UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL





RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN DE LA MADERA *Brosimun utile* (Kunth) Pittier (PANGUANA) PROCEDENTE DEL BOSQUE MACUYA - UCAYALI A DOS ESPECIES DE HONGOS XILÓFAGOS EN CONDICIONES IN VITRO

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

Bach. Anthony Bardales Ramírez

PUCALLPA - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

257/2014-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, a los doce dias del mes de Febrero del año 2014, en la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali, siendo las 11:08 am se reunieron los siguientes docentes:

Ing. Msc. Ruben Manturano Peréz	Presidente
Ing. Msc. Manuel Iván Salvador Cárdenas	Miembro
Ing. Fermín Campos Solórzano	Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis "**RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN DE LA MADERA *Brosimum* utile (Kunth) Pittier (PANGUANA) PROCEDENTE DEL BOSQUE MACUYA – UCAYALI A DOS ESPECIES DE HONGOS XILÓFAGOS EN CONDICIONES IN VITRO"** presentado por el **BACH. ANTHONY BARDALES RAMIREZ,** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal.

Terminada la exposición se procedió a formular las preguntas por parte de los miembros de los jurados, siendo absueltas satisfactoriamente, lo que le permitió al jurado calificador llegar a la siguiente conclusión: Aprobar por **UNANIMIDAD,** quedando el tesista expedir para obtener el título profesional de **INGENIERO FORESTAL**

Siendo 12:06 pm se dio por concluido esta acto académico

Ing. Msc. Ruben Manturano Peréz
Presidente

Ing. Msc. Iván Salvador Cárdenas
Miembro

Ing. Fermín Campos Solórzano
Miembro

DEDICATORIA

A los futuros ingenieros forestales que se incursionan en el camino de la investigación buscando el desarrollo sostenible de los recursos.

Anthony

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 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.

Anthony

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS ii
DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTO iv
ÍNDICE DEL CONTENIDO v
ÍNDICE DE CUADROS vii
ÍNDICE DE TABLAS viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS ix
ÍNDICE DE ANEXOS ix
RESUMEN xii
ABSTRACT xii
INTRODUCCIÓN xiii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO 15
1.1. Antecedentes 15
1.2. Planteamiento teórico 17
1.2.1. Descripción de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) 17
1.2.1.1. Clasificación taxonómica 17
1.2.1.2. Hábitat y distribución 18
1.2.1.3. Fisionomía 19
1.2.1.4. Características dendrológicas de la especie 19
1.2.1.5. Características de la madera 21
1.2.2. Resistencia natural de la madera 22
1.2.3. Método para determinar la durabilidad de la madera 23
Cuadro 01: Clasificación de la resistencia de la madera según pérdida de peso 24
Cuadro 02: Clasificación de la madera por su durabilidad natural 25
Cuadro 03: Clasificación de la resistencia de la madera según norma A.S.T.M.-D-2017 26
1.2.4. Hongos xilófagos 26
1.2.4.1. Tipos de hongos xilófagos 27

1.2.4.2. Tipos de pudrición 29
Cuadro 04: Diferencias entre tipos de pudrición de la madera 30
1.3. Definición de términos básicos 31
CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO 34
2.1. Método de investigación 34
2.2. Población y muestra 34
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 35
2.4. Procedimiento de recolección de datos 36
Cuadro 05: Codificación de la madera por número y nivel de troza 37
Cuadro 06: Composición del medio de cultivo 39
Cuadro 07: Características de las cámaras de pudrición 40
Cuadro 08: Criterio para clasificar la resistencia natural de la madera frente al ataque de los agentes xilófagos 42
2.5. Tratamiento de datos 42
Cuadro 09: D.C.R. con 2 factores 42
Cuadro 10: Arreglo combinatorio 43
Cuadro 11: Tratamientos 43
Cuadro 13: ANVA para un D.C.R. con 2 factores 44
2.5.3. Análisis de correlación y regresión 44
CAPÍTULO III. RESULTADOS 45
3.1. Pérdida de peso de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) y su variabilidad por niveles longitudinales del fuste a la pudrición ocasionada por dos especies de hongos xilófagos: *Lenzites erubescens* (Mont) Fries y *Pycnoporus sanguineus* L ex Fr. 45
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN 52
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES 54
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES 55
BIBLIOGRAFÍA 56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01 : Clasificación de la resistencia de la madera según pérdida de peso 24

Cuadro 02 : Clasificación de la madera por su durabilidad natural 25

Cuadro 03 : Clasificación de la resistencia de la madera según norma A.S.T.M.-D-2017 26

Cuadro 04 : Diferencias entre tipos de pudrición de la madera 30

Cuadro 05 : Codificación de la madera por número y nivel de troza 37

Cuadro 06 : Composición del medio de cultivo 39

Cuadro 07 : Características de las cámaras de pudrición 40

Cuadro 08 : Criterio para clasificar la resistencia natural de la madera frente al ataque de los agentes xilófagos 42

Cuadro 09 : D.C.R. con 2 factores 42

Cuadro 10 : Arreglo combinatorio 43

Cuadro 11 : Tratamientos 43

Cuadro 13 : ANVA para un D.C.R. con 2 factores 44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Distribución de la pérdida de peso en porcentaje de las probetas por acción de hongos xilófagos 45

Tabla 02: Resistencia a la pudrición de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) según la norma ASTM D 2017 46

Tabla 03: Análisis de varianza (ANVA) de los valores promedios porcentuales de pérdida de peso..... 46

Tabla 04: Prueba de Tukey de la pérdida de peso según niveles del fuste..... 47

Tabla 05: Promedios porcentuales de pérdida de peso según tipo de hongo 47

Tabla 06: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Pycnoporus sanguineus* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier..... 49

Tabla 07: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Lenzites erubescens* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier 51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01 : Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo *Pycnoporus sanguineus* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier.

Gráfico 02 : Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo *Lenzites erubescens* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01 . Codificación de las probetas en base al número de probeta, número de troza y nivel de troza

Anexo 02 . Codificación de las probetaś en base al número de probeta, número de troza, nivel de troza y hongo atacante

Anexo 03 . Resultados de la pérdida de peso *Brosimum utile* (Panguana)

Anexo 04 . Iconografía

RESUMEN

La investigación está fundada en el problema planteado: ¿Cuál es la resistencia a la pudrición de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) frente al ataque de dos especies de hongos xilófagos en condiciones in vitro?, tiene como objetivo primordial determinar y clasificar la resistencia a la pudrición de la madera de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier expuesta al ataque de dos hongos xilófagos bajo condiciones in vitro según la norma ASTM D-2017. Se desarrolló una investigación tipo cuantitativo de nivel exploratorio en el laboratorio de Microbiología de Fitopatología de la Universidad Nacional de Ucayali. La población estuvo constituida por los árboles de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier presentes en las zonas de prospección del CICFOR en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry; así mismo, según recomendaciones de la Norma Técnica Nacional 251.008; la muestra probabilística la forman cinco árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier. La técnica aplicada fue el sistema de registro descriptivo y categorial. Los resultados muestran que el agente xilófago más agresivo para esta especie es el *Pycnoporus sanguineus L. ex Fr.* 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. La Norma ASTM D-2017 clasifica a la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier como resistente al ataque del hongo *Pycnoporus sanguineus* L ex Fr y moderadamente resistente al ataque del hongo *Lenzites erubescens* (Mont) Fries.

Palabras clave: Resistencia, pudrición, durabilidad, *Brosimum utile*, hongos xilófagos.

ABSTRACT

The research is based on the problem: What is the resistance to wood rot *Brosimum utile* (Kunth) Pitter (panguana) against attack by two species of wood decay fungi in vitro?, aims primarily to determine and classify the decay resistance of the wood of the species *Brosimum utile* (Kunth) Pitter open to attack two wood decay fungi under in vitro conditions in accordance with ASTM D-2017. We developed a quantitative research exploratory level. The population consisted of the species trees *Brosimum utile* (Kunth) Pitter present in prospecting areas CICFOR at Km 5, left side of the road Fernando Belaunde Terry, likewise, as recommended by the standard probability sampling 251,008 ITINTEC the 05 trees are *Brosimum utile* (Kunth) Pitter. The technique used was the descriptive record system and categorical. The results show that the more aggressive xilófago agent for this species is the *Pycnoporus sanguineus L. ex Fr.* disintegrating action causing greater and greater weight loss at all three levels. The vulnerability of the levels according to the greater effect of rot fungi is as follows: level apex, middle and base level. The ASTM D-2017 Standard classifies wood Brosimum utile (Kunth) Pittier as moderately resistant to attack two wood decay fungi: *Lenzites erubescens* (Mont) Fries and *Pycnoporus sanguineus L. ex Fr.*

Keywords: Resistance, rot, durability, *Brosimum utile,* wood decay fungi.

INTRODUCCIÓN

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, su control o mitigación debido a la escasa información sobre ellos limita considerablemente al problema, una penosa realidad en la mayoría de las industrias de aserrío y laminado (Ferreyra, 2012).

El uso de la madera para un fin determinado depende principalmente de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades son modificadas, en mayor o menor escala, por alteraciones que presenta la madera, que provocan los agentes biológicos, siendo los hongos xilófagos los responsables de la destrucción de enormes cantidades de madera (Bobadilla et al., 2005). Para Holmquist et al. (2006) estos hongos según el tipo de pudrición producida se dividen en dos grupos, los de la pudrición blanca y los de la pudrición marrón o parda, las cuales son de vital importancia investigar mediante ensayos de laboratorio.

