

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**EFFECTO DE DOS PRESERVANTES EN LA MADERA DE PINO
CHUNCHO (*Schizolobium amazonicum*) FRENTE A LA ACCIÓN DE
UN HONGO DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pycnoporus sanguineus*)**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

FLOR VITMA DURAN EUGENIO

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°063-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 04 de julio de 2023, a horas 08:10 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

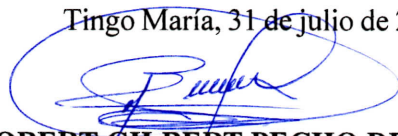
**“EFECTO DE DOS PRESERVANTES EN LA MADERA DE PINO CHUNCHO
(*Schizolobium amazonicum*) FRENTE A LA ACCIÓN DE UN HONGO DE
PUDRICIÓN BLANCA (*Pycnoporus sanguineus*)”**

Presentado por el Bachiller: **DURAN EUGENIO, FLOR VITMA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 31 de julio de 2023


Ing. Mg. Sc. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. ROBERT GILBERT PECHO DE LA CRUZ
MIEMBRO


Ing. M. Sc. GUNTER DAZA PANDURO
MIEMBRO


Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO
ASESOR


Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 220- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE DOS PRESERVANTES EN LA MADERA DE PINO CHUNCHO (<i>Schizolobium amazonicum</i>) FRENTA A LA ACCIÓN DE UN HONGO DE PUDRICIÓN BLANCA (<i>Pycnoporus sanguineus</i>)	Flor Vitma Duran Eugenio	17 % Diecisiete

Tingo María, 10 de agosto de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL



EFECTO DE DOS PRESERVANTES EN LA MADERA DE PINO CHUNCHO (*Schizolobium amazonicum*) FRENTE A LA ACCIÓN DE UN HONGO DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pycnoporus sanguineus*)

Autor	: Flor Vitma Duran Eugenio
Asesor (es)	: Dra. Tania Elizabeth Guerrero Vejarano Dr. Ladislao Ruiz Rengifo
Programa de investigación	: Transformación en Innovación de Recursos Forestales
Línea de investigación	: Transformación Química de los Recursos Forestales
Eje temático	: Adhesivos, encolados, preservantes para tableros de madera sólida y compuesta
Lugar de ejecución	: Laboratorio de Fitoquímica y el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - UNAS
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: S/. 1000

Tingo María – Perú

2023

DEDICATORIA

*A mis padres, por haber sido mi
motivación más grande para iniciar
y culminar esta carrera.*

*A mis hermanos mayores, por su
apoyo incondicional cuando más
lo necesitaba.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma máter.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, quienes contribuyeron en mi formación profesional.

A mis asesores, Dra. Tania Elizabeth Guerrero Vejarano y el Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, por su orientación antes, durante y después de la ejecución de la presente tesis.

A mis jurados, Ing. Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho De La Cruz, Ing. Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya y M. Cs. Gunter Daza Panduro, por sus correcciones e indicaciones para la mejora de la presente tesis.

Al Ing. Cleide Santos Flores, por sus conocimientos brindados durante la etapa de gabinete de la presente tesis.

A la técnica de laboratorio Ing. Koyli Karina Sandoval Rojas, por su apoyo técnico en la fase de laboratorio de la presente tesis.

A mi padre y hermano, por su valiosa colaboración durante la fase de campo de la presente investigación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 Marco teórico	14
2.1.1 Generalidades de la especie	14
2.1.1.1 Clasificación taxonómica	14
2.1.1.2 Distribución y habitaad	14
2.1.1.3 Aspectos silviculturales.....	15
2.1.1.4 propagación y crecimiento	16
2.1.1.5 Descripción del árbol.....	18
2.1.1.6 Características de la madera	20
2.1.1.7 Propiedades físicas y mecánicas.....	22
2.1.1.8 Durabilidad natural.....	22
2.1.1.9 Usos	23
2.1.2 Principales causas de degradación de la madera	24
2.1.2.1 Pudrición Blanca	24
2.1.2.2 Pudrición Marrón o Parda	25
2.1.3 Preservado de la madera	26
2.1.3.1 Conservantes	27
2.1.3.2 Proceso de conservación	30
2.2 Estado del arte	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 Lugar de ejecución	39
3.2 Material y métodos.....	39
3.2.1 Materiales y equipos.....	39
3.2.2 Metodología.....	39
3.2.2.1 Determinación de la retención de los preservantes en la madera de <i>Schizolobium amazonicum</i>	41
3.2.2.2 Determinación del preservante con mayor eficacia en <i>Schizolobium</i> <i>amazonicum</i> , frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (<i>Pycnopus sanguineus</i>)	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49

4.1 Retención de los preservantes en la madera de <i>Schizolobium amazonicum</i>	49
4.2 Preservante con mayor eficacia en <i>Schizolobium amazonicum</i> , frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (<i>Pycnoporus sanguineus</i>).....	61
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. PROPUESTAS A FUTURO	68
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Probetas de <i>Schizolobium amazonicum</i> para los ensayos de preservado.	40
2. Códigos de identificación.....	41
3. Descripción de los factores de estudio	46
4. ANVA para el diseño a*b*c.....	48
5. Análisis de varianza de la retención del preservante en la madera de <i>S. amazonicum</i>	49
6. Análisis de los efectos simples de la interacción entre niveles de altura y sección transversal.....	50
7. Análisis de los efectos simples de la interacción entre niveles de altura y preservante	52
8. Análisis de los efectos simples de la interacción entre sección transversal y preservante	55
9. Retención del preservante con respecto a la interacción de los tres factores (niveles de altura, sección transversal y preservante).....	58
10. Análisis de varianza del porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de la madera de <i>S. amazonicum</i> frente a la acción de un hongo de pudrición blanca.	61
11. Clasificación de la durabilidad natural en base al %PP	66
12. Datos de las muestras del árbol 1 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.	78
13. Datos de las muestras del árbol 2 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.	79
14. Datos de las muestras del árbol 3 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.	81
15. Datos de las muestras del árbol 1 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo <i>P. sanguineus</i>	83
16. Datos de las muestras del árbol 2 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo <i>P. sanguineus</i>	84
17. Datos de las muestras del árbol 3 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo <i>P. sanguineus</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Sistema de codificación para las probetas	41
2. Descripción del proceso a seguir	45
3. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor sección transversal, con respecto a la retención de preservante.	51
4. Efecto de la interacción sección transversal en el factor niveles de altura, con respecto a la retención de preservante.	52
5. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor preservante, con respecto a la retención de preservante.	53
6. Efecto de la interacción preservante en el factor niveles de altura, con respecto a la retención de preservante.	54
7. Efecto de la interacción sección transversal en el factor preservante, con respecto a la retención de preservante.	56
8. Efecto de la interacción preservante en el factor sección transversal, con respecto a la retención de preservante.	57
9. Interacción de los tres factores con respecto a la retención de preservante.	59
10. Interacción de los tres factores con respecto a la retención de preservante.	60
11. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de <i>S. amazonicum</i> por niveles de altura.	63
12. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de <i>S. amazonicum</i> por sección transversal	64
13. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de <i>S. amazonicum</i> por tipo de preservante	66
14. Toma de datos de los tres árboles en pie de la especie <i>S. amazonicum</i>	87
15. Tala de los individuos de la especie <i>S. amazonicum</i>	87
16. Medición de la longitud del fuste de la especie <i>S. amazonicum</i>	88
17. Medición y aserrío de las tortas de la especie <i>S. amazonicum</i> a los tres niveles de altura del fuste (base, medio y ápice).	88
18. Torta del nivel de altura base del árbol 3 de la especie <i>S. amazonicum</i>	89
19. Tortas de la especie <i>S. amazonicum</i> seccionadas con relación a la orientación Este.	89
20. Medición y codificación de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	90
21. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	90
22. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	91
23. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	91
24. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	92

25. Secado de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i> en estufa.	92
26. Desecado de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i>	93
27. Peso inicial (P1) de las probetas de la especie <i>S. amazonicum</i>	93
28. Preservantes Vortex y Pentaclofenato sódico.....	94
29. Probetas codificadas de la especie <i>S. amazonicum</i>	94
30. Preservado de las muestras de la especie <i>S. amazonicum</i> , en relación con el duramen y albura.	95
31. Probetas preservadas de la especie <i>S. amazonicum</i> sobre papel absorbente.	95
32. Pesado de las probetas preservadas de la especie <i>S. amazonicum</i>	96
33. Muestras preservadas de la especie <i>S. amazonicum</i>	96
34. Acondicionamiento de las probetas tratadas en un ambiente de temperatura controlada.	97
35. Hongos de pudrición blanca (<i>P. sanguineus</i>) en su ambiente natural.....	97
36. Preparación del medio de cultivo (extracto de malta-agar).....	98
37. Distribución del medio de cultivo (extracto de malta-agar) en cuatro matraces Erlenmeyer.	98
38. Medio de cultivo en enfriamiento después de la esterilización en autoclave.....	99
39. Trasvasado de medio de cultivo en placas Petri bajo condiciones asepsia.	99
40. Cultivos puros del hongo de pudrición blanca - <i>P. sanguineus</i>	100
41. Corte con un sacabocado de los cultivos puros del hongo <i>P. sanguineus</i>	100
42. Inoculación de las placas Petri con los cultivos puros del hongo <i>P. sanguineus</i>	101
43. Inoculación de las placas Petri con los cultivos puros del hongo <i>P. sanguineus</i>	101
44. Placas Petri inoculadas puestas en estufa de cultivo.	102
45. Desarrollo del hongo <i>P. sanguineus</i> a tres días de la inoculación.....	102
46. Desarrollo del hongo <i>P. sanguineus</i> a cuatro días de la inoculación.	103
47. Desarrollo del hongo <i>P. sanguineus</i> a siete días de la inoculación.	103
48. Desarrollo del hongo <i>P. sanguineus</i> a quince días de la inoculación.....	104
49. Secado de tierra vegetal y arena de grano fino para la preparación del suelo.....	104
50. Tamizado y mezcla de tierra vegetal y arena de grano fino.	105
51. Distribución de la mezcla (suelo) en frascos de vidrio.....	105
52. Medición de agua destilada mediante una probeta.....	106
53. Adición del agua destilada en los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).....	106
54. Distribución de probetas sustrato en los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).	107
55. Esterilización en autoclave de los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).	107
56. Frascos en enfriamiento dentro de cámara de bioseguridad.....	108

57. Cultivos del hongo de <i>P. sanguineus</i> listo para ser inoculado.	108
58. Corte de micelio del hongo cultivado (<i>P. sanguineus</i>).....	109
59. Inoculación de los frascos con cultivos del hongo <i>P. sanguineus</i>	109
60. Frascos inoculados con cultivos del hongo <i>P. sanguineus</i>	110
61. Desarrollo micelial del hongo <i>P. sanguineus</i> después de ocho días de la inoculación. ..	110
62. Desarrollo micelial del hongo <i>P. sanguineus</i> a treinta días de la inoculación.	111
63. Temperatura del microclima dentro de las cámaras de pudrición.	111
64. Desechado de las probetas tratadas después del acondicionamiento.	112
65. Pesado de las probetas tratadas, el cual fue denominado P3.	112
66. Esterilización en autoclave de las muestras tratadas y testigos.	113
67. Inoculación de las probetas (tratadas y testigos) en las cámaras de pudrición.....	113
68. Inoculación de probeta testigo en una cámara de pudrición.....	114
69. Probetas testigo del árbol 1, 2 y 3 incubadas, a veinte días de la inoculación.	114
70. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Pentaclorofenato sódico, a veinte días de la inoculación.	115
71. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Vortex, a veinte días de la inoculación.	115
72. Probetas testigo del árbol 1, 2 y 3 a noventa días de la inoculación.	116
73. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Pentaclorofenato sódico, a noventa días de la inoculación.	116
74. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Vortex, a noventa días de la inoculación. ..	117
75. Retiro de las probetas después de noventa días de exposición al hongo <i>P. sanguineus</i> . ..	117
76. Probetas después de noventa días de exposición al hongo <i>P. sanguineus</i>	118
77. Limpieza de las probetas de restos miceliales del hongo <i>P. sanguineus</i>	118
78. Secado de las probetas hasta alcanzar un peso constante.....	119
79. Peso seco final (P5) de las probetas.	119

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dos preservantes en la madera de *Schizolobium amazonicum* frente a la acción del hongo *Pycnopus sanguineus*. Se utilizó probetas cubicas (2x2x2 cm) de albura y duramen de los tres niveles del fuste (base, medio y ápice), los cuales fueron preservadas con Pentaclorofenato sódico y Vortex mediante el método de inmersión prolongada (5 días), para luego calcular la retención y posteriormente ser expuestas al ataque del hongo *P. sanguineus* durante 90 días. Según los resultados, en la retención existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los preservantes Vortex (529.93 kg/m³) y P. sódico (4.49 kg/m³); así mismo, existe diferencias estadísticas moderadamente significativas entre la seccion transversal, tanto con P. sódico (duramen= 5.34 kg/m³, albura= 3.64 kg/m³) como con Vortex (duramen= 548.28 kg/m³, albura= 511.59 kg/m³); con respecto al porcentaje de peso perdido durante la exposición al hongo *P. sanguineus*, la madera preservada con Vortex presenta una pérdida de peso de 13.71%, la madera preservada con P. sódico 29.66% y la madera sin preservar 52.75%. En conclusión, la retención más alta en la madera de *S. amazonicum* se da con el preservante Vortex (529.93 kg/m³); la madera del duramen retiene más preservante que la madera de albura; el preservante con mayor eficacia en la madera de *S. amazonicum* frente a la acción del hongo *P. sanguineus* es el Vortex, con el cual la madera pierde solo el 13.71% de su peso.

Palabras clave: *Schizolobium amazonicum*, *Pycnopus sanguineus*, preservado, retención.

ABSTRACT

THE EFFECT OF TWO WOOD PRESERVATIVES FOR PINO CHUNCHO (*Schizolobium amazonicum*) AGAINST THE ACTION OF WHITE ROT FUNGUS (*Pycnoporus sanguineus*)

The present study was done with the objective of evaluating the effect of two wood preservatives for *Schizolobium amazonicum* against the actions of *Pycnoporus sanguineus* fungus. Cubic specimens (2x2x2 cm) of sapwood and heartwood were used at three trunk levels (base, middle, and apex), which were preserved with sodium pentachlorophenate and Vortex, through the use of the prolonged immersion method (five days), in order to later calculate the retention, and finally for them to be exposed to the attack of *P. sanguineus* fungus for ninety days. According to the results, highly significant statistical differences existed between the retention for the Vortex (529.93 kg/m³) and sodium p. (4.49 kg/m³) preservatives; at the same time, moderately significant statistical differences existed between the cross sections, for the sodium p. (heartwood = 5.34 kg/m³, sapwood = 3.64 kg/m³), as well as for the Vortex (heartwood = 548.28 kg/m³, sapwood = 511.59 kg/m³). With respect to the percentage of weight loss during the exposure to the *P. sanguineus* fungus, the wood preserved with Vortex showed a weight loss of 13.71%, the wood preserved with sodium p. [showed] 29.66%, and the wood without preservatives [showed] 52.75%. In conclusion, the greatest retention of the *S. amazonicum* wood was with the Vortex preservative (529.93 kg/m³), [where] the heartwood retained more preservative than the sapwood, [and] the most effective preservative for the *S. amazonicum* against the action of *P. sanguineus* fungus was Vortex, with which the wood loss was only 13.71% of its weight.

Keywords: *Schizolobium amazonicum*, *Pycnoporus sanguineus*, preservative, retention

I. INTRODUCCIÓN

En la amazonia peruana existe una gran variedad de especies forestales maderables, que a lo largo del tiempo ha sido uno de los recursos más aprovechados por el hombre para satisfacer sus necesidades, en los últimos años el crecimiento demográfico ha generado una mayor demanda de este recurso.

Los recursos maderables se pueden clasificar en dos grandes grupos: maderas de alta densidad y maderas de baja densidad, siendo las especies de madera de alta densidad las más aprovechadas debido a su alta calidad y valor comercial, sin embargo, el crecimiento lento y la tala excesiva ha ocasionado la disminución de la población de este tipo de especies, buscando así una alternativa en las especies de madera de baja densidad (blandas) por ser de rápido crecimiento y de un bajo valor económico, no obstante, debido a su composición química son más susceptibles al ataque de los agentes destructores de la madera, disminuyendo su vida útil.

La especie maderable de *Schizolobium amazonicum* “pino chuncho” se caracteriza por ser una madera blanda o de baja densidad, siendo sus principales ventajas el secado rápido al aire libre y la ausencia de rajaduras, esta madera puede ser empleado en la fabricación de muebles ligeros, encofrados, contrachapados, cajonerías entre otros, debido a su buena trabajabilidad; sin embargo, no es muy utilizado por su poca durabilidad y baja resistencia frente al ataque de los agentes externos.

Dentro de este contexto se plantea investigar el efecto de dos preservantes (Pentaclorofenato sódico y Vortex) en la madera de *S. amazonicum*, por lo cual surge la siguiente interrogante: ¿cuál será el efecto de dos preservantes en la madera de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*)? como respuesta tentativa a la interrogante se formula la siguiente hipótesis: Los dos preservantes aumentaran la durabilidad de la madera de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) frente a la acción del hongo de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*).

La presente investigación surge de la necesidad de conocer el preservante apropiado, efectivo y viable que aporte mayor durabilidad en la madera del pino chuncho para alargar su vida útil frente al ataque de los agentes patógenos, con el propósito de darle un valor agregado para maximizar su propagación y aprovechamiento como una buena alternativa en la industria forestal maderable. Por otro lado, se estaría contribuyendo a la conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre disminuyendo la perturbación de los bosques primarios y

secundarios. Asimismo, esta investigación busca generar información útil para futuros estudios.

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el efecto de dos preservantes en la madera de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*Pycnopus sanguineus*)

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la retención de los preservantes en la madera de *Schizolobium amazonicum*
- Determinar cuál es el preservante con mayor eficacia en *Schizolobium amazonicum* frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*Pycnopus sanguineus*)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1 Generalidades de la especie

2.1.1.1 Clasificación taxonómica

Según Mabberley (1990, citado por Duran, 2014) la taxonomía de la especie en estudio es el siguiente:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Caesalpinioideae
Género	: Schizolobium
Especie	: <i>Schizolobium amazonicum</i>
Nombre común	: Pino Chuncho

2.1.1.2 Distribución y habitat

La especie *S. amazonicum* se distribuye naturalmente por el territorio amazónico, principalmente en alturas menores a 1200 msnm. Esta especie suele habitar los bosques secundarios en formación o tardíos, asimismo se le halla en los espacios con buena luminosidad de los bosques primarios, es considerada una especie de rápido crecimiento y de instinto heliófila, se le ha encontrado en zonas con elevada pluviosidad y también en zonas secas; muy sensible e intolerante a las inundaciones, más aún en su etapa de plántula (Reynel *et al.*, 2003).

Según Justiniano *et al.* (2001) la *S. amazonicum* es una especie de ancha distribución geográfica, por lo que tiene diversos nombres comunes según el país o la región en la que habita. Lewis, Lorenzi, Mainieri & Peres, Chichignoud *et al.*, Parrota *et al.*, INIA (1987, 1992, 1989, 1990, 1995, 1996, como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) señalan que se le conoce como pino chuncho y pashaco en los países de Perú y Ecuador; paricá, guapuruvú, pinho ciuabano, bacurubú en Brasil; judío en México; mientras que en el comercio internacional se le conoce como guapuruvú, pachaco y quamwood. En tanto Centurión, Saldías *et al.* (1993, 1994, como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) indican que en Bolivia se le conoce como sombrerillo y serebó.

Según Centurión, Saldías *et al.*, Nina & Rodríguez (1993, 1994, 1999, citados por Justiniano *et al.*, 2001) el género *Schizolobium* se encuentra exclusivamente en el neotrópico que va desde México hasta Brasil y en Bolivia su distribución geográfica es amplio.

En la opinión de Palomino (2003) la especie *S. amazonicum* se distribuye en la amazonia de los países como Bolivia, Ecuador, Colombia, Brasil y Perú, asimismo, señala que existe la probabilidad que se encuentre en los países de México y Paraguay como una especie introducida. El mismo autor indica que abundan los individuos de esta especie en los bosques secundarios de Pichanaki y San Ramón. En Ucayali y Loreto se encuentran en los bosques secundarios habitualmente anegados. En tanto en la selva central (Satipo, Chanchamayo y Oxapampa) suele regenerarse de forma natural y en abundancia en las riberas de las cuencas.

2.1.1.3 Aspectos silviculturales

Palomino (2003) menciona que la especie en estudio tiene una tolerancia habitual a las malezas, además se regenera de forma rápida en zonas abiertas, fija elementos de nitrógeno al suelo y la poda se da de manera natural. El mismo autor recomienda una serie de sistemas de silvicultura para la especie *S. amazonicum*, los cuales son:

“Plantaciones a campo abierto”; la plantación en este sistema se da en macizo y por cada hectárea se establece un número de hasta 1100 plántones con un espaciamiento de 3m x 3m x 5m (Palomino, 2003).

“Plantaciones de enriquecimiento”; este sistema se aplica principalmente en bosques que se están recuperando después de la intervención del hombre (bosques secundarios) o también se puede aplicar en senderos despejados con ancho mínimo de 2 m, el número de individuos a establecer por hectárea es de un promedio de 667 plántones (Palomino, 2003).

“Plantaciones agroforestales”; en este sistema se puede dar dos tipos de cultivos (permanentes y/o anuales), según las condiciones del terreno o del producto que se quiere obtener el número de individuos por hectárea oscilará entre 100 – 1100 plántones, con distanciamiento de 3m x 7m x 10 m (Palomino, 2003).

“Silvopasturas”; cuando los árboles de la especie *S. amazonicum* alcanza al menos 5 m de altura se le puede integrar plantas agrícolas como el café o cacao, otra opción es que se

puede integrar el pastoreo (ganadería) para que sirvan de sombra o cercos vivos (Palomino, 2003).

2.1.1.4 propagación y crecimiento

según Reynel *et al.* (2003) la propagación de la *S. amazonicum* mediante el método sexual (semilla) se da con éxito, para apresurar la germinación de las semillas recomienda sumergirlas en agua hirviendo y luego dejar remojado por un lapso de 24 horas. En la opinión de CATIE (1999, así como se citó en Reynel *et al.*, 2003) para alcanzar una rápida germinación se debe cortar la parte inversa al embrión con un cuchillo y además lijar la esquina de las semillas (escarificación mecánica) para facilitar la penetración del agua al interior de la semilla.

Según Pereira *et al.* (1982, así como se citó en Reynel *et al.*, 2003) después de 6 días de haber sembrado la semilla se da el inicio de la germinación el cual finaliza 45 días después. Los mismos autores revelan que, pasados 60 días después de la siembra (en vivero) las plántulas alcanzan hasta 30 cm de longitud. Asimismo, los autores señalan que el poder germinativo de la *S. amazonicum* es de un 85%. Mientras que CATIE (1999, así como se citó en Reynel *et al.*, 2003) sugiere que el poder germinativo de la *S. amazonicum* es de 70-90%. Bockor y Palacios (1983, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) señalan que las semillas frescas sin tratamientos previos tienen un poder germinativo de 26%. En cuanto a Rojas (1990, citado por Justiniano *et al.*, 2001) manifiesta que el poder germinativo de las semillas sin tratar es de 14% y de las semillas con tratamiento es de 88%; asimismo recomienda remojar las semillas en agua hirviendo para acrecentar el poder germinativo. Quiroz (1992, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) agrega que, las semillas remojadas en agua caliente y escarificadas logran un poder germinativo de 82.8% y 94.9%.

Justiniano *et al.* (2001) mencionan que, en la naturaleza las semillas de la *S. amazonicum* por lo general son dispersados por la acción del viento (anemócora) lo cual es ventajoso para esta especie ya que logra un esparcimiento más amplio, las semillas darán lugar a su germinación y desarrollo cuando encuentren un suelo con las condiciones requeridas, mientras tanto conservarán su latencia.

Justiniano *et al.* (2001) después de observar la regeneración de un gran número de individuos de *S. amazonicum* en espacios sin cobertura boscosa, sin haber encontrado árboles semilleros cerca al área, concluyen que la latencia de las semillas de esta especie se puede

extender por largo tiempo, incluso años. Los mismos autores indican que la germinación de esta especie es de tipo epigea y que la humedad no es lo único que lo estimula sino también la luminosidad, la remoción de la tierra y en algunos casos los incendios.

Justiniano *et al.* (2001) indican que por lo general las plántulas de la especie en estudio crecen de manera natural en espacios abiertos donde hubo disturbios (márgenes de caminos, patios de acopio, etc.) y por su acelerado crecimiento logran librarse de los paracitos (bejucos) y de las demás competencias.

