

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**Tesis**

**“Resistencia de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam preservada y natural, sometidas a condiciones extremas del clima, Tambopata-Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE.**

**AUTOR:**

Bach. ROJAS MALLMA, Marleni

**ASESOR:**

Dr. ROSALES SOLÓRZANO, Emer Ronald

Puerto Maldonado, Junio 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**Tesis**

**“Resistencia de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam preservada y natural, sometidas a condiciones extremas del clima, Tambopata-Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE.**

**AUTOR:**

Bach. ROJAS MALLMA, Marleni

**ASESOR:**

Dr. ROSALES SOLÓRZANO, Emer Ronald

Puerto Maldonado, Junio 2024

## **DEDICATORIA**

A Dios por su bendición que me da cada día.

A mis queridos padres Alejandrina Mallma Taípe y Florentino Rojas Gutiérrez por su apoyo constante y amor incondicional, mi fuente de inspiración y por creer en mí en todo momento. Su amor y sacrificio han sido fundamentales en este logro.

A mi precioso hijo Gian Pierre Euz Villalba Rojas por ser mi mayor inspiración y motivación para seguir creciendo y aprendiendo.

A mis hermanos, Emiliano, Isabel, Yennifer y Corali, por su constante apoyo, comprensión y aliento a lo largo de esta travesía académica.

A mis familiares. tanto presentes como ausentes, aquellos que han sido mi sostén en vida y a los que, desde el más allá, siguen iluminando mi camino.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater UNAMAD (Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios por su contribución a mi desarrollo profesional y personal; a cada uno de los Docentes de la Escuela profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente por su guía experta, paciencia y estímulo durante este proceso académico.

A mi estimado asesor Dr. Emer Ronald Rosales Solórzano, Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su dedicación, orientación y apoyo incondicional.

A los distinguidos miembros del jurado.

Dr. Gabriel Alarcón Aguirre, Dr. Percy Amílcar Zevallos Pollito, M.Sc. Saúl Juan Manrique León, M.Sc. Federico Kuaquira Huallpa, M.Sc. Jimmy Miró Agurto por su revisión exhaustiva y asesoramiento certero, por compartir sus conocimientos en la revisión del perfil del proyecto e informe final de la presente investigación.

# TURNITIN\_MARLEMI ROJAS MALLMA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unamad.edu.pe">repositorio.unamad.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://danisela82.blogspot.com">danisela82.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## PRESENTACIÓN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo con el propósito de optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. En este contexto, se realizó un estudio científico sobre la resistencia maderable de caraña (*Dacryodes peruviana*) preservada y natural, bajo condiciones climáticas extremas en Tambopata–Madre de Dios, porque en los últimos años se ha incrementado el volumen aprovechable de la madera de caraña, esta se ha venido dando por la alternativa de reemplazo de las maderas más comerciales como *C. cateniformis* D. Ducke (tornillo), *Virola* sp (cumala), *D. odorata* (Aublet) Will (shihuahuaco), *B. utile* (H.B.K.) (panguana). Estos elementos en su conjunto constituyen el aproximadamente 46% de madera aserrada en el país (SERFOR 2019), entre otros por la escasez que presenta dichas especies de mayor demanda.

Uno de los principales problemas que se presentan en maderas comerciales, como es el caso de *D. peruviana* (Loes) H. J. Lam es propensa al ataque de hongos patógenos, insectos y plagas lo que resulta en una durabilidad limitada.

La investigación de resistencia de la madera de caraña preservada y natural, sometidas a condiciones extremas del clima, dicho estudio de investigación se realizó por el interés de comparar y determinar la resistencia natural y preservada al 5% de concentración en la madera de *D. peruviana*. Esto implica, ampliar la vida útil y los usos tecnológicos para ello es necesario determinar el índice de resistencia preservada y natural de la madera preservada con CCA – C, la misma permitirá beneficios económicos para el usuario final y ambientalmente se logrará bajar la presión a los bosques Tropicales.

Ante ello se presenta el siguiente planteamiento del problema ¿Cuál será la Resistencia de la madera de *D. Peruviana* preservada y natural, sometidas a condiciones extremas del clima, Tambopata – Madre de Dios? Para lo cual se determinó, si presenta o no diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada de la madera *D. Peruviana*, con la solución CCA-C al 5%

de concentración.

Durante la investigación en el campo, se tomaron registros de la masa inicial y la humedad inicial de las probetas, posteriormente se realizó evaluaciones descriptivas de las condiciones del estado de conservación y el ataque de patógenos (hongos, insectos, mohos) en las probetas.

La presente investigación tiene trascendencia nacional ya que el sector forestal representa 0.8% del PBI nacional, sin embargo en las “regiones amazónicas, como de Madre de Dios representa el 16%, Loreto 11% y Ucayali 9.7% del PBI en cada región respectivamente” (MINCETUR 2018).

## RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam, expuesta a condiciones climáticas extremas en Tambopata-Madre de Dios, se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 2x2 con 4 repeticiones, donde el primer factor corresponde a la condición de la madera (natural y preservada), y el segundo factor al tipo de madera (duramen y albura).

se determinó que la albura al estado natural es moderadamente resistente (MR) por presentar pérdida de peso en 43.72 % en promedio, mientras que en el duramen al estado natural es altamente resistente (AR) por presentar pérdida de peso 8.36 % en promedio. La aplicación de preservante en la albura y duramen de la madera se categoriza altamente resistente (AR), donde la albura preservada aumenta la resistencia al presentar una pérdida de peso 2.95 % y el duramen preservado aumenta la resistencia al presentar una pérdida de peso en promedio de 2.13 %.

Por tanto, se determinó que existe diferencias significativas entre los tratamientos natural y preservada, el tratamiento natural de la madera no presento mayor resistencia, sometida a condiciones extremas del clima, siendo significativo la madera preservada donde presenta mejor resistencia al clima por la composición del tratamiento CCA-C al 5% de concentración.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the natural and preserved resistance with a 5% concentration CCA-C solution of *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam wood, exposed to extreme climatic conditions in Tambopata-Madre de Dios. A completely randomized experimental design (DCA) with a 2x2 factorial arrangement and 4 replications was used, where the first factor corresponds to the wood condition (natural and preserved), and the second factor to the wood type (heartwood and sapwood).

It was determined that the sapwood in the natural state is moderately resistant (MR) by presenting a weight loss of 43.72% on average, while the heartwood in the natural state is highly resistant (AR) by presenting a weight loss of 8.36% on average. The application of preservative in the sapwood and heartwood of the wood is categorized as highly resistant (AR), where the preserved sapwood increases the resistance by presenting a weight loss of 2.95% and the preserved heartwood increases the resistance by presenting a weight loss on average. of 2.13%.

Therefore, it is concluded that there are significant differences between the natural and preserved treatments, the natural treatment of the wood did not present greater resistance, subjected to extreme weather conditions, the preserved wood being significant where it presents better resistance to the climate due to the composition of the CCA treatment. -C at 5% concentration.

## INTRODUCCIÓN

Perú se sitúa entre los 10 países con mayor extensión de bosques a nivel mundial y ocupa el segundo lugar en América Latina, después de Brasil, en cuanto a la superficie de bosques tropicales, que alberga una amplia población de árboles que supera 2,500 especies forestales. (MINCETUR 2018).

La extracción forestal maderable es muy importante en el Perú, toda vez que, en las regiones de la selva son la fuente de empleo principal, en Madre de Dios el 7% del empleo es en la actividad forestal, en Ucayali el 6% en Loreto el 3%. Dichas actividades se concentran en silvicultura, extracción de madera e industria madera (MINCETUR 2018).

Sin embargo, la industria forestal no se está desarrollando adecuadamente, debido a la limitación del número de especies utilizadas, los bajos precios y principalmente el desconocimiento del correcto uso de las maderas (Secretaría Ejecutiva para asuntos económicos y sociales 1987).

Es fundamental comprender la durabilidad de la madera para su uso efectivo, ya que esta característica determina la resistencia a la degradación por condiciones meteorológicas extremas y el deterioro biológico, incluido el ataque de hongos e insectos xilófagos.

En la región de Madre de Dios, se aprovechan y comercializan diversas especies, como el *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, de la cual se desconoce su durabilidad, propiedades físicas y químicas, lo que ha resultado en su ausencia en las especies de exportación (Dirección Regional de la Producción Madre de Dios 2012).

El presente estudio, consistió en determinar la resistencia de la madera *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam, sometida en dos tratamientos (preservada y natural) expuestas a las condiciones extremas del clima por un periodo de un año.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. objetivos .....	3
1.4. Variables .....	4
1.5. Operacionalización de variables.....	5
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Justificación.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÒRICO .....	10
2.1 Antecedentes relacionados a la evaluación .....	10
2.2 Marco teórico.....	16
2.2.1 La madera .....	16
2.2.2 Degradación de la madera .....	18
2.2.3 Métodos para determinar la durabilidad de la madera .....	22
2.2.4 Preservado de madera .....	23
2.2.5 Fijación de CCA-C en la madera.....	23
2.3 Definición de términos .....	24
2.4 Especie en estudio .....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.1 Tipo de estudio .....	28
3.2 diseño de estudio.....	29
3.3 Población y muestra .....	30
3.4 Métodos y técnicas .....	32
3.5 tratamiento de los datos.....	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	38
CONCLUSIONES .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de viguetas.....	32
Figura 2. Representación gráfica de una troza. ....	32
Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso, al estado natural, de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam, según tipo de madera (albura y duramen) durante el periodo de estudio. ....	39
Figura 4. Promedio $\pm$ error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso, al estado natural, de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam, utilizando prueba de operaciones múltiples Tukey.....	41
Figura 5. Porcentaje de pérdida de peso, estado preservado, de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam.....	43
Figura 6. (promedio $\pm$ error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso, preservada de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam (caraña), utilizando comparaciones múltiples de Tukey. ....	45
Figura 7. porcentaje de pérdida de peso de las probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam (caraña), en el tiempo de estudio cada mes. ....	46
Figura 8. Promedio $\pm$ error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam (caraña), según aplicación de preservante utilizando prueba de comparaciones múltiples de Tukey.....	48
Figura 9. Promedio $\pm$ error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam, utilizando la prueba de Tukey. ....	49
Figura 10. Línea de regresión linear ajustada para el porcentaje de peso de las probetas durante el periodo de estudio. ....	50
Figura 11. Líneas de regresión linear ajustada y extendida para el porcentaje de peso de las probetas extendida hasta que el peso de la probeta sea cero. ....	51
Figura 12. Comparativa de las líneas de regresión linear ajustada y extendida para la vida útil de la madera de Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam (caraña), considerando el porcentaje de peso de las probetas extendida hasta que el peso de la probeta sea cero. ....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables e indicadores.....	5
Tabla 2. Propiedades físicas de la madera de dacryodes peruviana (Loes) H.J Lam. ....	27
Tabla 3. Distribución de diseño factorial 2x2 .....	29
Tabla 4. Muestreo al azar del árbol para la obtención de probeta. ....	30
Tabla 5. Coordenadas UTM de los árboles a evaluar.....	31
Tabla 6. Coordenadas UTM del cementerio de estacas. ....	33
Tabla 7. Clasificación de resistencia de la madera. ....	36
Tabla 8. Grado de durabilidad según porcentaje de pudrición.....	37
Tabla 9. Pérdida de peso (%) sin preservante: (a) Albura y (b) Duramen ....	38
Tabla 10. ANOVA de la pérdida de peso de probetas sin preservante.....	40
Tabla 11. Pérdida de peso (%) con preservante en las probetas: (a) Albura y (b) Duramen.....	42
Tabla 12. ANOVA del porcentaje de pérdida de peso de probetas con preservante. ....	44
Tabla 13. ANOVA del porcentaje de pérdida de peso de probetas considerando tres factores del estudio. Aplicación de preservante, tipo de madera y tiempo de estudio.....	47
Tabla 14. Grado de durabilidad (porcentaje) de probetas de Dacryodes peruviana (Loes.) H. J. Lam, según aplicación de preservante y tipo de madera.....	50
Tabla 15. Vida útil de la madera en estudio. ....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1 Matriz de operacionalización de variables .....	64
Anexo. 2 Matriz de consistencia .....	65
Anexo. 3 Constancia de identificación. nombre científico de la especie en investigación(caraña).....	68
Anexo. 4 solicitud de autorización para el uso de laboratorio de la planta piloto de madera .....	69
Anexo. 5 Cuadro estadístico de resultados .....	70
Anexo. 6 Ficha de toma de datos .....	74
Anexo. 7 Mapa de ubicación de la parcela de instalación de cementerio de estacas en el fundo el Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios- UNAMAD .....	76
Anexo. 8 Mapa de ubicación de la parcela de corta, Área de concesión castañal ubicado en el sector los ángeles – sudadero, distrito Las Piedras.	77
Anexo. 9 Panel de fotografías.....	78

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción del problema**

En el Perú en promedio se aprovechan 20 especies de importancia comercial (SERFOR 2016). Sin embargo, existen otras especies maderables de categoría D y E que son más abundantes y comunes y que poseen atributos adecuados para aplicaciones comunes, pero no son utilizadas por la industria nacional debido a ciertas características no deseadas. (SERFOR 2016).

Una razón, por la que muchas maderas con propiedades físicas y anatómicas adecuadas para aplicaciones comunes son discriminadas es su susceptibilidad al ataque de insectos y hongos que se alimentan de la madera, lo que reduce el valor del producto e incluso impide su venta en el mercados internacionales (Avalos et al. 2013). La madera es susceptible al ataque de los agentes biológicos porque constituye su principal fuente de alimento o el medio donde obtiene su alimento, como el duramen que contiene celulosa, lignina y extractivos preferidos por algunos hongos e insectos, contribuyen a esta susceptibilidad (Novoa 2006).

Por otra parte, la densidad también es un factor influyente en la durabilidad natural de las maderas tropicales ya que se entendía que generalmente las maderas de densidad alta suelen tener mayor resistencia al ataque de patógenos y al deterioro, y las maderas de densidad baja son susceptibles al ataque de los patógenos y al deterioro, Pero esta afirmación no es tan estrictamente verdad, González y Ames (1981) afirman que la alta densidad de la madera no siempre indica una durabilidad natural, ya que hay especies con densidad media es susceptible al daño ocasionado por algunos hongos, mientras que otras especies de baja densidad muestran buena resistencia a la pudrición.

Debido a esto, las especies de densidad baja y mediana densidad presentan problemas de durabilidad. Un ejemplo es la madera de caraña (*Dacryodes peruviana*). Con una densidad básica de 0.49 g/cm<sup>3</sup>, que es altamente susceptible al deterioro, lo que resulta una durabilidad limitada, especialmente cuando está en contacto con el suelo húmedo y expuesta a las inclemencias del tiempo, lo que restringe sus posibles aplicaciones tecnológicas.

La solución técnica sería aplicar tratamientos preservativos a la madera en rolliza y aserrada, sin embargo. El uso de preservativos en el mercado nacional es limitado debido a los costos elevados de los productos disponibles y la falta de conocimiento sobre métodos efectivos que utilicen químicos de baja toxicidad, pero altamente eficaces en la prevención del deterioro y/o pudrición ocasionada por hongos e insectos que se alimentan de la madera. Un ejemplo es el preservante de cobre y arsénico tipo C (CCA-C) Al 5% de concentración. Que podría mejorar significativamente la resistencia y durabilidad de la madera.(Machuca 2014).

Por ende, surge la necesidad de encontrar técnicas para alargar la vida útil y los usos tecnológicos de la madera, se realizará pruebas de resistencia natural y preservada con CCA- C. Para ello es necesario conocer índice de durabilidad natural y preservada de la madera *D. peruviana*.

La conservación de la madera en regiones tropicales es crucial debido a la amplia diversidad de insectos y hongos y que pueden destruirla, así como al clima cálido y húmedo que acelera su descomposición. Según "(Swiderski 1967). Solo algunas especies arbóreas tropicales con densidad dura son duraderas en estas condiciones.

Los factores mencionados anteriormente hacen que sea esencial aplicar tratamientos preservativos para el uso apropiado de las maderas tropicales. Sin embargo, en la actualidad la cantidad de madera tratada con preservante sigue siendo limitada y en algunos casos, ni siquiera se aplica tratamientos, posiblemente a la falta de conocimientos sobre técnicas de preservación y a los altos costos de los preservantes (Machuca 2014).

## 1.2. Formulación del problema

### Formulación del problema general

Ante el desconocimiento de la resistencia natural y preservada con preservante CCA–C al 5% de concentración en la madera de *D. peruviana* (caraña), se formula el siguiente problema.

¿Cuál será la Resistencia de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes) H. J. Lam (caraña) natural y preservada con CCA-C AL 5% de concentración, sometidas a condiciones Climáticas extremas en Tambopata-Madre de Dios?

### Formulación de los problemas específicos

- ¿Cuál será la resistencia natural de albura y duramen de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios?
- ¿Cuál será la resistencia preservada al 5% de concentración de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios?
- ¿Cuál será la vida útil de la madera natural y preservada con CCA-C, de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes) H. J. Lam (caraña), ¿sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios?

## 1.3. objetivos

### Objetivo General

Determinar la resistencia natural y preservada con solución CCA-C al 5% de concentración, de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam, sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

## Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia natural en albura y duramen de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometidas a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.
- Determinar la resistencia preservada con solución CCA-C al 5% de concentración, en albura y duramen de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometidas a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.
- Determinar la vida útil natural y preservada con solución CCA-C al 5% de concentración, de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometidas a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

## 1.4. Variables

### Variables Independientes

- **Sección de madera:** Se hace referencia a dos partes bien diferenciadas que presentan los troncos de los árboles tales como:

Sección albura: el término leño se refiere a la madera recién formada, la cual es de color más claro que el duramen, contiene más agua y es menos resistente, con el tiempo, esta madera se convertirá en una madera dura y sólida.

Sección duramen: es la sección de la madera que es seca, dura, consistente y de color más oscuro, siendo la parte real y útil del tronco que sostiene a la planta (Fernandez-Golfin et al. 2008).

- **Estado de madera:** hace referencia a la condición de madera tratada y/o preservada y madera al estado en condición natural sin tratamiento y/o preservada.

### Variables dependientes

- **Resistencia:** capacidad para resistir el daño causado por hongos patógenos, insectos que se alimentan de madera y condiciones climáticas extremas (INACAL 2018).
- **Vida útil de la madera:** hace referencia a la longevidad de la madera con preservante y sin preservante.

### 1.5. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables implica establecer como se medirá las variables. En este estudio las variables independientes incluyen el estado de la madera, la sección de la madera y las condiciones del ambiente, mientras que las variables dependientes son la resistencia y la vida útil de la madera. La operacionalización de variables se define como el método metodológico que implica la descomposición deductiva de las variables, desde lo más general a lo más específico (Carrasco 2009), citado en P. 226 citado por, (Quintana, 2020).

Quintana (2020) plantea un cuadro de varios componentes, “tales como variable, definición conceptual, dimensiones, indicadores y escala de medición”. Es así como tomaremos algunos componentes adecuando a la investigación por ello se ha determinado la siguiente tabla de variable e indicadores.

Tabla 1. Variables e indicadores

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Independiente	Estado de madera	Natural	Madera sin preservación	Nominal (Madera tratada y sin tratada)
		Preservada con la solución CCA-C	Madera preservada	
	Sección de madera	Duramen	Estructura de madera diferencia por el color de la madera	Nominal
		Albura		
Dependiente	Durabilidad	Resistencia natural	Índice de resistencia	Ordinal (porcentaje de pérdida de masa)
		Resistencia preservada		
		Tiempo de duración	Duración de vida útil de la madera	Ordinal (Tiempo en años)

## 1.6. Hipótesis

### Hipótesis general.

**Ha:** Presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5 % de concentración, de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del climá en Tambopata-Madre de Dios.

**Ho:** No presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración, de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

### Hipótesis específicas.

**Ha:** Presenta diferencias significativas en la resistencia natural en el duramen y albura de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

**Ho:** No presenta diferencias significativas en la resistencia natural en el duramen y albura de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

**Ha:** Presenta diferencias significativas en la resistencia preservada con la solución de CCA-C en el duramen y albura de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

**Ho:** No presenta diferencias significativas en la resistencia preservada con la solución de CCA-C en el duramen y albura de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

**Ha:** La vida útil de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución de CCA-C al 5% de concentración, sometida a

condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

**Ho:** La vida útil de la madera de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), no presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.