Según Avalos (2012) la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) es una de las diez especies maderables potenciales de bosques secundarios importantes de la Amazonía por su rápido crecimiento y enorme potencial de uso; sin embargo, la durabilidad natural del *Brosimum utile* (Kunth) Pittier 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 *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) bajo condiciones in vitro. Así mismo los objetivos específicos fueron:

- Determinar la pérdida de peso de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) y su variabilidad por niveles longitudinales del fuste a la pudrición ocasionada por dos especies de hongos xilófagos: *Lenzites erubescens* (Mont) Fries y *Pycnoporus 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 *Brosimum utile* (Kunth) Pittier.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. 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.

Holmquist (2006) realizó pruebas para determinar la durabilidad natural en muestras de dos maderas de los llanos del Bajo Apure en Venezuela, Chigo (*Campsiandra comosa* Benth., Caesalpinaceae) y Saladillo (*Caraipa llanorum* Cuatrecasas, Clusiaceae), sometidas a la acción de degradación por parte de los hongos xilófagos de uso internacional Gloeophyllum trabeum y Trametes versicolor de la pudrición marrón y blanca respectivamente, así como *Gloeophyllum erubescens*, y *Pycnoporus sanguineus* con iguales tipos de pudrición, comunes en la zona de origen de estas maderas. Para efectos de comparación determinó la durabilidad de la madera de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet) usada para estos fines en este tipo de ensayos. De acuerdo con los resultados, las maderas tropicales son altamente resistentes a la acción de los hongos xilófagos con respecto a la madera de pino determinada como no resistente.

Coello (2005) menciona que la especie sande *Brosimum utile* por tratarse de una madera de densidad media 0.41, presenta la facilidad de ser preservada con un buen porcentaje de impregnación del producto químico, tanto en su albura como en el duramen, condición necesaria para la búsqueda de un método de preservación sin el uso de maquinarias costosas. La especie el Sande (*Brosimum utile*), perteneciente a la familia Moraceae, disminuye el 30% de su volumen total que ingresa a la fábrica debido al ataque de los hongos xilófagos. Según la escala de la Junta del Acuerdo de Cartagena para la clasificación de maderas por la tratabilidad, sometida al método baño caliente – frío al 5% de concentración, la madera de sande (*Brosimum utile*)

se ubica de la categoría fácil de tratar. El tiempo de espera de la materia prima, tanto en el bosque, como en el puerto, son las principales causas del ataque que disminuye el 30% de madera que ingresa a la empresa.

Toledo y Rincón (1996) mencionan en su investigación que la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier, es de baja durabilidad natural, susceptible al ataque de la mancha azul, hongos de pudrición e insectos xilófagos. Se recomienda su preservación. Requiere ser tratada rápidamente y retirada del bosque para prevenir la mancha azul y ataque de carcoma.

Toledo (1994) en su trabajo de investigación realizó tratamientos de control biológico para evitar ataques de hongos e insectos mediante productos persevantes solubles en agua como fungicidas e insecticidas. Los resultados de usos de maderas por productos finales consideran a la panguana como una especie forestal adecuada para puertas sólidas, marcos, vigas, muebles. Entre las propiedades tecnológicas la panguana es de: dureza media, forma de la troza cilíndrica, textura media, tensión no. Entre las características de procesamiento, secado, trabajabilidad y durabilidad resulto ser de: aserrío fácil, durabilidad natural moderadamente susceptible al ataque biológico, secado requiere programa moderado, preservación buena impregnabilidad inmersión en madera húmeda baño caliente frio en seco, trabajabilidad fácil encolado clavado bueno, usos carpintería interiores, estructuras livianas laminado molduras.

1.2. Planteamiento teórico

1.2.1. Descripción de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana)

1.2.1.1. Clasificación taxonómica

El Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana (1999), describe la taxonomía de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier de la siguiente manera:

Reino : Plantae

Phylum : Traqueófitas

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Urticales

Familia : Moraceae

Género : *Brosimum*

Especie : *Brosimum utile* ssp. Ovatifolium (Ducke) C.C. Berg

Autor epíteto específico : *(Kunth Pittier) Oken ex. J. Presl*

Nombres comunes: **Perú:** Panguana, leche caspi, chigonga, loro micuna, sacha tulpay. **Brasil:** Amapadoco anapá, turury, prunainha, amapa doce, caucho macho. **Bolivia:** Pio. **Venezuela:** Palo de vaca, marina, palo de oso, árbol de leche, árbol de vaca, cavo, cedro montañés, vacuno. **Colombia:** Sande, perillo, lechero rojo, avichurí, vaco, palo de vaca, árbol de leche, lechero, vacuno guaimaro, aceituno rojo, palanco, jidonuna, pan de árbol, pucre, yanchama, yanchama colorada. **Costa Rica:** Mataste, palo de vaca.

1.2.1.2. Hábitat y distribución

El área de distribución de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier se extiende desde la cuenca del río Amazonas en Colombia y Perú hasta América Central, encontrándose su límite al norte en el suroeste de Costa Rica. La extensa distribución ocasiona diferencias morfológicas a nivel regional, por lo cual Berg (1972) describe a la especie como polimorfa. La

presencia de ésta especie se limita a los bosques húmedos tropicales hasta alturas de 900 msnm.

1.2.1.3. Fisionomía

Según Janzen (1991) la especie llama la atención en el bosque primario debido a las dimensiones de su fuste rectos y sin ramificaciones (20m o más). Según Berg (1972) estos individuos alcanzan alturas de hasta 35 m. Tronco cilíndrico, de más de 20 m de altura y hasta 1m de diámetro; aletones poco desarrollados, gruesos. INIA (1999) describe que la corteza superficial del tronco presenta lenticelas abultadas, alargadas y dispuestas en líneas horizontales; la corteza muerta es una capa amarillenta de 1mm de espesor que se desprende en láminas delgadas. Corteza viva de 2cm de espesor; en ella se distinguen dos capas, entre las dos capas existe un estrato delgado, marrón amarillento que exuda abundante látex blanco, dulceíno. Las copas de los árboles jóvenes son de forma cónica, las de los árboles adultos son de forma plana y ancha con pocas y gruesas ramas, que se insertan en ángulo recto en el fuste. Estos individuos adultos presentan raíces tablares anchas que alcanzan hasta 5 m de altura. La corteza de las raíces tablares cercana al suelo generalmente se abre en forma vertical.

1.2.1.4. Características dendrológicas de la especie

a) **Hojas:** Son simples y alternas, de borde entero y tienen una forma ligeramente cordada en la base. Las hojas adultas son coriáceas y de forma ovoide, según INIA (1999) alcanzan de 15 a 30cm de longitud y de 5,5 a 12,0cm de ancho. El ápice es relativamente corto y

acuminado. La vellosidad presente en el envés se inserta moderadamente en el limbo.

b) **Flores:** Las inflorescencias andróginas monoicas están ubicadas en el eje de las hojas, son blancas y de apariencia casi esférica. Su diámetro es de 5-10 mm. El perianto, que está conformado por 1-5 tépalos concrescentes, velludos y de forma variable puede estar ausente (Janzen, 1991). Las inflorescencias generalmente contienen un variable número de flores masculinas y una a tres flores femeninas insertas en la región distal de la inflorescencia.

c) **Frutos y semillas:** La drupa es de forma esférica, de color marrón oscuro en estado maduro, mide aprox. 3 cm de diámetro y contiene una semilla. La carne es de consistencia pastosa cuando el fruto madura, además es comestible y de sabor dulce (Janzen, 1991). En los frutos inmaduros se pueden reconocer claramente los restos de las inflorescencias masculinas y brácteas en forma de panal que se encuentran insertas en la región distal de la inflorescencia. Las semillas casi esféricas se encuentran cubiertas por un pericarpo delgado y marrón, que se abre durante su secado. La delgada testa se caracteriza por un diseño radial fino y de color marrón castaño. En promedio se pueden esperar 21,5 semillas secas/kg (INIA, 1999).

d) **Fenología y reproducción:** *Brosimum utile* (Kunth) Pittier florece entre noviembre y enero y los frutos maduran entre febrero y marzo. Según observaciones propias en el área de estudio la mayoría de frutos caen entre enero y febrero. La germinación de las semillas en el bosque natural es muy buena, la regeneración natural es muy abundante en las cercanías del árbol madre (INIA, 1999).

1.2.1.5. Características de la madera

En cuanto al color el tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco y las capas internas (duramen) de color crema, observándose entre ambas capas un leve y gradual contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se toma de color blanco HUE 8/2 2.5Y y el duramen amarillo pálido HUE 8/4 2.5Y. Olor no distintivo. Lustre o brillo Intenso o elevado. Grano entrecruzado. Textura media. Veteado o figura: Bandas anchas paralelas; jaspeado en la sección radial (INIA, 1999).

a) **Propiedades:** Madera fácil de inmunizar a vacío y presión e inmersión, teniendo una retención superior a 200Kg/m3 y una penetración total. En cuanto a su durabilidad natural es baja, no es resistente al ataque de hongos e insectos. En uso exterior su duración es menor de un año por lo que debe procesarse y secar lo antes posible luego de ser aserrada. Referente a la trabajabilidad, es fácil de trabajar en las diferentes operaciones de maquinado. El aserrado de la madera húmeda produce superficies algo lanosas. Contiene pequeñas cantidades de cristales de sílice, lo cual hace que la madera sea abrasiva, siendo por lo tanto necesario para su labrado utilizar herramientas con filos reforzados y las técnicas de corta adecuada. Ofrece un buen acabado y se deja encolar fácilmente (INIA, 1999).