Reynel *et al.* (2003) proponen que la especie *S. amazonicum* a los 3 años consigue un diámetro de hasta 12 cm y una altura de hasta 8 m. Los mismos autores mencionan que los individuos de una plantación de 5 años, establecida en Chanchamayo a una altitud de 900 msnm y superficies aluviales, alcanzaron un diámetro de 30 cm y una altura de 15 m. Según Ledoux (1976a, citado por Reynel *et al.*, 2003) los individuos de una plantación de 1.5 años en Brasil alcanzaron una altura promedio de 4 m.

Según CRS (1993, citado por Justiniano *et al.*, 2001) la fructificación, así como la producción de semillas de los árboles del *S. amazonicum* comienzan a partir de los 11 años. Como lo indican Justiniano *et al.* (2001) cuando el fruto se torna de un color rojizo revela que las semillas ya han llegado a un punto de madurez en la cual pueden desprenderse del fruto para caer al suelo e iniciar un nuevo ciclo, en el caso que se desee recolectar las semillas de esta especie, el autor recomienda despejar el área donde se encuentra el árbol antes que comiencen a desprenderse de sus frutos.

De acuerdo con Palomino (2003) la germinación de las semillas frescas de esta especie se da entre los días 22 a 25 y las semillas tratadas entre los días 8 a 15. Las plántulas de las semillas tratadas se pueden trasplantar a los 45 o 50 días.

Según Palomino (2003) la propagación en vivero de la *S. amazonicum* se puede efectuar de dos maneras; primero, la propagación sexual en el cual las semillas se siembran en bolsas (polietileno) de 10 cm x 18 cm x 0.02 cm con sustrato 3:1 (tierra: arena); segundo, la propagación asexual en el cual se plantará estacas (tallo sin hojas) de un año, con longitud de 25 a 30 cm esto según Meneses (1989, citado por Palomino, 2003).

2.1.1.5 Descripción del árbol

Según Reynel *et al.* (2003) el árbol de la especie *S. amazonicum* es de fuste recto, con un diámetro de hasta 70 cm, altura de hasta 25 m y ramificación desde el tercer tercio del fuste. En la opinión de palomino (2003) la altura del árbol alcanza los 35 m y el diámetro 1 m, de fuste recto, con presencia de aristas (cicatriz de ramas caídas), ritidoma duro y raíz mixto. Flores (2002) sostiene que el árbol de esta especie puede alcanzar una altura de 30 m y un diámetro de 80 cm.

De acuerdo con Justiniano *et al.* (2001) los árboles de *S. amazonicum* son indefensos (ausencia de espinas), su altura promedio oscila entre 25 a 40 m, su DAP puede alcanzar hasta 1 m. Toledo & Rincón (1996, citado por Justiniano *et al.*, 2001) mencionan que el tronco es recto, generalmente sin defectos y ramificaciones verdes ausentes. Parrota *et al.* (1995, citado por Justiniano *et al.*, 2001) señalan que el pie del tronco de las *S. amazonicum* tiene de 3 a 5 aletones delgados (6 cm grosor), equiláteros, rara vez bifurcado y de color más claro que el fuste.

Según Reynel *et al.* (2003) la corteza externa de la *S. amazonicum* es lisa-agrietada de color grisáceo y presenta ritidomas (placas cuadrangulares) pequeñas (1.5 a 4 cm). Los mismos autores mencionan que la corteza interna es de aspecto uniforme, de color blanquecino y olor a semillas (legumbre).

En la opinión de Pariona y Saldías *et al.* (1989,1994, citados por Justiniano *et al.*, 2001) la corteza externa de esta especie es delgado y coriáceo, de color grisáceo (el ápice y la parte media del fuste) y café oscuro (la base), de superficie lisa delicadamente fisurada y cuantiosas lenticelas sobresalientes. Mientras que la corteza interna tiene una contextura arenosa, 2 cm de grosor, olor prominente, color blanco amarillento, ausencia de exudación y sabor acerbo. Chichignoud *et al.* (1990, citado por Justiniano *et al.*, 2001) argumentan que la albura de esta especie es de color amarillento y el duramen de color blanco rosáceo.

Según Palomino (2003) la ramificación de la especie *S. amazonicum* es monopódica y verticilada con una altura de 2/3. Mientras que Reynel *et al.* (2003) describen a las ramitas terminales como glabras (sin pelo), con diámetro de hasta 10 mm y color pardo rojizo a marrón pálido cuando está seca.

Según Reynel *et al.* (2003) las Hojas de la especie en estudio son compuestas, bipinnados, espiralados, raquis acanalado y peciolo de hasta 12 cm; las pinnas opuestas (10 a

20 pares); los foliolos oblongos (3cm x 0.7cm), con bordes enteros, ápice rotundo (con mucrón diminuto), base rotunda, glabra por el haz y levemente pubescente por el envés. Palomino (2003) destaca que las hojas compuestas son distribuidas de forma helicoidal y que los foliolos pueden presentarse de 20 a 30 pares.

Desde la posición de Justiniano *et al.* (2001) las hojas de la *S. amazonicum* son grandes, con pecíolo pulvinulado, con una longitud de hasta 1 m en arboles viejos y 2 m en arboles jóvenes; con pinnas (opuestas) de hasta 25 pares y de hasta 20 cm de longitud; cada pinna tiene 14 a 40 foliolulos (pínnula) opuestos entre sí, con una longitud de 1.8 – 3.5 cm y peciolulos (pulvinulados) de hasta 1mm. Según Pariona (1989, citado por Justiniano *et al.*, 2001) los pinnulos (foliolulos) son oblongos-lineales, con los cantos enteros, base y ápice redondeada, color verde claro por el envés y verde grisáceo por el haz. Según Lorenzi (1992, citado por Justiniano *et al.*, 2001) las yemas (brotes) por lo general de árboles jóvenes son pegadizos al tacto. Según Parrota *et al.* (1995, citado por Justiniano *et al.*, 2001) los foliolos de esta especie son retráctiles que se repliegan o recogen frente a algún contacto.

Según Reynel *et al.* (2003) la inflorescencia del árbol de la *S. amazonicum* se presentan en panículas de hasta 40 cm de largo. Las flores son hermafroditas, de tamaño mediano, zigomorfas, corola de color amarillo de hasta 2.5 cm de largo, cáliz de hasta 5 mm de largo, pedicelo de hasta 10 mm de largo, estambres de hasta 1.5 cm de largo, estigma inconspicuo (no evidente) y ovario alargado y súpero. Palomino (2003) enfatiza que la inflorescencia de esta especie es monoica y se presenta en racimos de color amarillo.

Pariona (1989, citado por Justiniano *et al.*, 2001) agrega que la inflorescencia de la especie en estudio puede alcanzar hasta 35 cm de longitud, el raquis va de color verdoso a amarillento y sutilmente pubescente. Las flores tienen una corola con 5 pétalos ovados de color amarillo, 5 sépalos de forma oblonga, una longitud de hasta 2 cm y ligeramente olorosas. Los estambres son disímiles, levemente curvados, 10 unidades por cada flor, antera de color pardo y filamento verduzco. El ovario supero (por encima del verticilo), estípite corto, unilocular, cubierto de vellos, alargado y estigma pequeño.

Según Justiniano *et al.* (2001) la floración de la *S. amazonicum* depende de las zonas de distribución de la especie, por lo general la floración se da después de que el árbol pierde la mayor parte de sus hojas y esto sucede en las épocas secas o cuando las lluvias disminuyen. Usualmente la floración de esta especie es anual, sin embargo, hay años que no se manifiesta.

Empleando las palabras de Reynel *et al.* (2003) La floración de la especie en estudio sucede a finales de la época seca (octubre-noviembre) y la fructificación sucede a inicios de la estación lluviosa (noviembre-diciembre).

Los frutos de la *S. amazonicum* tienen una forma oblanceolada, plano, alargado, de ápice rotundo, cascara glabro y liso, de color marrón oscuro a marrón rojizo, con dimensiones de hasta 10 cm (longitud) y 3.5 cm (ancho) (Reynel *et al.*, 2003).

Según Palomino (2003) los frutos son vainas aplanadas, de ápice redondeado, con dos valvas (bivalvas), textura coriácea (duro), dehiscente, color marrón oscuro, con longitud de hasta 11 cm y ancho de hasta 3 cm. Saldías *et al.* (1994, citado por Justiniano *et al.*, 2001) agregan que los frutos son legumbres aplanadas con una sola semilla, tipo espátula, nervadura notable en forma de red (reticulada) y con una longitud de hasta 12 cm.

Las semillas de la *S. amazonicum* son alargadas, esféricos, aplanadas, color crema-verduzco, con longitud de hasta 3.5 cm y ancho de hasta 2 cm. Las semillas están envueltas por una capa de textura papirácea en forma de ala (Justiniano *et al.*, 2001).

Según Reynel *et al.* (2003) hay solo una semilla por fruto, con ala lateral y de igual tamaño que el fruto. Pereira *et al.* (1982, citado por Reynel *et al.*, 2003) mencionan que un kilogramo contiene 980 semillas. Mientras que CATIE (1999, citado por Reynel *et al.*, 2003) señala que un kilogramo contiene de 1250 a 1600 semillas.

Palomino (2003) refiere que la semilla de esta especie es elíptica, dura, alada, color marrón pálido, longitud de hasta 24 mm y ancho de hasta 15 mm, arilo presente con longitud de hasta 75 mm y ancho de hasta 30 mm. El mismo autor considera que en un kilogramo hay de 1300 a 1600 semillas.

Flores (2002) considera que la semilla es brillante, aplanado-oblonga, lisa, tegumento rígido, con endospermo. Embrión con cotiledones carnosos, color verde y ovado. El mismo autor revela que en un kilogramo de semilla hay 500 a 700 semillas.

2.1.1.6 Características de la madera

Gonzales (2008) indica que la madera de la *S. amazonicum* es liviana y muy blanda. Según el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre - OSINFOR (2017) la madera tiene buena trabajabilidad, de secado sencillo, ligeras deformaciones, leves rajaduras, en pocas ocasiones hay riesgos de colapso. Justiniano *et al.*

(2001) también mencionan que la madera es blanda. Según la INIA-OIMT (1996, citado por Reynel *et al.*, 2003) esta madera es muy liviana y blanda, con textura gruesa, grano recto a entrecruzado y color blancuzco.

Las “características organolépticas” de la madera de *S. amazonicum* son: sabor y olor no diferenciado, albura amarillo-blanquecino, duramen marrón claro, textura media-gruesa, grano entrecruzado, veteado carente y brillo alto (Gonzales, 2008).

Las “características macroscópicas” de la *S. amazonicum* son: poros redondeados, comúnmente solitarios, perceptibles a simple vista, moderadamente poco (por cm²) y porosidad difusa; radios múltiples, medianos, no estratificado, con 5 mm de longitud (promedio), altura menos de 1 mm; parénquima paratraqueal aliforme, manifiesto a simple vista, anillos de crecimiento caracterizados (Gonzales, 2008).

Las “características microscópicas” de la *S. amazonicum* son: los poros semi circulares, solitarios, redondeados y múltiples radiales (2 - 3); perforación sencilla, punteadura intervascular alterna, de forma poligonal, punteadura radio vascular parecido a la intervascular, apertura de la punteadura intervascular ornada incluida; vasos formados tangencialmente; el anillo de crecimiento condicionado por el parénquima marginal; presencia de fibrotraqueidas; parénquima paratraqueal en forma de ala, confluyente, marginal y romboide; fibras delgadas de paredes, parénquima axial alargado y con presencia de 1 - 5 hileras; radios uniformes dispuesto en una o varias filas, con ancho de 1 a 5 células, radios compuestos por células procumbentes, cristales poliédricos en parénquima axial (Gonzales, 2008).

Romero (2010) en su tesis “Anatomía y propiedades físicas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. y *Tectona grandis* Linn F. – Satipo” concluye que las “características microscópicas de *S. amazonicum*” son: vasos de perforación simple y con longitud de 230.7 μ ; poros solitarios, múltiples (2-4), con diámetro de 175.94 μ , una cantidad de 5.069 poros por mm²; fibras con longitud de 10765 μ y diámetro de 38,71 μ ; radios con longitud de 443.95 μ y una cantidad de 5.23 radios por mm.

Las “características cuantitativas” de la madera de *S. amazonicum* son: el lumen de vasos cuenta con un diámetro tangencial promedio de 210.95 μ m, los vasos con una longitud promedio de 402 μ m, las fibras con una longitud promedio de 1170.51 μ m, los radios con un

ancho promedio de 39.73 μ m y un alto de 308.86 μ m, las punteaduras con un tamaño promedio de 8.87 μ m (Gonzales, 2008).

De acuerdo con Acevedo y Kikata (1994, citado por Torres, 2009) las “características anatómicas” de la especie en estudio son: poros levemente perceptibles a simple vista, redondos, solitarios, difusos, múltiples radiales (2-3), 1-3 poros por mm²; parénquima manifiesto (con aumento de 10x), vasicéntrico, no estratificado y paratraqueal; vasos con diámetro tangencial de hasta 210 μ m, radios perceptibles (con aumento de 10x), multiseriados, uniformes, con altura de hasta 432 μ m y no estratificados; fibras no estratificadas y libriformes.

2.1.1.7 Propiedades físicas y mecánicas

Romero (2010) en su tesis “Anatomía y propiedades físicas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke y *Tectona grandis* Linn F. – Satipo” determina “las propiedades físicas” de la *S. amazonicum*: madera liviana, contenido de humedad (65.37%), densidad verde (0.58 g/cm³), densidad seca al aire (0.37 g/cm³), densidad anhidra (0,36 g/cm³), contracción longitudinal (0.41 %), contracción tangencial (3.91%), contracción radial (3.06%), contracción volumétrica (7.38%), densidad básica (0.35 g/cm³) y relación T/R (1.43%). Según Palomino (2003) la densidad de la *S. amazonicum* es 0.24 g/cm³ (liviana).

Aróstegui y Sato (1970) en la revista “Estudio de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera de 16 Especies Forestales del Perú” obtiene los siguientes resultados: contenido de humedad 14.75%; contracción (verde a seco) radial 2.4%, tangencial 6.1%. En flexión estática: esfuerzo en el límite proporcional 181.2, módulo de ruptura 294.4, módulo de elasticidad 61.563. En trabajo: hasta el límite proporcional 0.03, hasta la carga máxima 0.146. En dureza: extremos 209.5 y en los lados 97.36. Otros: cizallamiento 41.93, clivaje 22.84, tensión paralela a fibras 15.76 y la tenacidad 0.51. Según los resultados el autor clasifica a la madera de *S. amazonicum* como de grano oblicuo, de peso específico muy liviano, de contracción inestable, de dureza muy suave y de trabajabilidad moderada.

2.1.1.8 Durabilidad natural

Según Mainieri & Pérez (1989, citado por Justiniano *et al.*, 2001) la escasa durabilidad de la madera de *S. amazonicum* se debe a la baja resistencia frente al ataque de termitas, hongos y otros, por lo que es recomendable preservarlo con sustancias químicas antes de su uso.

García (2008) en su tesis “Durabilidad natural en maderas de *Miconia barbeyana* Cogniaux, *Jacaranda éopaia* (Aubl.) D. Don y *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke a la acción de los hongos *Polyporus versicolor* L. ex Fr y *Heterobasidium annosum* (Fr.) Karst” determina que la *S. amazonicum* pierde 22% de su peso frente al ataque del hongo *Heterobasidium annosum* (Fr.) Karst y 33% frente al ataque del *Polyporus versicolor* L. ex Fr, siendo este último el hongo el que actúa con mayor agresividad.

2.1.1.9 Usos

López *et al.* (2015) en su artículo “Trabajabilidad de madera *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones” concluyen que la madera de esta especie tuvo buenos resultados frente al escopleado, taladrado, cepillado, lijado y moldurado lo cual indica que la madera tiene buena trabajabilidad

La madera de la *S. amazonicum* es usada para carpintería liviana, leña, laminado (triplay) y cajonería (Reynel *et al.*, 2003).

Según Justiniano *et al.* (2001) la *S. amazonicum* por ser una madera blanda se emplea en maquetas, aglomerados, tacos de calzados, laminados, puertas, enchapados, embalajes, juguetería, cajas, moldura para interiores y pulpa para papel. Estrada (1997, como se citó en López *et al.*, 2015) señala que esta madera también se utiliza para la construcción de canoas por su alta resistencia al agua.

Según Palomino (2003) esta madera tiene potencial para muebles livianos, cajonería, palitos de fósforo, machihembrado, mondadientes y pulpa para papel. Como lo expresan López *et al.* (2015) esta madera también se emplea para la construcción de ranchos temporales, aviones a escala, fósforos, muebles, varas, artesanías y cajas. Herbaria (2014, citado por López *et al.*, 2015) indica que la *S. amazonicum* como madera tiene un buen potencial para contrachapado y pulpa de papel.

Aróstegui y Sato (1970) según los resultados de su investigación “Estudio de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera de 16 Especies Forestales del Perú” refiere que la madera de esta especie sirve para muebles ordinarios, carpintería en general, cajonería y juguetería.

Saldías *et al.* (1994, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) mencionan que la *S. amazonicum* por ser una especie de rápido crecimiento es adecuado para los sistemas agroforestales. Según INIA (1996, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) esta especie por ser fijadora de nitrógeno puede ser empleado en la recuperación de suelos empobrecidos. Palomino (2003) agrega que esta especie es excelente para la conservación de suelos, ornamental y revegetación.

Palomino (2003) indica que esta especie es valorada por ser melífero y polinífero. Saldías *et al.* (1994, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) indican que su valor medicinal no es muy conocido. Duke y Vásquez (1994, así como se citó en Justiniano *et al.*, 2001) señalan que se prepara un té febrífugo (que alivia la fiebre) a partir de sus hojas.

2.1.2 Principales causas de degradación de la madera

2.1.2.1 Pudrición Blanca

Según Urcelay (2012) el hongo de este tipo de pudrición en su alimentación tiene un favoritismo por la celulosa, lignina y hemicelulosa (elementos de la madera).

A juicio de Remacha (s.f.) estos hongos destrozan las moléculas de la hemicelulosa y celulosa para nutrirse, asimismo, se alimentan de toda la lignina de las paredes celulares de la madera y el área de donde estos hongos se alimentan pierde sus características iniciales (se torna blanco, fibroso y de poca consistencia).

Akhtar *et al.*, (1997, citado por Ramos, 2014) determinan que estos hongos destruyen toda la pared celular a su paso, acabando así con las 3 capas que lo conforman (primaria, sustancia intercelular y secundaria), por lo que producto del ataque las paredes celulares inmediatas presentan agujeros.

Generalidades del hongo de pudrición que se usara para la presente investigación:

- *Pycnoporus sanguineus*

Según Bondarsetv (1981, así como se citó en Avalos, 2011) la distribución de esta especie de hongos se da en los bosques o montes tropicales que presentan climas de templados a húmedos, iniciando su crecimiento y propagación en los tallos de los árboles (ramas, tocones). Asimismo, menciona que este hongo se distribuye en diversos países en las mismas condiciones antes mencionado.

SENASA (2008, así como se citó en Avalos, 2011) da a conocer que esta especie se distribuye a nivel del Perú en las regiones de madre de dios, Junín, San Martín, Ucayali, Manantay, así también en otras regiones de la selva.

De acuerdo con Avalos (2011) los síntomas que causa el *Pycnoporus sanguineus* después de alimentarse de todo el contenido de lignina, es que las fibras quedan dispersas o separados, causando que la densidad de la madera disminuya y tomando un color blanco pálido.

Según Avalos (2011) macroscópicamente estos individuos se caracterizan por ser comestibles (según su colecta en un plantío de achiote), suaves (casi liso), de superficie lustroso y glabro (color rojizo-naranja), cuando el hongo está seco presenta una consistencia dura o coriácea y cuando está fresco es flexible y fibrosa, la estructura del píleo toma la forma de un abanico (flabeliforme) con medidas de extremo a extremo (ancho) de hasta 8.5 cm y con altura de hasta 4.5 cm, la particularidad del basidiocarpo es que es sésil (pedúnculo ausente) en la base (0.78mm). el mismo autor indica que microscópicamente la particularidad de este hongo es que los basidiosporas que presenta son de forma tubular a oblongo, mientras que las hialinas ostentan un tamaño de hasta 5x3 μ .

Luna (2010) en la revista “Hongos xilófagos [...]” argumenta que el *Pycnoporus sanguineus* es uno de los hongos que da principio a la pudrición blanca, originando la desintegración y la fibrosidad de la madera.

2.1.2.2 Pudrición Marrón o Parda

Akande (1990, citado por Ramos, 2014) menciona que los individuos de esta especie suelen despolimerizar (degradar polímeros) la celulosa de la madera a tal velocidad que ni ellos mismos logran transformar el material degradado (metabolizar) antes de terminar la despolimerización, a diferencia de las especies de la pudrición blanca que consiguen despolimerizar todo el material que han degradado, removiendo en su totalidad los residuos de la pared celular.

Sing and Kim (1997, citado por Ramos, 2014) deducen que las especies de la pudrición marrón agreden y despolimerizan principalmente a la celulosa de la madera, así también se la pasan degradando y removiendo los carbohidratos durante la pudrición, ocasionando de esta manera la disminución o pérdida de la resistencia del árbol y la coloración marrón en la

madera a causa de la cuantiosa cantidad de lignina (que no pueden ser devorados sino solo modificados).

2.1.3 Preservado de la madera

Milton (1995) menciona que la madera ha sido usada por la humanidad desde hace miles de años atrás, sin embargo, la fácil degradación de esta materia prima ha llevado al hombre a desarrollar diversas técnicas para conservarlo y darle un uso más prolongado.

Según Milton (1995) en 1831 comenzó la impregnación de sustancias químicas en la madera gracias a un francés que inventó el proceso de vacío y presión con el cual se dio lugar a las pruebas con miles de sustancias químicas a modo de conservantes.

Food and Agriculture Organization (FAO, 1986) refiere que “la conservación de la madera” se trata de proteger a la madera de elementos que amenazan sus propiedades físicas y mecánicas. Asimismo, señala que la preservación mediante tratamientos con sustancias químicas resulta ser toxico para los hongos, insectos y otros agentes, elevando así la durabilidad y resistencia de la madera frente a estos elementos destructores. Desde la antigüedad hasta los días de hoy la madera sigue siendo el material líder en las construcciones a pesar de que hay otros elementos que le hacen competencia, la madera seguirá ocupando el primer lugar entre las materias primas siempre en cuando haya suficiente suministro de este recurso, sobre todo de las especies duras. Sin embargo, en los últimos años la disponibilidad de las especies de madera dura se vio limitado por el aprovechamiento excesivo, tanto que algunas especies están protegidas. Por lo tanto, es recomendable el manejo y aprovechamiento de maderas blandas de rápido crecimiento que dándole un buen tratamiento alargaría su vida útil frente a los agentes patógenos. Es así como el preservado de la madera es un tema de importancia nacional, ya que contribuye con la conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre, disminuyendo la perturbación de bosques primarios y secundarios.

Según la FAO (1986) el objetivo primordial de la preservación de la madera es prolongar la vida útil de la materia prima (madera) en servicio, reduciendo el costo final y evitando sustituir de manera frecuente el producto. Las maderas que por su uso son expuestos al ataque más riguroso de los agentes destructores, son muestras de una permanencia mayor gracias al tratamiento de preservado. La madera sin tratar que son expuestos al suelo, a la temperatura y a la humedad tiene una vida útil promedio de un par de años, mientras que la madera que son tratados con creosota tiene una vida útil de décadas, lo cual demuestra los beneficios de la preservación de la madera en condiciones ambientales.

Milton (1995) sugiere que la ciencia de la preservación podría definirse como un procedimiento en el cual se cubre a la madera con repelentes o sustancias tóxicas (según cantidades y concentraciones apropiadas) para hacerlo duradero y resistente al ataque de agentes externos. Los conservantes pueden proteger a la madera de forma satisfactoria siempre en cuando la estructura anatómica de la madera permita el pase para una buena penetración e impregnación de la sustancia.

2.1.3.1 Conservantes

El conservante o preservante es una sustancia química que se aplica a la madera para conseguir un efecto repelente o venenoso, esto mejora su resistencia frente al ataque de los agentes de degradación, asimismo los conservantes varían tanto en efectividad como en idoneidad, costo y carácter según el uso que se le da en diferentes condiciones de servicios (FAO, 1986).

Según la FAO (1986) los requisitos más importantes de un preservante para conseguir un buen resultado en la madera son los siguientes:

- Barato y abundante
- Capacidad de penetración profunda en la madera
- No lixiviable
- Muy tóxico para los agentes destructivos de la madera
- Inocuo para la madera
- Incoloro e inodoro
- No corrosivo

Según la FAO (1986) los conservantes generalmente se clasifican en cuatro principales grupos (tipos):

- a) Los Disolventes orgánicos
- b) Los Aceitosos (como la creosota)
- c) Los solubles en agua no fijo
- d) Los solubles en agua fijo

Los conservantes que se emplearán en esta investigación pertenecen al grupo de:

a. Los disolventes orgánicos

Según la FAO (1986) son sustancias que se disuelven en solventes orgánicos (destilado de petróleo). Los conservantes de este grupo son tóxicos para los agentes que descomponen la madera, además tiene baja viscosidad y facilidad de penetración en la madera (seca), por lo que es usado en la formulación de conservantes para aplicación superficial (rociado, inmersión, brocha o proceso de baja presión). Por lo general estos disolventes son caros, por lo que su uso suele justificarse solo cuando los conservantes de otros tipos no funcionan.

