiones	**= 5 (arboles)**	
Unidades experimentales	**= 6 * 5 = 30**	
Cada unidad experimental	**= 4**	

Elaboración: propia

Las 30 unidades experimentales de madera *Matisia cordata* "sapote" fueron distribuidas al azar en las cámaras de pudrición. Al obtener los valores de los índices de pudrición se calculó el promedio por especie de hongo xilófago, niveles de los árboles, desviación estándar y coeficiente de variación.

El diseño empleado para el análisis de la resistencia a la pudrición bajo la acción de cada hongo xilófago es el diseño completamente randomizado (D.C.R.) con 2 factores (2 hongos y 3 niveles) teniendo de esta manera 6 tratamientos; las repeticiones son 5 árboles teniendo así 30 unidades experimentales.

Por cada árbol se obtuvo 3 niveles y de cada nivel se utilizó 8 probetas de las cuales las primeras 4 se inocularon con *Polyporus sanguineus* y 4 restantes con *Lenzites erubescens.* Se obtuvo el promedio de las 4 probetas inoculadas por cada hongo.

Tabla 11: Arreglo combinatorio

HONGOS	NIVELES DE FUSTE		
	N_1	N_2	N_3
H_1	$H_1 N_1$	$H_1 N_2$	$H_1 N_3$
H_2	$H_2 N_1$	$H_2 N_2$	$H_2 N_3$

Tabla 12: Tratamientos

N°	TRATAMIENTO
1	$H_1 N_1$
2	$H_2 N_1$
3	$H_1 N_2$
4	$H_2 N_2$
5	$H_1 N_3$
6	$H_2 N_3$

3.5.2. Análisis de varianza

Se efectuó el análisis de varianza de los valores porcentuales de la pérdida de peso observado en las probetas de madera de cada especie por acción de cada hongo xilófago para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas con un nivel de significación del 5% en el grado de pudrición ocasionado por cada especie de hongo. Los tratamientos estadísticamente significativos fueron analizados mediante la prueba de significación de Tukey.

Tabla 13: ANVA para un D.C.R. con 2 factores

Causas de variación	Gl	SC	CM	F
-Niveles(n)	n-1	SCn	SCn/gln	CMn/Cme
-Hongos(h)	h-1	SCh	SCh/glh	CMh/Cme
-Niveles x Hongos	t-(n+h)+1	SCn*h	SCn*h/gln*h	CMn*h/Cme
Error (e)	glT-glt	Sce	SCe/gle	
Total(T)	tr - 1			

3.5.3. Análisis de correlación y regresión

Se realizó el análisis de correlación y regresión lineal con un nivel de significancia de 5% para determinar la relación entre la resistencia a la pudrición de dos tipos de hongos (*Polyporus sanguineus* y *Lenzites erubescens*) y los niveles del árbol de *Matisia cordata* "sapote".

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Pérdida de peso de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" y su variabilidad por niveles del fuste a la pudrición ocasionada por dos especies de hongos xilófagos.

Tabla 14: Distribución de la pérdida de peso en porcentaje de las probetas por acción de hongos xilófagos

n = 30

Numero de Repetición (árboles)	Pérdida de peso por nivel a efecto del *Polyporus sanguineus*			Pérdida de peso por nivel a efecto del *Lenzites erubescens*		
	Nivel 1	**Nivel 2**	**Nivel 3**	**Nivel 1**	**Nivel 2**	**Nivel 3**
	Perdida en %	Perdida en %	Perdida en %	Perdida en %	Perdida en %	Perdida en %
1	26.78	27.64	30.23	29.45	32.51	33.34
2	21.73	26.09	29.78	28.26	31.88	33.91
3	22.72	26.46	27.89	28.72	31.09	34.15
4	24.82	27.10	26.26	30.82	33.09	34.82
5	24.62	27.01	27.27	31.86	31.53	32.27
Total	120.67	134.31	141.42	149.11	160.10	168.49
X	**24.13**	**26.86**	**28.28**	**29.82**	**32.02**	**33.70**
s	1.97	0.60	1.68	1.50	0.79	0.96
CV	8.16	2.23	5.94	5.02	2.47	2.84

Elaboración: propia

Tabla 15: Resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "Sapote" según la norma ASTM D 2017

Especie de hongo xilófago	Nivel del árbol	Pérdida de peso (%)	Nivel de resistencia al hongo de prueba	Categoría de resistencia a la pudrición
Polyporus sanguineus	Base	24.13	Resistente	B
	Medio	26.86	Moderadamente resistente	C
	Ápice	28.28	Moderadamente resistente	C
Lenzites erubescens	Base	29.82	Moderadamente resistente	C
	Medio	32.02	Moderadamente resistente	C
	Ápice	33.70	Moderadamente resistente	C

Fuente: Tabla 14

Tabla 16: Análisis de varianza (ANVA) de los valores promedios porcentuales de pérdida de peso

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Significancia
NIVEL	2	79.25	39.62	22.73	3.40	5.61	**
HONGO	1	216.92	216.92	124.42	4.26	7.82	**
NIVEL*HONGO	2	0.21	0.10	0.06	3.40	5.61	NS
ERROR	24	41.84	1.74				
TOTAL	29	338.22	**CV** = 4.53 % **D. Stan** = 1.32 **Media** = 29.19				

Fuente: Tabla 14

En la tabla 16, el análisis de varianza (ANVA) se observa que existen diferencias altamente significativas entre los promedios porcentuales de pérdida de peso a los niveles de fuste de la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "Sapote".

Tabla 17: Prueba de Tukey de la pérdida de peso según niveles del fuste

Niveles de Fuste	Medias porcentuales de pérdida de peso	Grupo Tukey
Base (N1)	26.98 %	a
Medio (N2)	29.44 %	b
Ápice (N3)	30.99 %	b

Según la prueba de Tukey, en la tabla 17 se observa la siguiente relación: a mayor nivel de fuste del árbol, mayor es su porcentaje de pérdida de peso. Así mismo no existe diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de peso entre los niveles **2** y **3** estando estos en un mismo grupo.