   Toledo (1994) afirma que entre las características de procesamiento, secado, trabajabilidad y durabilidad la panguana resulto ser de aserrío fácil, durabilidad natural moderadamente susceptible al ataque biológico, secado requiere programa moderado, preservación buena impregnabilidad inmersión en madera húmeda baño caliente

frio en seco, trabajabilidad fácil encolado clavado bueno, usos carpintería interiores, estructuras livianas laminado molduras.

INIA (1999) menciona las siguientes propiedades de la panguana:

- Propiedades físicas

  Densidad básica 0.49 g/CM3.
  Contracción tangencial 6.88 %
  Contracción radial 3.71 %
  Contracción volumétrica 6.69 %
  Relación T/R 1.90

- Propiedades mecánicas

  Módulo de elasticidad en flexión 100,000 kg/cm2
  Módulo de rotura en flexión 511.00 kg/cm2
  Compresión paralela (RM) 264.00 kg/cm2
  Compresión perpendicular (ELP) 41.00 kg/cm2
  Corte paralelo a las fibras 74.00 kg/cm2
  Dureza en los lados 380.00 kg/cm2
  Tenacidad (resistencia al choque) 2.70 kg-m

1.2.2. 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.

Trujillo (1985) y Yataco (1986), al realizar estudios de durabilidad natural de maderas de diferentes especies, encontraron que el contenido de extractivos en la madera presenta una alta correlación con la resistencia a la pudrición, y que la densidad de ésta no presenta correlación con la resistencia biológica de las mismas. Además, menciona que en muchas especies, el duramen interno es menos durable que el externo; y que la durabilidad va aumentando a partir de la base del árbol hacia la punta del fuste.

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.

1.2.3. 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.

Cuadro 01: 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.

Cuadro 02: 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.

Cuadro 03: Clasificación de la resistencia de la madera según norma A.S.T.M.-D-2017

PROMEDIO DE PERDIDA DE PESO (%)	PROMEDIO DE PESO RESIDUALv (%)	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). Designación D: 2017-81.

1.2.4. 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.

Findlay (1967), señala que los hongos se reproducen por esporas, y en condiciones adecuadas de humedad, éstas germinan dando origen a las hifas, que en conjunto forman un tejido llamado micelio. Una vez que el hongo ha desarrollado el micelio, forma cuerpos fructíferos (esporóforos) en el que se producirán nuevas esporas, para así completar el ciclo.

Hunt y Garrat (1962), indican que los hongos lignícolas pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo a la naturaleza de su desarrollo y al tipo de deterioro que ocasionan. Los hongos lignívoros son los más importantes, ya que son capaces de desintegrar las paredes de la célula, cambiando las características físicas y químicas de la madera dando lugar a la pudrición.

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 (Hunt y Garrat, 1962).

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.

1.2.4.1. Tipos de hongos xilófagos

a) Pycnoporus 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: Raymundo (1993) afirma que esta especie es cosmopolita, se desarrolla en zonas templadas como en tropicales, crecen en la primera mitad del verano sobre tocones y ramas de árboles.
- 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**

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

  Reino : Fungi
  Phylum : Basidiomycota
  Clase : Basidiomycetes
  Subclase : Incertaesedis

Orden : Polyporales

Familia : Coriolaceae.

- Distribución: La presencia muy común del hongo *Lenzites erubescens* sobre diversos leños de maderas frondosas y raras veces en coníferas, la distribución de esta especie se extiende desde gran parte del mundo trófico hasta regiones frías. SENASA (2008) reporta la presencia de esta especie sobre maderas en Loreto, San Martín y Tarapoto.
- Síntomas: Causa pudrición de color marrón en la madera dándole aspecto corchoso o resquebrajada.

1.2.4.2. 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.

a) **Pudrición marrón o parda.-** Está producida por hongos que se alimentan preferentemente de la celulosa dejando un residuo de color marrón oscuro. 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. Al secarse la pieza el material residual tiende a agrietarse formando una estructura de pequeños cubos o prismas que se disgrega con facilidad como si fuera polvo 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. (Kollman, 1986).

b) **Pudrición blanca.-** Se caracterizan porque el hongo se alimenta principalmente de la lignina estos tipos de

hongos descomponen todos los elementos de la pared celular, mediante la acción de sus enzimas (catalasas o difenil), la lignina se encuentra como material de incrustación en la lámina media y paredes celulares de la madera. La madera afectada pierde su color característico, toma un color blancuzco, se vuelve fibrosa y se rompe con facilidad, por lo que a veces se la llama pudrición fibrosa. Generalmente afectan más a las maderas frondosas que a las coníferas, ya que estas tienen mayor contenido de lignina. A veces se denomina pudrición corrosiva o deslignificante (Kollman, 1986).

Cuadro 04: 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). Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción.

1.3. 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 II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Método de investigación

El tipo de investigación es científica básica. De acuerdo al nivel de medición y análisis de información es una investigación tipo cuantitativo de nivel exploratorio ya que una variable fue manipulada con el fin de describir por qué se produce una situación particular.

El método usado para la determinación de la resistencia a la pudrición de la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) 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".

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población estuvo constituida por árboles de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) seleccionadas por sus características fitosanitarias, morfológicas, DAP y fuste comercial presentes en las zonas de prospección del Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya – CICFOR ubicado políticamente en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo San Alejandro-Puerto Bermúdez, en las provincias de Padre Abad y Puerto Inca respectivamente. Geográficamente se encuentra entre las siguientes coordenadas:

- Latitud : 8° 22'a 8° 36' S
- Longitud : 74° 48'a 75° 35' w
- Altitud : 220 msnm.

2.2.2. Muestra

La muestra la constituyen 5 árboles de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana), el muestreo probabilístico se realizó en forma aleatoria e independiente según las recomendaciones de la Norma Técnica Nacional 251.008.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Técnicas

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

2.3.2. 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.
- Vagueta de vidrio.
- 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.

2.3.3. Equipos

a) Equipo de esterilización: Autoclave de esterilización, estufa eléctrica, termostato regulable.

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

c) Equipo de incubación: Cuarto de incubación, andamios de madera.

d) Equipo de conservación: Refrigeradora o frigorífico, campana de desecación.

2.4. Procedimiento de recolección de datos

2.4.1. 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 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 ***Brosimum utile (Kunth) Pittier (PANGUANA)*** 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:

Cuadro 05: 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

2.4.2. Trabajo de laboratorio

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

a) Preparación y codificación de las probetas

En la preparación de las probetas las 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 muestras para 8 probetas de 2cm x 2cm x de 2cm, en total para los ensayos se utilizaron 120 probetas (24 probetas por troza). 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 balanza con 0,01 g de precisión, 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 N°01).

b) Selección de las especies de hongos xilófagos

Se seleccionaron dos hongos en el Centro de Investigación Forestal 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: *Lenzites erubescens* y *Pycnoporus sanguineus.*

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^{0}C y 15 lb de presión por espacio de 20 min.

Cuadro 06: 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

Avalos, A.G. (2012). Estudio de durabilidad natural de diez especies maderables de Ucayali. AIDER.

d) Cultivo de hongos en estudio

En la siembra de los hongos *Lenzites erubescens* y *Pycnoporus sanguineus* 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^{0}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^{0}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%.

Cuadro 07: Características de las cámaras de pudrición

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^{0}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).

2.4.3. 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).

2.4.4. 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:

Cuadro 08: 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

2.5. Tratamiento de datos

2.5.1. Diseño estadístico y factores de estudio

Cuadro 09: D.C.R. con 2 factores

F1 Hongos = 2(H_1=*Pycnoporus 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	

Las 30 unidades experimentales de madera panguana 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 4 se inocularon con *Pycnoporus sanguineus* y 4 con *Lenzites erubescens.* Se obtuvo el promedio de las 4 probetas inoculadas por cada hongo.

Cuadro 10: Arreglo combinatorio

	N_1	N_2	N_3
H_1	$H_1 N_1$	$H_1 N_2$	$H_1 N_3$
H_2	$H_2 N_1$	$H_2 N_2$	$H_2 N_3$

Cuadro 11: Tratamientos

Tratamiento 1	$H_1 N_1$
Tratamiento 2	$H_2 N_1$
Tratamiento 3	$H_1 N_2$
Tratamiento 4	$H_2 N_2$
Tratamiento 5	$H_1 N_3$
Tratamiento 6	$H_2 N_3$

2.5.2. 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. (Salvador, 2007).

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

Causas de variación	Gl	SC	CM	F
Tratamiento (t)	t - 1	SCt	SCt/glt	CMt/Cme
-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			

2.5.3. 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 (*Pycnoporus sanguineus* y *Lenzites erubescens*) y los niveles del árbol de panguana.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Pérdida de peso de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) y su variabilidad por niveles longitudinales del fuste a la pudrición ocasionada por dos especies de hongos xilófagos: *Lenzites erubescens* (Mont) Fries y *Pycnoporus sanguineus* L ex Fr.