El fungicida más significativo para los preservantes de tipo “disolventes orgánicos” es el pentaclorofenol FAO (1986). Generalidades de los preservantes a utilizar en esta investigación:

- **El Pentaclorofenato sódico**

Según la NTP 251.020 (2015) el pentaclorofenato de sodio es una sal derivada del pentaclorofenol.

Milton (1995) menciona que el pentaclorofenol es un sólido de color blanco transparente, el cual se elabora bajo un proceso químico muy controlado, a partir del año 1935 esta sustancia fue de gran éxito después de que descubrieran su aptitud como conservante de la madera. El mismo autor menciona que el pentaclorofenol mayormente se mezcla con aceite de petróleo (ligero o pesado) para originar el líquido conservante de la madera. De igual manera señala que el pentaclorofenol puede disolverse también en agua (pentaclorofenato de amonio), como también se puede añadir a composiciones de aceite de petróleo y creosota para mejorar su rendimiento como preservante.

Castillo y Barcenás (1998) indican que el pentaclorofenato sódico (NaPCP) son hidrocarburos halogenados con una amplia gama de toxicidad, empleado en el preservado de la madera para controlar el ataque de los insectos, bacterias y hongos. Los mismos autores señalan que al ser el NaPCP una sustancia de uso múltiple se han empleado en grandes cantidades lo cual ha generado efectos desfavorables en la salud del ser humano, de los animales y los ecosistemas. Wall y Stratton (1994, citados por Castillo y Barcenás, 1998) mencionan que el NaPCP es un hidrocarburo clorado, empleado como insecticidas,

bactericidas, herbicidas, molusquicida, preservador de madera, alguicidas y como agente antimicrobiano en numerosos productos.

El preservante para madera Bio-Mad (3.5 litros) es un producto formulado a base de ácidos (pentaclorofenato sódico) e hidrocarburos alifáticos (solvente 3), los cuales reaccionan contra la acción de hongos, insectos, termitas y polillas. Las características de este preservante son: aspecto líquido, color transparente amarillento, olor característico a pentaclorofenato sódico y aguarrás, pH 7.0 – 8.0, densidad 2.91 – 3.07 (ANYPSA, 2020).

El solvente 3 o solvente alifático de petróleo es un disolvente compuesto por una mezcla compleja de hidrocarburos, producto de la destilación primaria del petróleo. Tiene un aspecto claro brillante, libre de agua e impurezas, con un gran poder de solvencia y alto punto de inflamación (Petroperú, 2019).

- **Vortex**

La sustancia química Vortex es un insecticida agrícola cuya acción es por contacto, ingestión e inhalación. Asimismo, tiene efecto translaminar y buen poder residual. Eficaz para el control de gusanos de tierra, insectos barrenadores, masticadores y perforadores. El vortex tiene como ingrediente activo a los chlorpyrifos (480 g/l), su grupo químico es Organofosforado, de toxicidad moderadamente peligroso (Piaggio, 2020).

El preservante de madera QR está elaborado con ingredientes activos como el Metanol (solvente) 85%, Vortex (insecticida agrícola) 10% y Colorantes 5%, los cuales al combinarse actúan como repelente de insectos como el comején que atacan la madera, además previenen el desarrollo de hongos, brindando una protección de larga duración. Asimismo, este preservante no transfiere humedad por lo que la forma de la madera se mantiene estable. Este preservante se caracteriza por ser de un color rojizo y por tener una alta penetración, su densidad es de 0.79 g/ml (Química Rodríguez [QR], 2021).

El Metanol es un líquido volátil, incoloro e inflamable con un leve olor alcohólico en estado puro. Es una sustancia nociva y altamente venenosa para la salud. Es poco soluble en grasas y aceites. El Metanol tiene una diversidad de aplicaciones industriales. Además, se usa como solvente o anticongelante en pinturas de pared, preservantes para madera, pinturas en aerosol, limpiadores para carburadores entre otros (S.N., 2003).

2.1.3.2 Proceso de conservación

Según la FAO (1986) la conservación se trata de penetrar el conservante al interior de la madera de forma profunda y continua para impedir su descomposición por el ataque de hongos e insectos. El mismo autor menciona que la preservación se puede realizar con diversos métodos teniendo en cuenta la especie y el uso final de la madera. Asimismo, señala que la gran mayoría de los procesos se agrupan en dos (procesos sin presión y procesos a presión); en el proceso a presión el conservante es impregnado a fuerza en la madera para lo cual la madera se pone en un cilindro cerrado luego se agrega conservante aplicando presión o también vacío y presión, mientras que en el proceso sin presión la impregnación se lleva a cabo sin presión (fuerza) artificial. El tercer grupo trata de procesos misceláneos en los que la impregnación de conservante en la madera se da mediante una leve a moderada presión, pero en este proceso no se utiliza un cilindro cerrado. Según la FAO (1986) los tipos de procesos de preservado son los siguientes:

- Procesos de alta presión (proceso de célula vacía, proceso celular completo)
- Procesos de presión
- Procesos de baja presión (proceso de doble vacío)
- Proceso de presión oscilante
- Proceso de recuperación de solventes
- Procesos sin presión (Inmersión, Rocío, técnica Frío y caliente, Cepillado, método Boucherie “desplazamiento de la savia”)
- Procesos de difusión

En esta investigación se manejará el proceso sin presión, utilizando el método de “Inmersión”. Según la FAO (1986) a la inmersión se le conoce de dos maneras diferentes, “técnica de sumergir” cuando la inmersión dura un tiempo breve y “técnica de remojo” cuando la inmersión se prolonga por horas o días. El mismo autor menciona que con este método el preservante llegara a las grietas, hendiduras y orificios con mayor probabilidad.

La FAO (1986) indica que el nivel de penetración dependerá del tipo de especie, del tipo de preservante y de la duración de inmersión. Asimismo, señala que la absorción durante las primeras horas es rápida y si se quiere conseguir una buena penetración se necesitara mayor tiempo. El mismo autor da a conocer que, la inmersión es más costosa que el cepillado ya que demanda mayor cantidad de conservantes y tanques grandes.

2.2 Estado del arte

Fabian (2020) en su tesis “Durabilidad natural de madera de Teca (*Tectona grandis* l.f.) procedente de Chanchamayo - Junín” evalúa la resistencia natural de la madera de *Tectona grandis* (madera dura) de una plantación de 33 años, frente a la acción de dos hongos de pudrición blanca (*Schizophyllum commune* y *Pycnoporus sanguineus*) durante un periodo de tres meses. Según los resultados clasifica a la madera de la Teca como resistente en la sección de duramen y moderadamente resistente en la sección de albura, ascendiendo la pérdida de peso desde la base hacia el ápice. Así mismo determina el porcentaje de pérdida de peso causado por ambos hongos, siendo el *P. sanguineus* el más destructivo con una pérdida de 11.2% en duramen y 26.8% en albura mientras que el *S. commune* causa una pérdida de 7.3% en duramen y 14.2% en albura; en tanto la madera testigo (Marupa) pierde un 45.2% frente al *P. sanguineus* y 24.9% frente al *S. commune*.

Sotomayor (2020) en el artículo “Efecto del preservado de la madera con boro sobre el módulo dinámico (evaluación por medio de ultrasonido)” estudia el efecto de las sales de boro al 3% (preservante) en la madera de las especies *Abies religiosa*, *Spathodea campanulata* y *Guazuma ulmifolia* mediante el proceso de baño caliente-frío por inmersión; con la finalidad de calcular la retención y la absorción del preservante en cada especie. La retención en la especie *A. religiosa* fue de 7.2 kg/m³, en la especie *G. ulmifolia* 9.7 kg/m³ y en la especie *S. campanulata* 14.3 kg/m³.

Farje (2018) en su tesis “Eficacia de dos compuestos bóricos en la preservación de madera de *Pinus oocarpa* proveniente de una plantación en Oxapampa - Perú” estudia el preservado de madera de la especie *Pinus oocarpa* (de una plantación de 26 años) utilizando dos preservantes inorgánicos (Ácido bórico-Bórax y Octoborato de sodio) poniendo a prueba su eficacia frente al ataque de las “termitas” *Cryptotermes brevis* Walker, el preservado se lleva a cabo mediante dos métodos (inmersión prolongada y vacío-presión), obteniendo como resultado que el promedio de retención más alta se da en la madera de albura con 6.18 kg/m³, mientras que la retención más baja se da en la madera de duramen con 4.86 kg/m³; asimismo, concluye que el método de inmersión es efectivo para las muestras de duramen a partir de 3 días de remojo y para las muestras de albura a partir de 64 horas de remojo.

Alfieri (2018) en su tesis “Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos” en el cual realiza el preservado de probetas (2x2x2 cm) de madera de la especie *Pinus ponderosa*, mediante los métodos de

célula vacía e inmersión usando componentes de silanos y siloxanos frente al ataque de hongos xilófagos (*henillus chaquensis* y *Trametexs versicolor*), concluye que los preservantes son excelentes protectores frente a los agentes patógenos y que el tratamiento más fácil de aplicar es la inmersión, que además genera menos gasto.

Morey (2018) en su tesis “Resistencia a la pudrición de la madera de *Jacaranda copaia* (aubl.) d. don. (Huamanzamana) por acción de dos especies de hongos xilófagos, en condiciones in vitro” estudia la durabilidad de la especie de *Jacaranda copaia* (madera blanda) frente a la acción de dos hongos xilófagos (*Lenzites erubescens* y *Pycnoporus sanguineus*) durante un periodo de tres meses. Según los resultados clasifica a la madera de *J. copaia* como ligeramente resistente (clase D), siendo el hongo *P. sanguineus* causante del 50.09% de pérdida de peso y el hongo *L. erubescens* del 54.15%. Asimismo, resuelve que la pérdida de peso se incrementa significativamente en 0.9847% (*P. sanguineus*) y 2.9288% (*L. erubescens*) según se va ascendiendo de nivel de altura en el fuste. La pérdida de peso en los tres niveles de altura causada por el hongo *P. sanguineus* son 48.76% (Base), 50.78% (Medio) y 50.73% (Ápice).

Sotomayor y Villaseñor (2016) en la revista “Retención y absorción de solución de sales de boro de diez maderas mexicanas” plantearon como objetivo determinar la densidad, la absorción y la retención de las sales de boro al 3% en la madera de diez especies tropicales; las dimensiones de las muestras utilizadas fueron de 2x2x6 cm y la impregnación del preservante se dio mediante el método de inmersión (baño caliente-frío) durante 8 h en caliente y 16 h en frío. La retención más alta se dio en la especie *Tilia mexicana* Schltdl. (14.18 kg/m³) y la retención más baja en la especie *Platymiscium dimorphandrum* J. D. Smith (4.07 kg/m³), los autores sugieren que la retención depende principalmente de la especie y no de la densidad de estas.

Trujillo *et al.* (2016) en el artículo “Durabilidad natural de la madera de pino chuncho (*Shizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke) a la acción de dos hongos de pudrición” clasifican al duramen de la *S. amazonicum* como “No resistente (clase D)” frente al ataque destructivo de los hongos *Shizophyllum commune* y *Pycnoporus sanguineus*, resaltando que el hongo con mayor poder destructivo es el *P. sanguineus* que causa una pérdida de peso de 46.24% mientras que el *S. commune* causa una pérdida de 31.74%. Asimismo, mencionan que la escasa presencia de metabolitos secundarios en el duramen de la *S. amazonicum* lo hace susceptible al ataque de los hongos.

Ramos *et al.* (2016) en el artículo “Durabilidad natural de dos especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos y su relación con sus principios básicos activos” estudian la durabilidad de las especies *Swietenia macrophylla* (Caoba - madera dura) y *Simarouba amara* (Marupa - madera blanda) provenientes de plantaciones de 17 años, frente a la acción destructiva de dos hongos de pudrición blanca (*Polyporus sanguineus* y *Schizophyllum commune*). Según el estudio los autores clasifican a la madera de *S. macrophylla* como altamente resistente (clase A) con una pérdida de peso de 5% y a la madera de *S. amara* como no resistente (clase D) con un 46.99%, siendo el hongo *P. sanguineus* el más agresivo sobre las dos especies.

Díaz (2015) en su tesis “Preservado de postes de *Pinus patula*, por los métodos Bethell Y Lowry, a diferentes contenidos de humedad” realiza el preservado de postes de 5 m de la especie *Pinus patula* mediante los métodos de Bethell (Célula llena) y Lowry (Célula Vacía) aplicando sales CCA-C/ 60 % para analizar la retención y absorción de los preservantes en la madera, el autor concluye que los mejores resultados para la retención (10.67 kg/m³) se dieron en los postes con contenido de humedad de 27.39%, mientras que para la absorción (419.35 l/m³) se dieron en postes con contenido de humedad de 13.56%.

Benítez y Sarries (2015) en la tesis “Evaluación de la durabilidad adquirida de madera con una mezcla preservante a través de un ensayo de campo acelerado” realizan el preservado de la madera de *Eucalyptus grandis* con una solución de bórax y ácido bórico al 2 %, mediante el tratamiento de ascensión simple durante un periodo de dos meses, obteniendo como resultado una retención promedio de 7.83 kg/m³. Asimismo, concluyen que el preservado mediante tratamientos sin presión (inmersión y ascensión simple o doble) permiten obtener mejores niveles de retención y penetración que los métodos con presión (Bethell y vacío - vacío).

Ramos (2014) en su tesis “Durabilidad natural de tres especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos” determina que la durabilidad natural de la *S. amazonicum* frente a la agresión destructiva de los hongos *Shizophyllum comunne* y *Polyporus sanguineus* se clasifica como “No resistente”, siendo el *P. sanguineus* con 46.24% de pérdida de peso más destructivo que el *S. comunne* con 31.74% de pérdida de peso. El mismo autor da a conocer los extractivos hallados en la *S. amazonicum*, como flavonoides, taninos y alcaloides, sin embargo, estos extractivos se encuentran en poca concentración, por lo que esta especie tiene una resistencia insuficiente frente a la agresión de los hongos.

Rojas (2014) en su tesis “Determinación de la resistencia a la pudrición de la madera de *Matisia cordata* h-umboldt & bonprand "Sapote" procedente de la provincia de Padre abad - Ucayali, al ataque-de dos tipos de hongos xilófagos en condiciones in vitro” estudia la resistencia natural de la especie *M. cordata* (madera blanda) frente a la acción de dos hongos xilófagos *Lenzites erubescens* y *Polyporus sanguineus* a tres niveles de altura del fuste (base, medio y ápice) durante un periodo de tres meses. Según los resultados el autor clasifica a la madera de *M. cordata* como moderadamente resistente (clase C) y determina que la pérdida de peso frente a la acción del hongo *P. sanguineus* es de 24.13% en el nivel base, 26.86% en el nivel medio y 28.28% en el nivel ápice.

Hidalgo (2014) en su tesis “Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales sometidos a la acción del hongo *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr Murrill)” estudia la resistencia de la madera de las especies *Manilkara bidentata* (quinilla colorada), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) y *Ormosia sp.* (huayruro) frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*P. sanguineus*) durante un periodo de tres meses. Según los resultados el autor determina el porcentaje de pérdida de peso de las tres especies, siendo 1.73% en *C. cateniformis*, 5.15% en *M. bidentata* y 8.46% en *Ormosia sp.*

Bardales (2014) en su tesis “Resistencia a la pudrición de la madera *Brosimun utile* (kunth) pittier (panguana) procedente del bosque macuya - Ucayali a dos especies de hongos xilófagos en condiciones in vitro” evalúa la resistencia de la madera de *Brosimun utile* frente a la acción de los hongos xilófagos *Pycnoporus sanguineus* y *Lenzites erubescens* a tres niveles de altura del fuste (base, medio y ápice) durante un periodo de tres meses. Según los resultados la madera de *B. utile* es clasificada como resistente frente a la acción del hongo *P. sanguineus*, el cual ha generado una pérdida de peso de 22.40% en el nivel de la base, 24.23% en el nivel medio y 25.61% en el nivel del ápice.

Avalos (2011) en el proyecto “Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales” donde estudia “la durabilidad natural de diez especies maderables de Ucayali” presenta los resultados de la prueba de resistencia de la especie *S. amazonicum* frente al ataque destructivo del hongo *P. sanguineus* en un periodo de 3 meses, en el cual comprueba que la madera de *S. amazonicum* tiene una pérdida de peso numéricamente diferenciado por niveles de altura, siendo 44.01% en la base, 44.87% en el medio y 45.78% en el ápice; por lo que, la pérdida de peso promedio de la especie fue de 45%.

Álvarez (2009) en su tesis “Determinación de los parámetros físico- químicos en madera preservada de *Brosimum alicastrum* swartz – Satipo” concluye que la retención de los preservantes utilizados en la madera de *B. alicastrum* (madera blanda) mediante el método de inmersión es mayor en el nivel del ápice que en los niveles base y medio del árbol, debido a que la lignificación y compactación de la madera va incrementando gradualmente desde la base hacia el ápice.

Torres (2009) en el resultado de su tesis “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la especie pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* huber ex ducke) proveniente de plantaciones del bosque nacional alexander von humboldt – ucayali” clasifica a la madera de *S. amazonicum* como una madera de resistencia mecánica y densidad muy baja, por lo que se considera una especie de madera blanda susceptible al ataque de los agentes patógenos.

Huircán (2008) en su tesis “Retención y penetración de sales CCA en rolletes de raleo de *Pinus radiata* D.DON.” evalúa la penetración y retención de la impregnación de sales CCA (2%) en la madera de *P. radiata* bajo el método Bethell, donde el promedio de la retención resultante es de 6.89 kg/m³ en muestras con contenido de humedad de 20-30%, 6.71 kg/m³ en muestras con CH de 50-60% y 5.34 kg/m³ en muestras con CH de 80-90%; asimismo, concluye que las respuestas más confiables están asociadas al contenido de humedad más bajo.

García (2008) en su tesis “Durabilidad natural en maderas de *Miconia barbeyana* Cogniaux, *Jacaranda éopaia* (Aubl.) D. Don y *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke a la acción de los hongos *Polyporus versicolor* L. ex Fr y *Heterobasidium annosum* (Fr.) Karst” estudia la resistencia de tres especies maderables frente a la acción de dos hongos xilófagos *Polyporus versicolor* (pudrición blanca) y *Heterobasidium annosum* (pudrición marrón), clasificando a la madera de la *S. amazonicum* como moderadamente resistente frente a la acción del *P. versicolor* y resistente frente al *H. annosum*. Asimismo, determina que el hongo con mayor agresividad es el *P. versicolor* causando una pérdida de peso de 33.8%, mientras que el hongo *H. annosum* causa solo un 22%.

Guerrero (2007) en su tesis “Preservación con Sales CCB y CCA-C, Durabilidad Natural y Costos de Producción en la Fabricación de Postes con Dos Especies Forestales” estudia la conservación de postes de las especies *Caraipa myrcioides* y *Miconia barbeyana* con los preservantes CCA-C y CCB-70 ambos al 5%, mediante el método Prescap, con el cual

se inyectó los preservantes a presión de 55.2 g/cm² en los postes de 8m de largo (este proceso se llevó a cabo dentro de las 24 horas de talado el árbol) durante 5 horas. En este estudio el autor da como resultado que la especie *C. myrcioides* obtiene una retención de 13.20 kg/m³ con CCA-C y 14.82 kg/m³ con CCB-70, mientras que la especie *M. barbeyana* retiene 12.77 kg/m³ con CCA-C y 14.56 kg/m³ con CCB-70.

Vásquez (2006) en su tesis "Durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal *Miconia barbeyana cogniaux* (paliperro) a la acción del hongo *Ganoderma applanatum*" utiliza probetas de 2.5x2.5x2.5 cm, de albura y duramen de los tres niveles de altura del tronco (base, medio y ápice) los cuales son expuestos al hongo en cámaras de pudrición acondicionados en frascos de vidrio de 5 cm de diámetro por 11 cm de alto, el autor concluye que la madera del *M. barbeyana* Cogniaux es no resistente, asimismo señala que el duramen es más resistente que la albura y que el duramen del nivel base es significativamente más resistente que el duramen del nivel ápice. Los resultados de la tesis en mención son de consideración puesto que el *M. barbeyana* (paliperro) y el *S. amazonicum* (pino chuncho) pertenecen al grupo de maderas de baja densidad.

Bobadilla *et al.* (2006) en la revista "Durabilidad de la madera del *Pinus taeda* impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos, misiones, argentina" estudian el efecto del preservante CCA tipo C en la madera de la especie *Pinus taeda* procedentes de una plantación de 14 años frente al ataque de los hongos xilófagos *Laetiporus sulphureus*, *Pycnoporus sanguineus*, *Plerotus sajor caju*, *Glophyllum sp* y *Ganoderma applanatum* durante 90 días; el preservado se realizó mediante el método de Burnett utilizando probetas con dimensiones de 3 x 1 x 0,5 cm. Según los resultados, los autores clasifican a la especie *P. taeda* frente a la acción de los 5 hongos como moderadamente resistente a una retención de 5 - 10 kg/m³ de CCA y resistente a una retención de 15 kg/m³; el % de pérdida de peso causado por *P. sanguineus* es de 10.20% a una retención de 5 kg/m³, 9.51% a una retención de 10 kg/m³, 5.60% a una retención de 15 kg/m³ y 34.63% en probetas testigo.

Cárdenas y Polanco (2004) en el artículo "Durabilidad natural de la madera de *Trichospermum colombianum*" evalúan la resistencia natural de la madera del "Algodoncillo", exponiéndolo a la acción destructiva de los hongos *Pycnoporus sanguineus*, *Trametes versicolor* y *Gloeophyllum trabeum* durante un periodo de 4 meses. Según los resultados clasifican a la madera de *T. colombianum* como "moderadamente resistente" frente a la acción

de los hongos *P. sanguineus* (42.84% PP) y *T. versicolor* (33,34% PP); y “resistente” frente a la acción del hongo *G. trabeum* (14.93% PP).

Mora y Encinas (2001) en la revista “Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea* en condiciones de laboratorio” estudian la resistencia natural y estimulada de tres especies maderables frente al ataque de un hongo de pudrición marrón (*Gloeophyllum trabeum*) y dos hongos de pudrición blanca (*Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus*) en condiciones de laboratorio durante un periodo de 4 meses. La resistencia inducida se llevó a cabo mediante el método a presión con sales de CCA (5, 10 y 15% de concentración). Obteniendo como resultado el porcentaje de pérdida de peso de las muestras no tratadas del *Pinus caribaea* de 50.84% (*G. trabeum*), 19.94% (*P. sanguineus*) y 12.95% (*T. versicolor*); en las muestras del *P. acapulcensis* 53.32% (*T. versicolor*), 30.59% (*P. sanguineus*) y 19.17% (*G. trabeum*); mientras que las muestras de *T. serratifolia* resultaron ser los menos afectados con un porcentaje de pérdida de peso menos del 2%. Las muestras tratadas con CCA resultaron ser inmunes frente al ataque de los hongos utilizando las más baja concentración (5%) del preservante.

Sanjurjo (1992) en la revista “Preservación con Pentaclorofenol y Sales CCA por baño caliente-frío de la *Tachigalia longiflora* ducke (Tangarana)” realizó el preservado de la madera de *T. longiflora*, con probetas de 5 x 5 x 50 cm, por el método de inmersión (baño caliente-frío) con Pentaclorofenol y Sales CCA al 5% de concentración, obteniendo como resultado la retención promedio de 13.21 kg/m³ con Pentaclorofenol y 4.64 kg/m³ con CCA. Asimismo, demostró la retención por tipo de madera, con Pentaclorofenol 6.73 kg/m³ en duramen y 19.68 kg/m³ en albura; mientras que con CCA retuvo 2.60 kg/m³ en duramen y 6.67 kg/m³ en albura.

Aróstegui (1968) en la revista “Penetración y retención del Pentaclorofenol y Boliden mediante tratamiento sin presión en maderas de Tingo María (UTCF)” puso en práctica el preservado de la madera para analizar la retención y penetración en 31 especies maderables, con muestras de postes de 0.80 m de largo, los cuales fueron secados al aire por un periodo de 9 meses hasta alcanzar un contenido de 30% de humedad, en este estudio se utiliza dos preservantes el Pentaclorofenol (5%) con petróleo y el Boliden (1%) con agua, mediante el método sin presión (baño Caliente y Frío). Concluyendo que la sustancia más significativa para la conservación (en relación con penetración/retención) es el pentaclorofenol con una penetración de 21.1% y una retención de 88.94 kg/m³, mientras que el Boliden alcanza una

penetración de 3.9% y una retención de 35.46 kg/m³. Teniendo en cuenta este estudio y los mencionados anteriormente es oportuno realizar la investigación de preservado de la madera de la especie *S. amazonicum* frente al ataque del hongo de pudrición blanca “*Polyporus sanguineus*”, aplicando dos tipos de preservantes, mediante el método de inmersión prolongada (proceso sin presión).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó en los ambientes del Laboratorio de Fitoquímica (coordenadas UTM E 390164, N 8970808) y del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación (coordenadas UTM E 390241, N 8970833) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco, a una altitud de 647 msnm, con un clima húmedo y cálido (tropical) y temperatura promedio de 24°C.