## 1.7. Justificación

### Justificación Socio económica

La misión de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente es desarrollar conocimiento y tecnologías que beneficie a la población de Madre de Dios y a nivel nacional, en esta búsqueda se convierte en prioridad encontrar técnicas o métodos de ampliar las condiciones de resistencia y durabilidad de las maderas susceptibles a deterioro por su condición o características orgánicas de la madera. Estas maderas tradicionalmente tuvieron poca demanda y costos bajos, por lo tanto, poco rentables económicamente para la población. Sin embargo, el agotamiento de las maderas tradicionalmente comerciales está forzando a extraer maderas categorizadas simples y de poca resistencia. La madera de *D. Peruviana* (Loes.) H. J. Lam, conocido como caraña o copal, está siendo utilizada en lugar de otras especies de densidad similar como *Cedrelinga catenaeformis* *D. Ducke* (Tornillo), *Cedrela odorata* L (cedro), *Ocotea costulata* (Nees) Mez (moenas), y otras.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la resistencia natural y preservada con solución CCA-C al 5% de concentración en la madera de *D. peruviana* (Loes) H.J. Lam. Conocida como caraña. Con esta aplicación se logrará determinar las relaciones que existes entre los Variables dependientes e independientes; es decir la durabilidad de madera en estado natural y madera tratada con CCA-C, de la misma manera durabilidad de sección de albura y duramen sometidas en condiciones extremas del clima.

Estas mejoras adquiridas podrían aumentar la resistencia y vida útil de la madera, por ende, se lograría incrementar los costos de madera, que implica

beneficio directo para el sector forestal y mayor demanda por la diversificación de usos que tendría la madera preservada tanto en interiores, exteriores y para la construcción. Esto a la vez significa incidencia directa en el beneficio económico y social.

### **Justificación Ambiental**

Debido a la continua explotación de los bosques tropicales para obtener madera de especies comúnmente comercializadas a nivel local, nacional e internacional, muchas de estas especies están así agotadas o se encuentran en áreas protegidas. Por otro lado, existen especies no comercializadas o de bajo interés, conocido como madera simple que carecen de demanda debido a la falta de conocimiento y tecnología para su tratamiento y preservación. Estas maderas de densidad baja y media son propensas a deteriorarse y pudrirse fácilmente, además de tener poca resistencia a los hongos y a los insectos xilófagos.

Por lo que es importante dar opciones viables de solución que sean económicamente rentables a corto plazo para sustituir maderas duras tradicionalmente ya sobreexplotadas con maderas de mediana y baja densidad que presenta crecimientos más acelerados, con la cual se lograría disminuir presión sobre los bosques primarios, ya que generaría o incentivaría proyectos de reforestación con árboles de rápido crecimiento con fines maderables y sobre todo rentable a corto y mediano plazo. Por esta razón, la especie *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam, conocido como caraña, tiene un gran potencial para este propósito.

### **Justificaciones éticas**

Este proyecto de investigación sigue rigurosamente las normas y procedimientos de métodos de investigación, así como las normas de seguridad y manipulación de productos químicos o solventes, de acuerdo con las normativas técnicas peruanas establecidas para el tratamiento de preservantes de madera. Además, se han tomado medidas éticas específicas.

- Se utilizó las medidas de seguridad e implementos básicos y necesarios en

todo el proceso de la investigación, tales como uso de guantes, lentes, protectores para la vista, casco, botas y otros implementos necesarios en cada etapa de desarrollo de la investigación.

- Se informó a los colaboradores de la presente investigación, sobre los riesgos y las medidas de seguridad de la manipulación de químicos, maquinarias, equipos y otros instrumentos de uso.
- Se tomaron precauciones exhaustivas para evitar derrames de compuestos químicos que pudieran contaminar el medio ambiente. Asimismo, los recipientes, herramientas y residuos utilizados serán almacenados adecuadamente en el laboratorio de preservado de la Planta Piloto de Tecnología de la Madera (UNAMAD).
- La investigación se realizó con la autorización del comité evaluador de tesis, previa aprobación del encargado de la planta y el consentimiento del dueño del área boscosa para el corte de la madera.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes relacionados a la evaluación

Cacuango (2023) realizó una evaluación donde utilizó el método de campo conocido como cementerio de maderas, colocando probetas donde se analizaron variables como la durabilidad natural y el porcentaje de pérdida de peso de las especies. Los resultados indicaron que la madera de *Fraxinus americana* L. mostró una mayor resistencia en el duramen y la albura en comparación con la especie de *E. grandis* (Cacuango, 2023). *F. americana* L. fue clasificada como tipo B (resistente) para el duramen y tipo C (moderadamente resistente) para la albura, por otra parte, el *E. grandis* fue clasificada como tipo C (moderadamente resistente). Además, realizó la evaluación de foto degradación, observando un aspecto envejecido y desgastado en la parte expuesta a la radiación solar.

Nunes, Fontana y Garlet (2021) estudiaron al ambiente la durabilidad y la resistencia mejorada de 20 especies de la madera amazónica tratadas con arseniato de cobre cromato (CCA) después de 30 años en contacto con el suelo en una prueba de campo experimental en el Bosque Nacional de Tapajós, estado de Pará, Brasil. Como resultado, se encontró que especies como *Trichilia lecointei* Ducke, *Lecythis pisonis* Cambess, *Pseudopiptadenia suaveolens* (Miq.) J.W.Grimes y *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. fueron catalogados como muy duraderos, mientras que *Protium tenuifolium* (Engl.) Engl, *Dinizia excelsa* Ducke (Kuraruru) y *Ormosia paraensis* Ducke se clasificaron como durables” por otro lado, *Endopleura uchi* (Huber) Cuatrec, *Goupia glabra* Aublet (cupiuba), *Pouteria egregia* Sandwith, *Tachigali chrysophylla* (Poepp.) Zarucchi & Herend, *Tachigali paraensis* (Huber) Barneby, *Vatairea sericea* (Ducke) Ducke y *Vochysia máxima* Ducke se consideraron “no durables”, y *Chrysophyllum lucentifolium* Cronquist,

*Couratari oblongifolia* Ducke & R.Knuth, *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. et Planch, *Lueheopsis duckeana* Burret, *Sterculia excelsa* Mart y *Xylopia nitida* Dunal se clasificaron como “Perecederas”. También se resaltó que el uso del preservante CCA demostró ser efectivo para conservar la madera en los trópicos.

Vasconez (2021) realizó la evaluación de la resistencia de dos especies de madera frente al hongos xilófagos (*Ganoderma* sp). Los resultados mostraron que ambas especies forestales presentaron una pérdida de peso superiores al 45%, lo que las clasifica como maderas de grado “D” con una resistencia no resistente al hongo xilófago estudiado, y además estimó que la vida útil en promedio es de cinco años. Por otra parte, la pérdida de peso no vario significativamente según la altura del fuste, y aunque *G. arbórea* mostro valores más altos, siendo similares la clasificación de resistencia para las especies evaluados. No ha encontrado correlación entre los factores de densidad básica y resistencia, siendo la clasificación la misma resistencia para las dos especies evaluados.

Serna, Torres y Asprilla (2019) en su investigación evaluó la durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en su estado natural, durante un periodo de ocho meses en contacto directo con el suelo ya sea al aire libre, bajo dosel de árboles o cubierta con plástico negro, donde encontró que el contenido de humedad varia en 90.6% y al respecto de la pérdida de peso determino que fue de 60.8%, con lo cual concluye que es poco resistente.

De la Cruz Carrera et al. (2018) en sus investigaciones de 7 maderas determinó como moderadamente durables para las siguientes maderas de *Juniperus deppeana*, *P. cooperi* y *P. durangensis*. Y como poco durable o no durable para las maderas de *P. teocote*, *P. strobiformis*, *Quercus sideroxyla* y *Arbutus*. En sus recomendaciones indica que las maderas *J. deppeana*, *P. cooperi* y *P. durangensis* pueden utilizarse en contacto con el suelo, ya que en prueba de exposición al microcosmos terrestre como hongos degradadores presenta mejor durabilidad natural. Las demás especies recomienda utilizar

en interiores donde sea mínimo el contacto con agentes degradadores.

Sanchez et al. (2016) llevaron a cabo una investigación en durabilidad de madera de *Eucalyptus grandis*. En el predio del LATU, se realizaron ensayos de campo con estacas enterradas y doble capa 9,10 y 14 años. En el laboratorio, utilizaron preservantes de CCA-C para evaluar el duramen de la madera frente a agentes biológicos. Donde encontraron que es poco durable y más susceptible a pudrición blanda y blanca en el duramen de la madera *E. grandis*. De las conclusiones que llegaron fue que la retención de 3.2 kg/m<sup>3</sup> de CCA C, presentó resistencia frente a la acción de hongos, termitas, y en las retenciones de 2.7 kg/m<sup>3</sup> no son eficaces para la protección a la pudrición blanda. Por otra parte, en estacas enterradas con retenciones de 6.1 kg/m<sup>3</sup> de CCA C presentaron índice de condición medio que implica pudrición severa con una falla de 75% a los once años.

Benitez y Sarries (2015) llevaron a cabo estudios de durabilidad adquirida tratada con preservante en un campo acelerado con temperatura y humedad controlada para el desarrollo de la actividad microbiana en contacto con el suelo. Para ello realizaron preservado de trozas de *E. grandis* Hill con sales de boro, silicatos y otros productos de zinc, dichos preservantes fueron aplicados para mejorar su resistencia a ataques de fungicidas, insecticidas y además evaluaron la fijación a la madera. Los métodos de preservación aplicados fueron método de ascensión simple para boro, presión vacía presión, ascensión doble e inmersión para sales de zinc y silicato. Al mes diez meses realizaron la primera evaluación donde concluyen que las trozas preservadas con diferentes métodos no presentaron diferencias significativas al observarse poco deterioro.

Hidalgo (2014) evaluó la durabilidad natural de la madera de tres especies forestales. Tales como la quinilla colorada "*Manilkara bidentata* A.DC. Chev, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) y huayruro (*Ormosia* sp.), sometiéndolas al ataque de *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murril (hongo). Los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio indican que la madera de *C. cateniformis* presentó mayor durabilidad natural, seguida de

la madera *Manilkara. bidentata* y *Ormosia sp*”. Las densidades básicas de las especies evaluadas fueron 0.88 g/m<sup>3</sup>, 0.60 g/m<sup>3</sup> y 0.59 g/m<sup>3</sup> respectivamente.

Polanco, Caicedo y Beltran (2014) mediante ensayos acelerado en laboratorio, realizaron evaluación de durabilidad natural de la madera de “*Caryodaphnopsis cogolloi* Van der Werff, frente a los ataques hongos *Trametes versicolor* y *Gloeophyllum trabeum*”. La metodología que aplicaron consistió en calcular la pérdida de peso, así mismo observaron las peculiaridades de degradación de los hongos, crecimiento y mecanismo de colonización, además los efectos sobre la pared celular, durante cuatro meses. Donde los resultados arrojaron que el porcentaje de pérdida de peso fue de 5.1% en promedio, la misma indica que la madera es muy resistente al hongo depudricion blnaca y marron.

Marquez et al. (2009) evaluaron la resistencia natural de albura y el duramen de 5 especies maderables en cementerio de estacas en contacto directo con el suelo, frente a la acción de termitas, las evaluaciones se realizaron durante seis meses, donde utilizaron probetas de 2x2x30 cm, con evaluaciones cada tres meses. Y los resultados que obtuvieron fueron que presentaron baja, media y alta resistencia a insectos (termitas) *Sterculia pruriens* (Majagua), *Simaruba amara* (Cedro blanco), *Terminalia amazonia* (pata de danto), *Mora gonggrijpii* (Mora) y *Cholophora tinctoria* (mora blanca).

Guerrero W (2008) llevó a cabo pruebas de durabilidad natural en ocho especies forestales, utilizando el método de laboratorio, evaluando el ataque de 4 hongos xilófagos: “*Polyporus sanguineus* y *Polyporus versicolor*, *Lenzites trabas*. y *Ganoderma applanatum*.” Durante la investigación, se determinó que las especies Alcanfor (*Ocotea costulata*), estoraque (*Myroxylon balsamum*) y Tulpay (*Clarisia racemosa*) presentaron mayor resistencia, mientras que las especies almendro (*Caryocar glabrum*) y el lagarto caspi (*Caliphylum brasiliense*) fueron resistentes. Por otro lado, las especies moena amarilla (*Endlicheria sp.*), pashaco (*Albizzia sp.*) e ishpingo (*A. cearensis*) presentaron resistencia moderada.

García et al. (2008) en su investigación llevo a cabo la durabilidad natural en maderas y según sus conclusiones determino que: La madera *Miconia barbeyana Cogniaux* no es resistente al ataque de los hongos "*P. versicolor* y es moderadamente resistente a la acción de *H. annosum*" (García et al. 2008). En *J. copaia*. no es resistente al ataque de los hongos. Mientras que la especie *S. amazonicum* es moderadamente resistente, *P. versicolor* es resistente al *H. annosum*.

También concluye que influye indirectamente en el porcentaje de pérdida de masa, siendo la correlación de 0.01 de probabilidad. Al respecto de la densidad básica indica que fue de 0.44, 0,32 y 0.53 g/cm<sup>3</sup>, además de ello connota que la densidad básica también presenta influencia indirecta en la pérdida de peso frente a la acción de los hongos.

Guerrero (2007) realizó investigación sobre la durabilidad natural y preservado de Gavilán Blanco (*Caraipa myrcioides*) y Palo Gusano (*Miconia barbeyana*), las dos especies evaluadas provenían del bosque de la parte alta de la cuenca del Río Palcazú, con el objetivo de encontrar la idoneidad para uso como postes para transmisión de redes secundarias de energía eléctrica y costos de producción asociados. Donde obtuvieron que la retención del preservante de CCA-C, fue de 12.76 kg/m para el poste de madera de Palo Bastón y 13.20 kg/m<sup>3</sup> para el poste de Gavilan blanco. Al respecto de la durabilidad natural determinaron que presenta buena resistencia en el duramen al ataque de patógenos.

Mora et al. (2006) llevaron a cabo investigaciones sobre la durabilidad de once tipos de madera tropical, en estado natural como tratada con CCA y CCB, mediante ensayos de campo en cementerio de estacas. Las evaluaciones se realizaron a los tres años de establecido el cementerio de estacas, tanto en las maderas sin tratar como en las tratadas, en dos zonas diferentes: Judibana y san Juan de Lagunillas. Las cuales presentan condiciones ambientales y edáficas diversas. Los resultados indican que las maderas con baja durabilidad natural mejoraron significativamente su resistencia al deterioro cuando fueron tratadas con sales CCA y CCB, Sin

embargo, han observado diferencias en la efectividad de los preservantes de CCA Y CCB, las cuales muestran dependencia principalmente del suelo y de la lixiviación de los compuestos químicos del preservante aplicado.

Keil et al. (2006) Realizaron un estudio sobre “la durabilidad de la madera de *Populus deltoides* Delta Gold (stoneville 66) impregnada con metacrilato de metilo”. Llegaron a la conclusión de que el material endurecido mostró una pérdida de peso seco del 12,53%, mientras que la madera sin tratar tuvo una pérdida del 53,53%. Por ello Estimaron “que la madera tratada tendría una vida útil de duración entre 10 y 30 años”, además de ello determinaron posibles los usos adecuados en exteriores que no tenga contacto con el suelo húmedo, para cercas, columnas vigas, pérgolas, muebles, balaustradas, fabricación de estructuras de juegos entre otros.

Bobadilla (2004) llevo a cabo un estudio natural de durabilidad de varias maderas. Al respecto concluyo que “la madera de toona mostró resistencia independientemente de los tratamientos y los hongos ensayados” (Bobadilla 2004) . Y la madera de Kiri fue moderadamente resistente al *Picnoporus* y *Laetiporus*, pero no resistente al hongo *Ganoderma*”. La madera de Loro blanco fue “resistente en estado natural y moderadamente resistente después del lavado frente al hongo *Laetiporus*, pero no resistente a los otros hongos”.

Amador et al. (2001) en el estado de puebla, llevaron a cabo pruebas de cementerio de estacas de albura y duramen en cinco especies forestales con la finalidad de determinar la durabilidad, con ello la vida útil en un tiempo de evaluación de 66 meses. Donde se evidencio que el duramen de la madera presento 20% a 60% de durabilidad natural mayor que la albura. Por otra parte, la albura de madera de *Quercus glabrencens* fue más resistente, seguida por la madera de *Q. affinis*, *Q mexicana*, *Q. crassifolia* en orden decreciente respectivamente, y moderadamente durable la madera *Q. laurina* y los demás como madera durable. En cuanto a la vida útil determinaron que la vida útil tendría hasta 21 meses, ya que en ese tiempo todavía presenta deterioro moderado.

Guevara y Lluncor (1993) realizaron estudios de evaluación de durabilidad natural adquirida a través de preservado en dieciséis especies provenientes de Loreto y once especies de Ucayali. Las mismas han sido evaluado en dos parcelas de cementerio con tres evaluaciones. Donde observaron que las trece maderas provenientes de Loreto fueron destruidas completamente por la pudrición, y las tres especies restantes provenientes de loreto presentaron pudrición incipiente. Por otro lado, indicaron que las nueve maderas provenientes de Ucayali sufrieron destrucción completa por la pudrición. Sin embargo, las maderas que recibieron tratamiento de preservado mostraron una mayor resistencia al deterioro biológico y una menor velocidad de deterioro en comparación con las no tratadas.

En su estudio “la durabilidad natural de la madera de las especies barreta, ébano, Brasil, uña de gato, huizache, tenaza, ocotillo, guayacan y anacahuita” Wolf y Perales (1985) encontraron que las especies barreta, Brasil y ébano fueron clasificadas como altamente durable, mientras que mezquite y uña de gato fueron clasificadas como durables.

González y Ames (1981) realizaron pruebas de pudrición de albura y duramen de “almendro, cachimbo, catahua, copaiba, chimicua, diablo fuerte, huayruro, manchinga, marupa y tornillo” siendo diez especies, frente al ataque de cinco hongos xilófagos, en laboratorio. En donde hace connotación importante que:

“Que la densidad alta de la madera no siempre representa un buen índice de durabilidad natural”.

Para ello indica y pone como ejemplo que la madera de copaiba de densidad media a dura ha sido deteriorado por los hongos. Y contra parte la madera de tornillo que presenta densidad baja obtuvo excelente resistencia al deterioro o pudrición.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 La madera**

La madera es un material orgánico de origen vegetal, generalmente duro,

compacto y fibroso, obtenido de los árboles. Se utiliza para fabricar una amplia variedad de objetos para el hogar y el uso diario (Suirezs y Gilson 2009):

- A) **Orgánico:** Contiene carbono con alrededor de 50%, hidrogeno 6%, oxigeno 43 – 44%, nitrógeno 0.1%, y otros elementos minerales.
- B) **Heterogéneo:** el material presenta células con diversas funciones y formas, las cuales puede ser como la almacenamiento y soporte, conducción, transformación de productos, Exhibe una amplia variabilidad en su estructura, con densidades que van desde 0.15 a 1.4 gr/cm<sup>3</sup>, lo que proporciona una amplia gama de aplicaciones.
- C) **Hidroscopio:** la madera tiene espacios vacíos que se deben a los espacios intercelulares y lúmenes de la célula, lo que convierte en un material poroso que permite absorber humedad del entorno los cuales se deben a los lúmenes de las células y a los espacios intercelulares.
- D) **Anisótropa:** La madera exhibe diferentes comportamientos en las direcciones axiales, radial y tangencial. Es un material que puede absorber humedad del entorno. Poroso:

**Medula.** Es la sección más interna del tronco, compuesta por materiales más antiguos que son porosos, a veces agrietadas, y generalmente se descarta la medula debido a que no es adecuado para la estructura de la madera (Vaca 1998).

**Duramen.** Parte de la madera “que ha alcanzado su máxima maduración, desarrollo y resistencia por ser ya bien compacta, se encuentra en la parte interior”. Estas “características adquirieron por el proceso de lignificación que sufrió, que se da al final del crecimiento celular de la madera”. Se “dice también que el agua es sustituida por la lignina propiedad que le da mayor volumen y resistencia” (Vaca 1998).

**Albura.** Es la sección más joven, donde continua la división celular de la madera, y es donde se produce el cambium vascular en el tronco de un árbol o planta, en esta área se forman los anillos de crecimiento más recientes. En

arboles de hoja ancha, generalmente la albura se distingue por su color más claro que el duramen, aunque en muchas especies es difícil diferenciar entre la albura y el duramen.(Vaca 1998).

**Resinas.** Según Romnah de la Vega (1985) citado por Quiroz Carranza y Magaña Alejandro (2015) la resina de copal se considera típica, con terpenoides y compuestos fenólicos con sus componentes principales además, la FAO (1995) citado por Quiroz Carranza y Magaña Alejandro (2015) la clasifica como una resina dura, la cual es soluble en alcohol con un punto de fusión relativamente alto, aunque también hay algunas que son solubles en aceite y agua.