Tabla 18: Promedios porcentuales de pérdida de peso según tipo de hongo y niveles de fuste

	HONGOS XILOFAGOS		
NIVELES	H_1 *(Polyporus sanguineus)*	H_2 *(Lenzites erubescens)*	**PROMEDIO**
N1 (Base)	24.13	29.82	**26.98**
N2 (Medio)	26.86	32.02	**29.44**
N3 (Ápice)	28.28	33.70	**30.99**
PROMEDIO	**26.43**	**31.85**	

Fuente: Tabla 14

La tabla 18 muestra que el hongo xilófago *Lenzites erubescens* (H_2) responsable de la pudrición marrón es el más agresivo causando un 31.85 % de pérdida de peso a diferencia del hongo *Polyporus sanguineus* (H_1) responsable de la pudrición blanca con un incidencia del 26.43%.

4.2. Relación entre las variables resistencia a la pudrición a dos tipos de hongos y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote".

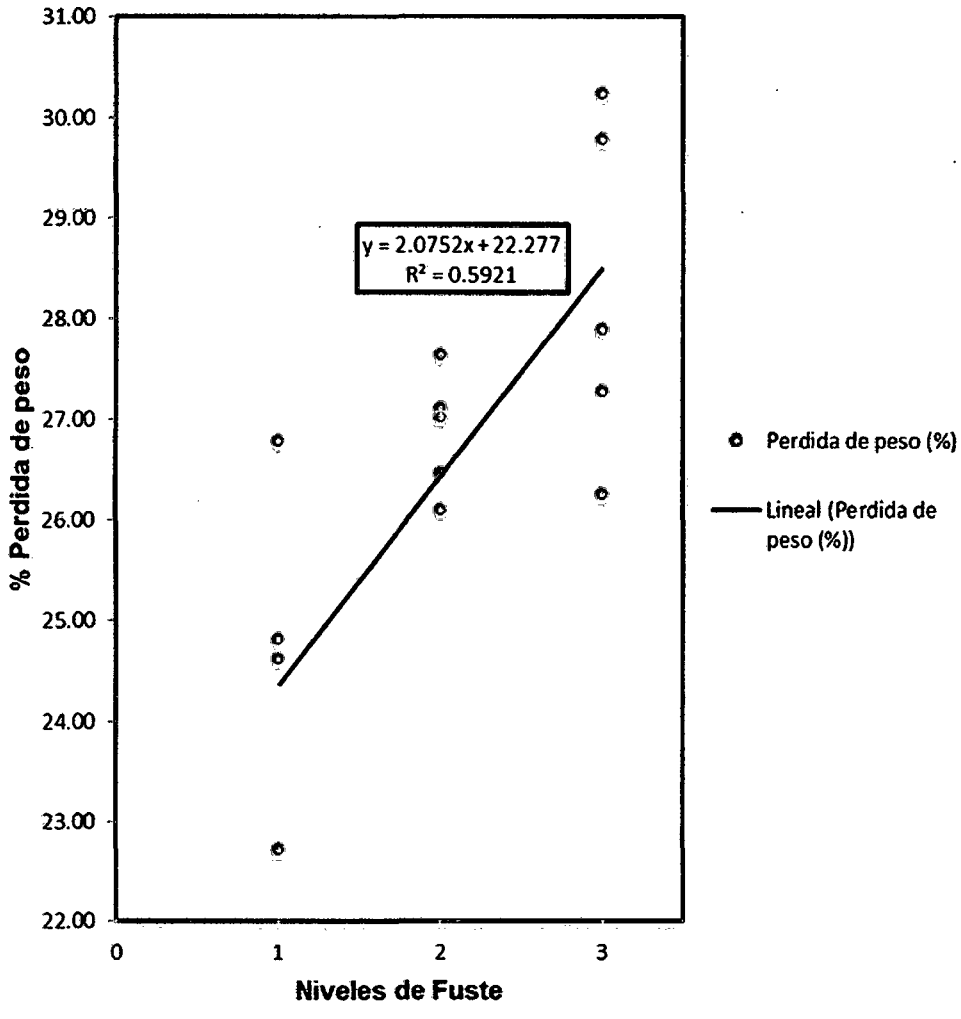


Figura 02: Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo *Polyporus sanguineus* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

Fuente : Tabla 14

Elaboración: Propia

Tabla 19: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Polyporus sanguineus* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

Variables	r	r^2 %	Ecuación	r_{tab}	Nivel de significancia
Niveles del fuste vs pérdida de peso	0.769	59.21	y = 2.0752x + 22.277	0,64	**

- Existe una relación altamente significativa entre el nivel del fuste y la pérdida de peso ocasionada por el hongo *Polyporus sanguineus*, dicha relación esta expresada por la ecuación lineal y = 2.0752x + 22.277 con un coeficiente de correlación de 0.769, lo que indica que conforme se avanza de la base al ápice del fuste del árbol, la pérdida de peso también se incrementa a razón de 2.08% por cada nivel.