Los árboles para las muestras de la investigación provinieron de una plantación de 14 años, ubicada en las coordenadas UTM E: 406841 y N: 8980472, del caserío de San Isidro, distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco, a una altitud de 1300 msnm, con un clima tropical húmedo - cálido y temperatura promedio de 20°C.

3.2 Material y métodos

3.2.1 Materiales y equipos

Materiales y herramientas: vernier digital, frascos de vidrio, wincha, escuadra, cinta diamétrica, útiles de escritorio, papel absorbente, pinzas, ansas, bisturí, charolas de aluminio, táper de plástico, papel aluminio, placas Petri, probeta, matraz Erlenmeyer, libreta de campo, tamices, desecador, algodón, mechero, aerosol, agitador.

Equipos y maquinarias: Autoclave, estufa de desecación, estufa de cultivo, balanza analítica con precisión de 0,01 g, cocina eléctrica, cámara fotográfica, GPS, brújula, laptop, Motosierra Stihl, sierra cinta, sierra circular, garlopa.

Material vegetativo y sustrato: probetas de duramen y albura de 2x2 cm, probetas de 3,5x2x0,5 cm, arena de grano fino y tierra vegetal.

Sustancias o químicos: Pentaclorofenato sódico, Vortex, extracto de malta-agar, agua destilada, alcohol, ceftriaxona 1gr.

3.2.2 Metodología

La investigación se llevó a cabo mediante el método experimental, empleando las Normas Técnicas Peruanas.

Para la elección de los árboles, usando la norma NTP 251.008 se seleccionó 03 individuos de la especie *S. amazonicum* teniendo en cuenta la similitud de los diámetros (35 cm), la selección se realizó en base al sistema de selección al azar, de tal manera que cada individuo de la población tuvo la misma probabilidad de ser elegido. Las unidades experimentales (probetas) de albura y duramen fueron obtenidas del punto cardinal Este del fuste, de los tres niveles de su sección (base, medio y ápice). Para la muestra de la presente investigación se ha considerado 162 probetas, 54 de la base, 54 de la parte media y 54 del ápice.

Para la caracterización y acondicionamiento de las muestras, empleando el procedimiento recomendado por la NTP 251.027 se utilizó probetas cúbicas de albura y duramen con dimensiones de 2x2x2 cm, libre de grietas, rajaduras, nudos y sin evidencia de infección por mohos u hongos. Para determinar el peso inicial o peso de la probeta no tratada (P1) las probetas fueron llevadas a estufa a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar un peso constante, luego fueron llevadas al desecador el cual contenía en su base una solución saturada de cloruro de amonio.

Para las probetas sustrato, se utilizaron probetas de albura rectangulares, paralelepípedos con dimensiones de 3,5x2x0,5 cm; cortadas de tal manera que su arista mayor coincidía con la dirección del grano en la madera (NTP 251.027).

Tabla 1. Probetas de *Schizolobium amazonicum* para los ensayos de preservado.

Número de probetas por preservante				
Madera	Pentaclorofenato sódico	Vortex	Testigo	Total
Duramen	27	27	27	81
Albura	27	27	27	81
Total				162

Para realizar un adecuado seguimiento de las muestras en el preservado, se establecieron los siguientes códigos de identificación:

Tabla 2. Códigos de identificación

		Código
Árbol	Numero de árbol	A1-A3
Niveles de altura	Base, Medio y Ápice	B, M, A
Sección transversal	Duramen	D
	Albura	A
Preservante	Pentaclorofenato sódico	P
	Vortex	V
	Testigo	T
Probeta	Número o repetición	1-3

Para realizar el seguimiento de las muestras, las probetas fueron codificados desde el primer momento de su preparación, indicando el número de árbol, el nivel de altura, la sección transversal (duramen o albura), el tipo de preservante y el número o repetición de la probeta, así como se muestra en la siguiente figura:

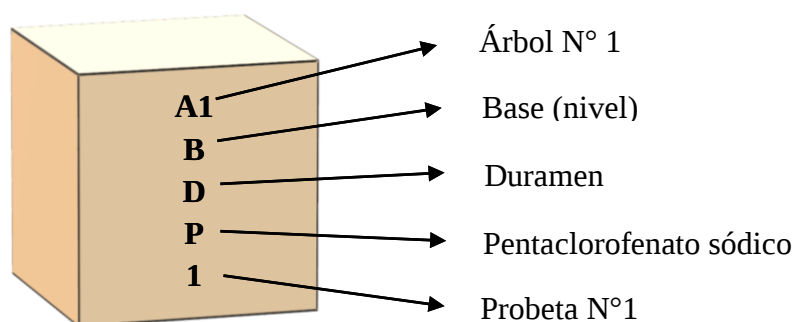


Figura 1. Sistema de codificación para las probetas

3.2.2.1 Determinación de la retención de los preservantes en la madera de *Schizolobium amazonicum*

Para determinar la retención de los preservantes en la madera, se comenzó por preservar las probetas de albura y duramen de *S. amazonicum* empleando el método de inmersión prolongada (tratamiento sin presión) que según la NTP 251.019 consiste en

sumergir la madera en una solución de preservante a temperatura ambiente durante un tiempo determinado (horas o días). Para llevar a cabo este proceso se utilizó cuatro frascos de vidrio, agregando un tipo de preservante (Pentaclorofenato sódico y Vortex) en cada dos frascos, posteriormente se sumergió las probetas hasta quedar completamente cubiertas con la sustancia química. Las probetas fueron remojadas por un periodo de 5 días. Una vez finalizado el proceso de tratamiento, las probetas fueron puestos sobre papel absorbente para que escurra el exceso del preservante y después de 1 minuto fueron pesados en una balanza analítica, este peso fue considerado como P2 con el cual se ha calculado la cantidad de preservante absorbido por la probeta (retención).

Para el acondicionamiento de las probetas tratadas, después de que las probetas se hayan preservado y pesado para determinar su retención fueron colocadas en una charola de aluminio, dejándolos secar durante 72 horas bajo condiciones normales de laboratorio, posteriormente las probetas fueron dejadas en un ambiente acondicionado a una temperatura de $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $67\% \pm 4\%$ por un periodo de 21 días para que el disolvente del preservante se evapore. Después de este periodo las probetas fueron colocadas en el desecador hasta alcanzar un peso constante, este peso fue denominado P3 el cual se utilizó para calcular el porcentaje (%) de materia leñosa perdida durante la exposición de las probetas ante la acción del hongo de pudrición blanca *P. sanguineus* (NTP 251.027).

a. Análisis de retención

Para determinar la retención de la sustancia preservadora en kg/m^3 de cada probeta, se utilizó la ecuación recomendada por la NTP 251. 026, para ello previamente se calculó el volumen de la probeta.

$$R = \frac{C (P2 - P1) 10}{V}$$

Donde:

- R : Retención del preservante (kg/m^3)
- P2 : Peso de la probeta después del tratamiento (g)
- P1 : Peso constante de la probeta antes del tratamiento (g)
- V : Volumen de la probeta tratada (cm^3)
- C : Concentración del preservante (%)
- 10 : Constante

3.2.2.2 Determinación del preservante con mayor eficacia en *Schizolobium amazonicum*, frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*)

Para determinar la eficacia de los dos conservantes en el preservado de la madera de *S. amazonicum*, se determinó el porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de las probetas tratadas (duramen y albura) frente al ataque del hongo de pudrición blanca *P. sanguineus* en condiciones de laboratorio. Para el desarrollo de esta etapa se empleó el procedimiento recomendado por la NTP 251.027.

Para la preparación del medio de cultivo (extracto de malta-agar), en un vaso de precipitación con 500 ml de agua destilada, se agregó 16.8 gr de malta-agar en polvo, luego se llevó a calentar removiendo constantemente la mezcla con un agitador hasta alcanzar el punto de ebullición, posteriormente la mezcla fue distribuida en cuatro matraces Erlenmeyer para luego ser esterilizados en autoclave a una temperatura de 120 °C con una presión de 1,0546 kg/cm² (15 lb/pulg²) durante 30 min.

El medio de cultivo fue trasvasado en placas Petri bajo condiciones asepsia para evitar su contaminación, una vez que el medio se haya solidificado en las placas Petri, se procedió a inocular con los cultivos puros del hongo *P. sanguineus* para luego ser llevados a la estufa de cultivo donde estuvieron controlados periódicamente.

Para la preparación del suelo, se tomó por separado la cantidad necesaria de arena de grano fino y tierra vegetal los cuales fueron secados en estufa a una temperatura de 103 °C $\pm$ 2 °C y posteriormente tamizados. Seguidamente se hizo una mezcla homogénea de 20% de tierra y 80% de arena. La mezcla fue distribuida en frascos de vidrio (9 x 15 cm) hasta la mitad, luego mediante una probeta graduada se agregó 100 ml de agua destilada a cada uno. Posteriormente se colocó 03 probetas sustrato directamente sobre el suelo, enseguida los frascos fueron cerrados con sus respectivas tapas. Por último, este conjunto fue esterilizado en autoclave por un periodo de 30 min, quedando listo para la inoculación del hongo cultivado.

Para la inoculación de los frascos (cámaras de pudrición), empleando un bisturí se tomó aproximadamente 1 cm² de micelio del hongo cultivado para situarlo en el centro de las probetas sustrato de cada frasco, los cuales fueron flameados antes de colocar el micelio, los frascos ya inoculados fueron incubados a una temperatura de 27 $\pm$ 2°C.

Para la esterilización de las muestras tratadas, las probetas fueron puestas en vasos de precipitación cuyo base contenía 10 ml de agua destilada y separadores de metal (para evitar

el contacto de las probetas con el agua), los vasos fueron tapados con papel aluminio y enseguida se procedió a la esterilización en autoclave a una temperatura de 120 °C y a una presión de 1,0546 kg/cm² (15 lb/pulg²) durante un periodo de 30 min.

Para la inoculación e incubación de las probetas, una vez finalizado la esterilización de las probetas y luego del enfriamiento, se procedió a retirar las probetas de los vasos de precipitación bajo condiciones de asepsia, empleando una pinza esterilizada, las probetas se flamearon levemente en la llama de un mechero para luego ser colocados rápidamente sobre la probeta sustrato de cada frasco de cultivo, siendo sellados inmediatamente con sus respectivas tapas los cuales tenían un orificio taponado con algodón para la entrada de oxígeno. Posteriormente los frascos fueron incubados bajo condiciones del laboratorio a una temperatura de 27 °C ± 2 °C durante 90 días.

Concluido la etapa de incubación, las probetas fueron sacados de los frascos de cultivo y se dejaron a temperatura ambiente del laboratorio por un periodo de 48 horas, luego con una pinza, gasa y alcohol se limpiaron las probetas retirando los restos miceliales del hongo, por último, fueron llevados a estufa hasta alcanzar un peso constante, esto con el propósito de determinar el peso seco final (PSF o P5) de las probetas.

Para determinar el preservante con mayor eficacia en las probetas tratadas (duramen y albura) expuestas al ataque del hongo de pudrición blanca, se calculó el porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido empleando la siguiente ecuación:

$$\%PP = \frac{P3 - P5}{P3} \times 100$$

Donde:

%PP : peso perdido (%)

P3 : peso de la probeta tratada, después del acondicionamiento y antes de la exposición al hongo (g)

P5 : peso de la probeta después de la exposición al hongo (g).

a) Flujograma de procesamiento

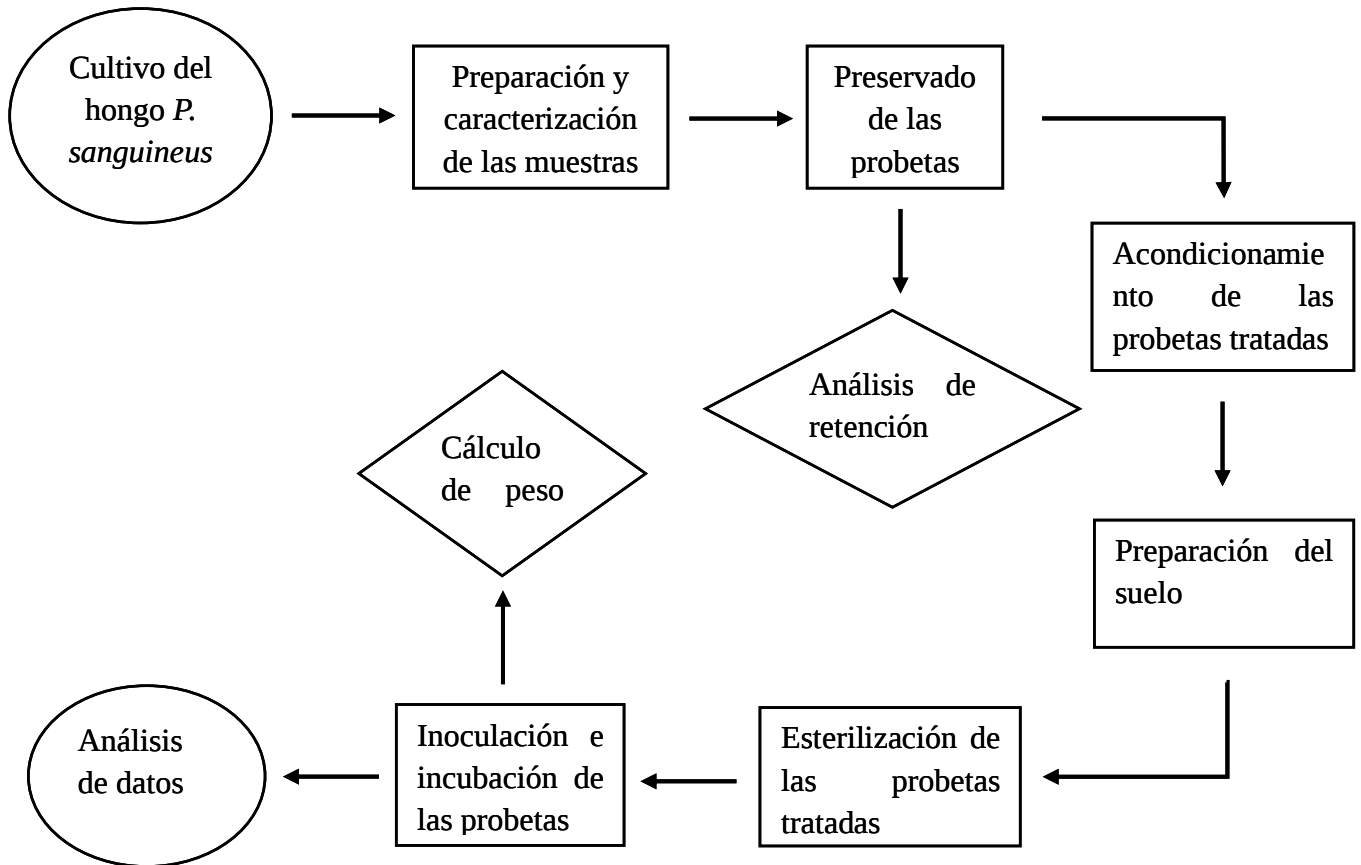


Figura 2. Descripción del proceso a seguir

b) Identificación de los factores

La identificación de los factores se realizó de acuerdo con las variables independientes (Niveles de altura, sección transversal, preservante) debido a que influyen en las variables dependientes:

Factor A: Niveles de altura

- a1: Base
- a2: Medio
- a3: Ápice

Factor B: Sección transversal

- b1: Duramen
- b2: Albura

Factor C: Preservante

c1: Pentaclorofenato sódico

c2: Vortex

c3: Testigo

c) Disposición de los factores

De acuerdo con las variables independientes se tiene 3 niveles del factor A, 2 niveles del factor B y 3 niveles del factor C; la conjugación de estos niveles da como resultado los siguientes tratamientos

Tabla 3. Descripción de los factores de estudio

Niveles de altura	Sección transversal	Preservante	Tratamiento	Descripción
a1	b1	c1	a1b1c1	Base/Duramen/Pentaclorofenato sódico
		c2	a1b1c2	Base/Duramen/Vortex
		c3	a1b1c3	Base/Duramen/Testigo
	b2	c1	a1b2c1	Base/Albura/Pentaclorofenato sódico
		c2	a1b2c2	Base/Albura/Vortex
		c3	a1b2c3	Base/Albura/Testigo
a2	b1	c1	a2b1c1	Medio/Duramen/Pentaclorofenato sódico
		c2	a2b1c2	Medio/Duramen/Vortex
		c3	a2b1c3	Medio/Duramen/Testigo
	b2	c1	a2b2c1	Medio/ Albura/Pentaclorofenato sódico
		c2	a2b2c2	Medio/Albura/Vortex
		c3	a2b2c3	Medio/Albura/Testigo
a3	b1	c1	a3b1c1	Ápice/Duramen/Pentaclorofenato sódico
		c2	a3b1c2	Ápice /Duramen/Vortex
		c3	a3b1c3	Ápice /Duramen/Testigo
	b2	c1	a3b2c1	Ápice/Albura/Pentaclorofenato sódico
		c2	a3b2c2	Ápice /Albura/Vortex
		c3	a3b2c3	Ápice /Albura/Testigo

d) Variables

Independientes: Niveles de altura, sección transversal, Preservante

Dependientes: Retención del preservante y eficacia de los preservantes en *S. amazonicum*

e) Diseño de investigación

El tipo de diseño de esta investigación es experimental, para medir el efecto del tratamiento y analizar los datos la investigación se ha ejecutado según las siguientes unidades:

Unidad Experimental:

La unidad experimental está constituida por frascos de vidrio (cámaras de pudrición) de 9 cm x 15 cm los cuales contienen 03 probetas cada uno, son 54 cámaras de pudrición lo cual se interpreta como 54 unidades experimentales.

Unidad observacional:

La unidad observacional son cada una de las 03 probetas que se encuentran en los frascos (cámaras de pudrición), son 162 probetas (2x2x2 cm) lo cual se interpreta como 162 unidades observacionales.

f) Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un DCA con arreglo tri factorial 3 A x 2 B x 3C (a: Niveles de altura, b: Sección transversal, c: Preservante) con tres repeticiones (3 árboles)

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Variable respuesta.

μ : Media general

A_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Niveles de altura); $i = a_1, a_2, a_3$

B_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Sección transversal); $j = b_1, b_2$

C_k : Efecto del k-ésimo nivel del factor C (Preservante); $k = c_1, c_2, c_3$

AB_{ij} : Interacción de los niveles de los factores A y B; $ij = a_1b_1, a_1b_2, \dots, a_ib_j$ interacciones

AC_{ik} : Interacción de los niveles de los factores A y C; $ik = a_1c_1, \dots, a_ick$ interacciones

BC_{jk} : Interacción de los niveles de los factores B y C; $jk = b_1c_1, \dots, bjck$ interacciones

ABC_{ijk} : Interacción de los niveles de los factores A,B,C; $ijk = a_1b_1c_1, \dots, aibjck$ interacciones

E_{ijkl} : Error

Análisis de varianza:

Tabla 4. ANVA para el diseño $a*b*c$

FV	GL	SC	CM	F exp
Factor A	a-1	SCA	CMA	CMA/CMR
Factor B	b-1	SCB	CMB	CMB/CMR
Factor C	c-1	SCC	CMC	CMC/CM(E)
Interacción A*B	(a-1) (b-1)	SC(AB)	CM(AB)	CM(AB)/CM(E)
Interacción A*C	(a-1) (c-1)	SC(AC)	CM(AC)	CM(AC)/CM(E)
Interacción B*C	(b-1) (c-1)	SC(BC)	CM(BC)	CM(BC)/CM(E)
Interacción A*B*C	(a-1) (b-1) (c-1)	SC(ABC)	CM(ABC)	CM(ABC)/CM(E)
Error	abc(n-1)	SC(E)	CM(E)	
Total	Abcn-1	SC(T)	CM(T)	

Donde:

FV: Fuente de variación

GL: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

CM: Cuadrados medio

Clasificación de niveles de significancia

Para señalar el nivel de significancia de las pruebas estadísticas en cuadros y figuras se utilizó asteriscos: $* = P < 0,05$; $** = P < 0,01$; $*** = P < 0,001$; ns = no significativo (Bosque, 2022)

* = Significativo

** = Moderadamente significativo

*** = Altamente significativo

ns = no significativo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Retención de los preservantes en la madera de *Schizolobium amazonicum*

En la **Tabla 5**, se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la retención del preservante en la madera de *S. amazonicum* por efecto de los factores en estudio; donde en el factor niveles de altura no existe diferencia estadística significativa (P-valor = 0.4229), no obstante, en los factores sección transversal y preservante si existe diferencias estadísticas significativas siendo sus valores (P-valor = 0.0078) y (P-valor = <0.001) respectivamente; en cuanto a las interacciones entre factores, en la interacción Niveles de altura*preservante (P-valor = 0.4281) no se encontró diferencia estadística significativa, mientras que en las demás interacciones si hubo diferencias estadísticas significativas y moderadamente significativas, siendo Niveles de altura*Sección transversal (P-valor = 0.0076), Sección transversal*preservante (P-valor = 0.0141) y Niveles de altura*Sección transversal*Preservante (P-valor = 0.0096) lo que indica que al menos una interacción de estas tiene efecto significativo en la retención, asimismo, el diseño presenta un coeficiente de variación de 7.42% y un coeficiente de determinación de 0.99%.

Tabla 5. Análisis de varianza de la retención del preservante en la madera de *S. amazonicum*

FV	GL	SC	CM	F	P- valor
Niveles de altura	2	701.02	350.51	0.89	0.4229 ^{ns}
Sección transversal	1	3316.94	3316.94	8.44	0.0078 ^{**}
Preservante	1	2484805.39	2484805.39	6324.99	< 0.001 ^{***}
Niveles de altura*Sección transversal	2	4737.85	2368.92	6.03	0.0076 ^{**}
Niveles de altura*preservante	2	690.71	345.36	0.88	0.4281 ^{ns}
Sección transversal*preservante	1	2754.87	2754.87	7.01	0.0141 [*]
Niveles de altura*Sección transversal*Preservante	2	4455.82	2227.91	5.67	0.0096 ^{**}
Error	24	9428.53	392.86		
Total	35	2510891.15			

CV: 7.42%; R²: 0.99; *: Significativo; **: Moderadamente significativo; ***: Altamente significativo; ns: no significativo.

Al encontrarse una diferencia estadística moderadamente significativa en la interacción de los tres factores (Niveles de altura*Sección transversal*Preservante) se realizó el análisis de los efectos simples de cada interacción como Niveles de altura*Sección transversal, Niveles de altura*preservante y Sección transversal*preservante, con la finalidad de conocer la interacción más significativa.

En la **tabla 6**, se observa el ANVA de los efectos simples de la interacción entre los factores niveles de altura y sección transversal, donde no existe diferencia estadística significativa de los efectos de los niveles de altura en la sección duramen y albura. Asimismo; no existe diferencia estadística significativa de los efectos de la sección transversal en los niveles base, medio y ápice.

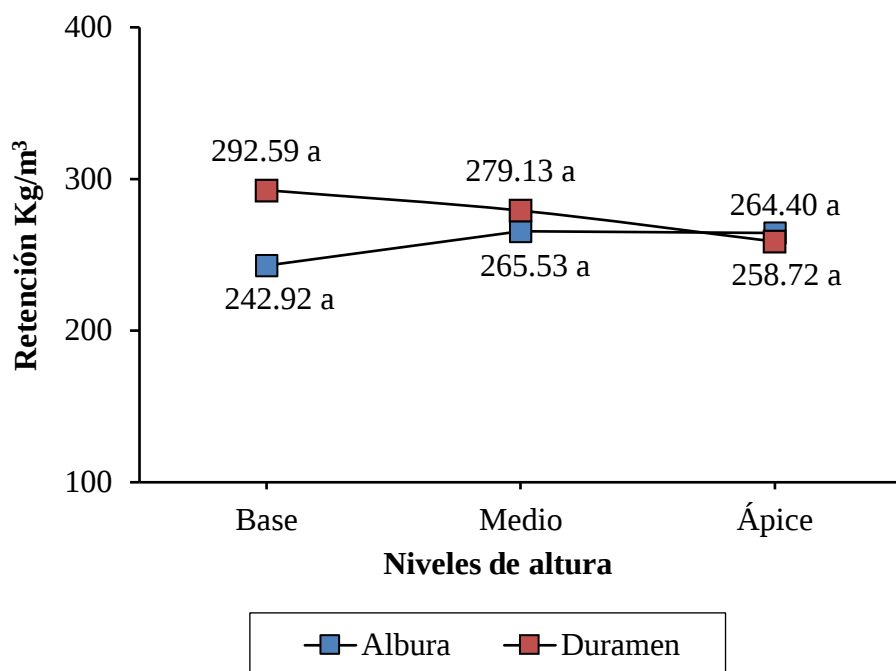
Tabla 6. Análisis de los efectos simples de la interacción entre niveles de altura y sección transversal

Fuentes de variación	Retención (kg/m ³)		
	GL	CM	P valor
Efectos simples de los niveles de altura en sección transversal			
Niveles en duramen	2	1745.15	0.9806 ^{ns}
Niveles en albura	2	974.29	0.9876 ^{ns}
Efectos simples de la sección transversal en niveles de altura			
Seccione transversal en base	1	7403.57	0.7731 ^{ns}
Seccione transversal en medio	1	554.46	0.9377 ^{ns}
Seccione transversal en ápice	1	96.77	0.9729 ^{ns}

*: Significativo; **: Moderadamente significativo; ***: Altamente significativo; ns: no significativo.