### **2.2.2 Degradación de la madera**

La madera constituye como fuente de alimento o un medio para conseguir el mismo para los patógenos biológicos, pero no todas las maderas reaccionan de la misma manera ante estos agentes. Cada “especie tiene sus particularidades en su composición química”, algunas especies producen extractos que pueden proporcionar cierto grado de resistencia contra el ataque de los hongos e insectos. Estos extractos suelen ser resinas, aceites esenciales, compuestos fenólicos, taninos, entre otros que se almacena el duramen, y en albura la composición está presentada por almidones y azúcares estas son apetecibles por hongos e insectos xilófagos, esto hace que la albura sea muy susceptible al ataque, y por lo tanto, se deteriore más rápidamente que el duramen(Novoa 2006).

Herrera et al. (2006) citado por Cruz et al. (2018) y Avalos et al. (2013), afirma que la madera es susceptible a la destrucción por diversos agentes, los cuales a su vez están influenciados por diferentes factores de diversos tipos. Los compuestos orgánicos como la celulosa y la lignina presentes en la madera pueden ser atacados por ciertos organismos capaces de degradarlos, según sus necesidades biológicas específicas.

En la degradación de la madera participan los agentes biológicos (insectos y hongos) y los factores ambientales con (la radiación solar, humedad y

temperatura). Además, la naturaleza intrínseca de la madera, influyendo su densidad, composición física, química y anatómica, también ejerce influencia. A continuación, se examina los aspectos más relevantes (Rodríguez y Fuentes 2007).

## **A) Agentes biológicos**

### **Insectos**

Pérez y Morales (1981) citado por Chávez (1997) señala que las termitas o comejenes son considerados como insectos de gran importancia en la degradación de materiales lignocelulósicos, ya que debilitan la estructura de la madera, se encuentra entre los principales agentes capaces de degradar la madera, junto con los coleópteros (escarabajos), hormigas y avispas carpinteras (Novoa 2006).

El proceso digestivo de los insectos comienza cuando las termitas obreras consumen pequeños trozos de madera que pasan por su intestino, donde se encuentran los microorganismos simbióticos. Durante la digestión, las termitas asimilan alrededor del 90 % de los carbohidratos presentes en la madera que ingieren, así como una cantidad de lignina Hungate, (1975) citado por Chávez (1997).

### **Hongos**

Hay una amplia variedad de especies de hongos que se alimentan de la madera. esto se debe, a que la madera pierde humedad en sus tejidos, lo cual facilita el desarrollo de las esporas de hongos y alimentación de insectos, posteriormente logra penetrar en el tejido de la madera. Desintegrando así las paredes celulares ocasionando la pudrición y otras provocan cambios de coloración esto por la preferencia a los azúcares y almidones que forman parte de las células (Novoa 2006). Por otro lado, las manchas superficiales en la madera son causadas por hongos cromógenos, y la mancha azul es una de las más comunes en madera aserrada y en trozas.

Además, las coloraciones o manchas también pueden ser causados por

mohos que se alimenta de materias de reservas como los parénquimas de la albura, sin causar daños a las paredes celulares, ni cambiar los parámetros mecánicos y físicos del xilema (Novoa 2006).

- **Hongos xilófagos**

Estos organismos incluyendo los basidiomicetes son los causan pudriciones de color castaña y blanca, tienes un impacto más significativo en la degradación de la madera en uso en comparación con los ascomycetes y hongos imperfectos. Estos hongos, que causan pudriciones blandas, son responsables del tipo más común y agresivo de deterioro de la madera. (Highley et al. 1994, citado por (Murace y Spavento 2014).

- **Hongos cromógenos**

las manchas en la superficie de la madera son causadas por hongos cromógenos, siendo las manchas azules las más comunes, especialmente en maderas apeadas o en trozas. Una vez que la madera se mancha de azul, resulta casi imposible eliminarlas, lo que reduce su valor para ciertos usos. Estos hongos consumen sustancias de las células parenquimáticas de la albura y logran penetrar las hifas a los radios leñosos, lo que provoca la lisis de las paredes celulares. Sin embargo, debido a estos procesos, no distorsionan las propiedades mecánicas y físicas de la madera (Novoa 2006).

- **Hongos basidiomicetos**

Los hongos basidiomicetos, que pertenecen al filo Basidiomicetes, comprenden varios grupos o tipos de hongos. Y sus estructuras reproductoras se conoce como basidios, los cuales se encuentran en los extremos de las hifas. Este filo incluye dos grupos principales: los heterobasidiomicetes, que tienen basidios con cuatro células, y los homobasidiomicetes, que presentan basidios con una célula. (Manual de Micología General. s/f).

Los hongos basidiomicetos son de gran importancia debido a su papel fundamental en la naturaleza, gracias a la diversidad de especies que los componen. Además, parte de este grupo incluye los hongos de la

podredumbre blanca, que tiene la capacidad única de descomponer eficazmente compuestos aromáticos y heterogéneos. (Rojas 2013).

## **b) Agente atmosférico**

### **Luz ultravioleta (Radiación solar)**

Los rayos ultravioleta no son capaces de penetrar profundamente en la madera, centrandose su acción en la superficie provocando la subida de resinas debido al recalentamiento que producen acelerando así “la degradación de la lignina ocasionando la pérdida de cohesión entre las fibras, al respecto” (Rodríguez y Fuentes 2007).

### **Lluvia (Agua)**

La acción de la lluvia sobre la madera desnuda da lugar a hinchazones y mermas que “provocan deformaciones y fendas en la madera, además la humedad favorece los ataques bióticos”.

Martin et al, (1991) citado por (Rodríguez y Fuentes 2007) señalan que. El agua elimina las partículas y astillas que permanecen en la superficie de la madera debido al intemperismo, lo que expone las capas internas no degradadas y da lugar a procesos cíclicos de degradación.

## **Naturaleza de la madera**

### **Densidad**

Concluye que, a mayor densidad maderable menor cantidad de materia erosionada. La superficie tangencial de los radios medulares es la más susceptible a la meteorización, lo que ocasiona rupturas desde la lámina media hasta las capas secundarias de la pared celular. Sin embargo, se recomienda llevar a cabo estudios adicionales que correlacionen elementos como la porosidad, los radios, etc., versus el grado de erosión (Rodríguez y Fuentes 2007).

### 2.2.3 Métodos para determinar la durabilidad de la madera

Existen diversas técnicas para poder determinar la durabilidad de la madera, siendo los métodos de laboratorio (pruebas aceleradas) de corta duración y las pruebas de campo (cementerio de estacas) consideradas como pruebas definitivas de durabilidad. Esta última son especialmente relevantes, ya que permite estimar las resistencias de las maderas a la acción combinada de los agentes bióticos de deterioro presentes en una ubicación geográfica específica. (Murace y Spavento 2014).

**Cementerio de durabilidad natural (cementerio de estacas):** estas técnicas de campo permiten determinar la durabilidad de la madera, y se diferencia de los ensayos de laboratorio en que los factores climáticos influyen directamente en el desarrollo de organismos xilófagos. Estos ensayos deben cumplir ciertos requisitos, como es garantizar la permanencia de su funcionamiento durante largos periodos de observación “sin influencia de personas y animales, contar con un ambiente que reúna condiciones favorables para la actividad biológica (insectos y hongos), “tener buena exposición solar y no haber sido utilizado previamente para cultivos agrícolas” ASTM D 1758, (2006) citado por (Morán 2021).

La durabilidad y la efectividad tóxica de los preservantes químicos se pueden determinar a través de pruebas de campo en cementerio de estacas. Sin embargo, los factores climáticos tienen una influencia significativa en el desarrollo de organismos patógenos biológicos en este método. Por lo tanto, los cementerios de ensayos deben cumplir ciertos requisitos para obtener resultados óptimos, como garantizar la permanencia de su funcionamiento durante largos periodos de observación sin sufrir alteraciones o influencias de personas y animales. Además, las condiciones ambientales deben ser favorables para la actividad biológica de organismos, incluyendo una exposición adecuada a la luz y sombra, y el terreno no debe haber sido utilizado previamente para cultivos agrícolas. Las probetas en los cementerios de estacas pueden variar de tamaño, y se evaluará la intensidad de los daños

presentes para interpretar los resultados mediante un índice de durabilidad.(Novoa 2006).

#### **2.2.4 Preservado de madera**

Los preservantes se clasifican en inorgánicos y orgánicos según su composición química. Los orgánicos u oleosolubles son esencialmente tóxicos contra insectos xilófagos y contra los hongos de la pudrición o actúan contra ambos. Otra característica es resistente a la lixiviación, y susceptibles a la biodetoxicación. Estos preservantes se puede aplicar por métodos a presión con aumento de temperatura, inmersión y en baño caliente y frío (Guevara 1996).

La preservación de la madera se llevó a cabo mediante la incorporación de sustancias químicas adecuadas para repeler o controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, lo que resulta en un aumento de la vida útil de la madera. (Vaca 1998).

Lebow (2010) citado por Wottitz, Carlos A. y Moreno (2011). Menciona que. “La vida útil de la madera puede prolongarse mediante la aplicación de preservante”, y los preservantes hidrosolubles son especialmente destacados debido a sus ventajas en la utilización de la madera de construcciones civiles. Entre ellos, el CCA (arseniato de cobre cromatado) es conocido por presentar propiedades superiores.

#### **2.2.5 Fijación de CCA-C en la madera**

El CCA-C (arseniato de cobre cromatado), es conocido como uno de los preservantes de la madera más efectivas y es hidrosoluble, lo que lo hace frecuentemente utilizado para aumentar la durabilidad de la madera en construcciones civiles (Wottitz, Carlos A y Moreno 2011). Este impregnante preservante ha sido utilizado para el tratamiento de la madera desde mediados de 1930 y protege cualquier organismo xilófago como los hongos, insectos y crustáceos. Además, mejora la durabilidad largo plazo la madera tratada y logra la adhesión de pintura. (Wikipedia 2017).

Este preservante de origen orgánico presenta componentes activos formulados como óxidos y sales con funciones específicas.(MYMSA 2022).

- **El óxido de cromo** “actúa como fungicida para ciertos hongos y funciona como fijador irreversible de otros componentes químicos” (Wikipedia 2017) en las células de la madera, lo que hace imposible su lixiviación y lo hace seguro para la persona que esté en contacto con la masera. Además, reduce la acidez y el efecto corrosivo del producto, al tiempo que ayuda a los demás productos químicos a fijarse en la madera (Wikipedia 2017).
- **El óxido de cobre** desempeña un papel como potente fungicida para conservar la madera en contacto con el suelo, debido a su capacidad para controlar el “crecimiento de hongos de pudrición blanca y otros hongos presentes en el ambiente”(Wottitz, Carlos A y Moreno 2011).
- **El arsénico formulado como sal**, es altamente toxico para las termitas y otros insectos, lo que lo convierte en eficaz insecticida. (Wottitz, Carlos A y Moreno 2011).

### 2.3 Definición de términos

#### **Peso inicial de la probeta de madera:**

Se refiere al peso que tiene antes de ser instalada en el campo o cementerio de estacas. Este peso se evalúa a cero por ciento de humedad, y las tamaños de probetas se miden después de haber estado en estufa a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  (Suirezs y Gilson 2009).

#### **Peso final de la probeta de la madera:**

Se obtiene al finalizar la prueba de exposición de probetas en el cementerio de estacas al ataque de hongos, insectos, entre otros patógenos, previamente se tiene llevar al mismo nivel de contenido de humedad al inicio de la prueba.(Suirezs y Gilson 2009).

**Preservador:**

Es una sustancia química con propiedades fungicidas y/o insecticidas que son efectivas en el tratamiento contra los agentes destructores, según lo definido en la NTP.251.020 – 2009” (INACAL 2015).

**Preservación de madera:**

Es “la acción que se realiza al aplicar un compuesto químico a la madera con el fin de controlar el ataque de hongos, insectos, bacterias y/o degradantes, así alargando la vida útil de la madera” (INACAL 2014).

**Absorción**

Es el “proceso de impregnación de compuesto químico (preservante) por inmersión prolongada”, “definido por el resultado de los pesos iniciales y finales” (INACAL 2014).

**Penetración**

Se refiere a la profundidad que alcanza un preservante en la madera, y está determinado por el contenido de humedad, la porosidad de la madera, la viscosidad de la solución preservadora y la técnica de tratamiento utilizado, según la norma (NTP.251.020 2015).

**Retención**

Se define como la cantidad de solución preservante seco por metro de madera (Sotomayor y Correa 2016).

**Tratabilidad.**

La norma técnica peruana (NTP.251.032: 2017) define como grado o clasificación como la categorización basada en el nivel de dificultad para tratar o preservar la masera. Esta clasificación incluye las categorías de fácil trata, moradamente a tratar, difícil de tratar e imposible de tratar.

## Probetas de madera.

Trozos de madera que se utiliza para estudiar la descomposición de la madera u otros procesos biológicos o químicos que ocurren en el suelo, por un tiempo determinado para estudios científicos, cepilladas en caras y cantos, libres de defectos y de signos de ataque de hongos e insectos (ASTM D1758-06 2006).

## 2.4 Especie en estudio

### Taxonomía (Brako y Zarucchi 1993).

<b>Familia:</b>	Burseraceae
<b>Género:</b>	<i>Dacryodes</i>
<b>Especie:</b>	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) H. J. Lam, 1932
<b>Sinonimia:</b>	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) J. F. Macbr., <i>Pachylobus peruvianus</i> Loes.
<b>Nombre común:</b>	caraña o copal caraña, caraña, guaná mijillehe, uguna

### Descripción

**Árbol:** “Alcanza alturas hasta 35 m de altura y diámetros mayores de 130 cm de DAP”, presenta exudado resinoso y fragante y seca como vela (Forzza 2010).

**Fuste:** Presenta corteza de color pardo oscuro verdoso grisáceo, exfoliada en plaquitas redondas y lenticeladas.

**Hojas:** Son compuestas y alternas, Las hojas en promedio “miden de 5 a 13 centímetros de longitud y 3 a 8 centímetros de ancho, foliolos de forma elíptica.

**Inflorescencias:** consiste en panículas con flores bisexuales, caracterizadas por pétalos semi ovadas que son obtusos en el ápice, mide alrededor de 2 milímetros de longitud por 1.7 milímetro de ancho. (Loesener 2017).

**Fruto:** es una drupa ovoide y aplanada que cambia de color de verde a negro brillante cuando madura, con una longitud de aproximadamente 3 centímetros y una sola semilla en el interior (Loesener 2017)

### Descripción anatómica:

La madera de caraña muestra una clara distinción entre el duramen y albura, donde el duramen es de color crema blanco y/o blanco rosado (5YR 8/4) y la albura generalmente es de color grisáceo (5YR 8/2), la madera presenta olor y sabor indistintos, grano entrecruzado, brillo elevado, veteado superpuestos y satinados, textura media, los anillos de crecimiento se distinguen por bandas oscuras regulares.

### Propiedades físicas

Morvely et al. (2014) establecieron las propiedades físicas de la especie *D. peruviana* (Loes.) H.J.Lam.

Tabla 2. Propiedades físicas de la madera de *dacryodes peruviana* (Loes) H.J Lam.

Contenido de humedad	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	Densidad anhidra (g/cm <sup>3</sup> )	Radial	Tang	Long	Vol	T/R
73.35	0.43	0.47	3.47	6.8	0.17	8.99	2.0

Fuente: (Morvely et al. 2014).

### Usos

**El fruto:** Las poblaciones indígenas consumen la parte comestible del mesocarpio del fruto maduro. según investigaciones de (Jorgensen y Leon 1999).

**La madera:** Es ampliamente empleada en la carpintería y en la construcción de viviendas por las comunidades locales, asimismo se comercializa.

**La resina:** las poblaciones locales “usan como pegamento, aromático como incienso y excelente propiedad para encender fuego” (Morvely et al. 2014).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de estudio**

La tesis es de investigación aplicada, con un alcance descriptivo - explicativo y un diseño experimental, “con direccionalidad prospectiva y con fuentes prolectivo, siguiendo los criterios de clasificación de las investigaciones (Álvarez. 2020).

Clasificación de investigación se detalla a continuación:

#### **A. Según la orientación**

**Investigación aplicada:** se refiere a la búsqueda de nuevo conocimiento con el propósito de encontrar soluciones a problemas prácticas (Álvarez 2020).

#### **B. Según su alcance**

**Alcance descriptivo:** implica la especificación de las propiedades de variables, la definición y medida de variables, así como la cuantificación y visualización de dimensiones (Álvarez 2020).

**Alcance explicativo:** se centra en la identificación de la causa de eventos y en el establecimiento de relaciones de causalidad (Álvarez 2020).

#### **C. Según el diseño de la investigación**

**Diseño experimental:** implica la obtención de datos a través de la observación de hechos condicionados por el investigador, donde se manipula una variable para observar la respuesta de otros indicadores Este tipo de diseño de puede clasificar como pre-experimentales, cuasi-experimentales y experimentales puros (Álvarez 2020).

#### D. Según la direccionalidad de la investigación.

**Prospectiva:** se refiere a situación en las que el fenómeno a estudiar tiene su causa en el presente y su efecto en el futuro. (Álvarez, 2020).

#### E. Según el tipo de fuente de recolección de datos.

**Fuente prolectivo:** se refiere a un estudio en el que se obtienen datos según criterios establecidos por el investigador para los objetivos específicos de la investigación. (Álvarez 2020).

El diseño experimental se realizó mediante la instalación de un cementerio de estacas en el Vivero Forestal "El Bosque", ubicado en el KM 16.5 de la carretera de Puerto Maldonado a Planchón, en Madre de Dios, que forma parte de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

### 3.2 Diseño de estudio

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2 x 2 y 4 repeticiones, en el que el factor 1 representa la condición de la madera (natural y preservada) y el factor 2 representa el tipo de madera (duramen y albura). Los detalles de esta distribución se representan en la tabla 3.

Tabla 3: Distribución de diseño factorial 2x2

DCA ARREGLO FACTORIAL 2X2				
Rep.	NATURAL		PRESERVADA	
	ALBURA	DURAMEN	ALBURA	DURAMEN
I				
II				
III				
IV				

Elaboración propia

### 3.3 Población y muestra

#### Población:

En el censo de la parcela de corta N° 01 del año 2019, el titular de la concesión 17-TAM/C-OPB-J-156-03, Herberth Merma Ancco, reporto la presencia de 53 árboles de la especie *Dacryodes peruviana* (Loes) H.J. Lam (caraña) en el sector los Ángeles – Sudadero, distrito las Piedras.

#### Muestra:

De los 53 árboles registradas durante el censo de 2019 en la concesión 17-TAM/C-OPB-J-156-03, se eligen aleatoriamente 05 árboles para obtener probetas, siguiendo las pautas establecidas en la norma técnica peruana NTP.215.008:2016 (INACAL 2016) con el objetivo de garantizar una seguridad estadística de 93% y un intervalo de confianza cercano al 5%.

Es preciso señalar que, en la selección de las muestras de madera, se consideró a los individuos que presenten fuste recto, sin ramificación baja y sin daños patológicos.

**Tabla 4:** Muestreo al azar del árbol para la obtención de probeta.

Subzona	Codificación de árboles censados el año 2019	Código del árbol seleccionado	N° de árboles seleccionados
I	1		
II	52, 53, 48,49	53	1
III	31, 32, 35, 36, 37, 38		
IV	2, 3, 4, 5, 22, 23, 26, 27, 24	26	1
V	43, 44, 45, 46, 50, 51	43	1
VI	30, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 47		
VII	6, 7, 8, 21, 25, 28, 29	29	1
VIII	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	19	1
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Elaboración propia

### Ubicación geográfica de los árboles a evaluar

Los árboles seleccionados para realizar la siguiente investigación se encuentran en las coordenadas UTM siguientes:

**Tabla 5:** Coordenadas UTM de los árboles a evaluar.

Código de árbol	ESTE	NORTE
1	493647	8632371
2	493449	8631824
3	494092	8631935
4	494356	8632072
5	494569	8631910

### Identificación de las especies a evaluar

Se recolectaron muestras botánicas para su correspondiente identificación botánica y certificación en el “Herbario Alwyn Gentry de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios” (Anexo 03).

### Selección de trozas.

Después de dividir el fuste en trozas de longitud apropiada, se escogió al azar una troza de 9 pies de cada árbol para producir viguetas 2 ½ x 2 ½ x 9 pies de longitud, las cuales fueron debidamente identificadas y codificadas.