- El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 59.21%. El 40.79% dependerá de otros factores tale como la presencia de taninos y otros elementos químicos naturales que presenta la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

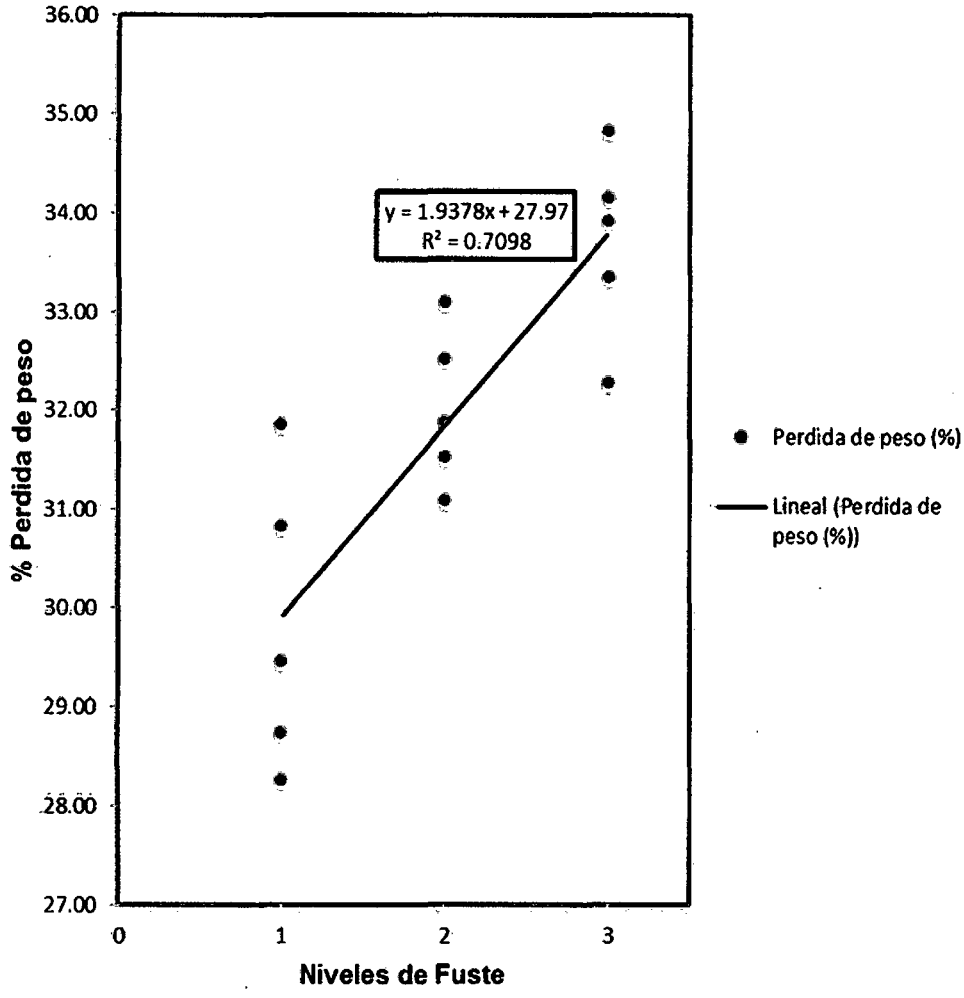


Figura 03: Relación entre la resistencia a la pudrición del *Lenzites erubescens* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

Fuente : Tabla 14

Elaboración: Propia

Tabla 20: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Lenzites erubescens* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

Variables	r	r^2 %	Ecuación	r_{tab}	Nivel de significancia
Niveles del fuste vs pérdida de peso	0.842	70.98	y = 1.9378x + 27.98	0,64	**

- Existe una relación altamente significativa entre el nivel del fuste y la pérdida de peso ocasionada por el hongo *Lenzites erubescens*, dicha relación esta expresada por la ecuación lineal y = 1.9378x + 27.98 con un coeficiente de correlación de 0.842, lo que indica que conforme se avanza de la base al ápice del fuste del árbol, la pérdida de peso también se incrementa a razón de 1.94% por cada nivel.

- El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 70.98%. El 29.02% dependerá de otros factores tale como la presencia de taninos y otros elementos químicos naturales que presenta la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote"

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la interpretación de los índices de resistencia de la madera establecidos en la Norma ASTM D-2017-81 de la presente investigación clasifican la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" como resistente al ataque del hongo *Polyporus sanguineus* L ex Fr y moderadamente resistente al ataque del hongo *Lenzites erubescens* (Mont) Fries, concordando con los estudios de Durabilidad natural en condiciones de laboratorio realizados por Renjifo y Trujillo (1992) quienes determinaron que esta especie es moderadamente resistente.

Con respecto a la intensidad de ataque de los hongos en prueba, se determinó que el hongo xilófago *Lenzites erubescens,* responsable de la pudrición marrón fue el más agresivo mostrando en las superficie de las probetas con una apariencia resquebrajada y de un color parda marrón como lo sostiene Ferreyra (2012). Esto se en gran parte al porcentaje de compuestos químicos de la madera, la *Matisia cordata* presenta un 55.62% de celulosa (AIDER 2013). La celulosa es el principal compuesto removido por el *Lenzites erubescens,* tal como lo sostiene Bobadilla (2004).

La actividad desintegradora de los hongos es diferente para cada nivel del árbol, este comportamiento se puede relacionar con la preferencia de alimento que presenta el hongo por el componente de la madera, ya sea celulosa o lignina y según la cantidad contenida en cada nivel del árbol; como lo corrobora Ferreyra (2012) en el estudio de durabilidad de la madera de Marupa, el cual determino que existe diferencias en cuanto al grado de resistencia con respecto a los niveles de fuste, mostrando al nivel 1 (base) como el más resistente y el nivel 3 (ápice) como el más vulnerable a la acción de ambos hongos en estudio, estos datos son similares a los obtenidos en este estudio.

Respecto a la relación nivel y porcentaje de pérdida de peso de la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote", el nivel apical es en todos los casos, el más vulnerable, mientras que la base presenta los valores mínimos tal como se muestra en

las figuras 02 y 03; estos resultados concuerdan la investigación de Vásquez, Bravo, Trujillo y Araujo (2007) en donde se halló una alta correlación entre la resistencia a la pudrición y el porcentaje de extractivos de los tres niveles del fuste, presentando la madera de la base del árbol mayor resistencia que los demás niveles; esto puede deberse a que la mayor cantidad de presencia de albura con respecto al duramen se encuentra en la parte apical de los arboles ya que el duramen tiene mayor resistencia natural que la albura, debido a que la albura, es suave y porosa, tiene almacenados en los radios y tejido parenquimático almidones solubles y azúcares simples. Tiene además, poros sin obstrucciones y generalmente más grandes y/o más numerosos que el duramen. El duramen tiene menor proporción de poros y por lo tanto cuentan con menor posibilidad de acceso al agua y oxígeno, indispensables para la supervivencia de los organismos como lo afirma JUNAC (1988).