Según la prueba de comparación de medias de Duncan, la **figura 3**, muestra la retención (kg/m³) del preservante con respecto al efecto simple de los niveles de altura en la sección transversal, donde se demuestra que en la sección duramen no existe diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura (base, medio y ápice) lo que indica que estadísticamente son similares; sin embargo, numéricamente la madera de duramen del nivel base registró mayor retención de preservante con respecto al duramen de los niveles medio y ápice. Asimismo, en la sección albura no se halló diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura (base, medio y ápice); no obstante, numéricamente la madera de albura del nivel medio registró mayor retención de preservante a comparación con los niveles base y ápice. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Guerrero (2007), quien indica que no

existe diferencia estadística significativa en la retención de los preservantes entre los niveles de altura base, medio y ápice; esto difiere de lo presentado por Álvarez (2009), donde la retención de preservante es mayor en la madera del nivel ápice que en la madera del nivel base y medio.

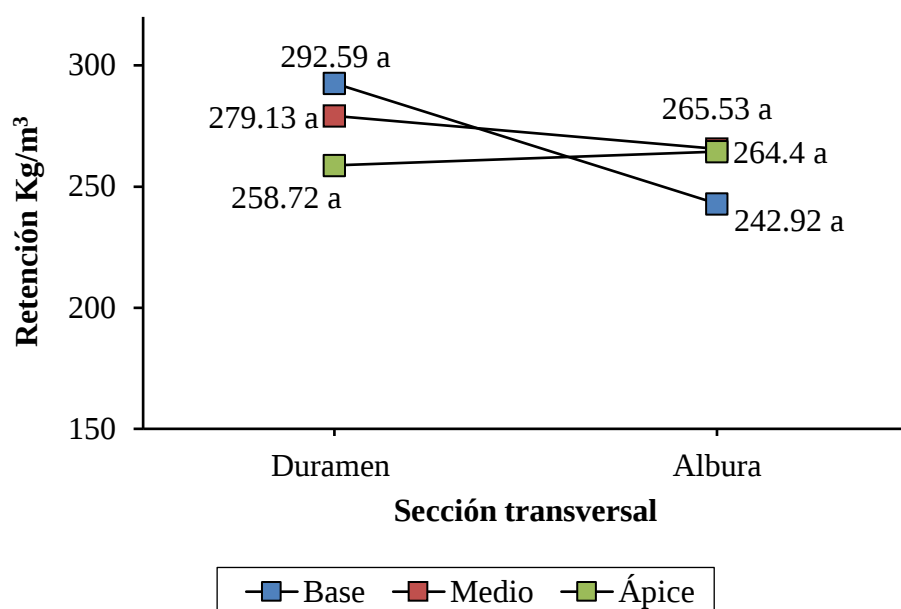


Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 3. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor sección transversal, con respecto a la retención de preservante.

En la **figura 4**, se muestra la retención (kg/m^3) del preservante con respecto al efecto simple de la sección transversal en los niveles de altura, donde se evidencia que en los niveles base, medio y ápice no existe diferencias estadísticas significativas entre la sección duramen y albura, lo que indica que estadísticamente son similares; pese a ello, numéricamente en la madera del nivel base el duramen logró mayor retención de preservante que la albura; del mismo modo sucedió en la madera del nivel medio; pero en la madera del nivel ápice sucedió lo contrario, siendo la albura la que tuvo mayor retención de preservante.

Según el resultado el duramen y la albura de los tres niveles de altura tienen una retención de preservante estadísticamente similares, esto difiere de lo señalado por Sanjurjo (1992) quien indica que en la retención de preservante entre el duramen y la albura existe diferencia estadística significativa, siendo que la albura (19.68 kg/m^3) retiene más preservante que el duramen 6.73 kg/m^3 .



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 4. Efecto de la interacción sección transversal en el factor niveles de altura, con respecto a la retención de preservante.

En la **tabla 7**, se presenta el ANVA de los efectos simples de la interacción entre los factores niveles de altura y preservante, donde se observa que no existe diferencias estadísticas significativas en los efectos de los niveles de altura en el preservante Pentaclorofenato sódico y Vortex. Sin embargo; en los efectos de los preservantes en los niveles base, medio y ápice si existe diferencias estadísticas altamente significativas.

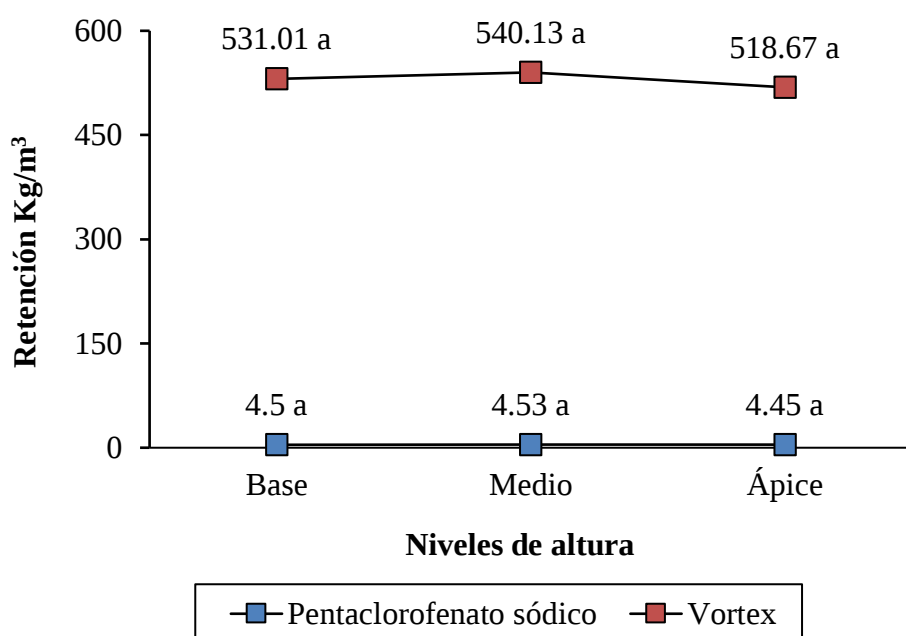
Tabla 7. Análisis de los efectos simples de la interacción entre niveles de altura y preservante

Fuentes de variación	Retención (kg/m³)		
	GL	CM	P valor
Efectos simples de los niveles de altura en preservante			
Niveles en Pentaclorofenato sódico	2	0.01	0.9932 ^{ns}
Niveles en Vortex	2	695.86	0.6626 ^{ns}
Efectos simples de los preservantes en niveles de altura			
Preservantes en base	1	831615.44	<0.001 ^{***}
Preservantes en medio	1	860608.08	<0.001 ^{***}
Preservantes en ápice	1	793272.59	<0.001 ^{***}

*: Significativo; **: Moderadamente significativo; ***: Altamente significativo; ns: no significativo.

En la **figura 5**, se muestra la retención (kg/m^3) del preservante con respecto al efecto simple de los niveles de altura en el preservante, donde se demuestra que en la retención de los preservantes Pentaclorofenato sódico y Vortex no existe diferencias estadísticas significativas entre los niveles base, medio y ápice, lo que revela que estadísticamente son similares; sin embargo, numéricamente hubo mayor retención de los dos preservantes en la madera del nivel medio seguido de la base y después del ápice.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Guerrero (2007), quien en un estudio sobre el preservado de madera blanda con sales CCA-C y CCB-70, señala que no existe diferencia estadística significativa en la retención de los dos preservantes entre las diferentes alturas del poste (base, medio y ápice). Por otro lado, Álvarez (2009) revela que la retención (kg/m^3) de los preservante es mayor en la madera del nivel del ápice que en los niveles base y medio del árbol, según el mismo autor esto se debe a que la lignificación y compactación de la madera va incrementando gradualmente desde la base hacia el ápice.



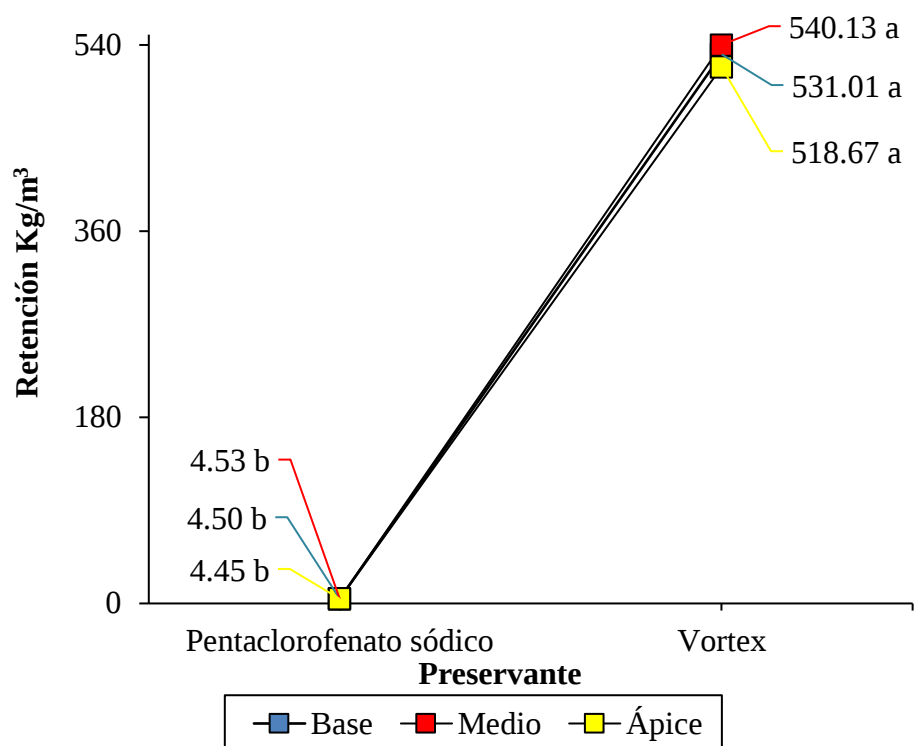
Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 5. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor preservante, con respecto a la retención de preservante.

En la **figura 6**, se muestra la retención (kg/m^3) del preservante con respecto al efecto simple de los preservantes en los niveles de altura, donde se confirma lo mostrado en la **tabla 7**, que en los niveles base, medio y ápice existen diferencias estadísticas altamente significativas entre el Pentaclorofenato sódico y el Vortex, lo que indica que estadísticamente

son diferentes; siendo que en los tres niveles de altura (base, medio y ápice) hubo mayor retención de Vortex que de Pentaclorofenato sódico.

Estos resultados podrían deberse a la concentración de los preservantes, siendo 0.25% la concentración del Pentaclorofenato sódico y 10% del Vortex. La retención promedio de este último fue mayor al encontrado por Diaz (2015) en su evaluación sobre el preservado de la madera de *P. patula* (madera blanda) aplicando sales CCA-C al 60 %, donde a pesar de la alta concentración la retención promedio fue de 10.67 kg/m³; lo cual podría deberse al tipo de muestras, ya que el autor mencionado utilizó postes de 5 m con contenido de humedad de 27.39%; sin embargo, este resultado sigue siendo menor al obtenido por Guerrero (2007) en un estudio de conservado de la especie *M. barbeyana* cuyas muestras eran postes de 8 m con contenido de humedad de 15%, preservadas con sales CCA-C al 5 %, donde la retención fue de 12.77 kg/m³; así mismo, Huiricán (2008) determinó diferentes retenciones de sales CCA (2%) en la madera de *P. radiata* según el contenido de humedad, donde las retenciones fueron de 6.89 kg/m³ (CH= 20-30%), 6.71 kg/m³ (CH= 50-60%) y 5.34 kg/m³ (CH= 80-90%).



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 6. Efecto de la interacción preservante en el factor niveles de altura, con respecto a la retención de preservante.

En la **tabla 8**, se presenta el ANVA de los efectos simples de la interacción entre sección transversal y preservante, donde el resultado indica que existe una diferencia estadística altamente significativa (***) en los efectos de la sección transversal en el Pentaclorofenato sódico y una diferencia estadística significativa (*) en el Vortex. Con respecto a los efectos de los preservantes en la sección transversal (duramen y albura) existen diferencias estadísticas altamente significativas (***) en ambos casos.

Tabla 8. Análisis de los efectos simples de la interacción entre sección transversal y preservante

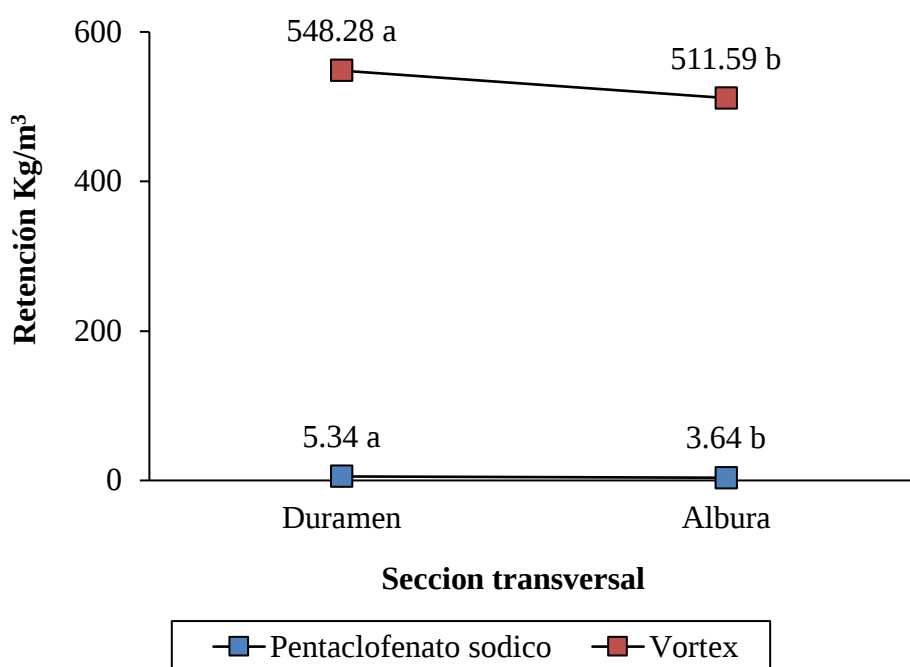
Fuentes de variación	Retención (kg/m ³)		
	GL	CM	P valor
Efectos simples de la sección transversal en los preservantes			
Secciones en Pentaclorofenato sódico	1	13.04	0.001***
Secciones en Vortex	1	6058.78	0.0427 *
Efectos simples de los preservantes en la sección transversal			
Preservante en duramen	1	1326516.6	<0.001***
Preservante en albura	1	1161043.66	<0.001***

*: Significativo; **: Moderadamente significativo; ***: Altamente significativo; ns: no significativo.

La **figura 7**, muestra la retención (kg/m³) del preservante con respecto al efecto simple de la sección transversal en los preservantes, donde se evidencia, que en la retención del preservante Pentaclorofenato sódico existe diferencias estadísticas altamente significativas (***) entre la sección duramen y albura, lo que indica que estadísticamente son muy diferentes, siendo la madera del duramen que retuvo mayor cantidad de Pentaclorofenato sódico (5.34 kg/m³) a diferencia de la madera de albura (3.64 kg/m³). En cuanto a la retención del preservante Vortex se encontró diferencias estadísticas significativas (*) entre la sección duramen y albura; donde igualmente, la madera del duramen tuvo mayor retención de Vortex (548.28 kg/m³) a diferencia de la madera de albura (511.59 kg/m³).

Estos resultados pueden ser debido a que las muestras de duramen sean madera juvenil ya que fueron obtenidos de la madera más cercana a la médula, el cual presenta menor densidad a diferencia de la madera madura (más alejada del centro del árbol), por lo que pudo haber obtenido mayor retención de preservante; según el trabajo de Farje (2018), la madera de albura de la especie *P. oocarpa* es la que obtiene mayor retención de los preservantes con 6.18 kg/m³, mientras que el duramen alcanza solo 4.86 kg/m³; asimismo, Sanjurjo (1992)

menciona que la madera de *T. longiflora* preservado con Pentaclorofenol al 5% da una retención de 6.73 kg/m^3 en duramen y 19.68 kg/m^3 en albura; de igual manera, con Sales CCA al 5% que da una retención 2.60 kg/m^3 en duramen y 6.67 kg/m^3 en albura; estos resultados concuerda con La Junta del Acuerdo de Cartagena (1988, citado por Farje, 2018) quienes señalan que la retención del preservante esta influenciado por la proporción del duramen y albura, siendo que la albura al ser porosa es más permeable, mientras que las obstrucciones del duramen lo hacen menos permeable.



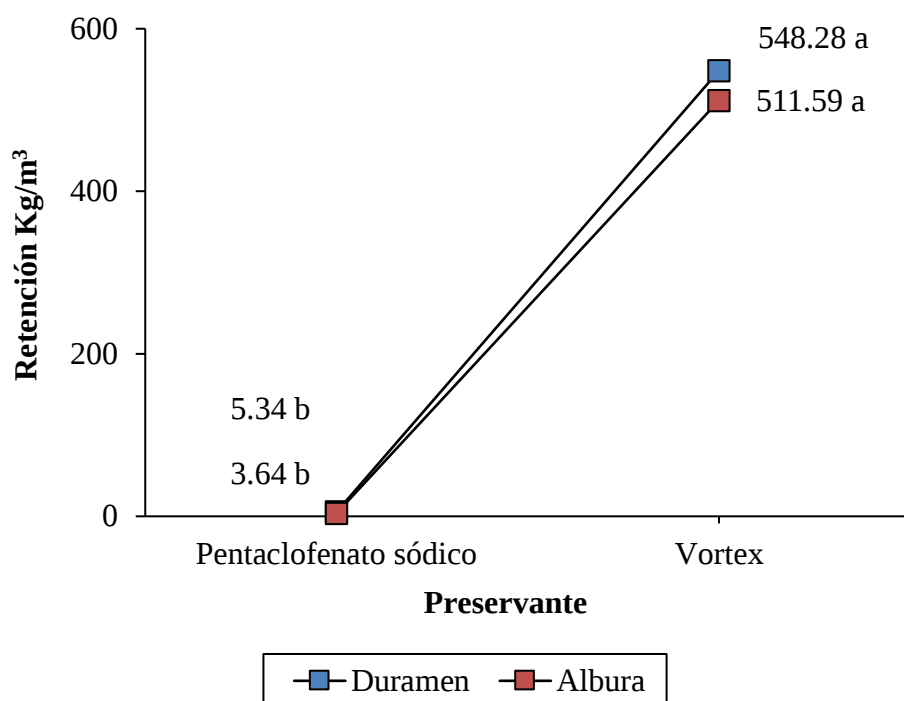
Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 7. Efecto de la interacción sección transversal en el factor preservante, con respecto a la retención de preservante.

En la **figura 8**, se muestra la retención (kg/m^3) del preservante con respecto al efecto simple de los preservantes en la sección transversal, donde se confirma, que en la sección duramen y albura existe diferencias estadísticas altamente significativas (***) entre los preservantes Pentaclorofenato sódico y Vortex, lo que indica que estadísticamente son muy diferentes. La retención (kg/m^3) fue mucho más alta con el Vortex que con el Pentaclorofenato sódico, tanto en la madera de duramen (548.28 kg/m^3 y 5.34 kg/m^3) como en la albura (511.59 kg/m^3 y 3.64 kg/m^3).

La alta diferencia entre la retención de Pentaclorofenato sódico y Vortex tanto en la madera de duramen como en la albura, podría deberse a la concentración de cada preservante,

el preservante a base del Pentaclorofenato sódico tenía una concentración de 0.25% mientras que el preservante a base del vortex tenía una concentración del 10%; lo que concuerda con Farje (2018) quien indica que los valores de retención que obtiene tanto la madera de albura como de duramen se debe a la variación de las concentraciones. Sanjurjo (1992) utilizó Pentaclorofenol al 5% en el preservado de la madera de *T. longiflora* obteniendo una retención de 13.21 kg/m³.



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 8. Efecto de la interacción preservante en el factor sección transversal, con respecto a la retención de preservante.

En la **Tabla 9**. Se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan de la interacción de los tres factores (niveles de altura, sección transversal y preservante) con respecto a la retención del preservante, donde se evidencia que en la interacción existen diferencias estadísticas moderadamente significativas (**), lo que está representado por 4 grupos de significancia (a, b, c y d) siendo el “a” el grupo con la retención (kg/m³) más alta y la “d” el grupo con la retención (kg/m³) más baja; asimismo, se observaron que entre la madera tratada con Vortex existe diferencias estadísticas moderadamente significativas (a, b y c), mientras que entre la madera tratada con Pentaclorofenato sódico no se observaron diferencias estadísticas significativas (estadísticamente similares).

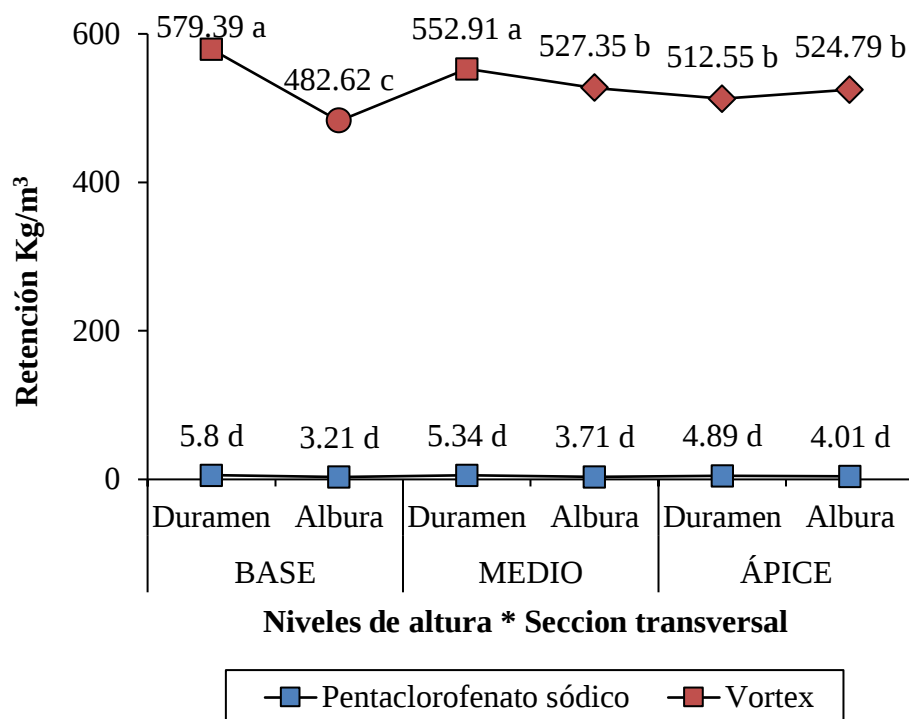
Tabla 9. Retención del preservante con respecto a la interacción de los tres factores (niveles de altura, sección transversal y preservante)

Niveles de altura	Sección transversal	Preservante	Retención (kg/m ³) Media	Sig.
Base	Duramen	Vortex	579.39	a
Medio	Duramen		552.91	a
Medio	Albura		527.35	b
Ápice	Albura		524.79	b
Ápice	Duramen		512.55	b
Base	Albura		482.62	c
Base	Duramen	Pentaclorofenato sódico	5.8	d
Medio	Duramen		5.34	d
Ápice	Duramen		4.89	d
Ápice	Albura		4.01	d
Medio	Albura		3.71	d
Base	Albura		3.21	d

Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

La **figura 9**, muestra la interacción de los tres factores (niveles de altura, sección transversal y preservante) con respecto a la retención (kg/m³) del preservante. Según los efectos de los niveles de altura y sección transversal en el preservante Pentaclorofenato sódico, no existe diferencias estadísticas significativas, lo que indica que las retenciones son estadísticamente similares; sin embargo, numéricamente la madera de duramen del nivel base tuvo mayor retención (5.8 kg/m³) de preservante que las demás. Por otro lado, Los efectos de los niveles de altura y sección transversal en el preservante Vortex, indica que existe diferencias estadísticas moderadamente significativas, siendo la madera de duramen del nivel base y medio las que alcanzaron la retención más significativa con 579.39 kg/m³ y 552.91 kg/m³, mientras que la retención más baja (482.62 kg/m³) lo obtuvo la madera de albura del nivel base.