### Selección de viguetas

A continuación, se procederá a cortar aleatoriamente un tablón de madera de 8 centímetros de espesor, abarcando de corteza a corteza y asegurando que la medula este incluida. posteriormente, se seleccionará una vigueta utilizando un método aleatorio, según se indica en la figura 1 y 2.

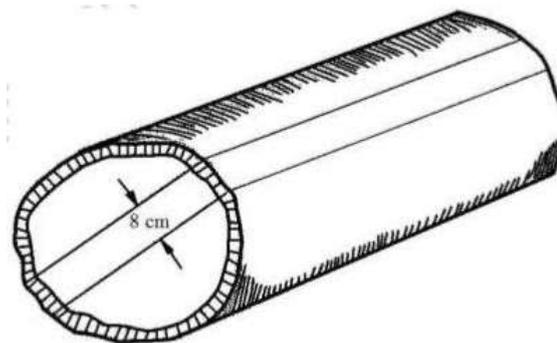


Figura 1. Representación gráfica de una troza.

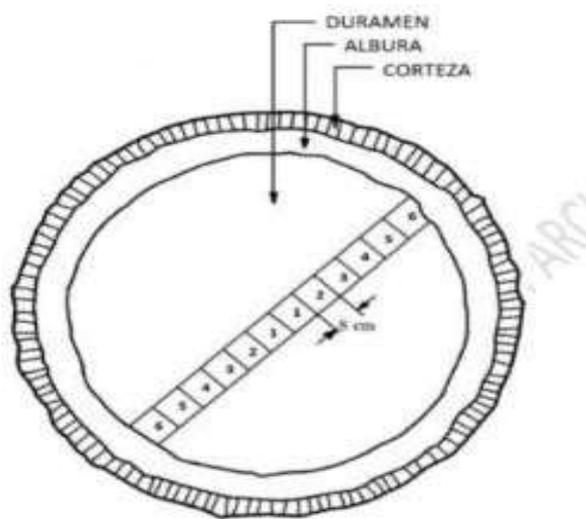


Figura 2. Representación gráfica de viguetas.

### 3.4 Métodos y técnicas

#### a. Selección de especies:

Los individuos fueron seleccionados al azar de la especie censado en 2019 de la concesión 17-TAM/OPB-J-079-03, ubicado en el sector los Ángeles a 7 Kilómetros de la margen derecha de la carretera interoceánica (PE 30C km 27) del distrito Las Piedras. (Anexo 08).

#### b. Probetas de madera

Se utilizaron 192 probetas de madera de la especie *D. peruviana* (loes) H.J. Lam, con dimensiones de 1.9 cm x 1.9 cm y 45.7 cm de largo, estas probetas estaban cepilladas en caras y cantos, y se aseguraron de que estuvieran libres de defectos, así como signos de ataque de hongos e insectos según la norma

ASTM D1758-06 (2006), se realizaron cortes trasversales, tangenciales y radiales en cada probeta para su estudio.

#### **c. Secado de la madera**

Las probetas se secaron en la estufa a 105° C centígrados hasta alcanzar contenido de humedad de 15% uniforme de las probetas, se realizó las mediciones con un detector de pines aislados en el centro geométrico de una cara.

#### **d. Aplicación de preservante**

Posterior al secado de las probetas de madera, se aplicó el preservante hidrosoluble (CCA – C) por el método de baño frío al 100% de inmersión de las probetas (duramen y albura), en una concentración de 5% debido a su alto grado de toxicidad, siguiendo lo señalado en la norma NTP.251.060:2018 (INACAL 2018), las probetas se sumergieron en el preservante en baño frío a temperatura ambiente.

Posteriormente se calcula la cantidad de absorción de preservante en cada probeta, de la madera sumergida en la solución CCA-C al 5 % de concentración.

#### **e. Instalación de cementerio de estacas**

El cementerio de estacas fue establecido en el área pertenecientes al fundo el bosque, propiedad de la universidad nacional amazónica de Madre de Dios, en las siguientes coordenadas.

**Tabla 6:** Coordenadas UTM del cementerio de estacas.

	Este	Norte
Cementerio de estacas	485211	9621855

Se estableció una parcela de 45 m<sup>2</sup> para la instalación de probetas, las cuales se enterraron a una profundidad de 22.8 cm y quedaron expuestas al aire libre a la misma altura, las probetas se dispusieron a una distancia de 30cm x 60 cm entre cada una, con los rótulos orientados en la misma dirección, como se muestra en el anexo 07. Antes de la instalación del cementerio de estacas, se registró la masa inicial de cada probeta. El tipo de muestreo aplicado fue el

muestreo probabilístico – aleatorio simple. Las probetas se instalaron el primer día de febrero del 2022 y se concluyó en marzo del 2023, con una duración de 12 meses para la evaluación.

#### **f. Levantamiento de información en el cementerio de estacas**

El cementerio de estacas se estableció por un periodo de 12 meses. Durante el proceso, las evaluaciones se realizaron cada mes, extrayendo dieciséis (16) probetas al azar para el secado en horno, observación del estado de las probetas, humedad, manchas, pudrición, presencia de hongos, termitas, entre otros patógenos y medición de la pérdida de masa. Se tuvieron en cuenta las estaciones del año para llevar a cabo estas evaluaciones.

### **3.5 tratamiento de los datos**

Se empleó el software estadístico R en español y la última versión de Excel para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de Fischer, como prueba de comparaciones múltiples. Se utilizó el test post-hoc de Tukey con un nivel de significancia de 5% para el error.

Según Peña (2011, p.72), el diseño factorial DCA se refiere a la combinación de los tratamientos que se desean comparar, y este término no afecta lo que se conoce como diseño de tratamientos, ya que este último se refiere a la selección de factores que se desean estudiar, los niveles de los factores a ensayar y su combinación. En el presente estudio, se llevó a cabo un diseño completamente al azar - DCA con un arreglo factorial de 2 x 2 y 4 repeticiones, donde el factor 1 representa la condición de la madera (natural y preservada), y el factor 2 representa el tipo de madera (duramen y albura).

#### **a. Determinación de absorción de preservantes**

Método para medir la absorción de los preservadores, en las probetas de madera se calcularon con la siguiente fórmula utilizada por Sotomayor y Correa (2016) y la norma NTP.251.032. 2017 (INACAL 2017)

$$A = \frac{C(Pf - Pi)}{V} \times 10$$

Donde:

A: Absorción kg/m<sup>3</sup>

Pf: peso de la madera después del tratamiento kg

Pi: peso de la madera antes del tratamiento Kg

V: Volumen de la madera m<sup>3</sup>

C: concentración del preservante %

La obtención de los resultados depende de muchos factores, es posible que se alcancen diferentes grados de absorción. Por ello, la madera se puede clasificar, según su capacidad de absorción. Los resultados se interpretarán de acuerdo con las especificaciones de la norma NTP.251.097. (2017).

#### **b. Durabilidad de la madera**

Diferentes autores como Benítez y Sarries. (2015), Cartwright y Gonzales, citado por Guevara y Lluncor, (1993); Honorato, Vasquez y Zamundios. (2001) han definido la durabilidad de la madera como su capacidad para soportar los efectos del clima (lluvia, rayos solares) y la acción de organismos biológicos (algas, insectos, hongos, bacterias)

La madera en durabilidad natural se clasifica en 5 categorías en relación al deterioro causado por hongos, según la junta de acuerdo de Cartagena (1988), citado por (Bobadilla et al. 2005).

- Muy durable : > 20 años de duración
- Durable : 15-20 años de duración
- Moderadamente durable : 15-10 años de duración
- No durables : < 5 años de duración

La norma internacional ANSI/ASTM D 2017 – 90. Titulada “método estándar de prueba acelerada de laboratorio para la resistencia natural a la descomposición de la madera”. Establece la clasificación de la madera según su resistencia de la siguiente manera.

**Tabla 7:** Clasificación de resistencia de la madera.

pérdida de peso (%)	promedio de peso residual	clasificación de a madera	Código
0 – 10	90 – 100	Altamente resistente	Ar
10 – 20	76 – 89	Resistente	RR
25 – 44	56 – 75	Moderadamente Resistente	Mr
45-mas	55 – menos	Ligeramente resistente/no resistente	Mpr

Fuente: Norma ASTM: D – 2017. Citado por Novoa (2006), Cacuango, D.R (2023), cita a Gonzales y Yataco (2011), citado por Ruiz en (2017)

### c. Pudrición de la madera

El término utilizado para describir la degradación fúngica causada por la despolimerización ectoenzimática de los componentes principales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) es el responsable de alterar las propiedades físicas y mecánicas de la madera, según Zabel y Morrell (1992), Schwarze et al (2000) citado por (Murace y Spavento 2014).

Estas modificaciones pueden variar en intensidad según la actividad enzimática del hongo responsable de la pudrición (que determina el tipo de pudrición). Las características químico – anatómico de la madera y las estrategias de colonización fúngica para superar las defensas naturales de la madera, como describe Zabel y Morrell (1992) citado por (Murace y Spavento 2014).

**Tabla 8:** Grado de durabilidad según porcentaje de pudrición.

<b>grado de durabilidad</b>	<b>descripción de la madera en observación</b>	<b>puntaje o porcentaje</b>
1	sana (ninguna señal de pudrición)	100
2	superficie blanda o indicio de pudrición	75
3	pudrición comprobada poco avanzada	50
4	pudrición profunda o intensa	25
5	pudrición total o destrucción	0

Fuente: JUNAC, citado por (Murace y Spavento 2014)

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

### 4.1 Resistencia de albura y duramen

#### Pérdida de peso en la albura y duramen al estado natural

La resistencia natural en albura y duramen fue expresada según pérdida de peso durante todo el periodo de estudio (12 meses). Los porcentajes (promedios) más altos de pérdida de peso se encontraron en las probetas de albura entre los meses 11 y 12 (42.9% a 43.7%). Valores altos de porcentaje de pérdida de peso en albura fueron a partir de noveno mes de evaluación (> 50%). Sin embargo, en duramen los valores (promedio) de pérdida de peso fueron durante los meses 10, 11 y 12 (10% a 14%), aunque en duramen el valor más alto fue de 14% (mes 10).

**Tabla 9.** Pérdida de peso (%) sin preservante: (a) Albura y (b) Duramen

	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>(a) Albura</b>												
Mínimo	1.06	2.64	14.24	10.04	7.66	13.73	6.27	6.72	25.98	17.45	35.63	29.64
Máximo	4.72	9.42	17.41	22.18	33.54	50.27	25.95	30.89	52.40	57.89	51.34	57.43
Promedio	2.52	6.19	15.93	16.25	20.45	30.32	18.10	21.21	35.90	30.91	42.91	43.72
SD	1.63	2.77	1.44	5.05	10.67	17.16	8.39	10.54	12.12	18.55	6.47	13.03
CV	64.55	44.79	9.06	31.09	52.18	56.59	46.34	49.70	33.76	60.02	15.09	29.79
<b>(b) Duramen</b>												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mínimo	0.04	0.37	0.53	0.08	0.82	0.80	0.51	0.54	3.40	0.54	6.24	4.16
Máximo	0.22	5.17	1.38	2.62	7.87	4.95	2.68	5.87	11.44	14.08	10.05	13.51
Promedio	0.12	1.90	0.98	1.74	3.51	2.28	1.48	2.28	5.88	8.23	7.97	8.36
SD	0.08	2.22	0.38	1.15	3.04	1.83	0.90	2.46	3.75	5.68	1.58	3.86
CV	63.05	117.25	38.36	65.86	86.76	80.16	60.52	107.97	63.65	69.02	19.79	46.21

Conforme a lo esperado, se encontró un incremento gradual en la pérdida de peso en albura y duramen a lo largo del periodo de estudio, siendo los valores más bajos en el primer mes y los valores más altos durante el último mes de evaluación (mes 12). Comparando la resistencia natural encontrada de *D. peruviana* con las categorías de clasificación propuestas por la norma ASTM-D17-2017 (2017) encontramos que la madera de duramen es altamente resistente, debido a que durante los doce meses de evaluación en promedio no supera el umbral de 10% de pérdida de peso para ser clasificado con altamente resistente (Figura 3). Sin embargo, la resistencia de la madera de albura varía a lo largo del experimento, altamente resistente durante los dos primeros meses, resistente durante el tercer, cuarto y séptimo mes, y moderadamente resistente a partir del quinto mes, con porcentajes de pérdida de peso superiores al 20 %.

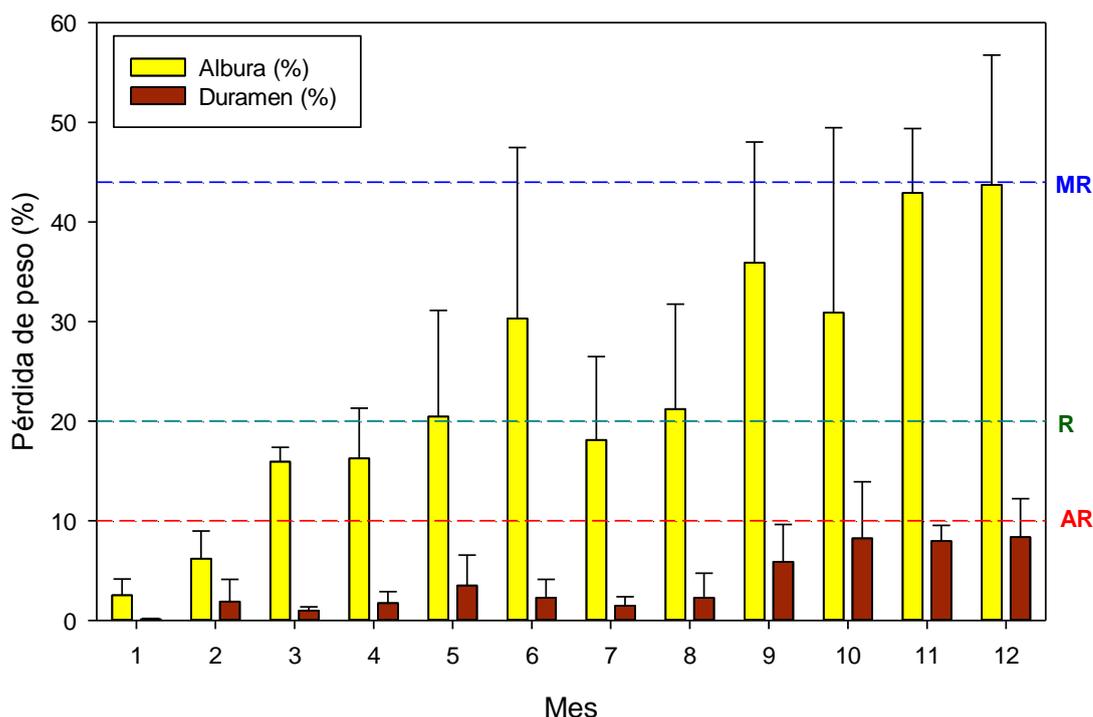


Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso, al estado natural, de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, según tipo de madera (albura y duramen) durante el periodo de estudio.

Promedio ( $\pm$  desviación estándar) del porcentaje de pérdida de peso, al natural, de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam según tipo de madera (albura y duramen) durante el periodo de estudio. AR = altamente resistente.

R = resistente. MR = moderadamente resistente.

El análisis de varianza (ANOVA) sobre la resistencia natural en albura y duramen de la madera, considerando como factores al tipo de madera (albura y duramen), tiempo (12 meses) y la interacción tiempo por tipo de madera; se muestra en la Tabla 10. El modelo utilizado es responsable del 74% de variabilidad explicada en la pérdida de peso durante todo el experimento (coeficiente de determinación ajustado = 0.74). Se encontraron diferencias significativas para en el porcentaje de pérdida de peso según tipo de madera, tiempo y la interacción también fue significativa. El tipo de madera fue el factor responsable de la mayor variabilidad explicada en la resistencia natural de *D. peruviana*, debido a la que tiene el valor más alto de suma de cuadrados, seguido por el tiempo y en menor proporción la interacción del tipo de madera por tiempo (Tabla 10).

**Tabla 10.** ANOVA de la pérdida de peso de probetas sin preservante.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17715.9	23	770.3	13.0	<0.0001
Tipo de madera	9576.2	1	9576.2	161.9	<0.0001
tiempo	5609.0	11	509.9	8.6	<0.0001
Tipo de madera por tiempo	2530.7	11	230.1	3.9	0.0002
Error	4260.0	72	59.2		
Total	21975.9	95			

**Nota.** Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de pérdida de peso de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam sin preservante según tipo de madera (Albura y Duramen), tiempo de estudio (mensualmente) y su interacción.

Como prueba de comparaciones múltiples de ANOVA se utilizó la post-hoc test de Tukey a un 5% de probabilidad de error (Figura 4). Se encontró significativa mayor pérdida de peso en la albura que en el duramen de *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam (Figura 4a). Con respecto al tiempo, los porcentajes de pérdida de peso de los meses 9 al 12 fueron significativamente superiores al primer y segundo mes, mientras que el porcentaje de pérdida de peso en los meses 11 y 12 fueron significativamente superiores a los primeros

8 meses (Figura 4b). Con respecto a la interacción entre tipo de madera x tiempo, se encontró que las probetas de albura de 11 y 12 meses tuvieron los promedios de pérdida de peso significativamente mayores a los de duramen en todos los meses y a los primeros 5 meses de albura (Figura 4).

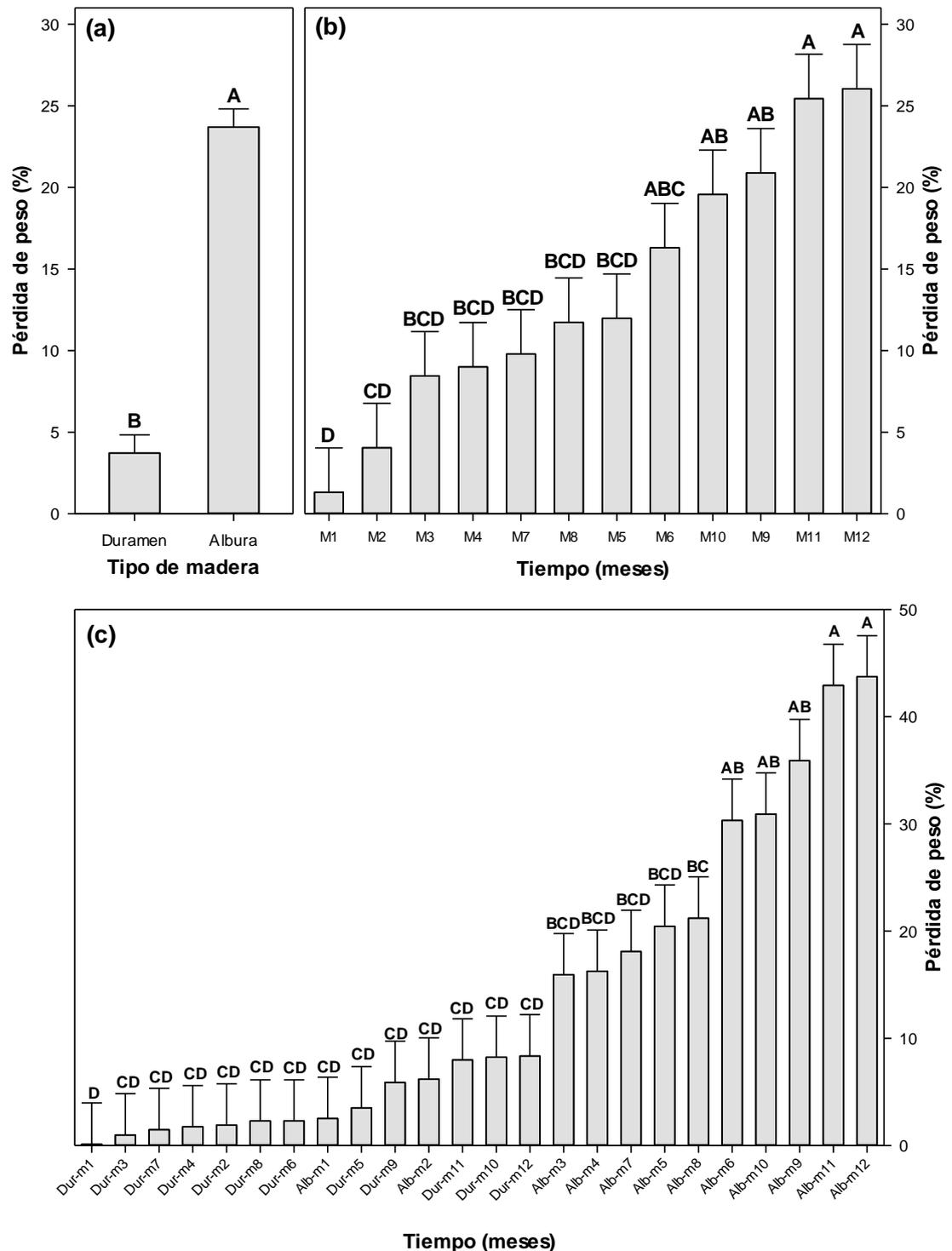


Figura 4. Promedio  $\pm$  error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida

de peso, al estado natural, de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, utilizando prueba de operaciones múltiples Tukey.