El análisis de varianza y la prueba de Tukey, muestran los resultados como altamente significativos, por lo tanto el uso de un determinado nivel del árbol puede brindar mayor resistencia al ataque de los hongos xilófagos pero esto no quiere decir que solo cierto nivel brindara más resistencia natural que otro, en este caso el nivel de la base y medio presentan no tienen diferencias significativas por lo que presentan mayor resistencia, al ataque de los hongos utilizados en el estudio, con respecto al nivel del ápice, a diferencia de lo mencionado por de Ferreyra (2012), quien determino que existen diferencias significativas en los tres niveles del fuste.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. La resistencia a la pudrición de la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" es **moderadamente resistente**.

2. La pérdida de peso en la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" ocasionados por el hongo *Polyporus sanguineus* (**26.43%**) son superados por el hongo *Lenzites erubescens* (**31.85%**) con un promedio mayor al 5.42%. En tal sentido el agente xilófago más agresivo para esta especie es el *Lenzites erubescens* causando una mayor acción desintegradora y por ende una mayor pérdida de peso en los tres niveles respectivamente.

3. La menor pérdida de peso de la madera *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote" ocasionada por la pudrición de los hongos *Polyporus sanguineus* (H_1) y *Lenzites erubescens* (H_2) incide en el nivel base (N_1) con 24.13% y 29.82% respectivamente; paralelamente entre los dos hongos los resultados se incrementan en el nivel medio (N_2) a 26.86% y 32.02%, posteriormente el nivel ápice (N_2) presenta los valores más altos de 28.28% y 33.70%. Estos datos nos muestran la vulnerabilidad de los niveles de acuerdo al mayor efecto de pudrición de los hongos: nivel ápice, nivel medio y nivel base.

4. Existe relación altamente significativa entre el nivel del fuste y la pérdida de peso ocasionada por los hongos *Polyporus sanguineus* y *Lenzites erubescens*, con un coeficiente de correlación de 0.769 y 0.842 respectivamente, lo que indica que conforme se avanza de la base al ápice del fuste del árbol, la pérdida de peso también se incrementa a razón de 2.08% y 1.94% por cada nivel. El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 59.21% en el caso del hongo *Polyporus sanguineus* y 70.98% para el hongo *Lenzites erubescens*.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de resistencia de la madera con el uso de preservadores; así mismo, analizar costos de preservación y otros que permitan prolongar el uso de la madera en exteriores.

2. Realizar tratamientos de preservación para la madera de *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote", teniendo en cuenta que los niveles base y medio no presentan diferencias significativa, por lo que se puede aplicar el mismo tratamiento de preservación a ambos niveles, mientras que se aplicara otro tratamiento con mayor dosis al nivel ápice por ser más vulnerable.

3. La especie *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland "sapote", no debe utilizarse en condiciones a riesgo a pudrición a menos que este preservada.

4. Realizar estudios de resistencia natural teniendo en cuenta la procedencia de los arboles como factor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.W.PA. (American wood preservers association) 1985. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistence of wood. AWPA M-5. Annual reports. 13 p.

- A.S.T.M. (ANUAL BOOK OF STANDARD) 1986. Designación D: 2017-81. Método estándar de pruebas de laboratorio aceleradas de resistencia natural a la pudrición de la madera. Recuperado de http:// 211.167.243.154:1012/file/ gwbz/ANSI-ASTM%20D2017-05.PDF

- Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER. 2013. Estudio de la composición química de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Lima-Peru. 45p

- Avalos, A.G. 2012. Estudio de durabilidad natural de diez especies maderables de Ucayali. (Proyecto PD 512/08 Rev. 2(I) "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales"). AIDER. Recuperado de http://www.aider.com.pe/pdf/Informe %20tecnico%20durabilidad%20natural.pdf

- Bobadilla, E.A. 2004. Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Misiones). Recuperado de ftp://ftp.unam.edu.ar/mamcyp/ tesis/alicia_bobadilla.pdf

- Bobadilla, E.A., Pereyra, O., Silva, F., & Stehr, A.M. 2005. Durabilidad natural de la madera de dos especies aptas para la industria de la construcción. En Curitiba, P.R. (Ed.), Floresta (419-428). México. Recuperado de http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/download/5192/3904

- Buswell, J. A. "Fungal Degradation of Lignin" In Handbook of Applied Mycology. Vol 1: Soil and Plants. 425-480. Marcel Dekker Inc. (1990).

- Carballeira López; Sidney, Gonzalo & Milano. 1986. Manual de Preservación de Maderas. Vol. II, Capítulo 10.Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo. Capítulo 10.

- CONFEDERACION PERUANA DE LA MADERA – CPM. 2008. Compendio de información técnica de 32 especies forestales. Tomo II.

- Ferreyra, D. 2012. Resistencia a la pudrición de la madera de *Simarouba amara Aubl.* (Marupa) procedente del bosque Macuya – Ucayali a dos especies de hongos xilófagos en condiciones in-vitro. (Tesis inédita de grado). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales 1962. Norma 9518. Toxicidad, permanencia y eficacia de preservadores de madera. Método de laboratorio. Recuperado de: http://www.iram.org.ar/

- Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana 1999. Maderas del Perú. Recuperado de: http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-11.htm#TopOfPage.

- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1981. Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino. Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. PADT-REFORT-JUNAC. Cali. 442 p.

- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA 1988. Manual para la preservación de maderas. Bogotá. Colombia. Ed Carvajal. 405p.

- KOLLMAN, Franz F.P. And COTE Jr. W.A. 1984. Principles of wood Science and technology - Solid wood. Vol. I New York, Springer Verrlag. 592 p.