Tabla 01: Distribución de la pérdida de peso en porcentaje de las probetas por acción de hongos xilófagos

n = 30

NÚMERO DE REPETICIÓN (árboles)	Porcentaje de pérdida de peso					
	Pycnoporus sanguineus (H_1)			*Lenzites erubescens* (H_2)		
	N_1	N_2	N_3	N_1	N_2	N_3
1	21.80	23.51	24.83	24.56	25.80	26.58
2	21.01	23.91	25.40	25.32	26.65	28.22
3	22.97	23.59	25.71	25.19	26.09	27.56
4	23.96	25.98	26.52	24.88	26.03	27.03
5	22.26	24.15	25.61	25.60	26.59	28.34
ẋ	**22.40**	**24.23**	**25.61**	**25.11**	**26.23**	**27.55**
s	**1.30**	**1.19**	**1.28**	**1.42**	**1.47**	**2.24**
% CV	**5.81**	**4.89**	**5.00**	**5.66**	**5.62**	**8.12**

FUENTE : Tabla de distribución de porcentaje y frecuencia

ELABORACIÓN : Propia

Tabla 02: Resistencia a la pudrición de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) 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
Pycnoporus sanguineus	Base	22.40	Resistente	B
	Medio	24.23	Resistente	B
	Ápice	25.61	Moderadamente resistente	C
Lenzites erubescens	Base	25.11	Moderadamente resistente	C
	Medio	26.23	Moderadamente resistente	C
	Ápice	27.03	Moderadamente resistente	C

FUENTE : Tabla 01

ELABORACIÓN : Propia

Tabla 03: 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	37.96	18.98	31.77	3.40	5.61	**
HONGO	1	36.27	35.27	59.05	4.26	7.82	**
NIVEL*HONGO	2	0.61	0.36	0.51	3.40	5.61	NS
ERROR	24	14.34	0.60				
TOTAL	29	88.16	CV = 0.03				
			D. Stan = 0.77				
			Media = 25.21				

FUENTE : Tabla 01

ELABORACIÓN : Propia

En la tabla 03, 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 *Brosimum utile* (Kunth) Pittier.

Tabla 04: Prueba de Tukey de la pérdida de peso según niveles del fuste

Media de los porcentajes de pérdida de peso	Agrupamiento	Unidades muestrales	Nivel del fuste
23.76	**A**	10	1 (Base)
25.23	**B**	10	2 (Medio)
26.58	**C**	10	3 (Ápice)

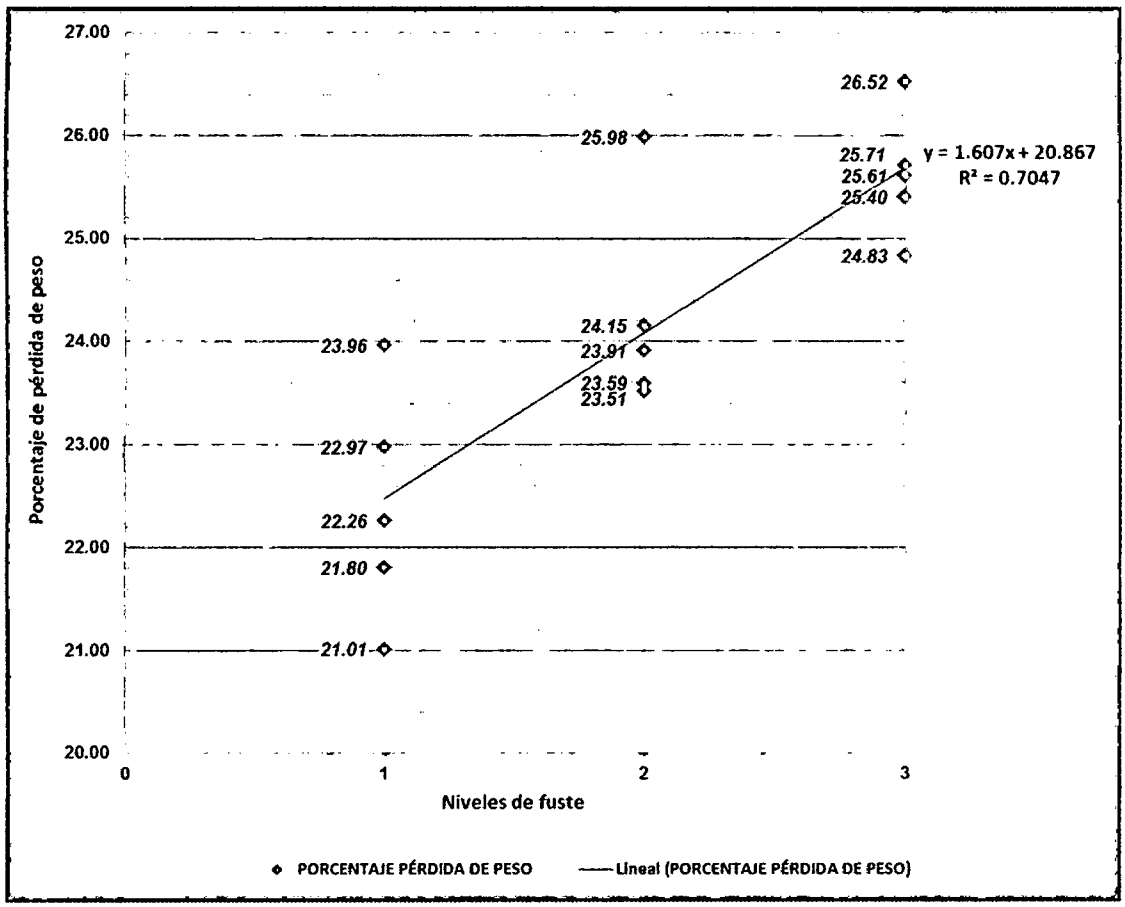
- Según la prueba de Tukey, en la tabla 04 se observa la siguiente relación: a mayor nivel de fuste del árbol, mayor es su porcentaje de pérdida de peso.

Tabla 05: Promedios porcentuales de pérdida de peso según tipo de hongo

Tipo de hongo	Media de los porcentajes de pérdida de peso	Unidades muestrales
1 (*Pycnoporus sanguineus*)	24.08	15
2 (*Lenzites erubences*)	26.30	15

- La tabla 05 muestra que el hongo xilófago *Lenzites erubescens* (H_2) responsable de la pudrición marrón es el más agresivo causando un 26.30% de pérdida de peso a diferencia del hongo *Pycnoporus sanguineus* (H_1) responsable de la pudrición blanca con un incidencia del 24.08%.

3.2. Relación entre las variables resistencia a la pudrición a dos tipos de hongos y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier.



FUENTE : Tabla 06

ELABORACIÓN : Propia

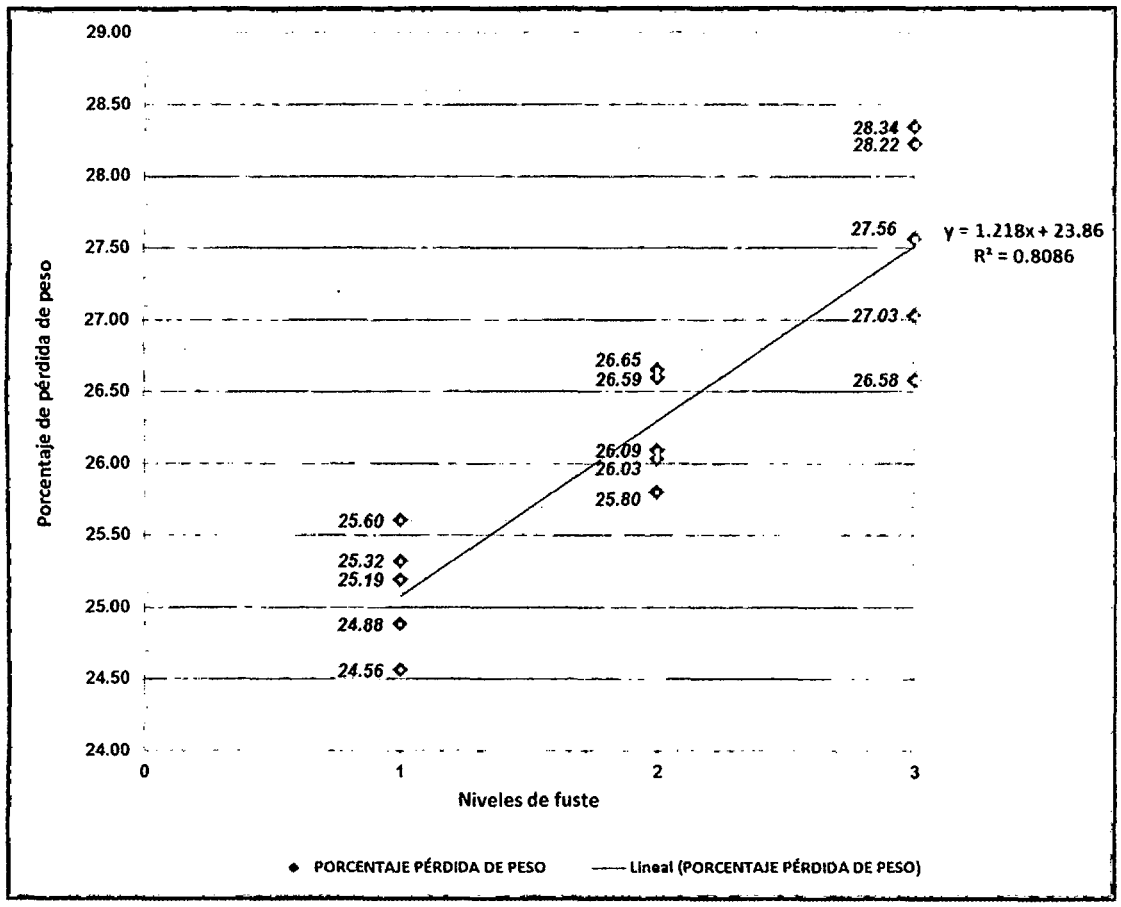
Gráfico 01: Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo Pycnoporus sanguineus y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Brosimum utile (Kunth) Pittier

Tabla 06: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Pycnoporus sanguineus* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier

Variables	r	r^2 %	Ecuación	r_{tab}	Nivel de significancia
Niveles del fuste vs pérdida de peso	0.839	70.5	y = 1.607x + 20.867	0,64	**

- Existe una relación altamente significativa entre el nivel del fuste y la pérdida de peso ocasionada por el hongo *Pycnoporus sanguineus*, dicha relación esta expresada por la ecuación lineal y = 1.607x + 20.867 con un coeficiente de correlación de 0.839, 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 1.61% por cada nivel.