Gráfico de barras (promedio  $\pm$  error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso, al estado natural, de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam según (a) tipo de madera (albura y duramen), (b) tiempo de estudio (mensualmente) y (c) la interacción entre los factores. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

### Pérdida de peso en la albura y duramen con aplicación preservante

En la Tabla 11 se muestran con los estadísticos descriptivos de la resistencia preservada en albura y duramen, expresado según pérdida de peso, durante todo el periodo del estudio. Los porcentajes (promedios) más altos de pérdida de peso en las probetas de albura y duramen fueron a partir del noveno mes ( $> 2\%$ ). En los dos tipos de madera, durante el primer mes tuvieron los porcentajes de pérdida de peso más bajos de todo el experimento ( $< 0.6\%$ ).

**Tabla 11.** Pérdida de peso (%) con preservante en las probetas: (a) Albura y (b) Duramen.

	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>(a) Albura</b>												
Mínimo	0.14	0.51	0.91	0.10	0.21	1.00	0.00	0.10	2.83	1.64	1.05	1.64
Máximo	0.89	1.32	2.87	1.70	2.38	2.73	2.28	2.74	6.77	2.21	8.50	3.61
Promedio	0.54	0.84	1.51	0.68	1.18	1.95	1.43	1.37	3.97	1.87	4.37	2.94
SD	0.31	0.34	0.92	0.71	0.91	0.85	1.08	1.34	1.88	0.24	3.10	0.89
CV	57.28	40.96	60.66	104.80	77.40	43.58	75.21	97.96	47.34	12.83	71.07	30.37
<b>(b) Duramen</b>												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mínimo	0.13	0.47	1.37	0.50	1.22	1.08	1.62	1.28	0.79	0.78	0.94	1.91
Máximo	0.93	1.71	1.98	1.91	2.58	3.66	4.56	2.09	12.01	5.04	4.97	2.60
Promedio	0.39	0.97	1.56	1.35	1.67	2.00	3.28	1.60	4.30	2.42	3.61	2.13
SD	0.37	0.56	0.28	0.61	0.61	1.14	1.27	0.39	5.18	1.90	1.81	0.32
CV	93.79	57.45	18.19	45.45	36.68	57.12	38.74	24.12	120.44	78.40	50.13	15.06

*Nota.* Estadística descriptiva del % de pérdida de peso con preservante de probetas de *D. peruviana* según tipo de madera durante el periodo de estudio. (a) Albura y (b) Duramen.

Conforme a lo esperado y encontrado en la madera preservada, se encontró un incremento en la pérdida de peso en albura y duramen a lo largo del periodo de estudio, siendo los valores más bajos en el primer mes y los valores más altos a partir del noveno mes de evaluación. Comparando la resistencia natural encontrada de *D. peruviana* con las categorías de clasificación propuestas por la norma ASTM-D17-2017 (2017) encontramos que la madera de duramen y albura preservadas son altamente resistentes, con porcentajes de pérdida de peso inferiores al 10 % (Figura 5). Sin embargo, a diferencia de lo encontrado en la madera sin preservar, en la mayoría de los meses (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) de la madera preservada se encontró que el porcentaje promedio de pérdida de peso en duramen superó a la albura (Figura 5). Mientras que en la madera sin preservante en todos los meses la albura tuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso que el duramen (Figura 3).

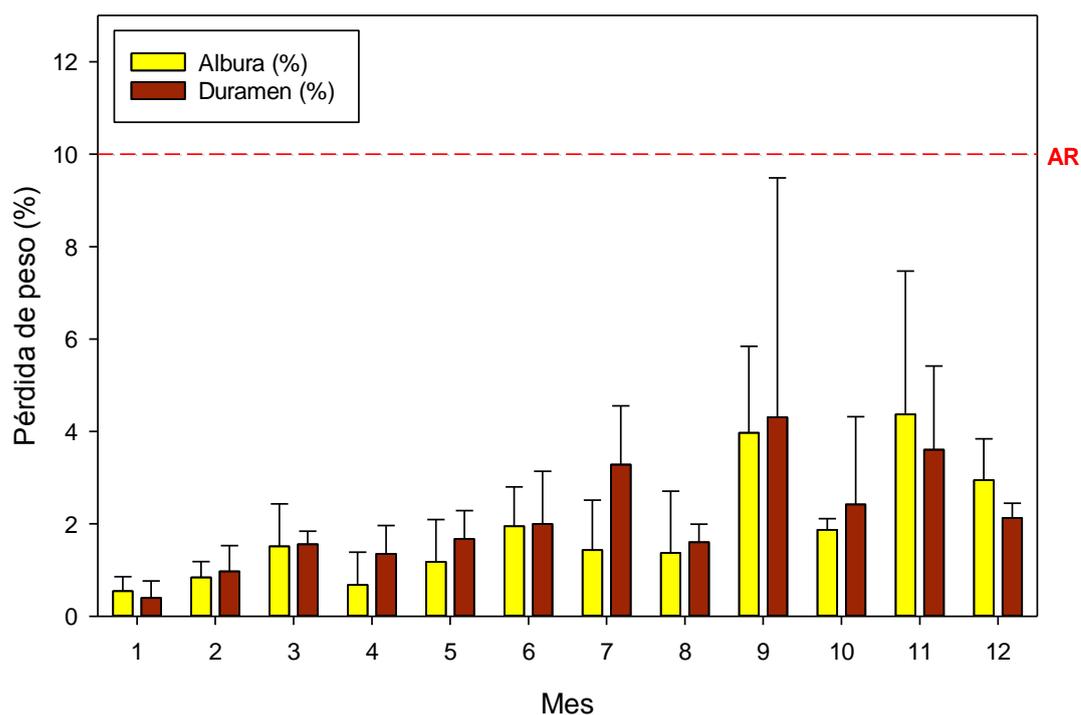


Figura 5. Porcentaje de pérdida de peso, estado preservado, de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam.

Promedio ( $\pm$  desviación estándar) del porcentaje de pérdida de peso, preservado, de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam según tipo de madera (albura y duramen) durante el periodo de estudio. AR = altamente

resistente.

El análisis de varianza (ANOVA) sobre la resistencia con preservante en albura y duramen de la madera, considerando como factores al tipo de madera (albura y duramen), tiempo (12 meses) y la interacción tiempo  $\times$  tipo de madera; se muestra en la Tabla 12. El modelo utilizado es responsable del 23% de variabilidad explicada en la pérdida de peso durante todo el experimento (coeficiente de determinación ajustado = 0.23).

No se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de pérdida de peso según tipo de madera ( $p$ -valor = 0.49, Tabla 12), es decir la aplicación del preservante no tuvo un efecto significativo en la pérdida de peso de probetas de *D. peruviana*. Aunque, se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de pérdida de peso en el tiempo ( $p$ -valor = 0.0001, Tabla 12), esto sugiere una pérdida de peso según el tiempo, conforme a lo esperado; mientras que la interacción tipo de madera  $\times$  tiempo no fue significativa ( $p$ -valor = 0.95, Tabla 12). El tiempo fue el factor responsable de la mayor variabilidad explicada en la resistencia preservada de *D. peruviana*, debido a que tiene el valor más alto de suma de cuadrados (Tabla 12).

**Tabla 12.** ANOVA del porcentaje de pérdida de peso de probetas con preservante.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125.87	23	5.47	2.25	0.0048
Tipo de madera	1.16	1	1.16	0.48	0.4917
tiempo	114.12	11	10.37	4.27	0.0001
Tipo de madera $\times$ tiempo	10.59	11	0.96	0.4	0.9532
Error	174.82	72	2.43		
Total	300.69	95			

NOTA. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de pérdida de peso de probetas de *Dacryodes peruviana* (loes) H. J. Lam (caraña), con aplicación de preservante según tipo de madera (Albura y Duramen), tiempo de estudio (mensualmente) y su interacción.

Como prueba de comparaciones múltiples de ANOVA se utilizó la post-hoc test de Tukey a un 5% de probabilidad de error (Figura 6). Con respecto al tiempo, los porcentajes de pérdida de peso del mes 9 fue significativamente

superiores al primer, segundo y cuarto mes (Figura 4b).

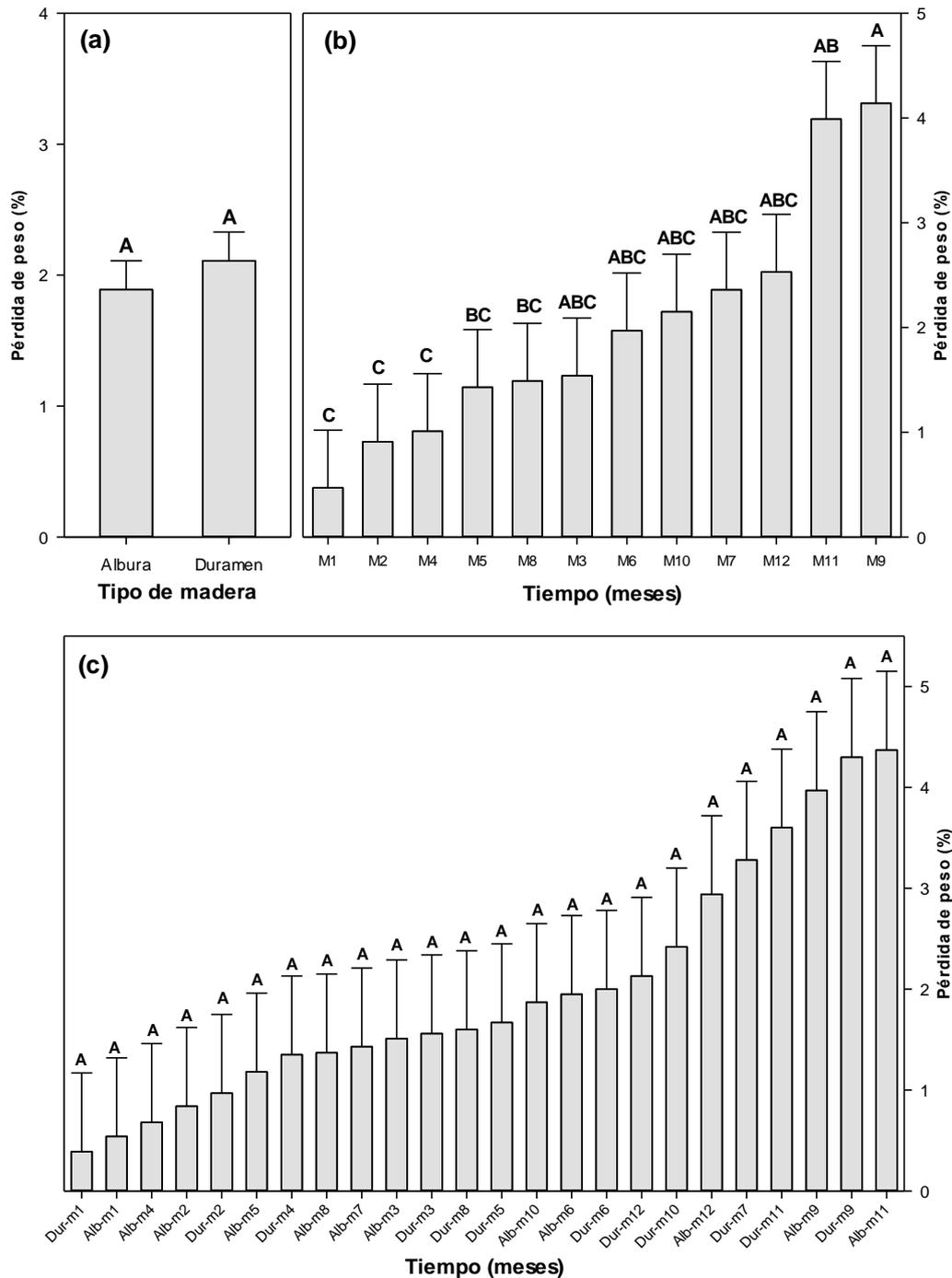


Figura 6. (promedio  $\pm$  error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso, preservada de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam (caraña), utilizando comparaciones múltiples de Tukey.

Gráfico de barras (promedio  $\pm$  error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso, preservada de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam según (a) tipo de madera (albura y duramen), (b) tiempo de estudio

(mensualmente) y (c) la interacción entre los factores. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

### **Pérdida de peso de la madera *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña)**

En la Figura comparativa del porcentaje de pérdida de peso de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), según aplicación de preservante, tipo de madera y tiempo de estudio, se encontró que la madera de albura no preservada tuvo los porcentajes de pérdida de peso más altos de todo el experimento y durante todo el periodo del estudio. Si consideramos el último mes de evaluación, la albura no preservada tuvo el porcentaje más alto de pérdida de peso, seguido por el duramen no preservado, mientras que albura y duramen preservada tuvo los porcentajes más bajos de pérdida de peso (Figura 7).

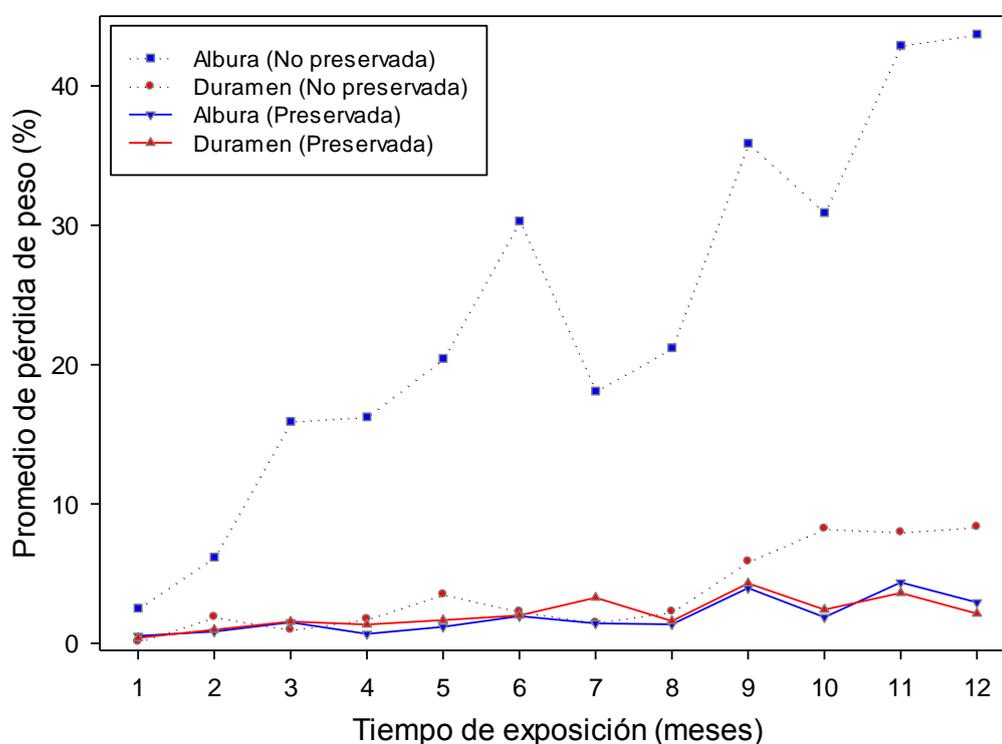


Figura 7. porcentaje de pérdida de peso de las probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam (caraña), en el tiempo de estudio cada mes.

Gráfico de líneas (promedio) del porcentaje de pérdida de peso de probetas

de *Dacryodes peruviana* (loes) H.J. Lam (caraña), según aplicación de preservante, tipo de madera y tiempo de estudio (mensualmente).

El análisis de varianza (ANOVA) global de todo el experimento sobre la resistencia natural y preservada en albura y duramen de la madera, considerando como factores al tipo de madera (albura y duramen), tiempo (12 meses) y las interacciones entre estas se muestra en la Tabla 13. El modelo utilizado es responsable del 80% de variabilidad explicada en la pérdida de peso durante todo el experimento (coeficiente de determinación ajustado = 0.8). Se encontraron diferencias significativas para en el porcentaje de pérdida de peso según preservado, tipo de madera, tiempo y la interacción entre todos estos. El preservado fue el factor responsable de la mayor variabilidad explicada en la resistencia de *D. peruviana*, debido a la que tiene el valor más alto de suma de cuadrados, seguido por la interacción Preservado x Tipo de madera y el tipo de madera (Tabla 13).

**Tabla 13.** ANOVA del porcentaje de pérdida de peso de probetas considerando tres factores del estudio. Aplicación de preservante, tipo de madera y tiempo de estudio.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor <sup>0</sup>
Modelo	24432.58	47	519.84	16.88	<0.0001
Preservado	6590.82	1	6590.82	214.01	<0.0001
Tipo de madera	4683.26	1	4683.26	152.07	<0.0001
Tiempo	3527.6	11	320.69	10.41	<0.0001
Preservado x Tipo de madera	4894.06	1	4894.06	158.91	<0.0001
Preservado x tiempo	2195.51	11	199.59	6.48	<0.0001
Tipo de madera x tiempo	1330.63	11	120.97	3.93	0.0001
Preservado x Tipo de madera x tiempo	1210.69	11	110.06	3.57	0.0002
Error	4434.77	144	30.8		
Total	28867.35	191			

NOTA. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de pérdida de peso de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam considerando los tres factores del estudio. Aplicación de preservante, tipo de madera (Albura y Duramen), tiempo de estudio (mensualmente) y su interacción.

Como prueba de comparaciones múltiples de ANOVA se utilizó la post-hoc

test de Tukey a un 5% de probabilidad de error (Figura 8 y 9). Se encontró significativa mayor pérdida de peso en la madera no preservada (Figura 8a) en la albura que en el duramen de *D. peruviana* (Figura 9a). Con respecto al tiempo, los porcentajes de pérdida de peso de los meses 11 al 12 fueron significativamente superiores a los meses 1, 2, 3, 4, 5 y 7 (Figura 8b). Con respecto a la interacción preservante x tipo de madera, la pérdida de peso de la madera de albura sin preservante fue significativamente superior al duramen sin preservante y las otras con preservante. Mientras que no encontramos diferencias significativas entre la madera de albura y duramen con preservante y el duramen sin preservante (Figura 9b).