- Kollman, F. 1986. Principles of wood Science and technology – Solid wood. Vol. I New York, Springer Verrlag. 592 p.

- Lluncor, D. 2012.Estudio de las propiedades físicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. 46p

- Lluncor, D. 2011. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanentes. 33p

- Normas técnicas peruanas 2004. NTP 251.001 2003. Madera. Terminología. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual.

- NORMA TÉCNICA NACIONAL 251.001. 1989. Madera. Terminología. ITINTEC. Lima. 12 p.

- RENJIFO, J. TRUJILLO F. 1992. Durabilidad Natural de la Madera de nueve especies de Bombacaceas. Revista Forestal del Perú. 19(1): 83-92.

- REYNEL, C. 2003. Arboles útiles de la Amazonia Peruana. Lima – Perú

- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA – SENASA. 2008. Hongos e insectos forestales en el Perú "Identificación e inventario de insectos, hongos de importancia forestal en las regiones de Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, San Martin y Ucayali" Lima-Perú 21p.

- TOLEDO, E. 2002. Mercado y desarrollo de la industria forestal con especies de maderas no tradicionales. CIID. Lima. 18 p.

- Vásquez, J., Bravo M.R., Trujillo F., Araujo, M. 2007. Durabilidad natural de *Miconia barbeyana Cogniaux* "Paliperro" a la acción del hongo *Ganoderma applanatum* en tres niveles del fuste. En Universidad Nacional Agraria La Molina (Ed.), Anales científicos (pp. 128-133), 68 (2). Recuperado de http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/ 2007/2.pdf

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 21. Codificación de las probetas en base a la especie, número de troza, nivel de árbol y número de probeta.

CODIFICACION DE PROBETAS							
N°	CODIGO	N°	CODIGO	N°	CODIGO	N°	CODIGO
1	S1B1	31	S2B7	61	S3M5	91	S4A3
2	S1B2	32	S2B8	62	S3M6	92	S4A4
3	S1B3	33	S2M1	63	S3M7	93	S4A5
4	S1B4	34	S2M2	64	S3M8	94	S4A6
5	S1B5	35	S2M3	65	S3A1	95	S4A7
6	S1B6	36	S2M4	66	S3A2	96	S4A8
7	S1B7	37	S2M5	67	S3A3	97	S5B1
8	S1B8	38	S2M6	68	S3A4	98	S5B2
9	S1M1	39	S2M7	69	S3A5	99	S5B3
10	S1M2	40	S2M8	70	S3A6	100	S5B4
11	S1M3	41	S2A1	71	S3A7	101	S5B5
12	S1M4	42	S2A2	72	S3A8	102	S5B6
13	S1M5	43	S2A3	73	S3B1	103	S5B7
14	S1M6	44	S2A4	74	S3B2	104	S5B8
15	S1M7	45	S2A5	75	S3B3	105	S5M1
16	S1M8	46	S2A6	76	S3B4	106	S5M2
17	S1A1	47	S2A7	77	S3B5	107	S5M3
18	S1A2	48	S2A8	78	S3B6	108	S5M4
19	S1A3	49	S3B1	79	S3B7	109	S5M5
20	S1A4	50	S3B2	80	S3B8	110	S5M6
21	S1A5	51	S3B3	81	S4M1	111	S5M7
22	S1A6	52	S3B4	82	S4M2	112	S5M8
23	S1A7	53	S3B5	83	S4M3	113	S5A1
24	S1A8	54	S3B6	84	S4M4	114	S5A2
25	S2B1	55	S3B7	85	S4M5	115	S5A3
26	S2B2	56	S3B8	86	S4M6	116	S5A4
27	S2B3	57	S3M1	87	S4M7	117	S5A5
28	S2B4	58	S3M2	88	S4M8	118	S5A6
29	S2B5	59	S3M3	89	S4A1	119	S5A7
30	S2B6	60	S3M4	90	S4A2	120	S5A8

Dónde: **S** = Especie (*Matisia cordata*)

1, 2, 3, 4 y 5 = Numero de Árbol

B, M y A = Niveles del fuste (**B**= base, **M**= medio y **A**= ápice)

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 = Numero de probetas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.

Anexo 2.

Tabla 22. Codificación de las probetas en base al número de probeta, número de troza, nivel de troza y hongo atacante

Nivel	N° de Prob	Tipo de Hongo	ARBOL (Sapote)				
			1	2	3	4	5
BASE (B)	1		S1B1	S2B1	S3B1	S4B1	S5B1
	2	H_1 (*Polyporus sanguineus*)	S1B2	S2B2	S3B2	S4B2	S5B2
	3		S1B3	S2B3	S3B3	S4B3	S5B3
	4		S1B4	S2B4	S3B4	S4B4	S5B4
	5		S1B5	S2B5	S3B5	S4B5	S5B5
	6	H_2 (*Lenzites erubescens*)	S1B6	S2B6	S3B6	S4B6	S5B6
	7		S1B7	S2B7	S3B7	S4B7	S5B7
	8		S1B8	S2B8	S3B8	S4B8	S5B8
MEDIO (M)	1		S1M1	S2M1	S3M1	S4M1	S5M1
	2	H_1 (*Polyporus sanguineus*)	S1M2	S2M2	S3M2	S4M2	S5M2
	3		S1M3	S2M3	S3M3	S4M3	S5M3
	4		S1M4	S2M4	S3M4	S4M4	S5M4
	5		S1M5	S2M5	S3M5	S4M5	S5M5
	6	H_2 (*Lenzites erubescens*)	S1M6	S2M6	S3M6	S4M6	S5M6
	7		S1M7	S2M7	S3M7	S4M7	S5M7
	8		S1M8	S2M8	S3M8	S4M8	S5M8
ÁPICE (A)	1		S1A1	S2A1	S3A1	S4A1	S5A1
	2	H_1 (*Polyporus sanguineus*)	S1A2	S2A2	S3A2	S4A2	S5A2
	3		S1A3	S2A3	S3A3	S4A3	S5A3
	4		S1A4	S2A4	S3A4	S4A4	S5A4
	5		S1A5	S2A5	S3A5	S4A5	S5A5
	6	H_2 (*Lenzites erubescens*)	S1A6	S2A6	S3A6	S4A6	S5A6
	7		S1A7	S2A7	S3A7	S4A7	S5A7
	8		S1A8	S2A8	S3A8	S4A8	S5A8

Elaboración: propia

Anexo 3.