- El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 70.5% y el 29.5% dependerá de otros factores.



FUENTE : Tabla 07

ELABORACIÓN : Propia

Gráfico 02: Relación entre la resistencia a la pudrición del hongo Lenzites erubescens y los niveles longitudinales del fuste de la madera de Brosimum utile (Kunth) Pittier

Tabla 07: Análisis de correlación y regresión lineal entre la pudrición del hongo *Lenzites erubescens* y los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier

Variables	r	r^2 %	Ecuación	r_{tab}	Nivel de significancia
Niveles del fuste vs pérdida de peso	0.899	80.9	y = 1.218x + 23.86	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 = 1.218x + 23.86 con un coeficiente de correlación de 0.899, 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 1.22% por cada nivel.

- El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 80.9% y el 19.1% dependerá de otros factores.

CAPÍTULO IV. 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 *Brosimum utile* como resistente al ataque del hongo *Pycnoporus sanguineus* L ex Fr y moderadamente resistente al ataque del hongo *Lenzites erubescens* (Mont) Fries, al igual que los estudios de tratamientos de control biológico realizados por Toledo (1994) la cual menciona que esta especie presenta una durabilidad natural moderadamente susceptible al ataque biológico.

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 como sucedió en esta investigación, ya que aquellas que fueron muy cubiertas por mantos fungosos indicaron porcentajes altos de pérdida de peso, como es el caso del *Lenzites erubescens* (Mont) Fries que tuvo un buen desarrollo micelial concordando con Ferreyra (2012).

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 Kollman (1959) y Ferreyra (2012).

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 Kollman (1959).

Respecto a la relación nivel y porcentaje de perdida de peso de la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana), el nivel apical es en todos los casos, el más vulnerable, siendo el nivel medio el que presenta valores intermedios y la base los valores mínimos tal como se muestra en los gráficos 01 y 02; 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 comportamiento de la panguana es similar a la especie estudiado por Ferreyra (2012) la cual determino que 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, concordando con dicho autor.

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 nivel medio con respecto al nivel del ápice, concordando con la investigación de Ferreyra (2012). Debe tenerse en cuenta que estos datos se circunscriben a la resistencia con el ataque de los hongos utilizados por lo tanto constituyen índices relativos, en base a lo cual se puede determinar que la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier, no debe utilizarse en condiciones de riesgo a pudrición a menos que este sea preservada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

La evaluación de la resistencia a la pudrición de la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana), basada en la norma ASTM D-2017, resulto ser resistente al ataque del hongo *Pycnoporus sanguineus* L ex Fr y moderadamente resistente al ataque del hongo *Lenzites erubescens* (Mont) Fries.

La pérdida de peso en la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) ocasionados por el hongo *Pycnoporus sanguineus* (24.08%) son superados por el hongo *Lenzites erubescens* (26.30%) con un promedio mayor al 2.15 %. 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.

La menor pérdida de peso de la madera *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) ocasionada por la pudrición de los hongos *Pycnoporus sanguineus* (H_1) y *Lenzites erubescens* (H_2) incide en el nivel base (N_1) con 22.40% y 25.11% respectivamente; paralelamente entre los dos hongos los resultados se incrementan en el nivel medio (N_2) a 24.23% y 26.23%, posteriormente el nivel ápice (N_2) presenta los valores más altos de 25.61% y 27.03%. 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.

Existe relación altamente significativa entre el nivel del fuste y la pérdida de peso ocasionada por los hongos *Pycnoporus sanguineus* y *Lenzites erubescens*, con un coeficiente de correlación de 0.899 y 0.839 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 1.61% y 1.22% por cada nivel. El coeficiente de determinación indica que la pérdida de peso depende de los niveles del fuste en un 70.5% en el caso del hongo *Pycnoporus sanguineus* y 80.9% para el hongo *Lenzites erubescens*.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

Por la importancia que tiene el uso de esta madera de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana) se debe 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.

Con el objetivo de complementar el presente estudio se recomienda investigar el porcentaje de componentes extractivos que presenta la especie, ya que los investigadores consideran que existe correlación entre la resistencia natural de la especie y sus componentes extractivos.

Realizar tratamientos de preservación para la especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana), teniendo en cuenta los niveles longitudinales del fuste ya que cada nivel presenta diferentes porcentajes de resistencia natural.

La especie *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (panguana), no debe utilizarse en condiciones a riesgo a pudrición a menos que este preservada.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.

- Arias, D.; Sánchez, J. 1996. Condiciones para la viverización de 23 especies maderables nativas de la Zona Sur de Costa Rica. In: Boletín Informativo No. 6, Proyecto Especies Nativas en la Zona Sur de Costa Rica: 1-4.

- 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

- 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

- Coello, D.M. 2005. Diseño de un sistema de preservación aplicable para el especie sande "*Brosimum utile*" en la empresa ECO MADERA VERDE S.A. (Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial). Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/24421/2/articulo5.pdf

- 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.

- Findlay, W. 1967. Timber pests and Diseases. Pergamon Press. 1° Edición.London, England. 280 p.

- Holmquist, O. et. al 2006. Durabilidad natural de maderas comunes en el Bajo Apure de Venezuela I: Chigo y Saladillo. Rev. For. Lat N° 39/2006 (1-16). Venezuela. Recuperado de http://www.saber.ula.ve/bitstream/ 123456789/ 24147/2/articulo5.pdf

- 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-p4-25.htm#TopOfPage

- Janzen, D.H. 1991. Cómo salvar la diversidad biológica tropical. Am. Entomol. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 159-171.

- Junta del Acuerdo de Cartagena 1988. Manual para la preservación de maderas. Bogota. Colombia. Ed Carvajal. 405p.

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

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

- Organización para Estudios Tropicales 1992. Especies nativas y exóticas para la reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. OET y DGF; recop. Donald Nichols y Eugenio González. EUNED, San José.

- Raymundo, M. 1993. Pudrición del duramen de árboles en pie de especies de importancia comercial en la Reserva Forestal Imataca, Fundo. Bolívar Guayana Venezolana. Trabajo de Grado Magister Science, Centro de estudios Forestales, Merida Venezuela.107p

- Servicio Nacional de Sanidad Agraria 2006. Identificación e inventario de plagas de importancia forestal en las regiones de Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Ministerio de Agricultura del Perú.

- Toledo, E. 1994. Mercado y desarrollo de la industria forestal con especies de maderas no tradicionales. En José M. Toledo (ed.), Memoria del Seminario-Taller "Biodiversidad y desarrollo sostenible de la Amazonía en una economía de mercado" (p. 215). Recuperado de http:// archive.idrc.ca/library/ document/101488/chap10_s.html

- Toledo, E. & Rincón, C. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Proyecto OIMT PD 37/88(I) Rev. 3, fases I y II. Instituto Nacional de recursos naturales (INRENA). Lima – Perú. 240 p.

- Trujillo, E. 1995. Manejo de semillas forestales: Guía técnica para el extensionista forestal. Serie técnica, Manual Técnico No. 17. CATIE, Turrialba.

- 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

- Yataco, P.A. 1986. Durabilidad natural de la madera de Madre de Dios a la acción de 3 hongos xilófagos. U.N.A. La Molina. Lima-Perú. 108 p.