Con respecto a la ausencia de diferencia estadística significativa en la retención del Pentaclorofenato sódico; Bobadilla *et al.* (2006), encontraron diferencias estadísticas significativas entre las retenciones de las maderas (*P. taeda*) tratadas con CCA-C a tres concentraciones, siendo las retenciones resultantes de 5 kg/m³ (a), 10 kg/m³ (a) y 15 kg/m³ (b); esto podría deberse a las diferentes concentraciones aplicadas, de lo que resulta retenciones estadísticamente diferenciados, ya que en el presente estudio se utilizó el Pentaclorofenato sódico a una sola concentración (0.25%) por lo que la diferencia entre las retenciones fue relativamente bajo.



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

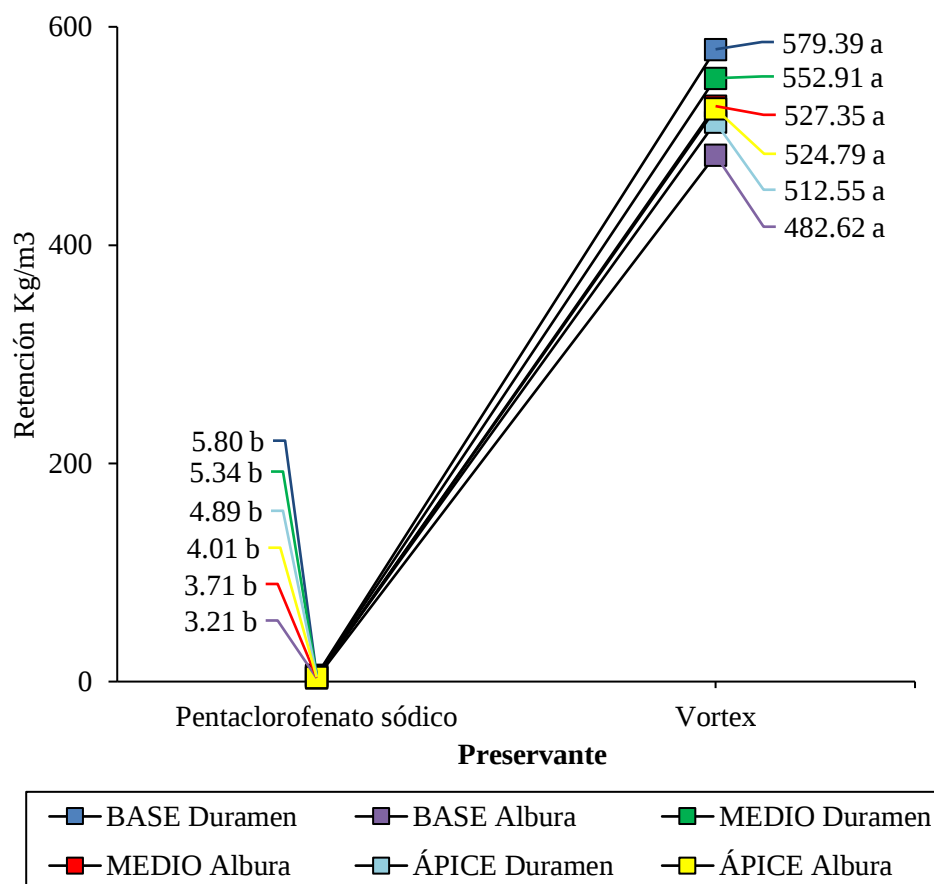
Figura 9. Interacción de los tres factores con respecto a la retención de preservante.

La **figura 10**, muestra la interacción de los tres factores (niveles de altura, sección transversal y preservante) con respecto a la retención (kg/m^3) del preservante. Con los efectos del preservante en los niveles de altura y sección transversal, se evidencia que en los niveles de altura (base, medio y ápice) y sección transversal (duramen y albura) existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los preservantes Pentaclorofenato sódico y Vortex, lo que indica que estadísticamente son muy diferentes.

La madera de duramen y albura de los tres niveles (base, medio y ápice) tuvieron una retención más alta del preservante Vortex ($\bar{x}$: 529.93 kg/m^3) que del Pentaclorofenato sódico ($\bar{x}$: 4.49 kg/m^3), esto podría deberse al nivel de concentración, ya que el Vortex tenía una concentración del 10%, mientras que el Pentaclorofenato sódico solo el 0.25%. Aróstegui (1968) en su artículo, demostró que el pentaclorofenol al 5% da una retención de 88.94 kg/m^3 y el Boliden al 1% da 35.46 kg/m^3 , existiendo una diferencia estadística altamente significativa entre ambos. Del mismo modo, Guerrero (2007) en un estudio sobre el preservado de la madera de *M. barbeyana* con sales CCA-C y CCB-70 ambos al 5%, menciona que la retención con CCA-C es de 12.77 kg/m^3 y con CCB-70 14.56 kg/m^3 , no habiendo tanta diferencia entre ambos; asimismo, Huiricán (2008) en la impregnación de la madera de *P. radiata* con sales CCA al 2%, señala que la retención es de 6.89 kg/m^3 . Mientras

que, Benítez y Sarriés (2015) en el preservado de la madera de la especie *E. grandis* con una solución (bórax y ácido bórico) al 2 % obtuvieron una retención promedio de 7.83 kg/m³.

Por otro lado, Sotomayor y Villaseñor (2016) en la impregnación de diez especies maderables con sales de boro al 3%, obtuvieron diferentes retenciones, siendo el más alto de 14.18 kg/m³ (*T. mexicana*) y el más bajo de 4.07 kg/m³ (*P. dimorphandrum*), lo cual demuestra que, al usar una misma concentración de preservante, pero en diferentes especies existirá diferencias estadísticas altamente significativas; en un estudio posterior, Sotomayor (2020) impregnó tres especies maderables con el mismo preservante (sales de boro al 3%) adquiriendo similar resultado al estudio anterior (diferencias estadísticas significativas), que fueron 7.2 kg/m³ (*A. religiosa*), 9.7 kg/m³ (*G. ulmifolia*) y 14.3 kg/m³ (*S. campanulata*); el resultado del presente estudio es indirectamente similar, debido a que se empleó una sola especie maderable con dos preservantes de diferentes concentraciones (0.25% y 10%).



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 10. Interacción de los tres factores con respecto a la retención de preservante.

4.2 Preservante con mayor eficacia en *Schizolobium amazonicum*, frente a la acción de un hongo de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*)

Para determinar el preservante con mayor eficacia en la madera de *S. amazonicum*, se calculó el porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de las muestras durante la exposición a un hongo de pudrición blanca (*P. sanguineus*).

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) con respecto al porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido por efecto de los factores en estudio, como se muestra en la **Tabla 10**, se pudo apreciar que, en los niveles de altura, sección transversal y las cuatro interacciones entre los factores no existen diferencias estadísticas significativas, siendo sus valores (P-valor = 0.7025), (P-valor = 0.1607), (P-valor = 0.3590), (P-valor = 0.8809), (P-valor = 0.3792) y (P-valor = 0.2830); sin embargo, se encontró diferencias altamente significativas en los preservantes aplicados (P-valor = <0.001), lo que indica que al menos un preservante tuvo mayor efecto en la pérdida del porcentaje (%) de peso seco leñoso, asimismo, el diseño presenta un coeficiente de variación de 22% y un coeficiente de determinación de 0.89%.

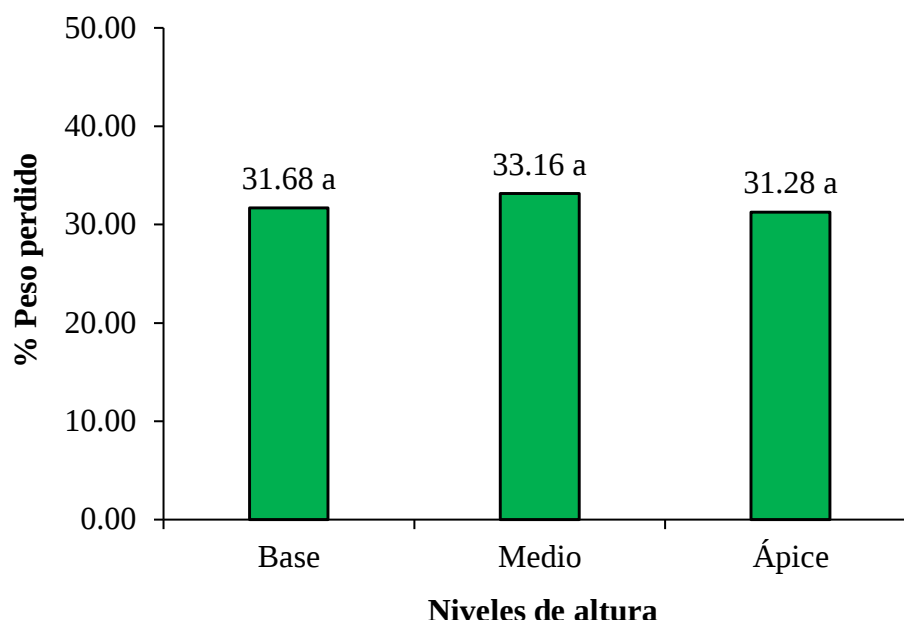
Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de la madera de *S. amazonicum* frente a la acción de un hongo de pudrición blanca.

FV	GL	SC	CM	F	P- valor
Niveles de altura	2	35.43	17.71	0.36	0.7025 ^{ns}
Sección transversal	1	101.92	101.92	2.05	0.1607 ^{ns}
Preservante	2	13865.65	6932.83	139.55	< 0.001 ^{***}
Niveles de altura*Sección transversal	2	104.74	52.37	1.05	0.3590 ^{ns}
Niveles de altura*preservante	4	58.13	14.53	0.29	0.8809 ^{ns}
Sección transversal*preservante	2	98.98	49.49	1	0.37920 ^{ns}
Niveles de altura*Sección transversal*Preservante	4	261.31	65.33	1.31	0.2830 ^{ns}
Error	36	1788.47	49.68		
Total	53	16314.63			

CV: 22%; R²: 0.89; *: Significativo; **: Moderadamente significativo; ***: Altamente significativo; ns: no significativo.

En la **Figura 11**, se observa la prueba de comparación de medias del porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de la madera *S. amazonicum* por niveles de altura, donde no se muestra diferencias estadísticas significativas entre la base, medio y ápice lo que indica que estadísticamente son similares; sin embargo, numéricamente el nivel medio registró un mayor porcentaje (%) de peso perdido con un promedio de 33.16% mientras que el nivel base muestra una pérdida de 31.68% y el nivel ápice un 31.28%, teniendo este último el menor porcentaje (%) de peso perdido. A partir del resultado obtenido, se acepta la hipótesis nula (H_0) el cual establece que los niveles de altura no tienen efectos significativos en el % PP.

El resultado coincide con la investigación de Avalos (2011) quien no halló diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura de la especie *S. amazonicum* expuesta a la acción del hongo *P. sanguineus*, siendo el porcentaje de pérdida de peso para la base 44.01%, medio 44.87% y ápice 45.78%. Morey (2018) presentó una variación similar al estudiar la especie *J. copaia* (madera blanda) frente a la acción del *P. sanguineus* registrando un mayor %PP en el nivel medio (50.78%) seguido del Ápice (50.73%) y la Base (48.76%), asimismo, no encontró diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura. Caso contrario sucedió en la especie de *T. grandis* (madera dura) donde el %PP descendió desde la base al ápice del fuste, con diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura (Fabian, 2020); de igual manera, la especie *M. cordata* (madera blanda) presentó diferencias estadísticas moderadamente significativas entre los niveles de altura, con 24.13% en la base, 26.86% en el medio y 28.28% en el ápice (Rojas, 2014); asimismo, Bardales (2014) demostró diferencias estadísticas moderadamente significativas entre los niveles de altura de la especie *B. utile*, con %PP de 22.40% en el nivel base, 24.23% en medio y 25.61% en el ápice; teniendo en cuenta que las especies mencionadas fueron expuestas al mismo hongo de pudrición blanca *P. sanguineus*, estos resultados probablemente se deben a la edad y altitud de los individuos, ya que, cuanto mayor sea la longitud del fuste mayor será la distancia entre los niveles base, medio y ápice, por lo que la posibilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura será mayor.



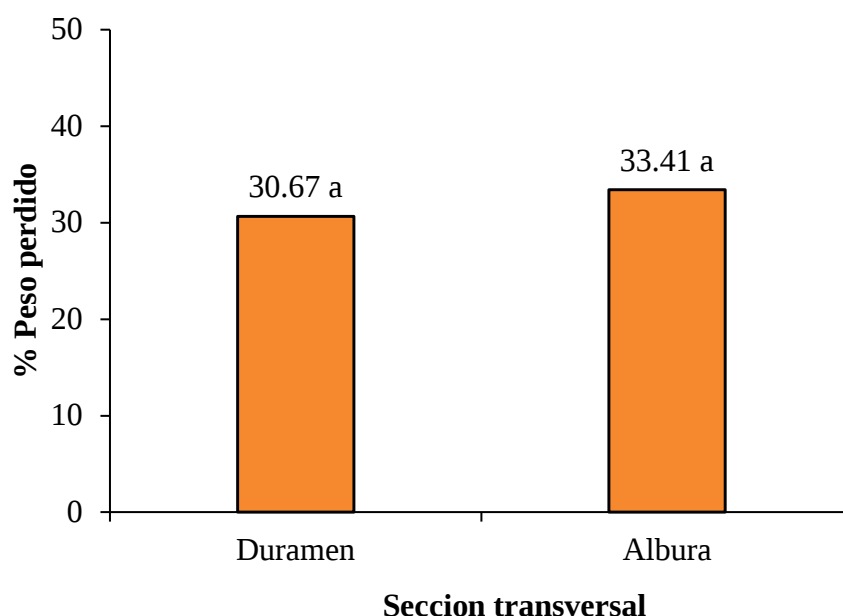
Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 11. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de *S. amazonicum* por niveles de altura.

En la **Figura 12**, se muestra la prueba de comparación de medias para el porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de la madera de *S. amazonicum* por sección transversal, donde no se muestra diferencias estadísticas significativas entre duramen y albura, por lo tanto se acepta la hipótesis nula (H_0) el cual establece que las dos secciones transversales no tienen efectos significativos en el % PP; sin embargo, numéricamente la albura tiene un mayor porcentaje (%) de peso perdido con un promedio de 33.41% mientras que la pérdida de peso más baja le corresponde al duramen con un promedio de 30.67%.

El resultado es menor al obtenido por Trujillo *et al.* (2016) quienes mencionan que el duramen de la especie de *S. amazonicum* procedente de una plantación de 17 años, pierde un 46.24% de su peso a causa del hongo *P. sanguineus*, esta diferencia se debe posiblemente a que las muestras del presente estudio fueron preservadas. Similar resultado obtuvo la especie *S. amara* (madera blanda), con una pérdida de 45.2%; mientras que la especie *T. grandis* pierde 11.2% en duramen y 26.8% en albura frente a la acción del mismo hongo (Fabian, 2020); lo que concuerda con Vásquez (2006) quien menciona que el duramen es más resistente que la albura. Por otra parte, Hidalgo (2014) determina que el mismo hongo ocasiona una pérdida de peso de 1.73% en el duramen de *C. cateniformis*, 5.15% en *M. bidentata* y 8.46% en *Ormosia sp.*; la baja pérdida de peso de estas especies probablemente se

debe a que pertenecen al grupo de maderas duras, mientras que la madera blanda como la especie *S. amazonicum* son susceptibles al ataque de los hongos por la escasa presencia de metabolitos secundarios en el duramen.



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 12. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de *S. amazonicum* por sección transversal.

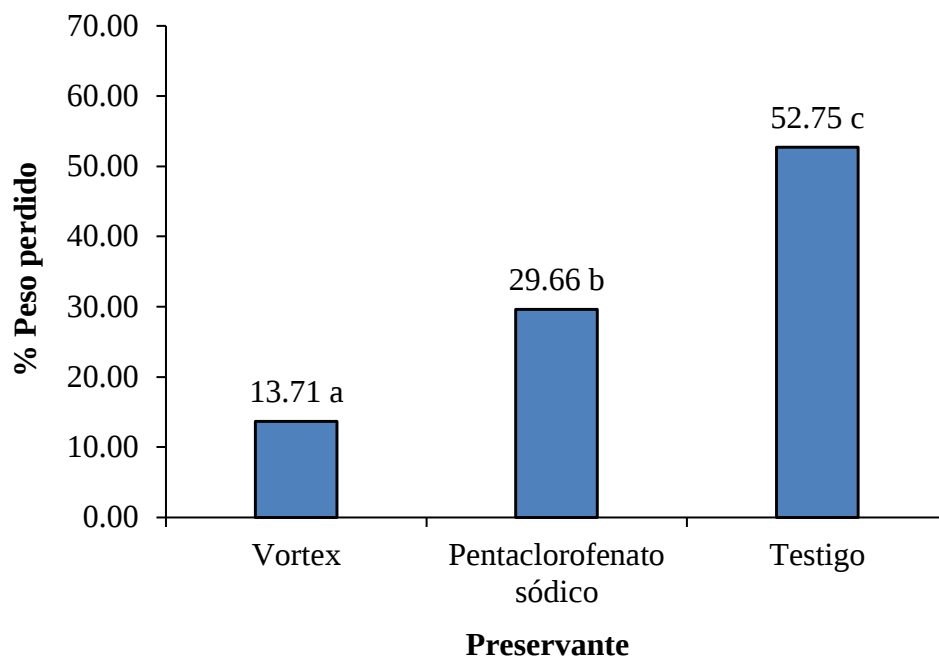
En la **Figura 13**, se muestra la prueba de comparación de medias del porcentaje (%) de peso seco leñoso perdido de la madera de *S. amazonicum* influenciado por dos preservantes; donde se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre los preservantes Vortex y Pentaclorofenato sódico, además del Testigo; a partir de este acierto se acepta la hipótesis alternativa (H1) el cual establece que al menos uno de los preservantes tiene efectos significativos en el %PP; numéricamente se muestra que el testigo tiene un mayor porcentaje (%) de peso perdido con un promedio de 52.75%, seguido de las muestras preservadas con Pentaclorofenato sódico con un promedio de 29.66%, mientras que las muestras preservadas con Vortex presentan un menor porcentaje (%) de peso perdido con un promedio de 13.71%, lo cual demuestra que el Vortex es el preservante con mayor eficacia en la madera de *S. amazonicum*, frente a la acción del hongo de pudrición blanca *P. sanguineus*.

El resultado guarda relación con lo registrado por Mora y Encinas (2001) quienes encontraron diferencias estadísticas moderadamente significativas del factor preservante (sales CCA) sobre el porcentaje de peso perdido de las especies estudiadas frente a la acción

del hongo *P. sanguineus*; asimismo, determinaron que el %PP de las muestras no tratadas (Testigo) son 19.94% en la especie *P. caribaea* y 30.59% en la especie *P. acapulcensis*. Del mismo modo Bobadilla *et al.* (2006) demostraron que la madera de *P. taeda* (madera blanda) preservada con CCA, expuesta al mismo hongo, alcanza una pérdida de peso de 10.20%, mientras que las muestras testigo alcanza un 34.63%.

Con respecto a la eficacia de los preservantes en la madera de *S. amazonicum*, frente a la acción destructiva de *P. sanguineus*, los dos preservantes resultaron efectivos a comparación con las muestras no preservadas (Testigos), los cuales perdieron más de la mitad de su peso a causa del hongo, esto concuerda con Alfieri (2018) quien señala que los preservantes son excelentes protectores frente a los agentes patógenos, además, agrega que el tratamiento más fácil de aplicar es la inmersión, el cual también genera menos gasto.

En relación con el porcentaje de peso perdido (52.75%) de las muestras no tratadas (Testigo), la especie en estudio se clasifica como una madera no resistente (clase D) según la clasificación de la durabilidad natural en base al %PP (**Tabla 11**); lo que coincide con lo encontrado por Ramos (2014) donde clasifica a la madera de la especie *S. amazonicum* expuesta al mismo hongo, como clase D (No resistente) con un %PP de 46.24%; al igual que, Avalos (2011) quien determinó que la madera de *S. amazonicum* a la acción del mismo hongo pertenece a la clase D con un %PP de 45%. Estos resultados demuestran que la especie *S. amazonicum* al estado natural es susceptible al ataque destructivo del *P. sanguineus* (hongos de pudrición blanca), lo cual podría deberse a lo señalado por Ramos (2014) quien sugiere que la madera de *S. amazonicum* posee una baja concentración de extractivos como flavonoides, taninos y alcaloides, advirtiendo así una resistencia insuficiente frente a la agresión de los hongos; además, Torres (2009) clasifica a la madera de *S. amazonicum* como una madera de resistencia mecánica y densidad muy baja. En otro estudio realizado por García (2008) se probó la resistencia de la madera de *S. amazonicum* frente a la acción de *P. versicolor* (pudrición blanca) en el cual perdió un porcentaje de peso de 33.8%; por otra parte, Cárdenas y Polanco (2004) expusieron la madera de *T. colombianum* (madera blanda) al ataque de *P. sanguineus*, el que generó una pérdida de peso de 42.84%; del mismo modo, Ramos *et al.* (2016) investigaron la resistencia de la especie *S. amara* (madera blanda) a la acción destructiva de *P. sanguineus*, dando como resultado un %PP de 46.99%.



Letras iguales: No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 13. Porcentaje (%) de peso perdido de la madera de *S. amazonicum* por tipo de preservante.

Tabla 11. Clasificación de la durabilidad natural en base al %PP

Promedio de %PP	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación de la madera
0 - 10	Altamente Resistente	A
11 - 24	Resistente	B
25 - 44	Moderadamente Resistente	C
≥ 45	No Resistente	D

Fuente: Norma técnica ANSI /ASTM D 2017-90

V. CONCLUSIONES

1. Los preservantes Pentaclorofenato sódico y Vortex tuvieron efectos significativos en la madera de *S. amazonicum*, logrando aumentar su durabilidad natural frente a la acción del hongo de pudrición blanca *P. sanguineus*.
2. La retención más alta en la madera de *S. amazonicum* se da con el preservante Vortex (529.93 kg/m³) que con el preservante Pentaclorofenato sódico (4.49 kg/m³). Los niveles de altura (base, medio y ápice) no fueron significativas en la retención de los preservantes. Existe diferencias estadísticas moderadamente significativas entre las secciones transversales, donde el duramen obtiene mayor retención que la albura, tanto con P. sódico (duramen= 5.34 kg/m³, albura= 3.64 kg/m³) como con Vortex (duramen= 548.28 kg/m³, albura= 511.59 kg/m³).
3. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los preservantes con respecto al %PP de la madera de *S. amazonicum* frente a la acción del hongo *P. sanguineus*, de los cuales el preservante con mayor eficacia es el Vortex con el cual la madera tuvo una pérdida de peso de 13.71%, mientras que la madera impregnada con Pentaclorofenato sódico tuvo una pérdida de 29.66% y la madera sin impregnar (Testigo) perdió el 52.75% de su peso. Los niveles de altura (base, medio y ápice) y las secciones transversales (duramen y albura) no fueron significativas en la pérdida de peso (%PP) de la madera de *S. amazonicum*.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Realizar estudios de caracterización física y anatómica de la madera de duramen y albura de la especie *S. amazonicum*, con individuos provenientes de diferentes altitudes, empero de la misma edad.

En el preservado de la madera con Pentaclorofenato sódico y otros preservantes con mayor densidad a la del agua, utilizar métodos de tratamiento a presión como Bethell (célula llena), con el objetivo de conseguir retenciones favorables.