Tabla 23. Resultados de la pérdida de peso del nivel base en las probetas de Matisia cordata "Sapote"

HONGOS XILOFAGOS/NIVEL		ARBOL 1				ARBOL 2				ARBOL 3				ARBOL 4				ARBOL 5				Prom PP/hon (%)	Prom PP/nivel (%)
		N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP		
N1 NIVEL BASE	*H 1* *Polyporus sanguineus*	1	2,90	2,10	27.59	1	4,00	3,10	22.5	1	4,00	3,10	22.5	1	3,50	2,60	25.71	1	3,90	2,90	25.64		
		2	4,40	3,20	27.27	2	4,10	3,20	21.95	2	3,10	2,40	22.58	2	3,60	2,70	25	2	4,10	3,10	24.39		
		3	4,20	3,10	26.19	3	4,10	3,20	21.95	3	3,90	3,00	23.08	3	3,30	2,50	24.24	3	5,00	3,80	24	**24.13**	
		4	4,60	3,40	26.09	4	3,90	3,10	20.51	4	4,40	3,40	22.73	4	3,70	2,80	24.32	4	4,50	3,40	24.44		
		PROMEDIO			**26.785**	PROMEDIO			**21.7275**	PROMEDIO			**22.7225**	PROMEDIO			**24.8175**	PROMEDIO			**24.6175**		
	H 2 *Lenzytes erubescens*	5	4,50	3,20	28.89	5	3,70	2,70	27.03	5	3,90	2,80	28.21	5	4,30	3,00	30.23	5	3,90	2,60	33.33		**26.98**
		6	2,70	1,90	29.63	6	4,10	2,90	29.27	6	4,40	3,10	29.55	6	3,20	2,20	31.25	6	4,00	2,80	30		
		7	4,40	3,10	29.55	7	3,80	2,70	28.95	7	3,50	2,50	28.57	7	3,20	2,20	31.25	7	3,90	2,70	30.77	**29.82**	
		8	3,70	2,60	29.73	8	3,60	2,60	27.78	8	3,50	2,50	28.57	8	3,60	2,50	30.56	8	4,80	3,20	33.33		
		PROMEDIO			**29.45**	PROMEDIO			**28.2575**	PROMEDIO			**28.725**	PROMEDIO			**30.8225**	PROMEDIO			**31.8575**		

Elaboración: propia

Nº Prob : Número de probeta
PI (gr.) : Peso Inicial
PF (gr.) : Peso Final
%PP : Porcentaje de Pérdida de Peso
Prom PP/hon (%) : Promedio de Pérdida de Peso por hongo
Prom PP/nivel (%) : Promedio de Pérdida de Peso por nivel
Prom.Total Perd de peso (%) : Promedio Total de Pérdida de Peso

Tabla 24. Resultados de la pérdida de peso del nivel medio en las probetas de Matisia cordata "Sapote"

HONGOS XILOFAGOS/NIVEL		ARBOL 1				ARBOL 2				ARBOL 3				ARBOL 4				ARBOL 5				Prom PP/hon (%)	Prom PP/nivel (%)
		N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP		
N2 NIVEL MEDIO	*H 1* *Polyporus sanguineus*	1	4,00	2,90	27.5	1	4,20	3,10	26.19	1	3,70	2,70	27.03	1	3,80	2,80	26.32	1	3,60	2,60	27.78		
		2	4,80	3,50	27.08	2	4,10	3,00	26.83	2	3,80	2,80	26.32	2	2,50	1,80	28	2	4,50	3,30	26.67		
		3	4,50	3,20	28.89	3	3,90	2,90	25.64	3	4,20	3,10	26.19	3	3,30	2,40	27.27	3	3,80	2,80	26.32	**26.86**	
		4	4,80	3,50	27.08	4	3,50	2,60	25.71	4	3,80	2,80	26.32	4	4,10	3,00	26.83	4	3,30	2,40	27.27		
		PROMEDIO			**27.6375**	PROMEDIO			**26.0925**	PROMEDIO			**26.465**	PROMEDIO			**27.105**	PROMEDIO			**27.01**		**29.44**
	H2 *Lenzytes erubescens*	5	3,00	2,00	33.33	5	3,70	2,50	32.43	5	3,80	2,60	31.58	5	3,90	2,60	33.33	5	4,10	2,80	31.71		
		6	4,10	2,80	31.71	6	3,80	2,60	31.58	6	3,30	2,30	30.3	6	3,40	2,30	32.35	6	4,50	3,10	31.11		
		7	4,30	2,90	32.56	7	4,10	2,80	31.71	7	3,90	2,70	30.77	7	3,30	2,20	33.33	7	3,80	2,60	31.58	**32.02**	
		8	3,70	2,50	32.43	8	4,40	3,00	31.82	8	4,10	2,80	31.71	8	3,90	2,60	33.33	8	4,10	2,80	31.71		
		PROMEDIO			**32.5075**	PROMEDIO			**31.885**	PROMEDIO			**31.09**	PROMEDIO			**33.085**	PROMEDIO			**31.5275**		

Elaboración: propia

N° Prob : Número de probeta
PI (gr.) : Peso Inicial
PF (gr.) : Peso Final
%PP : Porcentaje de Pérdida de Peso
Prom PP/hon (%) : Promedio de Pérdida de Peso por hongo
Prom PP/nivel (%) : Promedio de Pérdida de Peso por nivel
Prom.Total Perd de peso (%) : Promedio Total de Pérdida de Peso