ANEXOS

Anexo 01. Codificación de las probetas en base al número de probeta, número de troza y nivel de troza

N° de Probeta	Nivel	NÚMERO DE TROZA				
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
1	BASE (N_1)	$1T_1N_1$	$1T_2N_1$	$1T_3N_1$	$1T_4N_1$	$1T_5N_1$
2		$2T_1N_1$	$2T_2N_1$	$2T_3N_1$	$2T_4N_1$	$2T_5N_1$
3		$3T_1N_1$	$3T_2N_1$	$3T_3N_1$	$3T_4N_1$	$3T_5N_1$
4		$4T_1N_1$	$4T_2N_1$	$4T_3N_1$	$4T_4N_1$	$4T_5N_1$
5		$5T_1N_1$	$5T_2N_1$	$5T_3N_1$	$5T_4N_1$	$5T_5N_1$
6		$6T_1N_1$	$6T_2N_1$	$6T_3N_1$	$6T_4N_1$	$6T_5N_1$
7		$7T_1N_1$	$7T_2N_1$	$7T_3N_1$	$7T_4N_1$	$7T_5N_1$
8		$8T_1N_1$	$8T_2N_1$	$8T_3N_1$	$8T_4N_1$	$8T_5N_1$
1	MEDIO (N_2)	$1T_1N_2$	$1T_2N_2$	$1T_3N_2$	$1T_4N_2$	$1T_5N_2$
2		$2T_1N_2$	$2T_2N_2$	$2T_3N_2$	$2T_4N_2$	$2T_5N_2$
3		$3T_1N_2$	$3T_2N_2$	$3T_3N_2$	$3T_4N_2$	$3T_5N_2$
4		$4T_1N_2$	$4T_2N_2$	$4T_3N_2$	$4T_4N_2$	$4T_5N_2$
5		$5T_1N_2$	$5T_2N_2$	$5T_3N_2$	$5T_4N_2$	$5T_5N_2$
6		$6T_1N_2$	$6T_2N_2$	$6T_3N_2$	$6T_4N_2$	$6T_5N_2$
7		$7T_1N_2$	$7T_2N_2$	$7T_3N_2$	$7T_4N_2$	$7T_5N_2$
8		$8T_1N_2$	$8T_2N_2$	$8T_3N_2$	$8T_4N_2$	$8T_5N_2$
1	ÁPICE (N_3)	$1T_1N_3$	$1T_2N_{23}$	$1T_3N_3$	$1T_4N_3$	$1T_5N_3$
2		$2T_1N_3$	$2T_2N_3$	$2T_3N_3$	$2T_4N_3$	$2T_5N_3$
3		$3T_1N_3$	$3T_2N_3$	$3T_3N_3$	$3T_4N_3$	$3T_5N_3$
4		$4T_1N_3$	$4T_2N_3$	$4T_3N_3$	$4T_4N_3$	$4T_5N_3$
5		$5T_1N_3$	$5T_2N_3$	$5T_3N_3$	$5T_4N_3$	$5T_5N_3$
6		$6T_1N_3$	$6T_2N_3$	$6T_3N_3$	$6T_4N_3$	$6T_5N_3$
7		$7T_1N_3$	$7T_2N_3$	$7T_3N_3$	$7T_4N_3$	$7T_5N_3$
8		$8T_1N_3$	$8T_2N_3$	$8T_3N_3$	$8T_4N_3$	$8T_5N_3$

Anexo 02. Codificación de las probetas en base al número de probeta, número de troza, nivel de troza y hongo atacante

N° de Prob.	Nivel	Hongo	TROZAS				
			T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
1	BASE (N_1)	H_1	$1T_1N_1H_1$	$1T_2N_1H_1$	$1T_3N_1H_1$	$1T_4N_1H_1$	$1T_5N_1H_1$
2			$2T_1N_1H_1$	$2T_2N_1H_1$	$2T_3N_1H_1$	$2T_4N_1H_1$	$2T_5N_1H_1$
3			$3T_1N_1H_1$	$3T_2N_1H_1$	$3T_3N_1H_1$	$3T_4N_1H_1$	$3T_5N_1H_1$
4			$4T_1N_1H_1$	$4T_2N_1H_1$	$4T_3N_1H_1$	$4T_4N_1H_1$	$4T_5N_1H_1$
5		H_2	$5T_1N_1H_2$	$5T_2N_1H_2$	$5T_3N_1H_2$	$5T_4N_1H_2$	$5T_5N_1H_2$
6			$6T_1N_1H_2$	$6T_2N_1H_2$	$6T_3N_1H_2$	$6T_4N_1H_2$	$6T_5N_1H_2$
7			$7T_1N_1H_2$	$7T_2N_1H_2$	$7T_3N_1H_2$	$7T_4N_1H_2$	$7T_5N_1H_2$
8			$8T_1N_1H_2$	$8T_2N_1H_2$	$8T_3N_1H_2$	$8T_4N_1H_2$	$8T_5N_1H_2$
1	MEDIO (N_2)	H_1	$1T_1N_2H_1$	$1T_2N_2H_1$	$1T_3N_2H_1$	$1T_4N_2H_1$	$1T_5N_2H_1$
2			$2T_1N_2H_1$	$2T_2N_2H_1$	$2T_3N_2H_1$	$2T_4N_2H_1$	$2T_5N_2H_1$
3			$3T_1N_2H_1$	$3T_2N_2H_1$	$3T_3N_2H_1$	$3T_4N_2H_1$	$3T_5N_2H_1$
4			$4T_1N_2H_1$	$4T_2N_2H_1$	$4T_3N_2H_1$	$4T_4N_2H_1$	$4T_5N_2H_1$
5		H_2	$5T_1N_2H_2$	$5T_2N_2H_2$	$5T_3N_2H_2$	$5T_4N_2H_2$	$5T_5N_2H_2$
6			$6T_1N_2H_2$	$6T_2N_2H_2$	$6T_3N_2H_2$	$6T_4N_2H_2$	$6T_5N_2H_2$
7			$7T_1N_2H_2$	$7T_2N_2H_2$	$7T_3N_2H_2$	$7T_4N_2H_2$	$7T_5N_2H_2$
8			$8T_1N_2H_2$	$8T_2N_2H_2$	$8T_3N_2H_2$	$8T_4N_2H_2$	$8T_5N_2H_2$
1	ÁPICE (N_3)	H_1	$1T_1N_3H_1$	$1T_2N_3H_1$	$1T_3N_3H_1$	$1T_4N_3H_1$	$1T_5N_3H_1$
2			$2T_1N_3H_1$	$2T_2N_3H_1$	$2T_3N_3H_1$	$2T_4N_3H_1$	$2T_5N_3H_1$
3			$3T_1N_3H_1$	$3T_2N_3H_1$	$3T_3N_3H_1$	$3T_4N_3H_1$	$3T_5N_3H_1$
4			$4T_1N_3H_1$	$4T_2N_3H_1$	$4T_3N_3H_1$	$4T_4N_3H_1$	$4T_5N_3H_1$
5		H_2	$5T_1N_3H_2$	$5T_2N_3H_2$	$5T_3N_3H_2$	$5T_4N_3H_2$	$5T_5N_3H_2$
6			$6T_1N_3H_2$	$6T_2N_3H_2$	$6T_3N_3H_2$	$6T_4N_3H_2$	$6T_5N_3H_2$
7			$7T_1N_3H_2$	$7T_2N_3H_2$	$7T_3N_3H_2$	$7T_4N_3H_2$	$7T_5N_3H_2$
8			$8T_1N_3H_2$	$8T_2N_3H_2$	$8T_3N_3H_2$	$8T_4N_3H_2$	$8T_5N_3H_2$

Anexo 03. Resultados de la pérdida de peso *Brosimum utile* (Panguana)

	HONGOS XILOFAGOS/ NIVEL	ARBOL 1				ARBOL 2				ARBOL 3				ARBOL 4				ARBOL 5				Prom PP/hon (%)
		N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	
NIVEL BASE	*Pycnoporus sanguineus*	1	4.90	3.80	22.45	1	4.90	3.80	22.45	1	5.00	3.90	22.00	1	5.30	4.00	24.53	1	5.90	4.60	22.03	22.40
		2	4.60	3.60	21.74	2	4.60	3.70	19.57	2	5.20	4.00	23.08	2	5.00	3.80	24.00	2	5.70	4.40	22.81	
		3	4.70	3.70	21.28	3	4.60	3.70	19.57	3	4.70	3.60	23.40	3	4.70	3.60	23.40	3	5.30	4.10	22.64	
		4	4.60	3.60	21.74	4	4.90	3.80	22.45	4	4.70	3.60	23.40	4	4.60	3.50	23.91	4	5.10	4.00	21.57	
		PROMEDIO			**21.80**	**PROMEDIO**			**21.01**	**PROMEDIO**			**22.97**	**PROMEDIO**			**23.96**	**PROMEDIO**			**22.26**	
	Lencytes erubencens	5	4.70	3.60	23.40	5	4.90	3.70	24.49	5	4.90	3.80	22.45	9	5.30	4.00	24.53	9	5.60	4.20	25.00	25.11
		6	4.70	3.60	23.40	6	5.10	3.78	25.88	6	5.30	4.00	24.53	10	5.40	4.00	25.93	10	6.20	4.50	27.42	
		7	4.90	3.70	24.49	7	5.20	3.80	26.92	7	5.40	4.00	25.93	7	5.30	4.00	24.53	7	5.20	3.90	25.00	
		8	5.20	3.80	26.92	8	5.00	3.80	24.00	8	6.10	4.40	27.87	8	5.30	4.00	24.53	8	5.20	3.90	25.00	
		PROMEDIO			**24.56**	**PROMEDIO**			**25.32**	**PROMEDIO**			**25.19**	**PROMEDIO**			**24.88**	**PROMEDIO**			**25.60**	