Profundizar estudios sobre la eficacia del preservante Vortex frente al ataque de los hongos más destructivos, con el objetivo de determinar la retención límite tóxica y la retención límite de permanencia; así mismo, realizar estudios sobre el tiempo de duración o permanencia del preservante en la madera de duramen y albura de diferentes especies forestales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfieri, P. (2018). *Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos* [Tesis para optar grado de Doctora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66389>
- Álvarez, R. (2009). *Determinación de los parámetros físico- químicos en madera preservada de Brosimum alicastrum swartz – Satipo* [Tesis para optar Título de Ingeniero en Ciencias Agrarias especialidad de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3969/Alvarez%20Meza.pdf?sequence=1>
- ANYPSA (2020). Preservante para madera bio – Mad. Hoja técnica. Hoja de seguridad. F-39. Ver. 05. <https://www.anypsa.com.pe/linea-madera/protector-de-madera/preservante-para-madera-biomad>
- Aróstegui, A. (1968). Penetración y Retención del Pentaclorofonol y Boliden Mediante Tratamiento sin Presión en Maderas de Tingo María (UTCF). *Revista forestal del Perú*, 2(1), 1-10. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol02_no1_Jun68_\(03\)/vol2_no1_art3.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol02_no1_Jun68_(03)/vol2_no1_art3.pdf)
- Aróstegui, A. y Sato, A. (1970). Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera de 16 especies forestales del Perú. *Revista forestal del Perú*, vol. 4(1-2), 1-13. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol04_no1-2_Ene-Dic70_\(07\)/vol4_art2.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol04_no1-2_Ene-Dic70_(07)/vol4_art2.pdf)
- Avalos, A. (2011). *Utilización Industrial y Mercado de Diez Especies Maderables Potenciales de Bosques Secundarios y Primarios Residuales*. Proyecto PD. AIDER. MINAGRI. DGFFS. ITTO. <https://www.aider.com.pe/pdf/Ucayali/ITTO/informe%20tecnico%20durabilidad%20natural.pdf>
- Bardales, A. (2014). *Resistencia a la pudrición de la madera Brosimum utile (kunth) pittier (panguana) procedente del bosque macuya - Ucayali a dos especies de hongos xilófagos*

- en condiciones in vitro* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1530/000001950T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benítez, V. y Sarriés, J. (2015). *Evaluación de la durabilidad adquirida de madera con una mezcla preservante a través de un ensayo de campo acelerado* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de la Republica]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8721/1/4078ben.pdf>
- Bobadilla, E., Suirezs, T., Peryra, O., Weber, E., Silva, F., Stehr, A. (2006) Durabilidad de la madera del *Pinus taeda* impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos, misiones, argentina. *Revista Floresta*, vol. 37, 15-20. <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/7835/5529>
- Bosque (2022). Revista científica. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile. <https://scielo.conicyt.cl/revistas/bosque/einstruc#Forma>
- Cárdenas, D. y Polanco, C. (2004). Durabilidad natural de la madera de *Trichospermum colombianum*. *Artículo. Colombia Forestal*. Vol. 8. 120-129. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/download/3400/4932/12102>
- Carmona, R. y Durán, A. (2005). Eficacia de preservantes en madera *pinus radiata* D.Don, frente al ataque de termitas subterráneas (*reticulitermes esperus*). *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 7(1), 27-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48570104>
- Castillo, I. y Bárcenas, C. (1998). Pentaclorofenol: toxicología y riesgos para el ambiente. *Madera y Bosques*. Vol. 4 (2), pp. 21-37. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61740203>
- Díaz, A. (2015). *Preservado de postes de Pinus patula, por los métodos Bethell y Lowry, a diferentes contenidos de humedad* [Tesis para optar Título de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3500/Diaz%20Luna.pdf?sequence=1>
- Dirección de Normalización. (2016). INACAL. Dirección de Normalización. Madera y carpintería para construcción. Preservación de maderas. Tratamientos preservadores.

Definiciones y clasificación. NTP 251.019. Lima. 12p.

Duran, A. (2014). *Evaluación preliminar de recuperación de suelo (ph, materia orgánica y nitrógeno) con pino chuncho (Schizolobium amazonicum huber ex ducke) del proyecto cero deforestaciones, distrito Hermilio valdizan, Huánuco*. Informe de Practica pre-profesional.

https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/informe%20ppp%20encuadernar.pdf

Fabian, K. (2020). *Durabilidad natural de madera de Teca (Tectona grandis l.f.) procedente de Chanchamayo – Junín* [Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4388/fabian-hidalgo-karen-nathaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Farje, D. (2018). *Eficacia de dos compuestos bóricos en la preservación de madera de pinus oocarpa proveniente de una plantación en Oxapampa – Perú* [Tesis para optar Título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3181>

Flores, Y. 2002. *Semillas de especies forestales de importancia económica en la Región Ucayali*, [Archivo PDF].

https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/861/1/Flores-Semillas_especies_forestales_Ucayal%c3%ad.pdf

Food and Agriculture Organization. (1986). *Wood preservation manual. Mechanical Wood Products Branch*. FAO Forestry Department, [Archivo PDF].

<http://www.fao.org/3/an800e/an800e00.pdf>

García, L. (2008). *Durabilidad natural en maderas de Miconia barbeyana Cogniaux, Jacaranda éopaia (Aubl.) D. Don y Schizolobium amazonicum (Huber) Ducke a la acción de los hongos Polyporus versicolor L. ex Fr Y Heterobasidium annosum (Fr.) Karst* [Tesis para optar Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/672>

- Gonzales, I. (2008). *Atlas maderas selva central*. Perú. 168 p. UNCP. ONGJBM. https://issuu.com/nicanorebook/docs/atlas_de_maderas_ebook
- Guerrero, W. (2007). *Preservación con Sales CCB y CCA - C, Durabilidad Natural y Costos de Producción en la Fabricación de Postes con Dos Especies Forestales* [Tesis para optar Título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/408>
- Hidalgo, D. (2014). Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales sometidos a la acción del hongo *Pycnopus sanguineus* (L.: Fr Murrill) [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero en recursos naturales renovables mención forestal, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/592/T.FRS-193.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huircán, V. (2008). *Retención y penetración de sales CCA en rolletes de raleo de Pinus radiata D.DON*. [Tesis para optar grado de Ingeniero en Maderas, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fifh899r/doc/fifh899r.pdf>
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. (1974). ITINTEC. Preservación de madera. Valor tóxico y permanencia de preservadores de madera en condiciones de laboratorio. NTP 251.026. INACAL. Lima. 25p.
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. (1974). ITINTEC. Preservación de madera. Valor tóxico y permanencia de preservadores de madera en condiciones de laboratorio. NTP 251.027. Dirección de Normalización - INACAL. Lima. 25p.
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. (1980). ITINTEC. Madera y carpintería para construcción. Selección y colección de muestras. NTP 251.008. INACAL. Lima. 18p.
- Justiniano, J., Pariona, W., Fredericksen, T. y Nash, D. (2001). *Serebó o Sombrerillo Schizolobium parhyba (Vell.) S.F. Blake Caesalpinaceae*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR, Editorial El País. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacw358.pdf
- López, N., Ruales, G., Celi, H. y Jiménez, H. (2015). *Trabajabilidad de madera Schizolobium parhyba (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas*

- dimensiones*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/291345018_Trabajabilidad_de_madera_de_Sc_hizolobium_parahyba
- Luna, F., Holmquist, O., cadenas, A., Pietrantonio, P., Maggionari, A. y Bracamonte, L. (2010). Hongos xilófagos causantes de la pudrición de la madera del caucho, *Hevea brasiliensis*, en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 6p. http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/32521/art3_florangelluna.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Milton, F. (1995). *The Preservation of Wood. A Self Study Manual for Wood Treaters*. University Of Minnesota. 110p. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.384.4848&rep=rep1&type=pdf>
- Mora, N. y Encinas, O. (2001). Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea* en condiciones de laboratorio. *Revista forestal de Venezuela*, 45(1), 23-31. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24375/articulo3.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Morey, O. (2018). *Resistencia a la pudrición de la madera de Jacaranda copaia (aubl.) d. don. (Huamanzamana) por acción de dos especies de hongos xilófagos, en condiciones in vitro* [Tesis para optar título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4104/000003750T_FORESTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Norma Técnica Peruana (2015). Preservación De Maderas. *Preservadores. Definiciones y clasificación*. NTP 251. 020. Dirección de Normalización - INACAL. Lima. 12p.
- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2017). OSINFOR. *Fichas de identificación de especies forestales maderables y silvicultura tropical*. INIA. <https://www.osinfor.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/A-FICHAS-MADERABLES-OSINFOR-2017-final-comp.pdf>

- Palomino, J. y Barra, M. (2003). *Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad*. PRONATURALEZA. The Nature Conservancy (TNC). <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/70.pdf>
- Petroperú (2019). Solvente N.º 3. Solventes. <https://www.petroperu.com.pe/productos/solventes/>
- Piaggio (2020). Vortex. Insecticida agrícola. Sociedad anónima Fauto Piaggio. División agrícola. <https://cipagro.com.pe/wp-content/uploads/2020/08/VORTEX.pdf>
- Química Rodriguez (2021). QR. Preservante de Madera. Ficha Técnica. Hoja de seguridad. Quimica Rodriguez & Flores S.A.C.
- Ramos, H. (2014). *Durabilidad natural de tres especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos* [Tesis para optar Título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2353>
- Ramos, H., Guzmán, D., Trujillo, F. (2016). Durabilidad natural de dos especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos y su relación con sus principios básicos activos. [Artículo - Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)]. <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/366/1/Ramos-durabilidad%20natural.pdf>
- Remacha, A. (s.f.). *Degradacion de la madera por los organismos xilofagos vegetales*. Universidad Politecnica de Madrid, [Archivo PDF]. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1368_17243.pdf
- Reynel, C.; Pennington, R.; Flores, C. y Daza, A. (2003). *Arboles Útiles de la Amazonía Peruana*. Perú. 50p. https://es.slideshare.net/educador23013/arboles-utiles-de-la-amazonia-peruana?from_action=save
- Rojas, D. (2014). *Determinación de la resistencia a la pudrición de la madera de Matisia cordata h-umboldt & bonprand "Sapote" procedente de la provincia de Padre abad - Ucayali, al ataque-de dos tipos de hongos xilófagos en condiciones in vitro* [Tesis para optar título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1543/000001962T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Romero, B. (2010). *Anatomía y propiedades físicas de Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke. y Tectona grandis Linn F. – Satipo* [Tesis para optar Título de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2589>
- S.N. (2003). Metanol. Guía. pp 293 – 308. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia19.pdf>
- Sanjurjo, J. (1992). Preservación con Pentaclorofenol y sales CCA por baño caliente-frío de la *Tachigalia longiflora* Ducke (Tangarana). *Revista Folia amazónica*, vol. 4(1), 81-99. <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/180/240>
- Sotomayor, J. (2020). Efecto del preservado de la madera con boro sobre el módulo dinámico (evaluación por medio de ultrasonido). *Artículo. Científica*, vol. 24(1), 67-76. <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v24n1a08>
- Sotomayor, J. y Villaseñor, J. (2016). Retención y absorción de solución de sales de boro de diez maderas mexicanas. *Revista, Acta Universitaria*, vol. 26(2), 12-19. https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/835/pdf_133
- Thomasson, G., Capizzi, J., Dost, F., Morrell, J. y Miller, D. (1989). *Wood Preservation and Wood Products Treatment*. Oregon State University, [Archivo PDF]. https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8403_1.pdf
- Torres, F. (2009). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la especie pino chuncho (Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke) proveniente de plantaciones del bosque nacional Alexander von Humboldt – Ucayali* [Tesis para optar título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/439>
- Trujillo, F., Ramos, H., Guzmán, D. y Araujo, M. (2016). Durabilidad natural de la madera de pino chuncho (*Shizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke) a la acción de dos hongos de pudrición. *Revista Forestal del Perú*, 31 (2), 81 – 89. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1029>
- Urcelay, C., Robledo, G., Heredia, F., Morera, G. y García, F. (2012). *Hongos de la madera en el arbolado urbano de Córdoba*. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. 104p. <http://www.facultad.efn.uncor.edu/webs/departamentos/divbioeco/divveg1/lab%20>

[micologia/libro%20hongos%20urbanos.pdf](#)

Vaca, R. (1998). *Técnicas para la preservación de maderas*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. [Archivo PDF]. <https://rmportal.net>

Vasquez, J. (2006). *Durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal miconia barbeyana cogniaux (paliperro) a la acción del hongo Ganoderma applanatum*. [Tesis para optar Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/698/T.FRS-76.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

1. Datos evaluados

Tabla 12. Datos de las muestras del árbol 1 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.

Niveles de altura	Código	P1 g	P2 g	L1	L2	L3	Volumen cm3	Concentración %	Retención gr/cm3	Retención kg/m3	̄ Retención kg/m3
Base	A1BAP1	4.0801	5.3516	2.057	2.204	2.295	10.405	0.25%	0.0031	3.0551	2.8259
	A1BAP2	5.1981	6.249	2.179	2.034	2.339	10.367	0.25%	0.0025	2.5343	
	A1BAP3	5.0923	6.2813	2.05	2.164	2.32	10.292	0.25%	0.0029	2.8882	
	A1BDP1	2.4164	4.3614	2.054	2.226	2.35	10.745	0.25%	0.0045	4.5255	5.0373
	A1BDP2	2.1573	4.8124	2.059	2.194	2.344	10.589	0.25%	0.0063	6.2686	
	A1BDP3	2.3734	4.1841	2.015	2.234	2.329	10.484	0.25%	0.0043	4.3178	
	A1BAV1	5.3703	10.4214	2.32	2.197	2.223	11.331	10%	0.4458	445.7881	432.0598
	A1BAV2	5.2346	10.223	2.323	2.199	2.236	11.422	10%	0.4367	436.7320	
	A1BAV3	4.491	9.1829	2.28	2.211	2.25	11.342	10%	0.4137	413.6592	
	A1BDV1	2.3396	9.0251	2.344	2.141	2.257	11.327	10%	0.5902	590.2392	600.1632
	A1BDV2	2.3639	9.3608	2.32	2.143	2.262	11.246	10%	0.6222	622.1612	
	A1BDV3	2.3682	9.1603	2.35	2.166	2.269	11.549	10%	0.5881	588.0893	
Medio	A1MAP1	3.4113	4.8277	2.179	2.087	2.328	10.587	0.25%	0.0033	3.3447	3.6944
	A1MAP2	3.3925	4.8653	2.063	2.216	2.277	10.410	0.25%	0.0035	3.5371	
	A1MAP3	2.7505	4.5413	2.206	2.06	2.345	10.657	0.25%	0.0042	4.2012	
	A1MDP1	2.4692	4.4116	2.045	2.258	2.331	10.764	0.25%	0.0045	4.5115	5.3096
	A1MDP2	2.2725	5.241	2.111	2.281	2.318	11.162	0.25%	0.0066	6.6489	
	A1MDP3	2.9767	5.0349	2.05	2.265	2.324	10.791	0.25%	0.0048	4.7684	
	A1MAV1	2.6392	8.8763	2.311	2.206	2.187	11.149	10%	0.5594	559.4077	533.6903
	A1MAV2	2.7253	8.7157	2.331	2.141	2.226	11.109	10%	0.5392	539.2271	
	A1MAV3	3.4592	9.3021	2.326	2.228	2.244	11.629	10%	0.5024	502.4359	
	A1MDV1	2.2373	9.121	2.331	2.211	2.294	11.823	10%	0.5822	582.2339	573.6796

	A1MDV2	2.4891	8.91	2.341	2.297	2.172	11.679	10%	0.5498	549.7607	
	A1MDV3	2.0776	8.5514	2.287	2.231	2.154	10.990	10%	0.5890	589.0441	
Ápice	A1AAP1	3.2046	4.754	2.095	2.222	2.294	10.679	0.25%	0.0036	3.6273	
	A1AAP2	2.7426	4.6718	2.212	2.126	2.33	10.957	0.25%	0.0044	4.4016	3.9232
	A1AAP3	3.3349	4.9457	2.219	2.083	2.329	10.765	0.25%	0.0037	3.7408	
	A1ADP1	2.3336	4.126	2.185	2.062	2.345	10.565	0.25%	0.0042	4.2412	
	A1ADP2	2.5632	5.7866	2.169	2.237	2.308	11.199	0.25%	0.0072	7.1960	6.1838
	A1ADP3	2.9763	6.1261	2.248	2.138	2.303	11.069	0.25%	0.0071	7.1142	
	A1AAV1	2.7666	8.9203	2.316	2.226	2.197	11.326	10%	0.5433	543.3036	
	A1AAV2	2.7838	8.8258	2.304	2.144	2.241	11.070	10%	0.5458	545.7976	537.0951
	A1AAV3	3.225	9.4064	2.326	2.273	2.239	11.838	10%	0.5222	522.1841	
	A1ADV1	2.5231	9.1026	2.325	2.248	2.239	11.702	10%	0.5622	562.2371	
	A1ADV2	3.3183	9.4247	2.316	2.169	2.287	11.489	10%	0.5315	531.5217	522.3871
	A1ADV3	2.3989	7.7609	2.303	2.181	2.255	11.327	10%	0.4734	473.4026	

Tabla 13. Datos de las muestras del árbol 2 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.

Niveles de altura	Código	P1 g	P2 g	L1	L2	L3	Volumen cm3	concentración %	Retención gr/cm3	Retención kg/m3	$\bar{X}$ Retención kg/m3
Base	A2BAP1	5.0123	6.5473	2.294	2.208	2.317	11.736	0.25%	0.0033	3.2699	
	A2BAP2	5.0661	6.6189	1.958	2.226	2.288	9.972	0.25%	0.0039	3.8928	3.4848
	A2BAP3	4.5727	5.9976	2.182	2.179	2.276	10.821	0.25%	0.0033	3.2919	
	A2BDP1	2.5734	5.3132	2.050	2.248	2.307	10.632	0.25%	0.0064	6.4426	
	A2BDP2	2.3247	4.6272	2.251	2.072	2.379	11.096	0.25%	0.0052	5.1878	5.8936
	A2BDP3	2.6583	5.2719	2.098	2.212	2.327	10.799	0.25%	0.0061	6.0505	
	A2BAV1	4.6129	10.64	2.293	2.186	2.268	11.368	10%	0.5302	530.1651	490.5638

Medio	A2BAV2	5.3502	10.7022	2.331	2.254	2.228	11.706	10%	0.4572	457.1984	
	A2BAV3	4.9743	10.464	2.298	2.17	2.273	11.335	10%	0.4843	484.3278	
	A2BDV1	2.5354	9.3159	2.37	2.258	2.242	11.998	10%	0.5651	565.1371	
	A2BDV2	2.6268	9.0029	2.339	2.327	2.142	11.659	10%	0.5469	546.9014	564.4892
	A2BDV3	2.2839	9.1284	2.366	2.187	2.275	11.772	10%	0.5814	581.4292	
	A2MAP1	2.7036	4.4704	2.256	2.001	2.360	10.654	0.25%	0.0041	4.1460	
	A2MAP2	2.7389	4.5511	2.020	2.223	2.348	10.544	0.25%	0.0043	4.2969	4.0002
	A2MAP3	3.4597	4.972	2.213	2.069	2.321	10.627	0.25%	0.0036	3.5576	
	A2MDP1	2.3802	4.8091	2.238	2.069	2.324	10.761	0.25%	0.0056	5.6428	
	A2MDP2	2.4281	4.8477	2.029	2.207	2.327	10.420	0.25%	0.0058	5.8050	5.7732
	A2MDP3	2.3718	4.8918	2.075	2.254	2.294	10.729	0.25%	0.0059	5.8719	
	A2MAV1	2.4173	7.9429	2.331	2.039	2.093	9.948	10%	0.5555	555.4573	
	A2MAV2	3.3066	8.9936	2.353	2.157	2.273	11.536	10%	0.4930	492.9600	528.1545
	A2MAV3	2.8054	9.024	2.348	2.312	2.137	11.601	10%	0.5360	536.0461	
	A2MDV1	2.2787	8.6406	2.341	2.305	2.08	11.224	10%	0.5668	566.8278	
	A2MDV2	2.416	8.6074	2.335	2.322	2.029	11.001	10%	0.5628	562.8047	572.9653
	A2MDV3	2.2212	8.4843	2.318	2.037	2.251	10.629	10%	0.5893	589.2633	
Ápice	A2AAP1	3.6099	5.2132	2.132	2.225	2.314	10.977	0.25%	0.0037	3.6515	
	A2AAP2	2.7575	4.7743	2.346	2.062	2.258	10.923	0.25%	0.0046	4.6160	4.4273
	A2AAP3	2.7463	4.8981	2.267	2.054	2.304	10.728	0.25%	0.0050	5.0143	
	A2ADP1	2.3288	4.3218	2.033	2.282	2.304	10.689	0.25%	0.0047	4.6614	
	A2ADP2	2.708	4.1505	2.014	2.212	2.305	10.269	0.25%	0.0035	3.5119	5.1004
	A2ADP3	3.0743	6.2427	2.073	2.285	2.346	11.113	0.25%	0.0071	7.1280	
	A2AAV1	2.688	9.0054	2.318	2.128	2.286	11.276	10%	0.5602	560.2438	
	A2AAV2	3.4904	9.3231	2.37	2.219	2.277	11.975	10%	0.4871	487.0807	513.3220
	A2AAV3	3.4277	9.0348	2.358	2.132	2.264	11.382	10%	0.4926	492.6414	
	A2ADV1	2.8686	9.2449	2.324	2.245	2.175	11.348	10%	0.5619	561.8974	
	A2ADV2	3.3424	9.4706	2.315	2.259	2.18	11.400	10%	0.5375	537.5380	532.8968
	A2ADV3	2.9789	8.6466	2.349	2.129	2.27	11.352	10%	0.4993	499.2549	

Tabla 14. Datos de las muestras del árbol 3 para el cálculo de la Retención del preservante en la madera.

Niveles de altura	Código	P1 g	P2 g	L1	L2	L3	Volumen cm3	Concentración %	Retención gr/cm3	Retención kg/m3	$\bar{X}$ Retención kg/m3
Base	A3BAP1	2.7092	4.3243	2.113	2.201	2.314	10.762	0.25%	0.0038	3.7519	3.3168
	A3BAP2	5.1641	6.5534	2.377	2.133	2.255	11.433	0.25%	0.0030	3.0379	
	A3BAP3	5.2791	6.8086	2.378	2.144	2.373	12.099	0.25%	0.0032	3.1605	
	A3BDP1	2.5132	5.6444	2.149	2.247	2.354	11.367	0.25%	0.0069	6.8866	6.4631
	A3BDP2	2.3995	5.3900	2.189	2.360	2.237	11.556	0.25%	0.0065	6.4693	
	A3BDP3	2.5023	5.0477	2.058	2.179	2.352	10.547	0.25%	0.0060	6.0333	
	A3BAV1	4.2514	10.4110	2.349	2.258	2.184	11.584	10%	0.5317	531.7322	525.2461
	A3BAV2	4.4658	10.6138	2.344	2.274	2.209	11.775	10%	0.5221	522.1437	
	A3BAV3	4.2722	10.4548	2.326	2.283	2.231	11.847	10%	0.5219	521.8623	
	A3BDV1	2.6444	8.8794	2.355	2.265	2.157	11.506	10%	0.5419	541.9100	573.5159
	A3BDV2	2.4232	9.4900	2.353	2.251	2.191	11.605	10%	0.6090	608.9519	
	A3BDV3	2.5779	9.3276	2.413	2.269	2.164	11.848	10%	0.5697	569.6858	
Medio	A3MAP1	3.2325	4.6421	2.265	2.152	2.310	11.260	0.25%	0.0031	3.1298	3.4419
	A3MAP2	3.2172	4.6604	2.142	2.273	2.317	11.281	0.25%	0.0032	3.1983	
	A3MAP3	2.8303	4.6409	2.338	2.126	2.278	11.323	0.25%	0.0040	3.9976	
	A3MDP1	2.8432	5.1835	2.022	2.240	2.326	10.535	0.25%	0.0056	5.5536	4.9483
	A3MDP2	2.4470	4.7642	2.251	2.070	2.360	10.997	0.25%	0.0053	5.2680	
	A3MDP3	2.8485	4.5830	2.079	2.251	2.303	10.778	0.25%	0.0040	4.0234	
	A3MAV1	2.9346	9.3350	2.305	2.284	2.235	11.766	10%	0.5440	543.9545	520.2074
	A3MAV2	3.2124	9.1422	2.336	2.282	2.254	12.016	10%	0.4935	493.5119	
	A3MAV3	2.7979	9.1110	2.369	2.307	2.208	12.067	10%	0.5232	523.1557	
	A3MDV1	2.5112	8.2805	2.319	2.302	2.127	11.355	10%	0.5081	508.1004	512.0817

	A3MDV2	2.3952	8.3962	2.326	2.273	2.129	11.256	10%	0.5331	533.1370	
	A3MDV3	3.0029	8.7000	2.317	2.288	2.171	11.509	10%	0.4950	495.0077	
Ápice	A3AAP1	3.0845	4.9464	2.340	2.122	2.295	11.396	0.25%	0.0041	4.0846	
	A3AAP2	3.4542	5.0141	2.280	2.340	2.286	12.196	0.25%	0.0032	3.1975	3.6691
	A3AAP3	3.0379	4.7671	2.160	2.292	2.344	11.604	0.25%	0.0037	3.7253	
	A3ADP1	2.7042	4.1026	1.998	2.251	2.331	10.484	0.25%	0.0033	3.3347	
	A3ADP2	2.4506	3.9199	1.987	2.259	2.319	10.409	0.25%	0.0035	3.5289	3.3924
	A3ADP3	2.5393	3.9703	2.062	2.249	2.328	10.796	0.25%	0.0033	3.3137	
	A3AAV1	3.2457	9.6995	2.301	2.301	2.202	11.659	10%	0.5536	553.5603	
	A3AAV2	3.0367	9.5474	2.334	2.3	2.28	12.239	10%	0.5319	531.9418	523.9636
	A3AAV3	3.6405	9.5526	2.317	2.309	2.272	12.155	10%	0.4864	486.3887	
	A3ADV1	2.5979	8.2829	2.318	2.291	2.168	11.513	10%	0.4938	493.7791	
	A3ADV2	2.7551	8.0077	2.337	2.312	2.132	11.520	10%	0.4560	455.9745	482.3632
	A3ADV3	2.5848	8.3350	2.356	2.29	2.143	11.562	10%	0.4973	497.3361	

Tabla 15. Datos de las muestras del árbol 1 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo *P. sanguineus*.