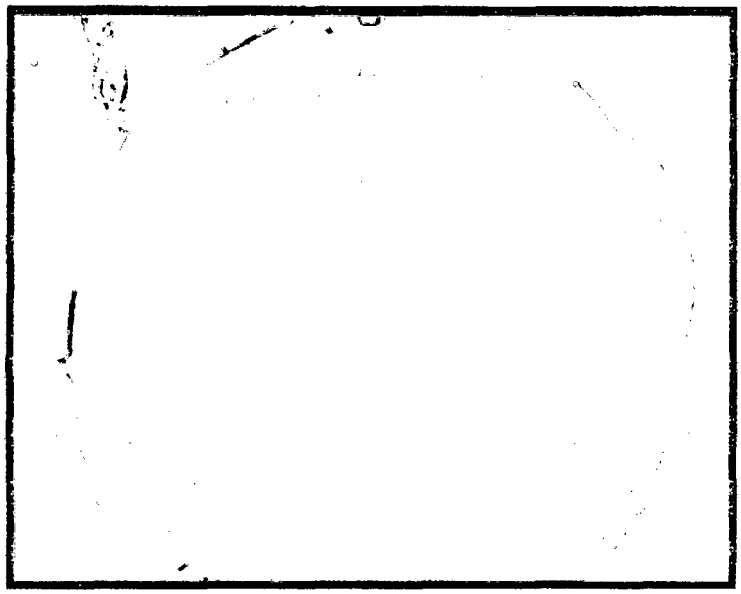
Tabla 25. Resultados de la pérdida de peso del nivel ápice en las probetas de Matisia cordata "Sapote"

HONGOS XILOFAGOS/NIVEL		ARBOL 1				ARBOL 2				ARBOL 3				ARBOL 4				ARBOL 5				Prom PP/hon (%)	Prom PP/nivel (%)
		N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP	N° Prob	PI (gr.)	PF (gr.)	% PP		
N 3 NIVEL APICE	*H 1* *Polyporus sanguineus*	1	4,00	2,80	30	1	4,50	3,20	28.89	1	4,20	3,00	28.57	1	4,10	3,00	26.83	1	3,90	2,80	28.21		
		2	4,20	2,90	30.95	2	3,70	2,60	29.73	2	4,40	3,20	27.27	2	4,40	3,20	27.27	2	3,40	2,50	26.47		
		3	3,70	2,60	29.73	3	4,40	3,10	29.55	3	3,90	2,80	28.21	3	2,70	2,00	25.93	3	2,90	2,10	27.59	**28.29**	
		4	4,30	3,00	30.23	4	4,20	2,90	30.95	4	4,00	2,90	27.5	4	3,20	2,40	25	4	4,10	3,00	26.83		
		PROMEDIO			**30.2275**	**PROMEDIO**			**29.78**	**PROMEDIO**			**27.8875**	**PROMEDIO**			**26.2575**	**PROMEDIO**			**27.275**		**30.99**
	H2 *Lenzytes erubescens*	5	4,1	2,7	34.15	5	4,3	2,8	34.8	5	4,3	2,8	34.88	5	3,1	2,0	35.48	5	3,9	2,6	33.33		
		6	4,10	2,70	34.15	6	4,50	3,00	33.33	6	4,40	2,90	34.09	6	3,80	2,50	34.21	6	3,40	2,30	32.35		
		7	4,00	2,70	32.5	7	3,90	2,60	33.33	7	4,50	3,00	33.33	7	3,40	2,20	35.29	7	3,80	2,60	31.58	**33.69**	
		8	4,30	2,90	32.56	8	4,40	2,90	34.09	8	3,50	2,30	34.29	8	3,50	2,30	34.29	8	4,40	3,00	31.82		
		PROMEDIO			**33.34**	**PROMEDIO**			**33.8875**	**PROMEDIO**			**34.1475**	**PROMEDIO**			**34.8175**	**PROMEDIO**			**32.27**		

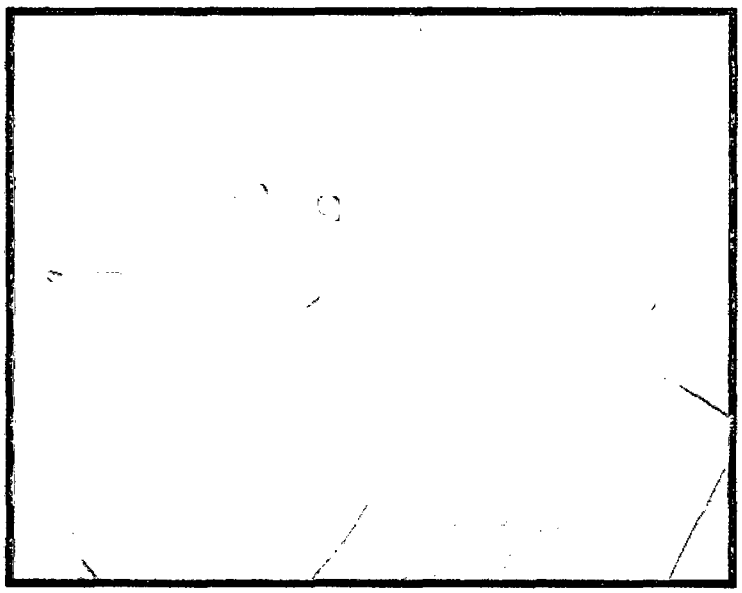
Elaboración: propia

Nº Prob : Número de probeta
PI (gr.) : Peso Inicial
PF (gr.) : Peso Final
%PP : Porcentaje de Pérdida de Peso
Prom PP/hon (%) : Promedio de Pérdida de Peso por hongo
Prom PP/nivel (%) : Promedio de Pérdida de Peso por nivel
Prom.Total Perd de peso (%) : Promedio Total de Pérdida de Peso