	HONGOS XILOFAGOS/ NIVEL	ARBOL 1				ARBOL 2				ARBOL 3				ARBOL 4				ARBOL 5				Prom PP/hon (%)
		N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	
M	*Pycnoporus*	1	4.70	3.60	23.40	1	4.40	3.40	22.73	1	4.60	3.50	23.91	1	4.90	3.60	26.53	1	5.40	4.10	24.07	24.23

	sanguineus	2	4.50	3.50	22.22	2	4.90	3.70	24.49	2	5.10	3.90	23.53	2	5.30	3.90	26.42	2	5.50	4.10	25.45	
		3	4.60	3.50	23.91	3	4.70	3.60	23.40	3	4.80	3.70	22.92	3	5.10	3.80	25.49	3	6.00	4.60	23.33	
		4	4.90	3.70	24.49	4	5.20	3.90	25.00	4	5.00	3.80	24.00	4	5.10	3.80	25.49	4	5.90	4.50	23.73	
	PROMEDIO				**23.51**	**PROMEDIO**			**23.91**	**PROMEDIO**			**23.59**	**PROMEDIO**			**25.98**	**PROMEDIO**			**24.15**	
	Lencytes erubencens	9	4.70	3.50	25.53	5	4.50	3.30	26.67	5	5.20	3.80	26.92	9	4.90	3.70	24.49	9	5.50	4.00	27.27	
		10	4.70	3.50	25.53	6	5.40	3.90	27.78	6	5.10	3.70	27.45	10	5.60	4.10	26.79	10	5.10	3.70	27.45	
		11	4.40	3.40	22.73	7	4.60	3.40	26.09	7	4.50	3.40	24.44	7	5.30	3.90	26.42	11	5.90	4.30	27.12	26.23
		8	5.10	3.60	29.41	8	4.60	3.40	26.09	8	4.70	3.50	25.53	8	5.30	3.90	26.42	8	5.30	4.00	24.53	
	PROMEDIO				**25.80**	**PROMEDIO**			**26.65**	**PROMEDIO**			**26.09**	**PROMEDIO**			**26.03**	**PROMEDIO**			**26.59**	
	HONGOS XILOFAGOS/ NIVEL	**ARBOL 1**				**ARBOL 2**				**ARBOL 3**				**ARBOL 4**				**ARBOL 5**				**Prom PP/hon (%)**
		N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	N	PI (gr.)	PF (gr.)	%PP	
NIVEL ÁPICE	*Pycnoporus sanguineus*	1	4.50	3.40	24.44	1	4.80	3.60	25.00	1	4.60	3.40	26.09	1	4.90	3.60	26.53	1	5.90	4.30	27.12	
		2	4.60	3.50	23.91	2	4.70	3.50	25.53	2	4.30	3.20	25.58	2	5.50	3.90	29.09	2	5.30	4.00	24.53	
		3	4.50	3.40	24.44	3	4.70	3.50	25.53	3	4.30	3.20	25.58	3	4.90	3.60	26.53	3	5.00	3.80	24.00	25.61
		4	4.90	3.60	26.53	4	4.70	3.50	25.53	4	4.30	3.20	25.58	4	4.60	3.50	23.91	4	5.60	4.10	26.79	
	PROMEDIO				**24.83**	**PROMEDIO**			**25.40**	**PROMEDIO**			**25.71**	**PROMEDIO**			**26.52**	**PROMEDIO**			**25.61**	
	Lencytes erubencens	5	4.90	3.70	24.49	5	4.50	3.30	26.67	5	4.30	3.20	25.58	5	4.60	3.40	26.09	9	4.70	3.40	27.66	
		6	4.70	3.50	25.53	6	4.90	3.50	28.57	6	4.50	3.30	26.67	6	4.60	3.40	26.09	10	5.90	4.20	28.81	
		7	5.20	3.60	30.77	7	5.40	3.80	29.63	7	4.90	3.50	28.57	7	5.10	3.60	29.41	11	5.70	4.10	28.07	27.54
		8	4.70	3.50	25.53	8	5.00	3.60	28.00	8	5.10	3.60	29.41	8	4.90	3.60	26.53	8	5.90	4.20	28.81	

PROMEDIO	26.58	PROMEDIO	28.22	PROMEDIO	27.56	PROMEDIO	27.03	PROMEDIO	28.34	

Clasificación de la Madera por su Resistencia (Norma ASTM D2017-81)	Prom.Total Perd de peso (%)
Moderadamente resistente:25% de promedio de pérdida de peso	

Nº Prob : Número de probeta

PI (gr.) : Peso Incial

PF (gr.) : Peso Final

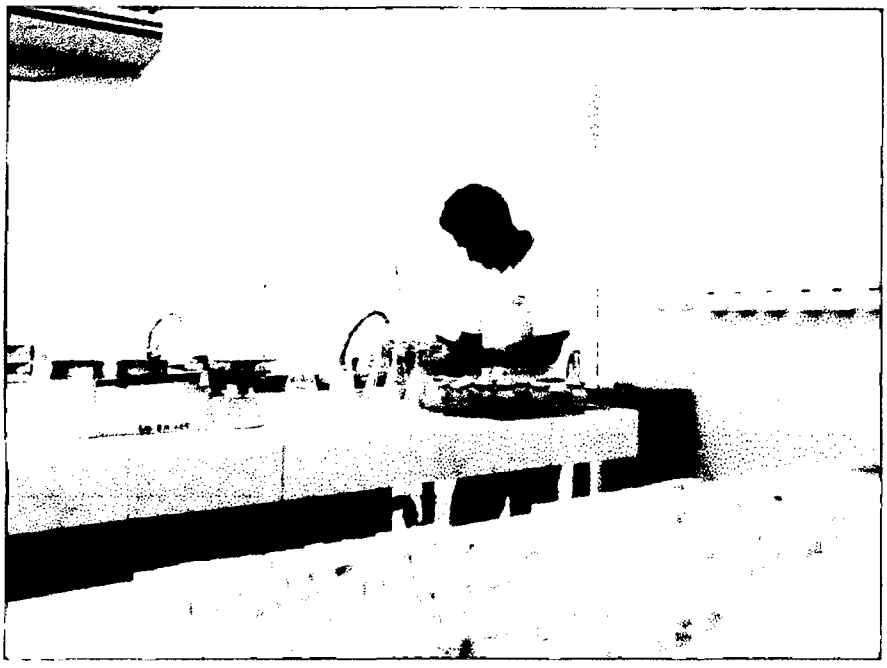
%PP : Porcentaje de Pérdida de Peso

Prom PP/hon (%) : Promedio de Pérdida de Peso por hongo

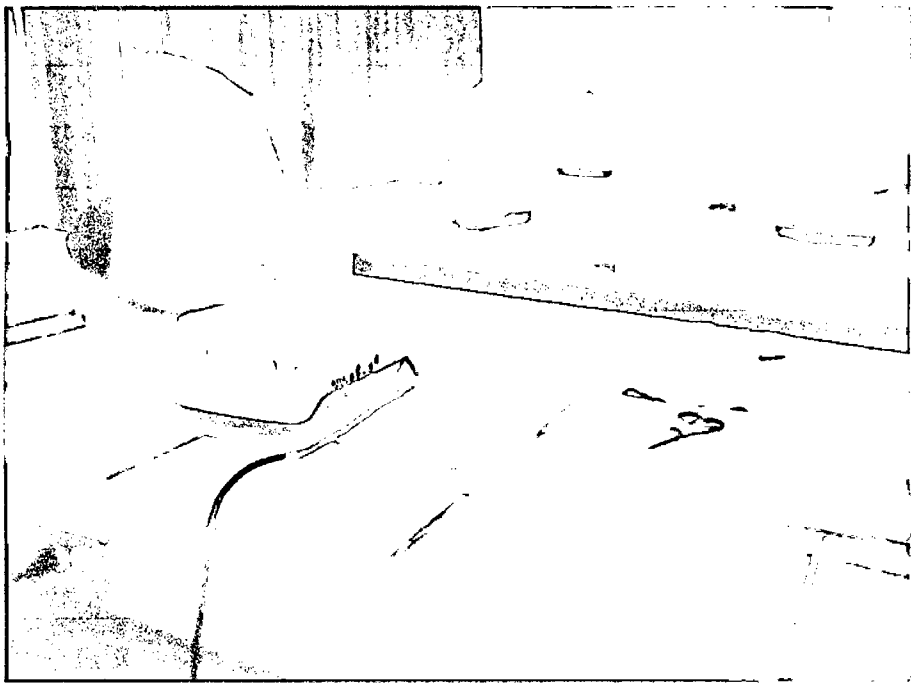
Prom PP/nivel (%) : Promedio de Pérdida de Peso por nivel

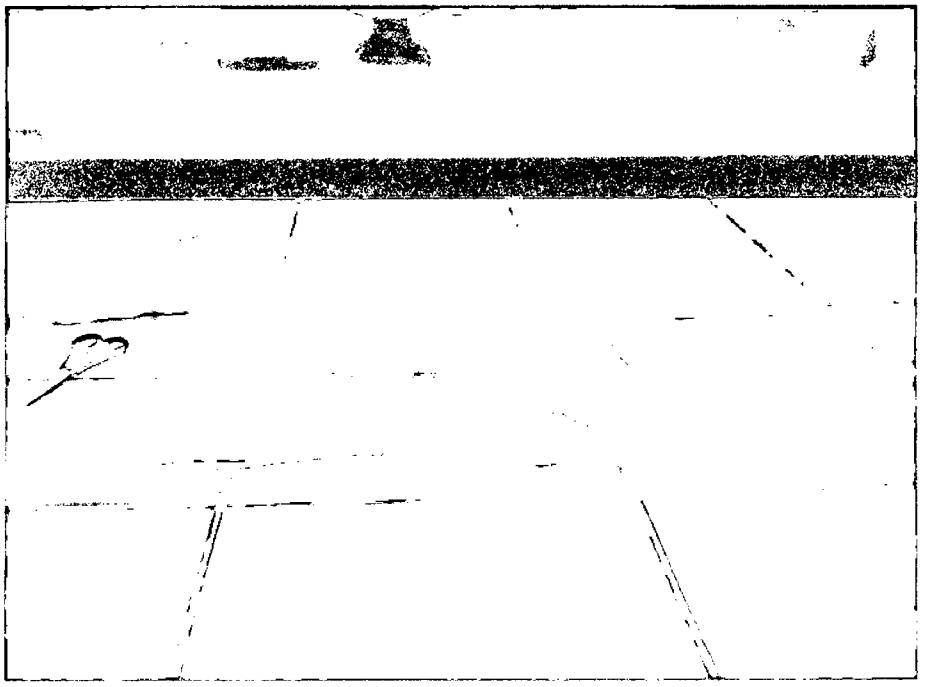
Prom.Total Perd de peso (%) : Promedio Total de Pérdida de Peso