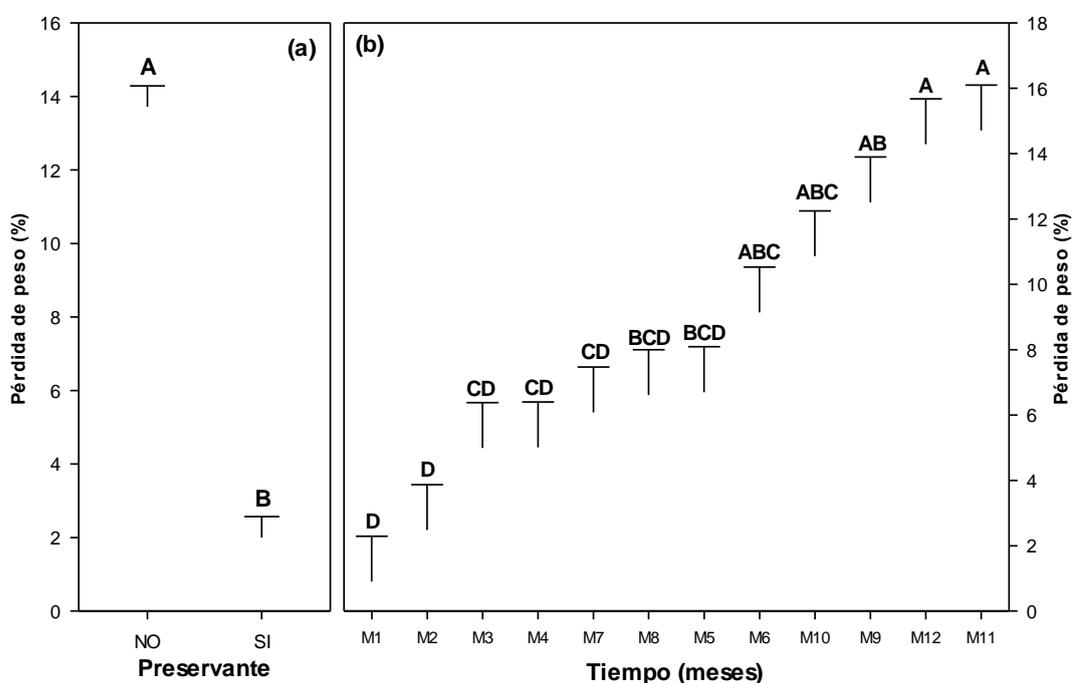


Figura 8. Promedio  $\pm$  error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, según aplicación de preservante utilizando prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Gráfico de barras (promedio  $\pm$  error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña), según (a) aplicación de preservante (si y no) y (b) tiempo de estudio (mensualmente). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

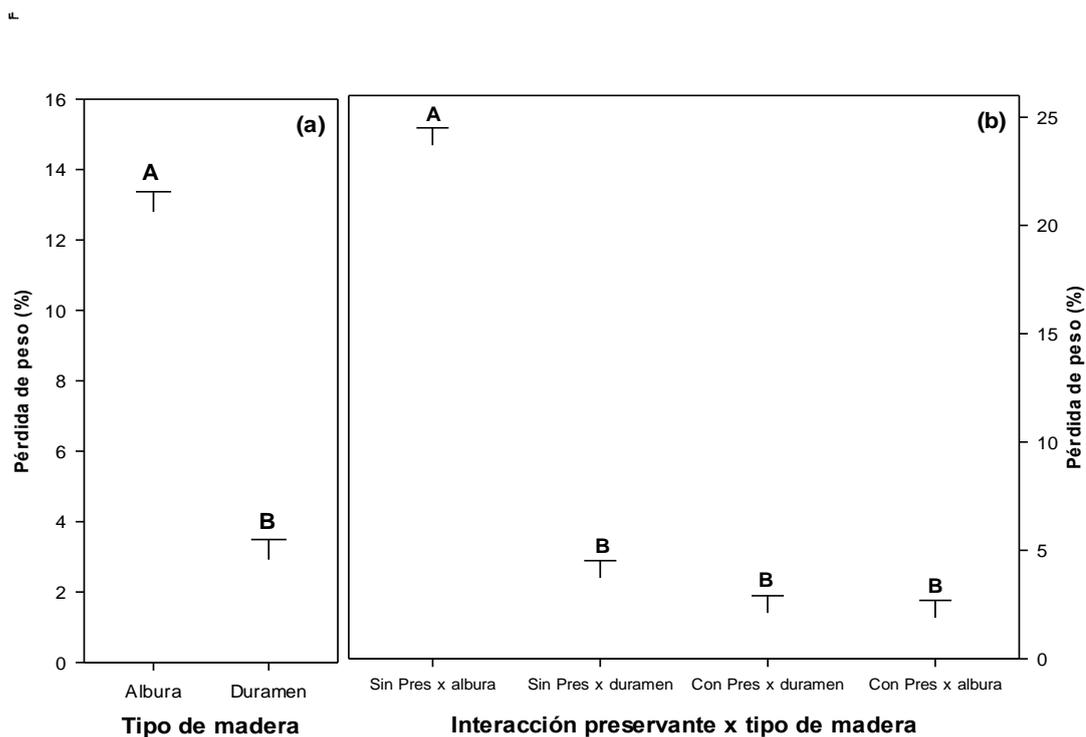


Figura 9. Promedio  $\pm$  error estándar del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam, utilizando la prueba de Tukey.

Gráfico de barras (promedio  $\pm$  error estándar) del ANOVA sobre porcentaje de pérdida de peso de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam según (a) tipo de madera (Albura y Duramen) y (b) interacción entre la aplicación de preservante y el tipo de madera. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

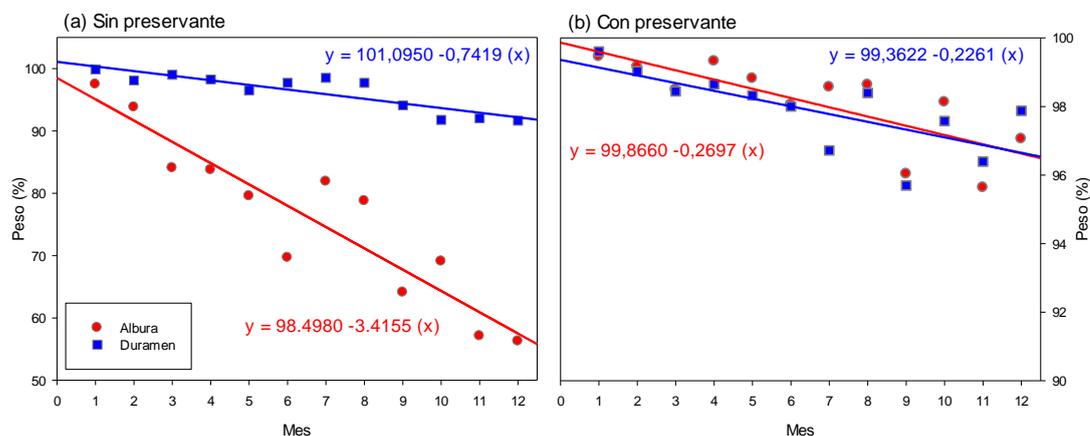
#### 4.2 Determinación de la durabilidad natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración.

El 100% de las probetas de *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam con preservante de albura y duramen no presentaron ninguna señal de pudrición (sanas) y tuvieron el mejor grado de durabilidad. Sin embargo, las probetas sin preservante si presentaron diferentes niveles de pudrición que varió según tipo de madera. En albura sin preservante presentaron los niveles de durabilidad más bajos, más del 65% de los tuvieron una pudrición profunda o total. Sin embargo, en duramen sin preservado la mayor proporción de las probetas se encontraron en el nivel 3 (pudrición comprobada poco avanzada) (Tabla 14).

**Tabla 14.** Grado de durabilidad (porcentaje) de probetas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H. J. Lam, según aplicación de preservante y tipo de madera.

Tipo de madera x Preservado	Nivel de pudrición				
	1	2	3	4	5
<b>Albura</b>					
Albura sin preservado	0	5 (11%)	10 (22%)	17 (37%)	14 (30%)
Albura con preservado	48 (100%)	0	0	0	0
<b>Duramen</b>					
Duramen sin preservado	0	17 (35%)	21 (44%)	10 (21%)	0
Duramen con preservado	45 (100%)	0	0	0	0

Para estimar la vida útil con los datos se ajustaron cuatro modelos de regresión lineal, para tipo de madera con y sin preservante. En la Figura 10 se muestran las líneas ajustadas y las ecuaciones generadas según tipo de madera y con o sin preservante. En la Figura 11, utilizando la ecuación generada en la Figura 10 se proyectaron las líneas de regresión hasta que el peso cero igual a cero en cada caso.



**Figura 10.** Línea de regresión lineal ajustada para el porcentaje de peso de las probetas durante el periodo de estudio.

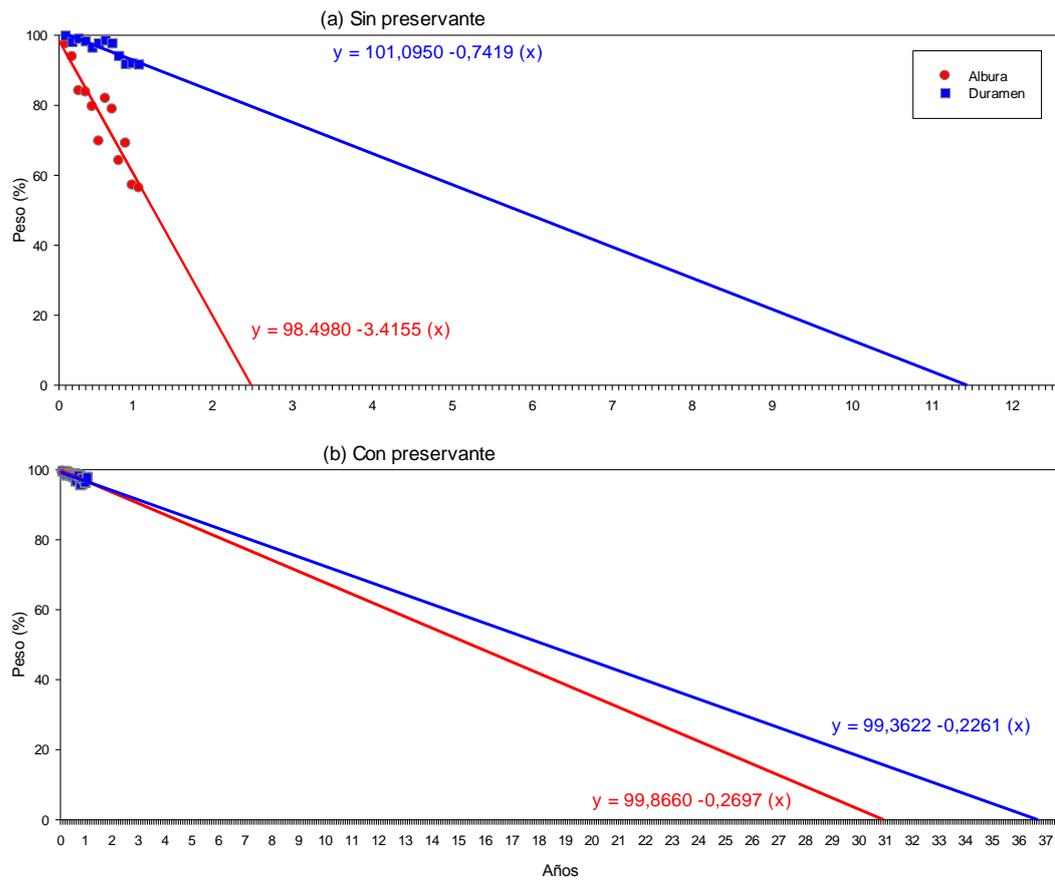


Figura 11. Líneas de regresión lineal ajustada y extendida para el porcentaje de peso de las probetas extendida hasta que el peso de la probeta sea cero.

En la Figura 12 tenemos una comparativa de las cuatro líneas de regresión ajustadas en un solo gráfico. Con las extrapolaciones de las probetas de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, se obtuvo lo siguiente: (1) la vida útil de la albura sin preservante podría ser de 2.4 años, (2) la vida útil del duramen sin preservante podría ser de 11.4 años, (3) la vida útil de la albura con preservante podría ser de 30.9 años, y (4) el duramen con preservante podría ser de 36.6 años (Figura 12 y Tabla 15).

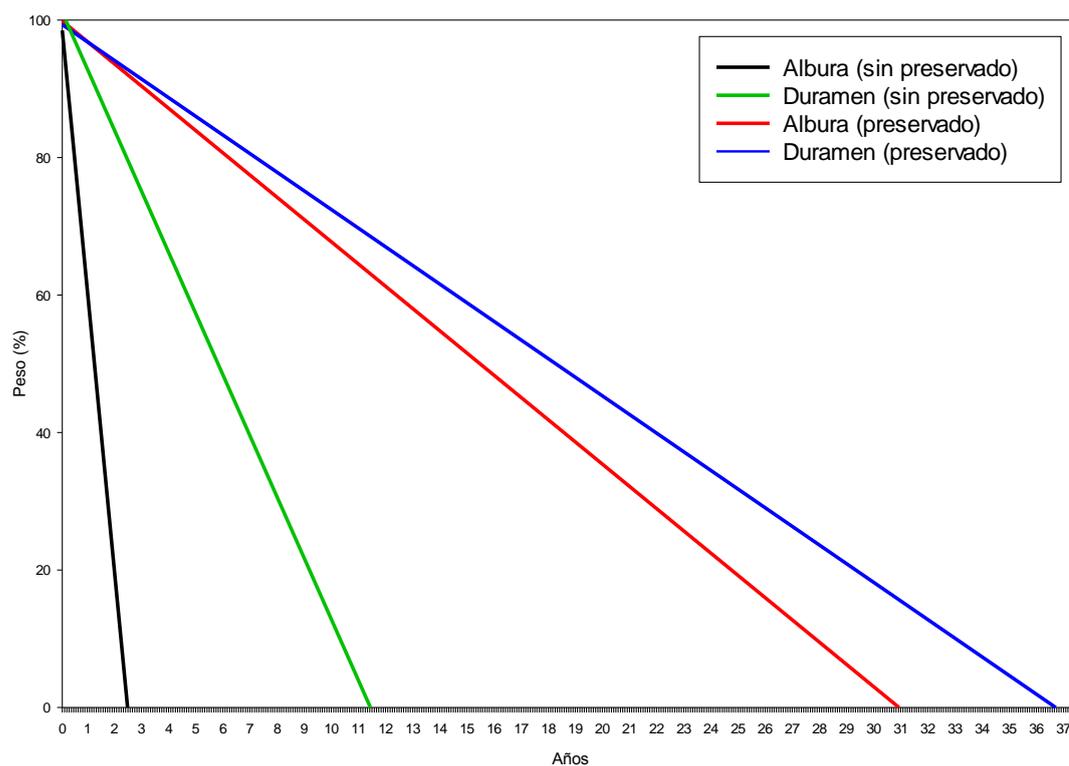


Figura 12. Comparativa de las líneas de regresión lineal ajustada y extendida para la vida útil de la madera de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, considerando el porcentaje de peso de las probetas extendida hasta que el peso de la probeta sea cero.

**Tabla 15.** Vida útil de la madera en estudio.

Tiempo		Vida útil (Meses)	Vida útil (Años)
sin preservante	Albura	28.8	2.4
	Duramen	136.3	11.4
Con preservante	Albura	370.3	30.9
	Duramen	439.5	36.6

## CONCLUSIONES

- La albura al estado natural de la madera *D. peruviana* (Loes.) H. J. Lam (caraña) es moderadamente resistente (MR) por presentar pérdida de peso en 43.72 % en promedio, mostrando un incremento de pérdida de peso en la décima evaluación (mes 10).
- El duramen al estado natural de la madera *D. peruviana* es altamente resistente (AR) por presentar pérdida de 8.36 % en promedio, mostrando el mayor incremento en la décima evaluación (mes 10).
- La aplicación de preservante en la albura de la madera *D. peruviana* *aumenta* la resistencia de la misma al presentar una pérdida de peso en de 2.95 % categorizándose entre los de Altamente resiste (AR).
- La aplicación de preservante en el duramen de la madera *D. peruviana* aumenta la resistencia al presentar una pérdida de peso en promedio de 2.13 % categorizándose entre los Altamente resiste (AR).
- Con los resultados obtenidos, al estado natural la madera *D. peruviana* se estima que la vida útil en albura es de 2.4 años, y en el duramen es de 11.4 años.
- Con los resultados obtenidos, la aplicación de preservante CCA-C al 5% de concentración a la madera *D. peruviana*, se estima que la vida útil en la albura es de 30.9 años, y en el duramen es de 36.6 años.

## SUGERENCIAS

Realizar ensayos de durabilidad con el método cementerio de estacas para la especie en estudio (caraña), por un tiempo mayor al empleado en esta investigación con la finalidad de determinar con mayor precisión su durabilidad natural en condiciones de total exposición al clima.

Por la importancia que tienen el uso de la madera de la especie *D. peruviana* (caraña), se debe realizar investigaciones de resistencia de la madera con el uso de preservados, además determinar costos de preservado y otros que permitan prologar el uso de la madera en general.

Se recomienda investigar el porcentaje de extractivos que presenta la madera ya que podría existir una relación entre la resistencia natural de la especie y sus extractivos.

Investigar la durabilidad natural de especies que se encuentren presentes en la zona de estudio de esta investigación con la finalidad de ampliar el universo de especies aprovechables.

Identificar los principales organismos que intervinieron en la degradación de la madera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, A. risco, 2020. Clasificación de las investigaciones. *Repositorio Institucional - Ulima* [en línea], [Consulta: 9 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>.
- AMADOR, J., SALAZAR, H., SILVA, L.V. y ZAMUDIOS SÁNCHEZ, F.J., 2001. Durabilidad natural de la madera de cinco especies de *Quercus* del estado de Puebla. . S.I.:
- AVALOS, A.G., SANTIAGO, P., GUEVARA, L. y ESPINOZA, M.L., 2013. Utilizacion industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales”. . Loreto:
- BENITEZ, V. y SARRIES, J.M., 2015. *Evaluación de la durabilidad adquirida de madera con una mezcla preservante a travez de un ensayo de campo aceleradp* [en línea]. S.I.: Universidad de la Republica. [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/8721/1/4078ben.pdf>.
- BOBADILLA, E.A., 2004. Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construccion. *Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Misiones*.
- BOBADILLA, E.A., PEREYRA, O., SILVA, F. y STEHR, A.M., 2005. Durabilidad Natural De La Madera De Dos Especies Aptas Para La Industria De La Construcción. *Floresta*, vol. 35, no. 3, pp. 419-428. ISSN 0015-3826. DOI 10.5380/rf.v35i3.5192.
- CACUANGO, D.R., 2023. *Determinación de la durabilidad natural de la madera de *Fraxinus americana* L. y *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, provenientes de la estación experimental “La Favorita” Santo Domingo de los Tsachilas*. S.I.: Universidad Tecnica del Norte, ECUADOR.
- CHÁVEZ, J.P., 1997. “*Evaluación de la resistencia natural de maderas de*

*cinco especies forestales al ataque de termitas en Tarapoto – San Martín*” [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de San Martín. [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en:  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/38>.

CRUZ, R., CARRILLO, A., NÁJERRA, J.A., CRUZ, F., J, H.F. y MENDEZ, J., 2018. Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 46, pp. 1-29. DOI <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.144>.

DE LA CRUS CARRERA, R., CARRILLO PARRA, A., NÁJERA LUNA, J.A., CRUZ COBOS, FRANCISCO HERNÁNDEZ, F.J. y MÉNDEZ GONZÁLEZ, J., 2018. Natural durability of wood of seven forest species of. , vol. 9, no. 46.

DIRECCIÓN REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN MADRE DE DIOS, 2012. Diagnóstico Industrial de la Región de Madre de Dios. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

FERNANDEZ-GOLFIN, J.I., OLIVA, A.G., MERINO, M.V.B. y BARRA, M.R.D., 2008. Características físico-mecánicas de las maderas de especies de crecimiento rápido de procedencia española. *Forest Systems*, vol. 4, no. 2, pp. 251-261. ISSN 2171-5068.

FORZZA, R., 2010. *Lista de espécies Flora do Brasil No Title* [en línea]. 2010. S.I.: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponible en:  
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>.

GARCÍA, C., DEL, A.D., AGUILELLA SEGURA, A., LIDÓN CEREZUELA, A. y SEGURA ORENKA, G., 2008. [Influence of type and dose of hydrogel on hydrophysical properties of three forest soils with different texture]. [en línea]. S.I.: SECF, [Consulta: 18 octubre 2015]. ISBN 978-84-921265-9-0. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=ES2009000510>.

GONZÁLEZ, V.R. y AMES, T.I., 1981. Pudricion de la madera de diez

especies forestales por acción de cinco hongos xilofagos. *Revista Forestal del Perú* [en línea], vol. 10, no. 12, pp. 1-38. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en:  
[http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos\\_RFP/Vol10\\_no1-2\\_80-81\\_\(14\)/vol10\\_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_(14)/vol10_art4.pdf).

GUERRERO, W., 2007. Preservacion con sales CCB y CCA -C, durabilidad natural y costos de produccion en la abricacion de postes con dos especies forestales. [en línea], [Consulta: 30 mayo 2017]. Disponible en:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/486/J12-G8-T-indice.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

GUERRERO W, T.F., 2008. Durabilidad natural y características de la preservacion de la madera de caraipa Myrcioides y miconia barbeyana por el metodo PRESCAP. *Anales científicos*, vol. 69.

GUEVARA, L., 1996. Características de preservado de 30 maderas. *Folia Amazónica* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 65. [Consulta: 12 julio 2017]. DOI 10.24841/fa.v8i1.296. Disponible en:  
<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/296>.

GUEVARA, L. y LLUNCOR, D., 1993. Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condicion de campo. *Folia Amazónica IIAP*, vol. 5, no. 1-2, pp. 203-215.

HIDALGO, D.J., 2014. *Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales sometidos a la acción del hongo Pycnoporus sanguineus (L. Fr Murrll)*. Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

INACAL, 2014. *Norma Técnica Peruana NTP.251.004 Preservacion de madera: terminologia*. 2014. Peru: s.n.

INACAL, 2016. *Norma Técnica peruana NTP.251.008:2016. Madera y carpinteria para construccion: Seleccion y coleccion de muestras*. 2016. Peru: s.n.

INACAL, 2017. Norma Técnica peruana NTP.251.032:1979 (revisado 2017)

Clasificación de maderas nacionales por sus características de preservación. 1 edición. Lima, Perú. 1 edición.