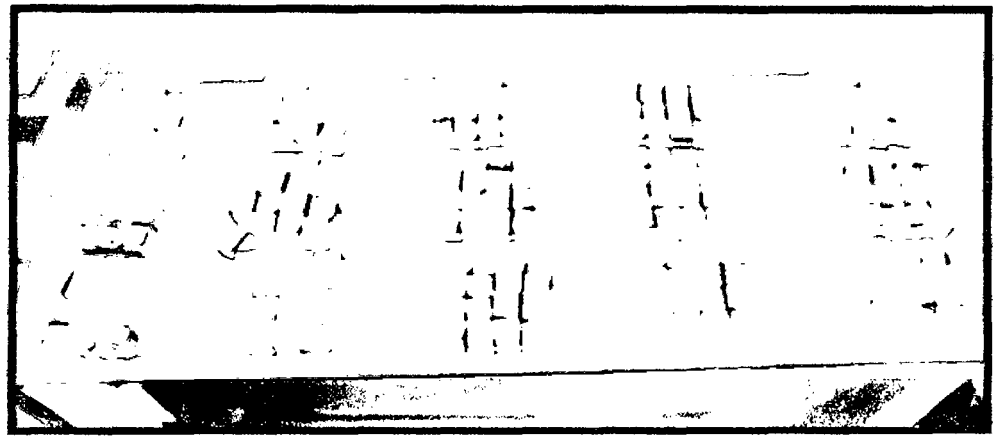
Anexo 4. ICONOGRAFÍA



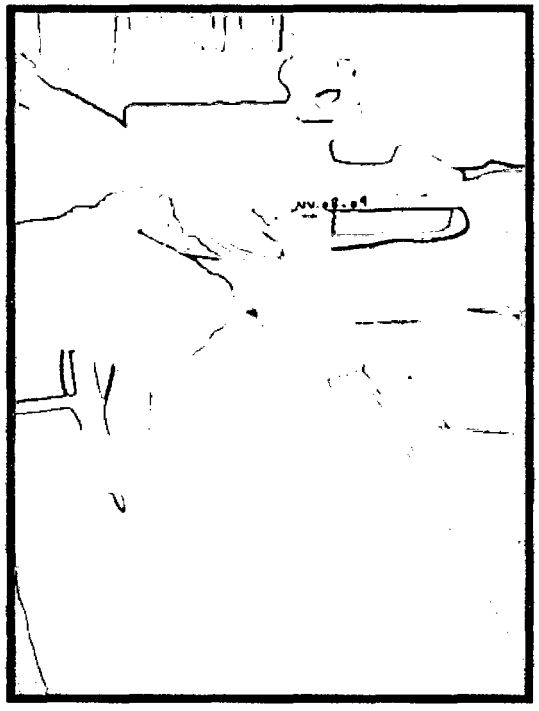
Fotografía 1. Vista horizontal de una de las rodajas de Matisia cordata "sapote" utilizadas para el estudio.



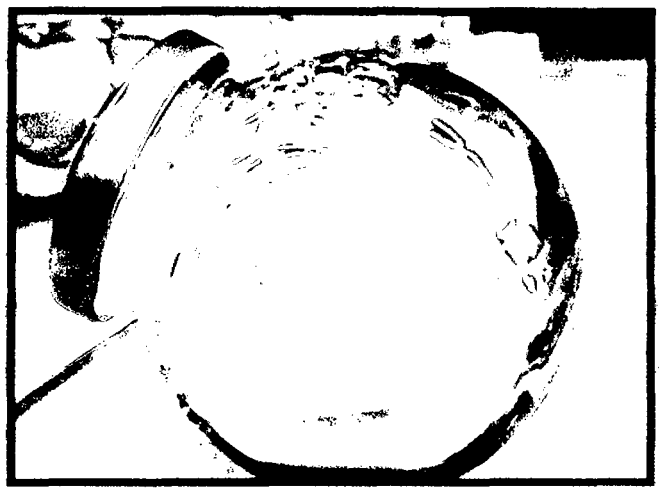
Fotografía 2. Preparación de las probetas de *Matisia cordata* "sapote"



Fotografía 3. Codificación de probetas de *Matisia cordata* "sapote" por árbol y niveles de fuste.



Fotografía 4. Preparación del medio de cultivo



Fotografía 5. Inoculación de las cámaras de pudrición

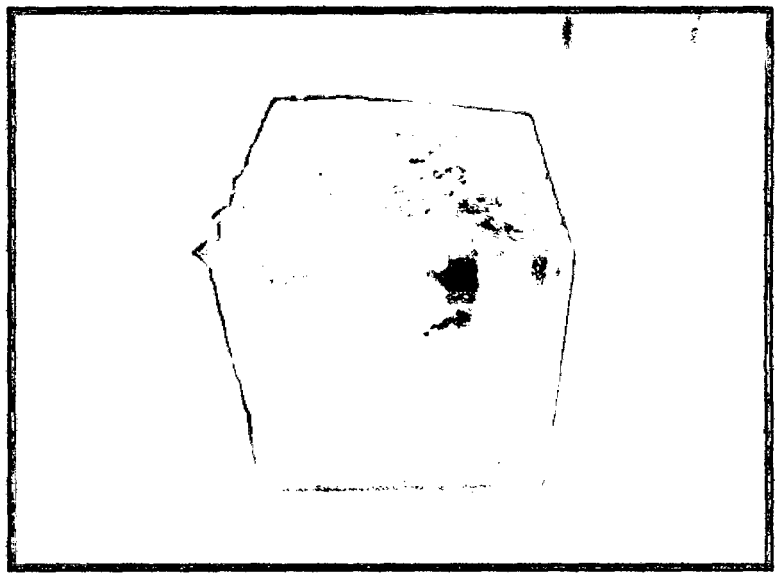


Fotografía 6. Acondicionamiento e Instalación del experimento

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.



Fotografía 7. Probeta de *Matisia cordata* "sapote" expuesta al ataque del *Lenzites erubescens*



Fotografía 8. Probeta de *Matisia cordata* "sapote" seca y lista para ser pesada.