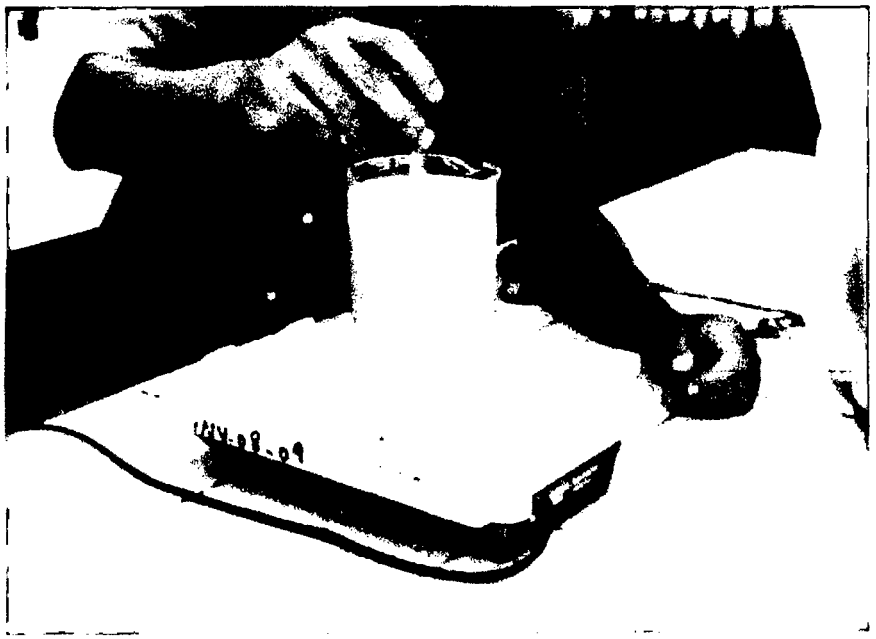
Anexo 04. Iconografía





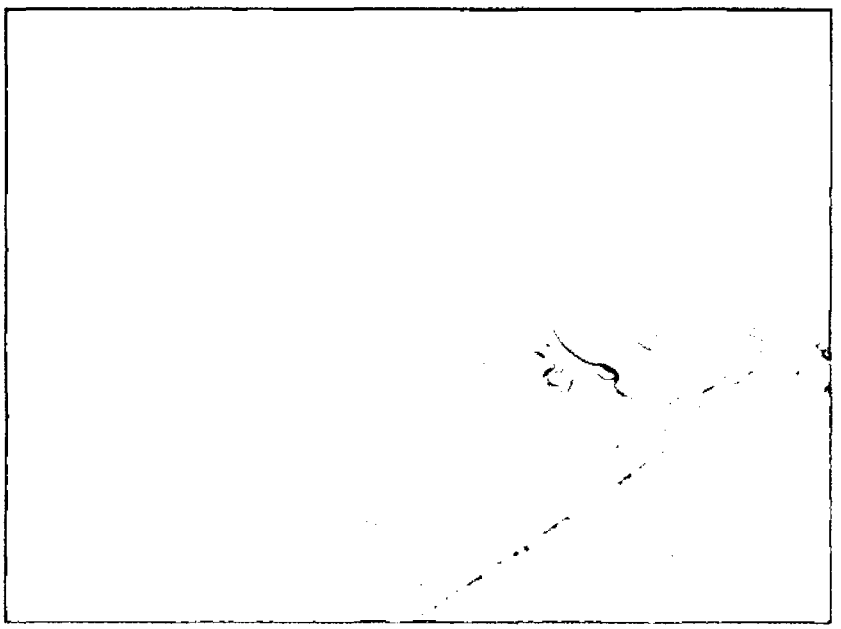


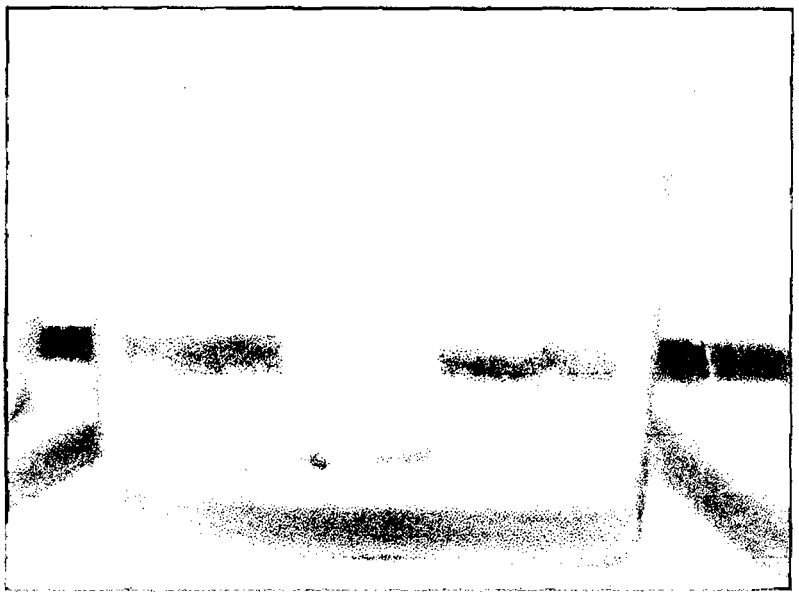


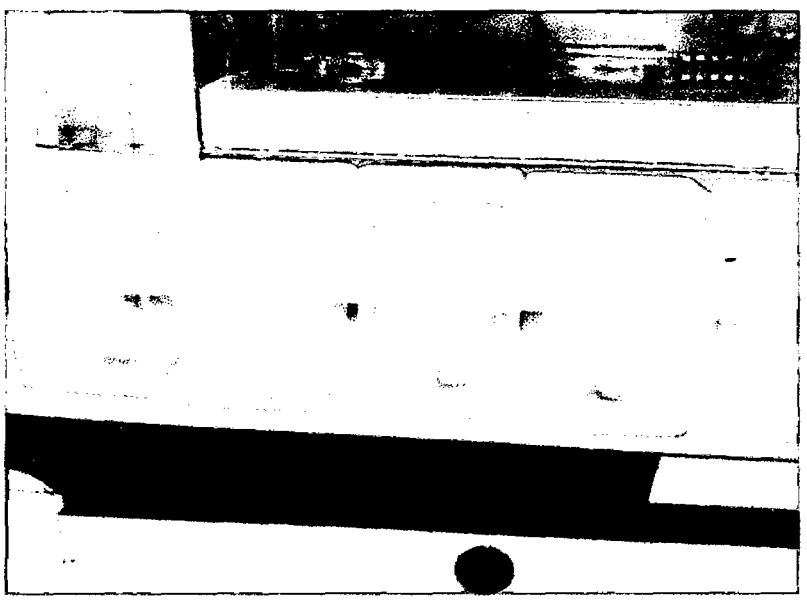


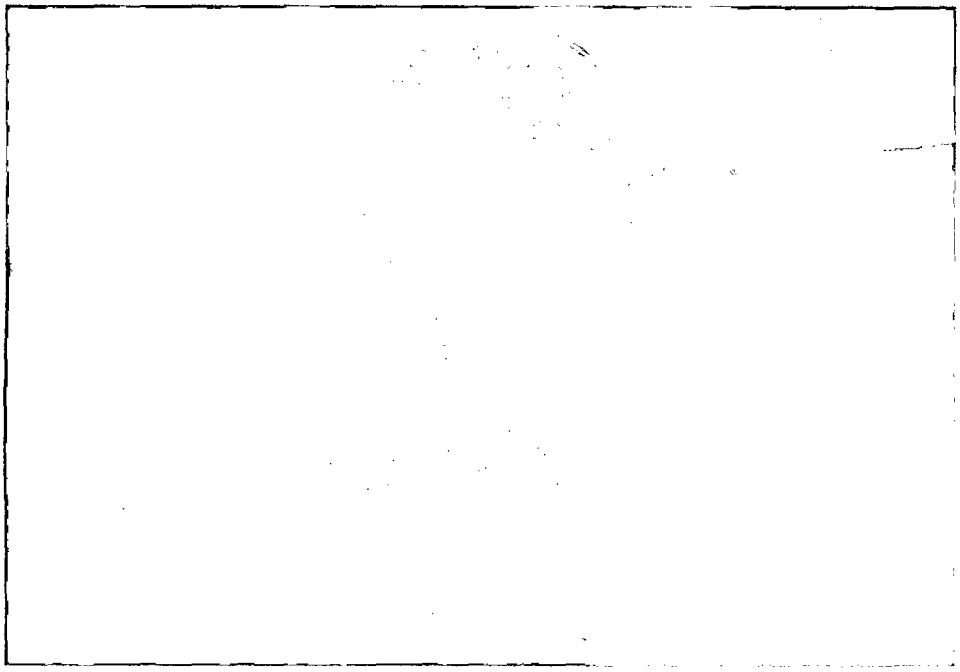












UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