INACAL, 2018. *Norma Técnica Peruana NTP.251.060:2018 Preservación de madera. Preservadores Cobre - Cromo -Arsenico (C.C.A -C). requisitos.* 2018. Perú: s.n.

JORGENSEN, P.M. y LEON, Y., 1999. *Catálogo Vascular PI Ecuador.* 1999. S.l.: s.n.

KEIL, G.D., MURACE, M.A., LUNA, M.L. y ACCIARESÍ, G.H., 2006. Durabilidad de la madera de *Populus deltoides* 'Delta Gold' ("Stoneville 66") impregnada con metacrilato de metilo. [en línea], [Consulta: 18 julio 2023]. ISSN 1850-3543. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/122916>.

LOESENER, L., 2017. Amazonia. Guía ilustrada de Flora y Fauna. [en línea]. [Consulta: 25 junio 2018]. Disponible en: <http://amazonia.iiap.org.pe/especies/ver/481>.

MACHUCA, G.A., 2014. Problemática del preservado y secado de la madera en la Región Loreto-Perú-2013. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana* [en línea], [Consulta: 24 junio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3618>.

Manual de Micología General. [en línea], [sin fecha]. S.l.: [Consulta: 18 julio 2018]. Disponible en: [http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/11\\_basidiomicetos\\_0.pdf](http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/11_basidiomicetos_0.pdf).

MARQUEZ, A., CASTRO, F., RAMIREZ, E., GOMEZ, L., TORO, M. y VELASQUEZ, J., 2009. Resistencia natural de la madera de especies forestales latifoliadas en contacto con el suelo. *Copernico*,

MINCETUR, P., 2018. Reporte Comercial de Producto de la Madera. [en línea]. LIMA: [Consulta: 9 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/estadisticas\\_y\\_publicaci](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaci)

ones/estadisticas/exportaciones/Reporte\_Comercial\_Productos\_Forestales.pdf.

- MORA, N., ENCINAS, O., MOLINA, Y. y VIELMA, J., 2006. Durabilidad de madera tratada con CCA y CCB en suelos de Judibana y San Juan de Lagunillas, estado Merida, Venezuela. *Revista forestal latinoamerica*, pp. 17-37.
- MORÁN, A.J.Y., 2021. *Durabilidad natural de la madera de Gmelina arborea Roxb (melina) y Samanea saman (Jacq). Merr (saman) en contacto con el suelo* [en línea]. S.l.: Universidad tecnica estatal de Quevedo. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6308/1/T-UTEQ-154.pdf>.
- MORVELY, W., ROSALES, E.R., PORTAL, L.A. y CHAVESTA, M., 2014. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies erisma uncinatum warm y dacryodes peruviana (loes.) h.j. lam proveniente de la provincia de Tambopata - Madre de Dios. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios*,
- MURACE, M. y SPAVENTO, E., 2014. Durabilidad de las maderas. [en línea]. La Plata: [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19634/mod\\_resource/content/2/Apunte\\_Durabilidad\\_2014.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19634/mod_resource/content/2/Apunte_Durabilidad_2014.pdf).
- MYMSA, 2022. ARSENATO DE COBRE CROMATADO CCA-C - Maderas y Machihombres S.A. [en línea]. [Consulta: 19 julio 2023]. Disponible en: <https://hagaloconmadera.com/arsenato-de-cobre-cromatado-cca-c/>.
- NOVOA, L.A., 2006. Manual de buenas practicas de manufactura para la preservacion de madera aserrada: acorde a los estandares expresados en las propuestas de normas aserrada: acorde a lo. . Lima - peru:
- NUNES, F.G., FONTANA, M.D.S. y GARLET, A., 2021. Natural durability and improved resistance of 20 Amazonian wood species after 30 years in ground contact. *Holzforschung*, vol. 75, no. 10, pp. 892-899. ISSN 1437434X. DOI 10.1515/hf-2020-0192.

- POLANCO, C., CAICEDO, J. y BELTRAN, D., 2014. Durabilidad natural y descripción anatómica de la madera de la especie *Caryodaphnopsis cogolloi* van der werf. *Colombia Forestal* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 25-39. [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n1/v17n1a02.pdf>.
- QUINTANA, S., 2020. La Operacionalización de variables: Clave para armar una tesis parte 1. . Tarapoto:
- QUIROZ CARRANZA, J.A. y MAGAÑA ALEJANDRO, M.A., 2015. Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: Usos actuales y potenciales. *Madera Bosques*, vol. 21, no. 3, pp. 171-183. ISSN 14050471. DOI 10.21829/myb.2015.213466.
- RODRIGUEZ, A. y FUENTES, T., 2007. Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 9, pp. 95 a 100.
- ROJAS, L., 2013. Los basidiomicetos: una herramienta biotecnológica promisorio con impacto en la agricultura. *Fitosanidad* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 49-55. [Consulta: 18 julio 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209128776009.pdf>.
- SANCHEZ, A., RAVA, A., BOTHIG, S., VILLAMARIN, B. y DOLDAN, J., 2016. Durabilidad natural y adquirida de madera de *E. grandis* Hill.ex Maiden proveniente de plantaciones de rápido crecimiento en Uruguay. *researchgate*,
- SECRETARIA EJECUTIVA PARA ASUNTOS ECONOMICOS Y SOCIALES, 1987. Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva Central del Perú. [en línea]. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea27s/begin.htm#Contents>.
- SERFOR, 2016. Evolución de producción del sector forestal. [en línea]. Lima: [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: [http://peruforestal.org/web/pdfs/2016\\_2.pdf](http://peruforestal.org/web/pdfs/2016_2.pdf).

- SERFOR, 2019. Anuario Forestal y de fauna silvestre 2017. [en línea]. S.l.: [Consulta: 19 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.serfor.gob.pe>.
- SERNA, Y.B., TORRES, J.J. y ASPRILLA, Y.Y., 2019. Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Entramado*, vol. 16, no. 1, pp. 192-202. ISSN 1900-3803. DOI 10.18041/1900-3803/entramado.1.6105.
- SOTOMAYOR, J.R. y CORREA, S., 2016. Retencion de sales de boro en la madera y su efecto en el módulo de elasticidad dinámico. *Revista Científica*, vol. 24, pp. 90-99.
- SUIREZS, T.M. y GILSON, B., 2009. *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. S.l.: s.n. ISBN 9789505791545.
- SWIDERSKI, J., 1967. Importancia de la preservación de la madera en los países tropicales. *Unasyva - No. 90* - [en línea]. Feldafing,: s.n., [Consulta: 20 julio 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/81146s/81146s04.htm#TopOfPage>.
- VACA, R.B., 1998. Tecnicas para el preservado para la madera. *Documento Tecnico 65/1998*. Santa Cruz: s.n., pp. 59. DOI documento tecnico 65/1998.
- VASCONEZ, D., 2021. DSpace ESPOCH.: Durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago con pruebas aceleradas en laboratorio. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15834>.
- WIKIPEDIA, 2017. Arseniato de cobre cromado. [en línea]. [Consulta: 19 julio 2023]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Arseniato\\_de\\_cobre\\_cromado](https://es.wikipedia.org/wiki/Arseniato_de_cobre_cromado).
- WOLF, F. y PERALES, F., 1985. Durabilidad natural de la madera de algunas especies del matorral del noreste de Mexico. [en línea], Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020118346/1020118346.PDF>.

WOTTITZ, Carlos A y MORENO, G.A., 2011. Fijación química del preservante CCA-C en la madera de *Pinus elliottii* Parte 1: Influencia de la temperatura y de la humedad relativa. *Maderas. Ciencia y tecnología*, vol. 13, no. 1, pp. 85-103. DOI 10.4067/S0718-221X2011000100008.

WOTTITZ, Carlos A. y MORENO, G.A., 2011. Fijación química del preservante CCA-C en la madera de *Pinus elliottii* Parte 1: Influencia de la temperatura y de la humedad relativa. *Maderas. Ciencia y tecnología* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 85-103. [Consulta: 18 julio 2023]. ISSN 0718-221X. DOI 10.4067/S0718-221X2011000100008. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-221X2011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

## **ANEXOS**

Anexo. 1 Matriz de operacionalización de variables

<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEM</b>
Variable Independiente	Estado de madera	Natural	Madera sin preservación	nominal
		Preservada con la solución CCA-C	Madera preservada	
	Sección de madera	Duramen	Estructura de madera diferencia por el color de la madera	nominal
		Albura		
Variable dependiente	resistencia	Resistencia natural	Índice de resistencia	Ordinal
		Resistencia preservada		
	Vida útil de la madera	Tiempo de duración	Duración de vida útil de la madera	Ordinal

## Anexo. 2 Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>General</b></p> <p>1. ¿Cuál será la Resistencia de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam natural y preservada con CCA-C AL 5% de concentración, sometidas a condiciones extremas del Clima en Tambopata - MDD?</p> <p><b>Específico.</b></p> <p>1. ¿Cuál será la resistencia natural de albura y duramen de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J.Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del climá en Tambopata - Madre de Dios?</p> <p>2. ¿Cuál será la resistencia natural y preservada al 5% de concentración de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del climá en Tambopata - Madre de Dios?</p> <p>3. ¿Cuál será la vida útil de la madera natural y preservada con CCA-C,</p>	<p><b>General</b></p> <p>1. Determinar la resistencia natural y preservada con solución CCA-C al 5% de concentración de la Madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, sometida a condiciones extremas del Climá en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p><b>Específico</b></p> <p>1. Determinar la resistencia natural en albura y duramen de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, sometidas a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios</p> <p>2. Determinar la resistencia preservada con solución CCA-C al 5% de concentración en albura y duramen de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam sometidas a condiciones extremas del climá en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>3. Determinar la vida útil natural y preservada con</p>	<p><b>General</b></p> <p>1. Ha: Presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5 % de concentración de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>2. Ho: No presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración, de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam (caraña), sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios</p> <p><b>Específico</b></p> <p>1. Ha: Presenta diferencias significativas en la resistencia natural en el duramen y albura de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, sometida a condiciones</p>	<p><b>Variables Independiente:</b></p> <p>1. Estado de la madera 2. sección de madera</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>1. Natural 2. Preservada 3. Duramen 4. albura</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>1. Madera sin preservar 2. Madera preservada 3. Estructura de la madera diferencia por el color de la madera</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>1. resistencia 2. vida útil</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>1. Resistencia natural 2. Resistencia preservada 3. Tiempo de duración</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>1. índice de resistencia 2. Duración de vida útil de la madera</p>	<p><b>Enfoque:</b></p> <p>Prospectivo cuando el fenómeno a ser estudiarse tenga la causa en el presente y efecto en el futuro (Álvarez 2020).</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>DCA con arreglo factorial 2x2 Con 4 repeticiones</p> <p><b>Nivel:</b></p> <p>Básico Aplicada</p> <p><b>Tipo de estudio:</b></p> <p>Diseño Experimental</p> <p><b>Métodos:</b></p> <p>experimental</p> <p><b>De recolección de datos:</b></p> <p>Fuente prolectivo: estudio en la cual se obtendrá según los criterios del investigador para los objetivos determinados de la investigación. (Álvarez 2020)</p>

<p>de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam (caraña), ¿sometida a condiciones extremas del climá en Tambopata - Madre de Dios?</p>	<p>solución CCA-C al 5% de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam. sometidas a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p>	<p>extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>2. Ho: No presenta diferencias significativas en la resistencia natural en el duramen y albura de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>3. Ha: Presenta diferencias significativas en la resistencia preservada con la solución de CCA-C en el duramen y albura de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J.Lam, sometida a condiciones climáticas extremas en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>4. Ho: No presenta diferencias significativas en la resistencia preservada con la solución de CCA-C en el duramen y albura de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p>5. Ha: La vida útil de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam,</p>	<p>Norma ASTM D1758 NTP 251.097:1988 (2017) NTP 251.060:2018 NTP 251.027:1974(2017) NTP 251.026:1974(2017) NTP 251.020:2009(2015)</p>	<p><b>De análisis:</b></p> <p>IBM SPSS Statistics Excel Pruebas de : Anova Pruebas de Tukey.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>53 árboles de PDA-2018 de concesión castañera del sr. Helberth Merma Ancco.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>5 árboles al azar ASTM D143- 52(1965) NTP 251.015:2008 (2018)</p>
--	--	---	---	--

		<p>presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución de CCA-C al 5% de concentración, sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata-Madre de Dios.</p> <p>6. Ho: La vida útil de la madera de <i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) H.J. Lam, no presenta diferencias significativas entre la resistencia natural y preservada con la solución CCA-C al 5% de concentración sometida a condiciones extremas del clima en Tambopata - Madre de Dios.</p> <p><b>JUSTIFICACIONES</b></p> <p>encontrar técnicas o métodos para ampliar las condiciones de resistencia y durabilidad de las maderas susceptibles a deterioro por su condición o características orgánicas de la madera.</p> <p><b>IMPORTANCIA</b></p> <p>mejorar la durabilidad de las maderas con crecimiento rápido con opción para plantaciones forestales, con la finalidad de disminuir presión sobre los bosques primarios.</p>		
--	--	---	--	--

Anexo. 3 Constancia de identificación. nombre científico de la especie en investigación(caraña).



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS  
 Centro Investigación del Herbario Alwyn Gentry  
 "Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"  
 Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional



## CONSTANCIA

En mi calidad de *Director* del Centro de Investigación Herbario "Alwyn Gentry" de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios,

**HACE CONSTAR:**

Que la muestra botánica ha sido presentadas en marco de la tesis de pregrado la Bach. Marleni Rojas Malima. Titulado "Resistencia Preservada y Natural de la Madera de Caraña, Expuesta a Condiciones Extrema del Clima Tropical, Tambopata" para optar el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

El ejemplar ha sido entregado a la colección del herbario y constan de 01 especimen que proviene del sector Los Angeles, ubicado en la Provincia Tambopata, distrito Las Piedras, región Madre de Dios, Las cuales fueron verificadas e identificadas en este Centro de enseñanza e Investigación HAG-UNAMAD. A continuación, se adjunta el cuadro de información de la especie.

N°	Código de Colecta	Nombre científico	Familia Segun APG IV (2016)	Coordenada UTM 19L
1	M. Rojas - 001	<i>Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam</i>	Burseraceae	E-492604, H-8633040

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente.

Puerto Maldonado, 28 de junio de 2022.

Atentamente



Mg. Sufer Baez Quispe  
DIRECTOR DEL HERBARIO

Ciudad Universitaria – Puerto Maldonado – Madre de Dios.  
 Av. Jorge Chavez N° 1160

Anexo. 4 solicitud de autorización para el uso de laboratorio de la planta piloto de madera

"Año de la Universalización de la Salud"  
"Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú"

Puerto Maldonado, 04 de febrero de 2020

**CARTA N°001-2020-MDD/MRM**

Dr.:  
CARLOS EMERICO NIETO RAMOS  
DIRECTOR DE ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA FORESTAL Y MADIO AMBIENTE



Asunto : Solicito autorización de uso de equipos de laboratorio de preservado y propiedades de la madera

Referencia: Resolución de Decanatura N° 382-2019-UNAMAD-DFI

---

Yo, Bach MARLENI ROJAS MALLMA, Identificada con DNI N° 46663917, Con domicilio en Jirón los Robles 14Ñ-1 TAMBOPATA -MADRE DE DIOS - PERU, tesista del proyecto de investigación " DURABILIDAD NATURAL Y ADQUIRIDA DE LA MADERA DACRYODES PERUVIANA (loes) H.J Lam, EXPUESTA A CONDICIONES ADVERSAS DEL AMBIENTE -MADRE DE DIOS" por lo que me dirijo y solicito autorización y/o permiso del uso de los equipos de laboratorio de propiedades de la madera y laboratorio de preservado de madera de los siguientes equipos

- Horno de secado de probetas
- Balanza analítica
- Espacio de 100 mts cuadrados en el fondo vivero el Bosque (UNAMAD) km 16.5 .

Dichos equipos se utilizan para un periodo de 12 meses, según el cronograma de proyecto de tesis que se adjunta.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración

Atentamente,



Bach. Marleni Rojas Mallma  
DNI 46663917

---

Puerto Maldonado – Madre de Dios

## Anexo. 5 Cuadro estadístico de resultados

Resultados de las comparaciones múltiples de ANOVA para los efectos principales: (a) preservante, (b) tipo de madera y (c) tiempo.

<b>(a) Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.57184</b>							
Error: 30.7970 gl: 144							
PRESERVACION	Medias	n	E.E.				
Sin preservante	13.72	96	0.57	A			
Con preservante	2	96	0.57		B		
<b>(b) Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.57184</b>							
Error: 30.7970 gl: 144							
Wood	Medias	n	E.E.				
Albura	12.8	96	0.57	A			
Duramen	2.92	96	0.57		B		
<b>(c) Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.42732</b>							
Error: 30.7970 gl: 144							
tiempo	Medias	n	E.E.				
M11	14.71	16	1.39	A			
M12	14.29	16	1.39	A			
M9	12.51	16	1.39	A	B		
M10	10.86	16	1.39	A	B	C	
M6	9.14	16	1.39	A	B	C	
M5	6.7	16	1.39		B	C	D
M8	6.61	16	1.39		B	C	D
M7	6.08	16	1.39			C	D
M4	5.01	16	1.39			C	D
M3	4.99	16	1.39			C	D
M2	2.48	16	1.39				D
M1	0.9	16	1.39				D



Resultados de las comparaciones múltiples de ANOVA para la interacción de los efectos principales: tiempo x tipo de madera.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.12119									
Error: 30.7970 gl: 144									
Wood	tiempo	Medias	n	E.E.					
Albura	M11	23.64	8	1.96	A				
Albura	M12	23.33	8	1.96	A				
Albura	M9	19.93	8	1.96	A	B			
Albura	M10	16.39	8	1.96	A	B	C		
Albura	M6	16.13	8	1.96	A	B	C		
Albura	M8	11.29	8	1.96		B	C	D	
Albura	M5	10.82	8	1.96		B	C	D	
Albura	M7	9.77	8	1.96			C	D	E
Albura	M3	8.72	8	1.96			C	D	E
Albura	M4	8.46	8	1.96			C	D	E
Duramen	M11	5.79	8	1.96				D	E
Duramen	M10	5.33	8	1.96				D	E
Duramen	M12	5.24	8	1.96				D	E
Duramen	M9	5.09	8	1.96				D	E
Albura	M2	3.52	8	1.96				D	E
Duramen	M5	2.59	8	1.96				D	E
Duramen	M7	2.38	8	1.96				D	E
Duramen	M6	2.14	8	1.96				D	E
Duramen	M8	1.94	8	1.96				D	E
Duramen	M4	1.55	8	1.96				D	E
Albura	M1	1.53	8	1.96				D	E
Duramen	M2	1.43	8	1.96				D	E
Duramen	M3	1.27	8	1.96				D	E
Duramen	M1	0.26	8	1.96					E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )									

Resultados de las comparaciones múltiples de ANOVA para la interacción de los efectos principales: Preservación x tipo de madera x tiempo.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=15.64339										
Error: 30.7970 gl: 144										
PRESERVACION	Wood	tiempo	Medias	n	E.E.					
Sin preservante	Albura	M12	43.72	4	2.77	A				
Sin preservante	Albura	M11	42.91	4	2.77	A				
Sin preservante	Albura	M9	35.9	4	2.77	A B				
Sin preservante	Albura	M10	30.91	4	2.77	A B C				
Sin preservante	Albura	M6	30.32	4	2.77	A B C				
Sin preservante	Albura	M8	21.21	4	2.77		B C D			
Sin preservante	Albura	M5	20.45	4	2.77		B C D			
Sin preservante	Albura	M7	18.1	4	2.77		C D E			
Sin preservante	Albura	M4	16.25	4	2.77		C D E F			
Sin preservante	Albura	M3	15.93	4	2.77		C D E F G			
Sin preservante	Duramen	M12	8.36	4	2.77		D E F G H			
Sin preservante	Duramen	M10	8.23	4	2.77		D E F G H			
Sin preservante	Duramen	M11	7.97	4	2.77		D E F G H			
Sin preservante	Albura	M2	6.19	4	2.77		D E F G H			
Sin preservante	Duramen	M9	5.88	4	2.77		D E F G H			
Con preservante	Albura	M11	4.37	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Duramen	M9	4.3	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Albura	M9	3.97	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Duramen	M11	3.6	4	2.77		E F G H			
Sin preservante	Duramen	M5	3.51	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Duramen	M7	3.28	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Albura	M12	2.94	4	2.77		E F G H			
Sin preservante	Albura	M1	2.52	4	2.77		E F G H			
Con preservante	Duramen	M10	2.42	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M6	2.28	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M8	2.28	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M12	2.13	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M6	2	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M6	1.95	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M2	1.9	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M10	1.87	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M4	1.74	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M5	1.67	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M8	1.6	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M3	1.56	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M3	1.51	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M7	1.48	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M7	1.43	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M8	1.37	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M4	1.35	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M5	1.18	4	2.77		F G H			
Sin preservante	Duramen	M3	0.98	4	2.77		F G H			
Con preservante	Duramen	M2	0.97	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M2	0.84	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M4	0.68	4	2.77		F G H			
Con preservante	Albura	M1	0.54	4	2.77		G H			
Con preservante	Duramen	M1	0.39	4	2.77		G H			
Sin preservante	Duramen	M1	0.12	4	2.77		H			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)										

## Anexo. 6 cuaderno de toma de datos

The image displays three pages of a handwritten data notebook, labeled A, B, and C. Each page contains a grid with columns for sample ID, date, and various measurements. The data is handwritten in blue ink.

**Page A:** Shows data for samples A1 through A28. The columns include sample ID, date (e.g., 11/10, 11/11, 11/12), and numerical values. The rightmost column contains values ranging from approximately 32.00 to 75.00.

**Page B:** Shows data for samples A29 through A48. The columns include sample ID, date (e.g., 11/13, 11/14, 11/15), and numerical values. The rightmost column contains values ranging from approximately 32.00 to 75.00.

**Page C:** Shows data for samples A49 through A68. The columns include sample ID, date (e.g., 11/16, 11/17, 11/18), and numerical values. The rightmost column contains values ranging from approximately 32.00 to 75.00.

(A),(B),(C) Datos de las probetas *D. peruviana* (Loes) H.J. Lam (caraña), albuza preservadas y sin preservado.

The image displays three pages of handwritten data tables, labeled D, E, and F, arranged horizontally. Each page contains a grid with columns for sample ID, date, and various numerical values. The data is organized into rows, with some rows containing multiple columns of numbers. The handwriting is in black ink on a light-colored background. The tables are filled with data points, likely representing measurements of *D. peruviana* under different conditions.

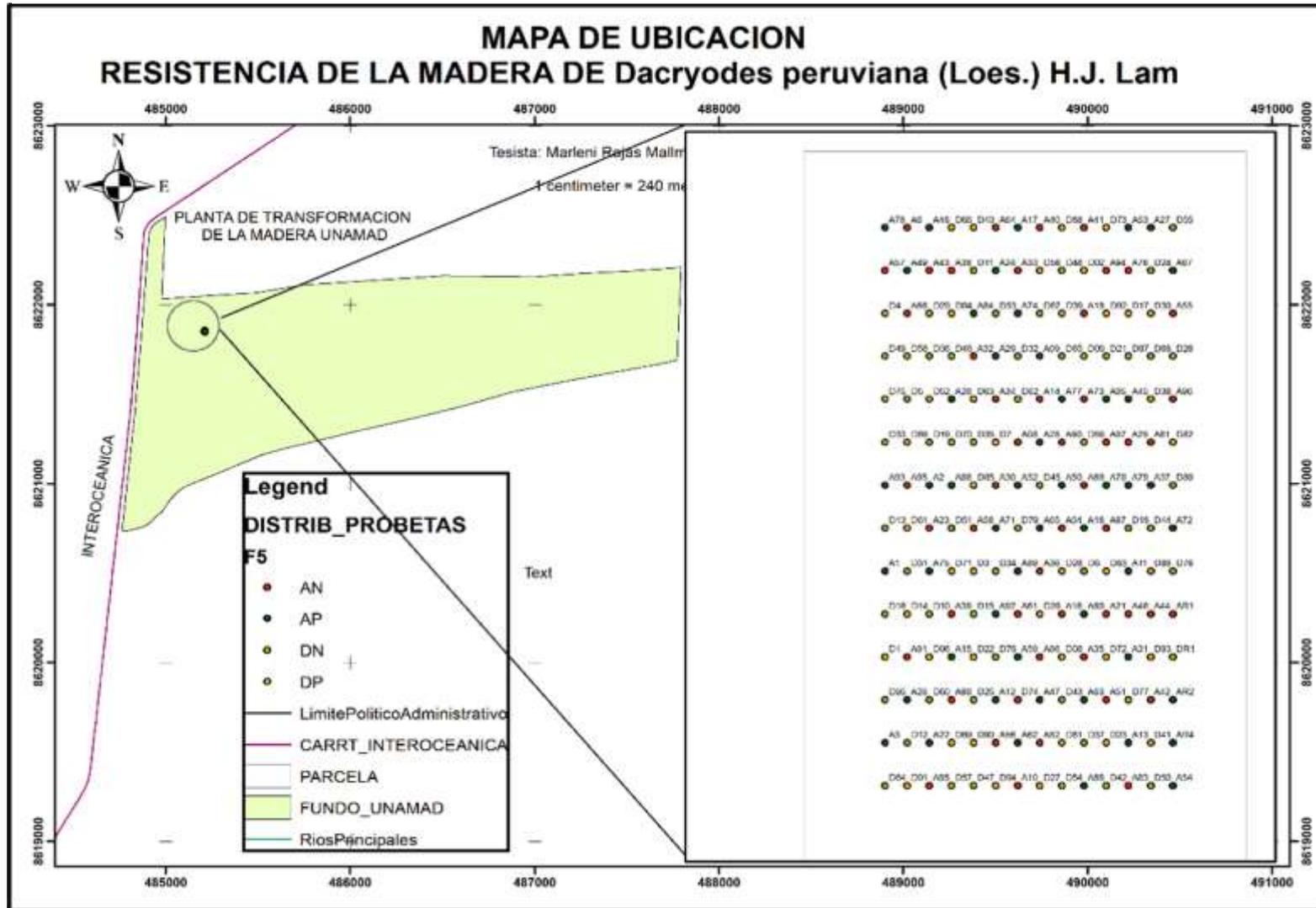
**Table D:** Contains data for samples D1 through D28. The columns include sample ID, date (e.g., 11/1, 11/2, 11/3), and numerical values (e.g., 1.5, 1.8, 2.1).

**Table E:** Contains data for samples E1 through E28. The columns include sample ID, date (e.g., 11/1, 11/2, 11/3), and numerical values (e.g., 1.5, 1.8, 2.1).

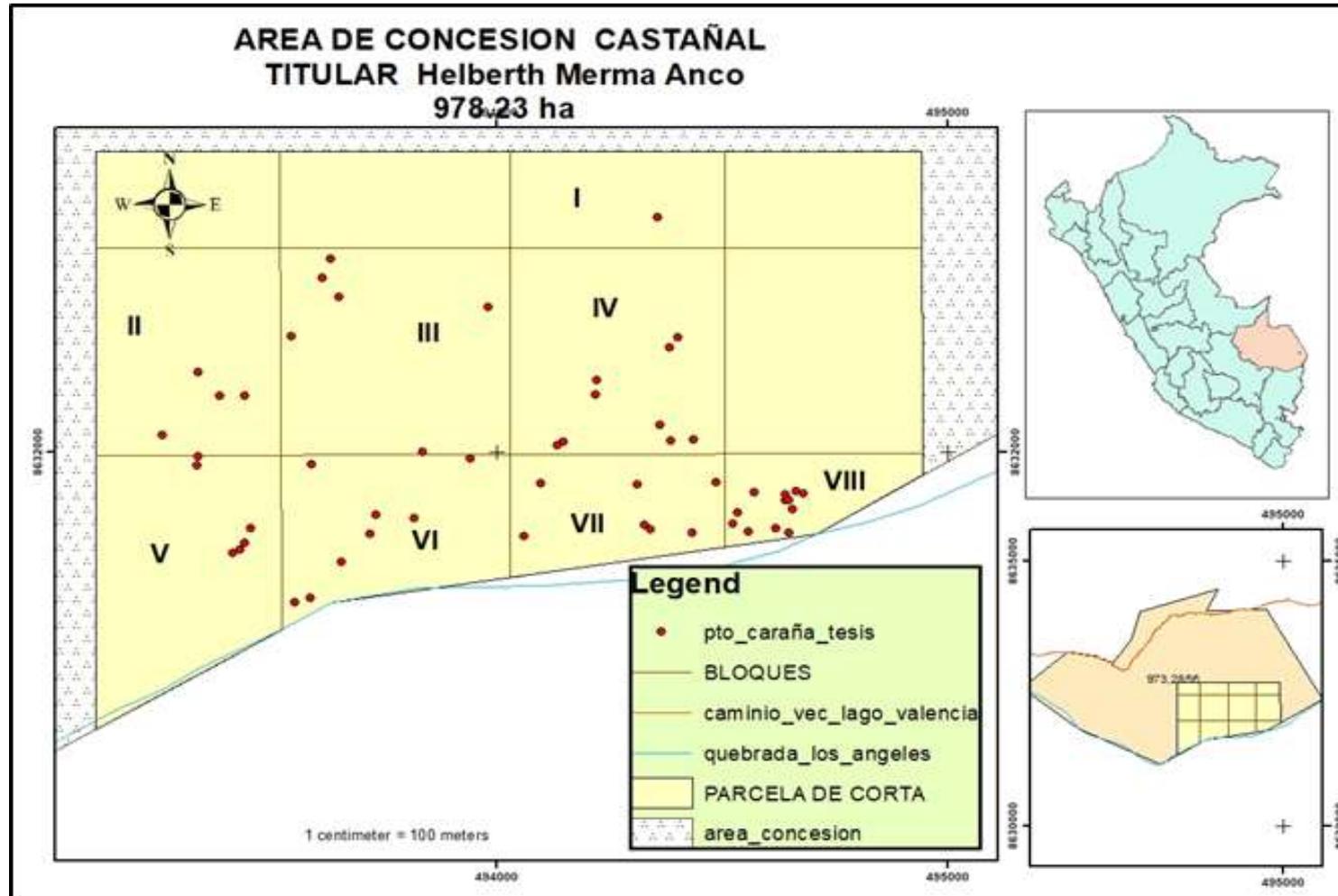
**Table F:** Contains data for samples F1 through F28. The columns include sample ID, date (e.g., 11/1, 11/2, 11/3), and numerical values (e.g., 1.5, 1.8, 2.1).

(D),(E),(F) Datos de las probetas *D. peruviana* (Loes) H.J. Lam (caraña), duramen preservadas y sin preservado.

Anexo. 07 Mapa de ubicación de la parcela de instalación de cementerio de estacas en el fundo el Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios- UNAMAD

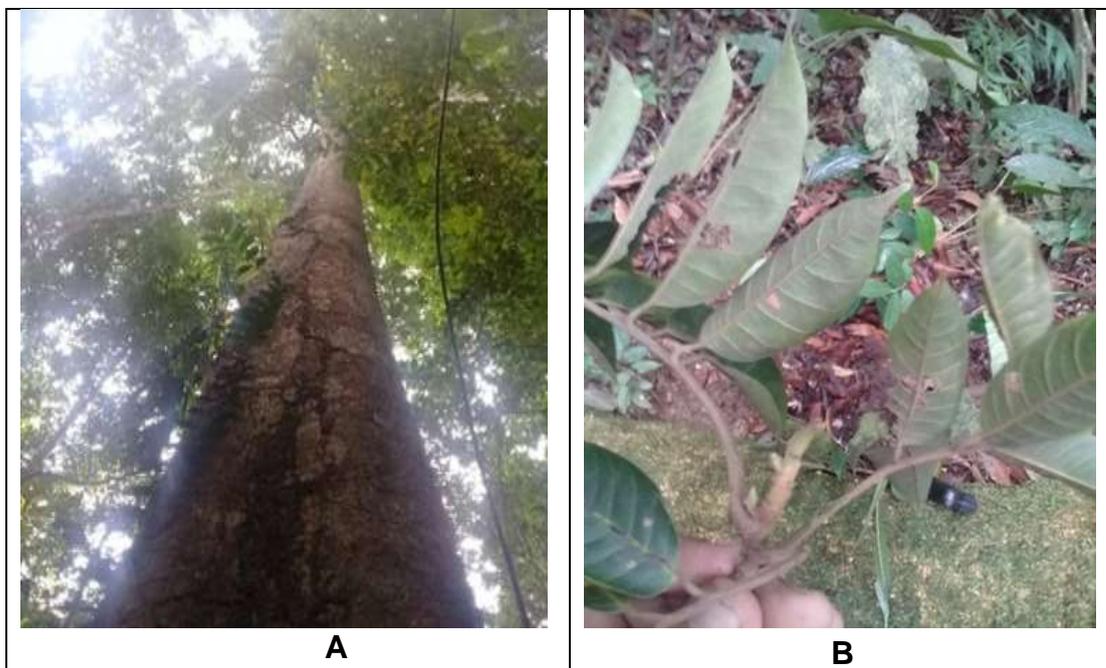


Anexo. 08 Mapa de ubicación de la parcela de corta, Área de concesión castaña ubicado en el sector los ángeles – sudadero, distrito Las Piedras.

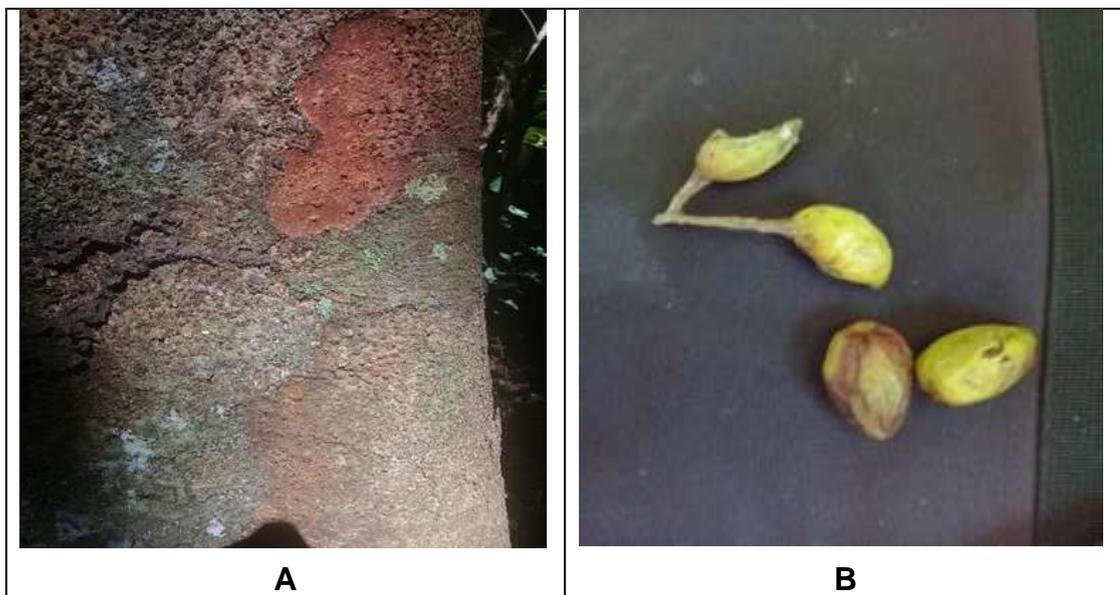


## Anexo. 09 Panel de fotografías.

Galería de fotos de la investigación.



(A) árbol de *Dracryodes peruviana* (Loes) H.J. Lam, (B) hojas compuestas del árbol de caraña.



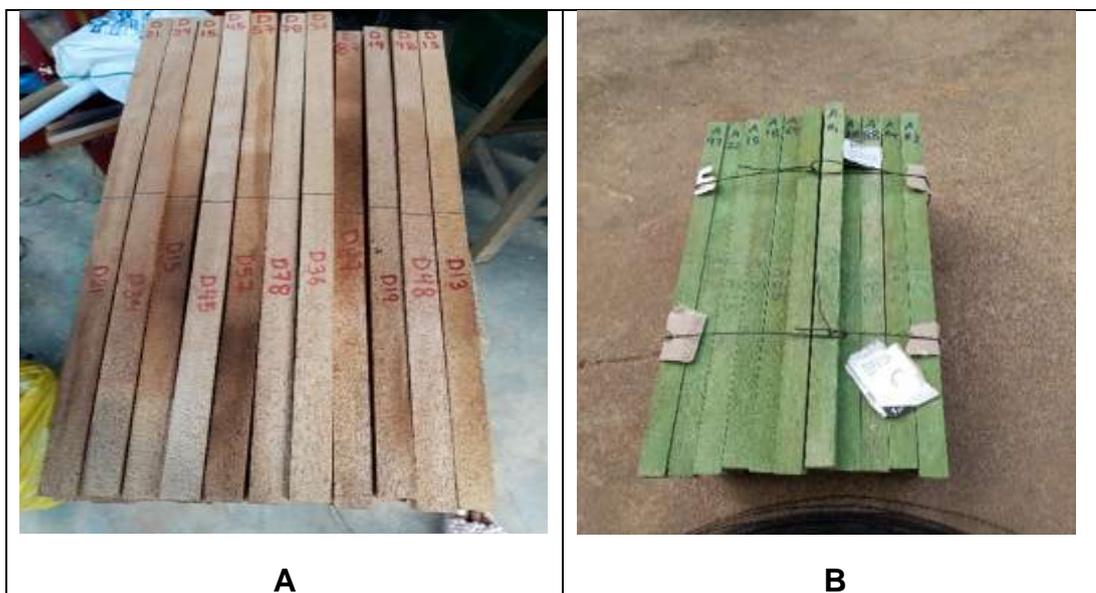
(A) corteza marrón verdoso y resina (copal) (B) semilla del árbol de caraña (*D. peruviana*).



(A) y (B) Trozado y direccionamiento del corte para la extracción de tablonés



(A). aserrado de tablonés. (B) listones listos para la obtención de probetas



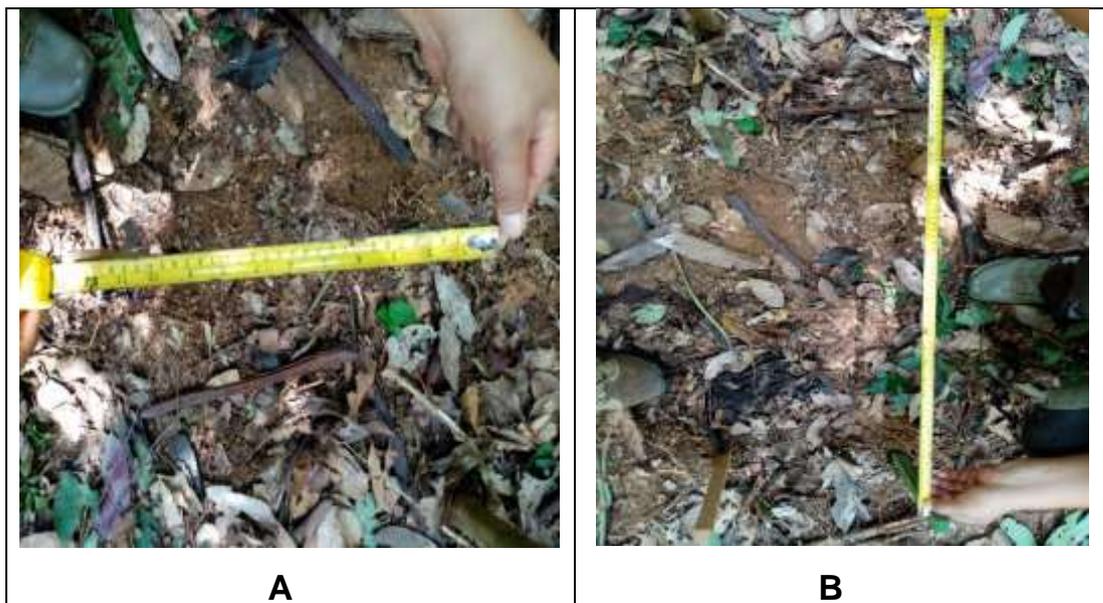
**(A)** y **(B)** probetas en el horno en proceso de secado hasta lograr peso seco anhidro ( $105^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{9}$ ).



**(A)** y **(B)** secado en el horno y obtener el peso final de las probetas en la balanza del laboratorio de propiedades físicas de la madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD



**(A) y (B)** Ubicación del área para el cementerio de estacas y probetas lista para su instalación en el cementerio de estacas.



**(A) y (B)** medición del espaciamiento e instalación de probetas en la parcela de estudio.



**(A)** Codificación de Probetas **(B)** probetas instaladas



**(A)(B)(C)(D)(E)(F)** Resultado de campo de las probetas de caraña (*D. peruviana*)



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

(A) Hasta (I) Resultado de las probetas por meses (1 a 12 meses)