Niveles de altura	Código	P3g	P5 g	%PP	$\bar{X}$ %PP
Base	A1BAP1	4.5084	3.4334	23.844	24.920
	A1BAP2	5.7521	4.1593	27.691	
	A1BAP3	5.6361	4.3272	23.224	
	A1BDP1	2.8096	1.674	40.419	35.038
	A1BDP2	2.5831	1.6515	36.065	
	A1BDP3	2.6836	1.9153	28.629	
	A1BAV1	5.9826	4.7351	20.852	20.185
	A1BAV2	5.8374	4.7144	19.238	
	A1BAV3	5.0364	4.0057	20.465	
	A1BDV1	2.6421	2.3318	11.744	11.586
	A1BDV2	2.6715	2.3627	11.559	
	A1BDV3	2.6676	2.362	11.456	
	A1BAT1	4.6701	2.2846	51.080	53.035
	A1BAT2	4.6316	1.8549	59.951	
	A1BAT3	5.5939	2.9047	48.074	
	A1BDT1	2.4131	1.5373	36.294	35.503
	A1BDT2	2.5138	1.6736	33.424	
	A1BDT3	2.6629	1.6832	36.791	
Medio	A1MAP1	3.8226	2.5342	33.705	39.321
	A1MAP2	3.8724	2.4369	37.070	
	A1MAP3	3.1126	1.6438	47.189	
	A1MDP1	2.8074	2.0631	26.512	26.315
	A1MDP2	2.6914	2.0392	24.233	
	A1MDP3	3.3843	2.4299	28.201	
	A1MAV1	2.9545	2.6024	11.917	13.898
	A1MAV2	3.053	2.6939	11.762	
	A1MAV3	3.8254	3.1363	18.014	
	A1MDV1	2.5177	2.233	11.308	11.289
	A1MDV2	2.7986	2.4829	11.281	
	A1MDV3	2.3364	2.0729	11.278	
	A1MAT1	2.8779	1.7177	40.314	42.014
	A1MAT2	3.7068	2.4818	33.047	
	A1MAT3	3.7469	1.773	52.681	
	A1MDT1	2.3921	0.6656	72.175	67.372
	A1MDT2	2.8427	1.2427	56.285	
	A1MDT3	2.3804	0.6271	73.656	
Ápice	A1AAP1	3.5635	2.4756	30.529	28.889
	A1AAP2	3.1023	2.2243	28.302	
	A1AAP3	3.7	2.6701	27.835	
	A1ADP1	2.6195	2.099	19.870	22.868

A1ADP2	3.0746	2.2471	26.914	
A1ADP3	3.3966	2.6555	21.819	
A1AAV1	3.0901	2.7575	10.763	
A1AAV2	3.1101	2.7582	11.315	12.341
A1AAV3	3.5539	3.0228	14.944	
A1ADV1	2.8307	2.5099	11.333	
A1ADV2	3.6877	3.2889	10.814	10.979
A1ADV3	2.6788	2.3898	10.788	
A1AAT1	2.8846	1.2651	56.143	
A1AAT2	3.7478	1.7304	53.829	50.662
A1AAT3	2.8771	1.6683	42.015	
A1ADT1	2.4275	1.2625	47.992	
A1ADT2	2.8643	1.1343	60.399	52.846
A1ADT3	3.6176	1.8035	50.147	

Tabla 16. Datos de las muestras del árbol 2 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo *P. sanguineus*.

Niveles de altura	Código	P3	P4	%PP	$\bar{X}$ %PP
Base	A2BAP1	5.5656	3.8512	30.804	
	A2BAP2	5.603	3.9459	29.575	29.753
	A2BAP3	5.0483	3.5903	28.881	
	A2BDP1	2.9543	2.1129	28.481	
	A2BDP2	2.6985	1.8506	31.421	28.475
	A2BDP3	3.0158	2.2461	25.522	
	A2BAV1	5.1354	4.3074	16.123	
	A2BAV2	5.9565	4.6091	22.621	18.501
	A2BAV3	5.5451	4.6158	16.759	
	A2BDV1	2.851	2.5173	11.705	
	A2BDV2	2.9511	2.6025	11.813	11.783
	A2BDV3	2.5692	2.2652	11.832	
	A2BAT1	5.0872	1.6499	67.568	
	A2BAT2	5.2559	1.7895	65.953	62.170
	A2BAT3	4.7172	2.2176	52.989	
	A2BDT1	2.6852	0.9284	65.425	
	A2BDT2	2.7278	1.0011	63.300	69.793
	A2BDT3	2.8934	0.5598	80.653	
Medio	A2MAP1	3.0039	2.2063	26.552	
	A2MAP2	3.0786	2.1567	29.945	27.120
	A2MAP3	3.851	2.8935	24.864	
	A2MDP1	2.7927	2.1346	23.565	
	A2MDP2	2.8964	2.1273	26.554	22.852
	A2MDP3	2.7269	2.2241	18.439	

Ápice	A2MAV1	2.6959	2.3674	12.185	13.272
	A2MAV2	3.6502	3.0869	15.432	
	A2MAV3	3.1267	2.7453	12.198	
	A2MDV1	2.5508	2.249	11.832	11.759
	A2MDV2	2.7027	2.3828	11.836	
	A2MDV3	2.4885	2.1996	11.609	
	A2MAT1	3.624	1.1154	69.222	57.375
	A2MAT2	2.6583	1.1136	58.109	
	A2MAT3	3.6074	1.9915	44.794	
	A2MDT1	2.5564	0.7625	70.173	69.311
	A2MDT2	2.5449	0.7185	71.767	
	A2MDT3	2.6266	0.8932	65.994	
	A2AAP1	3.9916	2.6948	32.488	31.948
	A2AAP2	3.0429	1.9731	35.157	
	A2AAP3	3.0349	2.1791	28.199	
	A2ADP1	2.5877	2.0134	22.193	22.344
	A2ADP2	2.9856	2.3047	22.806	
	A2ADP3	3.443	2.6844	22.033	
	A2AAV1	2.9981	2.6321	12.208	16.398
	A2AAV2	3.8314	3.0956	19.204	
	A2AAV3	3.7636	3.0944	17.781	
	A2ADV1	3.216	2.8395	11.707	11.567
	A2ADV2	3.7236	3.2868	11.731	
	A2ADV3	3.3166	2.943	11.265	
	A2AAT1	3.8126	1.4263	62.590	65.072
	A2AAT2	3.6317	1.6394	54.859	
	A2AAT3	3.1009	0.6894	77.768	
	A2ADT1	2.7446	1.2088	55.957	46.744
	A2ADT2	2.7938	1.4911	46.628	
	A2ADT3	2.6099	1.6274	37.645	

Tabla 17. Datos de las muestras del árbol 3 para el cálculo del Porcentaje de peso perdido (%PP) por la acción del hongo *P. sanguineus*.

Niveles de altura	Código	P3	P4	%PP	$\bar{X}$ %PP
Base	A3BAP1	3.0363	2.0991	30.867	32.687
	A3BAP2	5.6959	3.7448	34.254	
	A3BAP3	5.7828	3.878	32.939	
	A3BDP1	3.0412	2.1398	29.640	28.810
	A3BDP2	2.9024	2.0817	28.277	
	A3BDP3	2.9000	2.0731	28.514	
	A3BAV1	4.7394	4.1134	13.208	13.035
	A3BAV2	4.9837	4.3164	13.390	
	A3BAV3	4.7753	4.1781	12.506	

Medio	A3BDV1	2.9525	2.6048	11.776	11.569
	A3BDV2	2.6983	2.3878	11.507	
	A3BDV3	2.8712	2.5432	11.424	
	A3BAT1	5.7103	3.8632	32.347	39.673
	A3BAT2	3.0194	1.8109	40.025	
	A3BAT3	5.4740	2.9205	46.648	
	A3BDT1	2.7256	0.9925	63.586	43.686
	A3BDT2	2.7098	1.8999	29.888	
	A3BDT3	2.7336	1.7062	37.584	
	A3MAP1	3.6274	2.1699	40.180	37.714
	A3MAP2	3.6788	2.2589	38.597	
	A3MAP3	3.2033	2.1025	34.365	
	A3MDP1	3.4389	2.4784	27.930	32.325
	A3MDP2	3.1173	2.0643	33.779	
	A3MDP3	3.1561	2.0431	35.265	
	A3MAV1	3.2324	2.7282	15.598	17.796
	A3MAV2	3.5102	2.6866	23.463	
	A3MAV3	3.0877	2.6453	14.328	
	A3MDV1	2.8073	2.4761	11.798	11.994
	A3MDV2	2.6726	2.3565	11.827	
	A3MDV3	3.3456	2.9322	12.357	
	A3MAT1	3.126	1.7222	44.907	49.025
	A3MAT2	3.1481	1.653	47.492	
	A3MAT3	3.5764	1.621	54.675	
	A3MDT1	3.0843	1.4533	52.881	46.179
	A3MDT2	3.1868	1.6051	49.633	
	A3MDT3	2.6653	1.7052	36.022	
Ápice	A3AAP1	3.4368	2.3161	32.609	37.280
	A3AAP2	3.8932	2.2577	42.009	
	A3AAP3	3.3678	2.1142	37.223	
	A3ADP1	3.0188	2.2324	26.050	25.280
	A3ADP2	2.7506	2.07	24.744	
	A3ADP3	2.7976	2.0969	25.046	
	A3AAV1	3.5854	3.1119	13.206	17.164
	A3AAV2	3.3484	2.8333	15.383	
	A3AAV3	3.9876	3.0744	22.901	
	A3ADV1	2.9044	2.558	11.927	11.701
	A3ADV2	3.0587	2.7033	11.619	
	A3ADV3	2.8747	2.5425	11.556	
	A3AAT1	4.3440	2.3148	46.713	50.941
	A3AAT2	3.3362	1.6505	50.528	
	A3AAT3	3.8367	1.7042	55.582	
	A3ADT1	2.9382	1.4637	50.184	48.035
	A3ADT2	2.8140	1.7092	39.261	
	A3ADT3	3.0357	1.3764	54.660	

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 14. Toma de datos de los tres árboles en pie de la especie *S. amazonicum*.



Figura 15. Tala de los individuos de la especie *S. amazonicum*.



Figura 16. Medición de la longitud del fuste de la especie *S. amazonicum*.



Figura 17. Medición y aserrío de las tortas de la especie *S. amazonicum* a los tres niveles de altura del fuste (base, medio y ápice).



Figura 18. Torta del nivel de altura base del árbol 3 de la especie *S. amazonicum*.



Figura 19. Tortas de la especie *S. amazonicum* seccionadas con relación a la orientación Este.



Figura 20. Medición y codificación de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 21. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 22. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 23. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 24. Caracterización y acondicionamiento de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 25. Secado de las muestras de la especie *S. amazonicum* en estufa.



Figura 26. Desechado de las muestras de la especie *S. amazonicum*.



Figura 27. Peso inicial (P1) de las probetas de la especie *S. amazonicum*.



Figura 28. Preservantes Vortex y Pentaclofenato sódico.

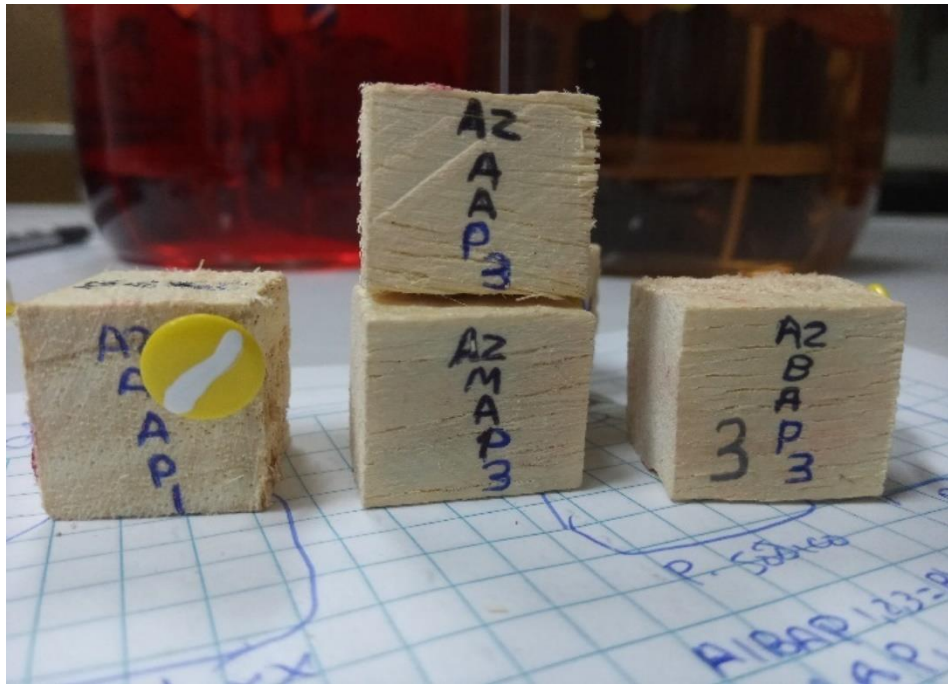


Figura 29. Probetas codificadas de la especie *S. amazonicum*.



Figura 30. Preservado de las muestras de la especie *S. amazonicum*, en relación con el duramen y albura.



Figura 31. Probetas preservadas de la especie *S. amazonicum* sobre papel absorbente.



Figura 32. Pesado de las probetas preservadas de la especie *S. amazonicum*.



Figura 33. Muestras preservadas de la especie *S. amazonicum*.



Figura 34. Acondicionamiento de las probetas tratadas en un ambiente de temperatura controlada.



Figura 35. Hongos de pudrición blanca (*P. sanguineus*) en su ambiente natural.



Figura 36. Preparación del medio de cultivo (extracto de malta-agar).



Figura 37. Distribución del medio de cultivo (extracto de malta-agar) en cuatro matraces Erlenmeyer.



Figura 38. Medio de cultivo en enfriamiento después de la esterilización en autoclave.



Figura 39. Trasvasado de medio de cultivo en placas Petri bajo condiciones asepsia.



Figura 40. Cultivos puros del hongo de pudrición blanca - *P. sanguineus*.



Figura 41. Corte con un sacabocado de los cultivos puros del hongo *P. sanguineus*.



Figura 42. Inoculación de las placas Petri con los cultivos puros del hongo *P. sanguineus*.



Figura 43. Inoculación de las placas Petri con los cultivos puros del hongo *P. sanguineus*.



Figura 44. Placas Petri inoculadas puestas en estufa de cultivo.



Figura 45. Desarrollo del hongo *P. sanguineus* a tres días de la inoculación.

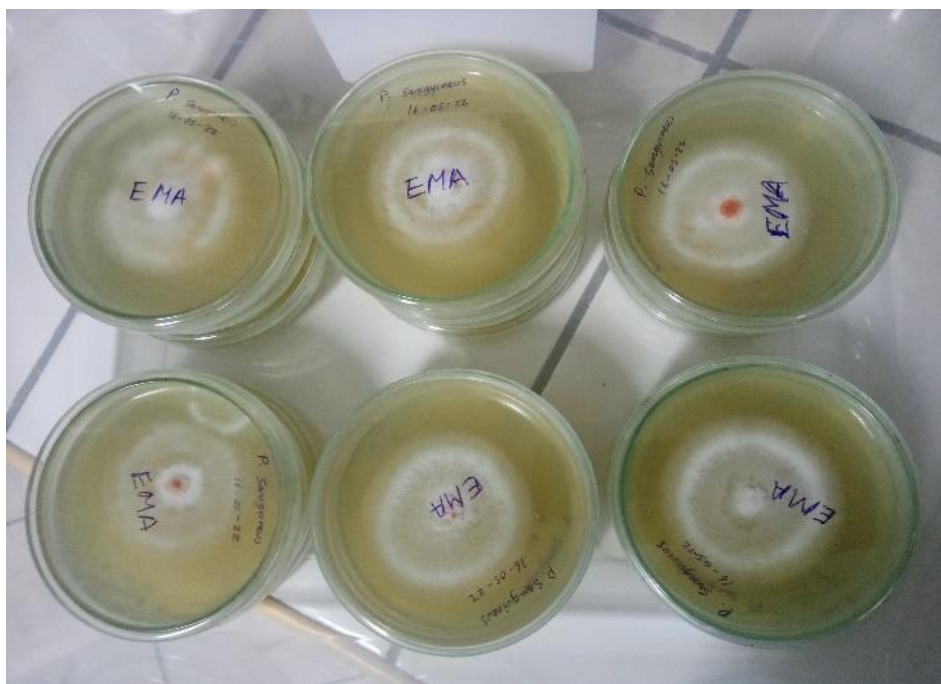


Figura 46. Desarrollo del hongo *P. sanguineus* a cuatro días de la inoculación.



Figura 47. Desarrollo del hongo *P. sanguineus* a siete días de la inoculación.



Figura 48. Desarrollo del hongo *P. sanguineus* a quince días de la inoculación.



Figura 49. Secado de tierra vegetal y arena de grano fino para la preparación del suelo.



Figura 50. Tamizado y mezcla de tierra vegetal y arena de grano fino.



Figura 51. Distribución de la mezcla (suelo) en frascos de vidrio.



Figura 52. Medición de agua destilada mediante una probeta.



Figura 53. Adición del agua destilada en los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).



Figura 54. Distribución de probetas sustrato en los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).



Figura 55. Esterilización en autoclave de los frascos de vidrio (cámaras de pudrición).



Figura 56. Frascos en enfriamiento dentro de cámara de bioseguridad.



Figura 57. Cultivos del hongo de *P. sanguineus* listo para ser inoculado.



Figura 58. Corte de micelio del hongo cultivado (*P. sanguineus*).



Figura 59. Inoculación de los frascos con cultivos del hongo *P. sanguineus*.



Figura 60. Frascos inoculados con cultivos del hongo *P. sanguineus*.



Figura 61. Desarrollo micelial del hongo *P. sanguineus* después de ocho días de la inoculación.



Figura 62. Desarrollo micelial del hongo *P. sanguineus* a treinta días de la inoculación.



Figura 63. Temperatura del microclima dentro de las cámaras de pudrición.



Figura 64. Desechado de las probetas tratadas después del acondicionamiento.



Figura 65. Pesado de las probetas tratadas, el cual fue denominado P3.



Figura 66. Esterilización en autoclave de las muestras tratadas y testigos.



Figura 67. Inoculación de las probetas (tratadas y testigos) en las cámaras de pudrición.



Figura 68. Inoculación de probeta testigo en una cámara de pudrición.

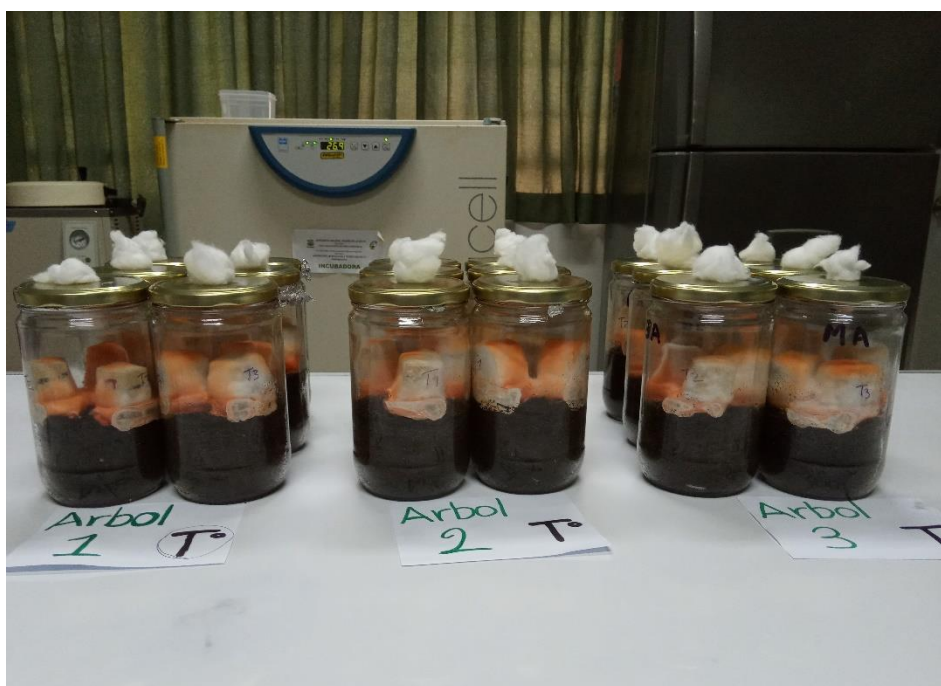


Figura 69. Probetas testigo del árbol 1, 2 y 3 incubadas, a veinte días de la inoculación.

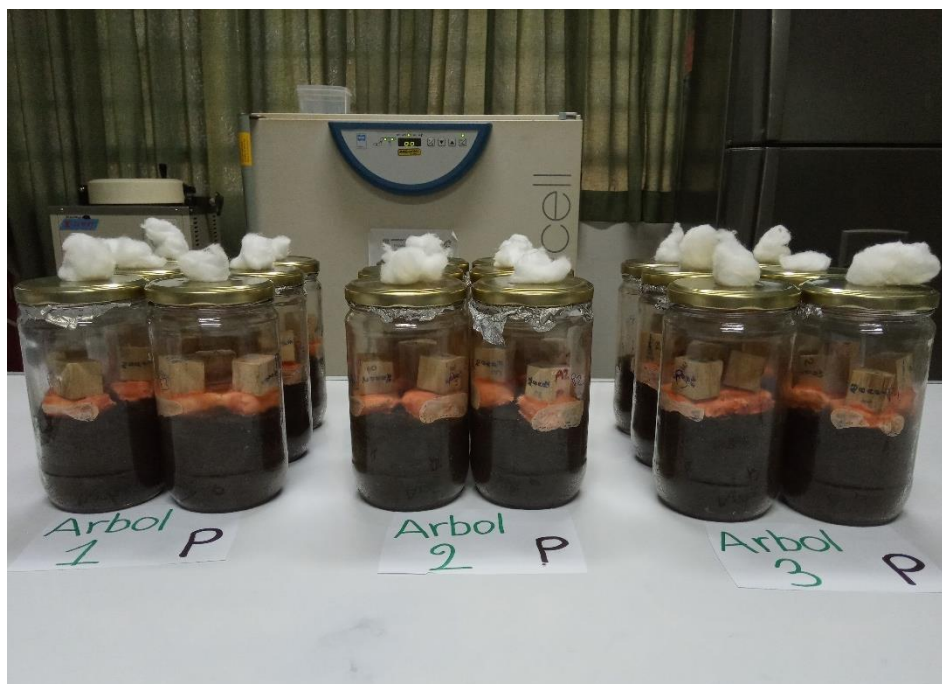


Figura 70. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Pentaclorofenato sódico, a veinte días de la inoculación.

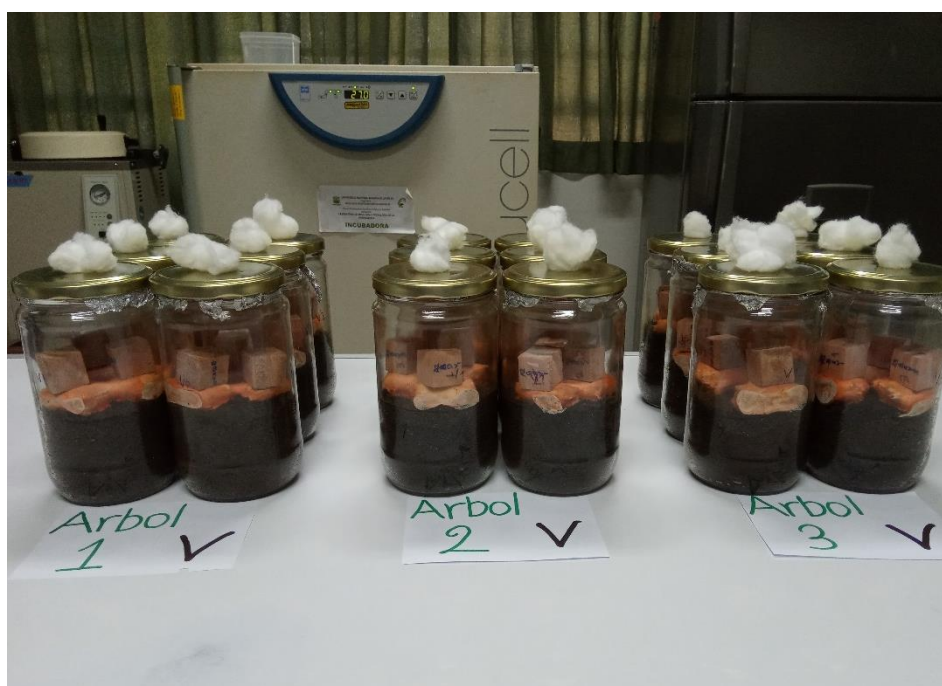


Figura 71. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Vortex, a veinte días de la inoculación.



Figura 72. Probetas testigo del árbol 1, 2 y 3 a noventa días de la inoculación.

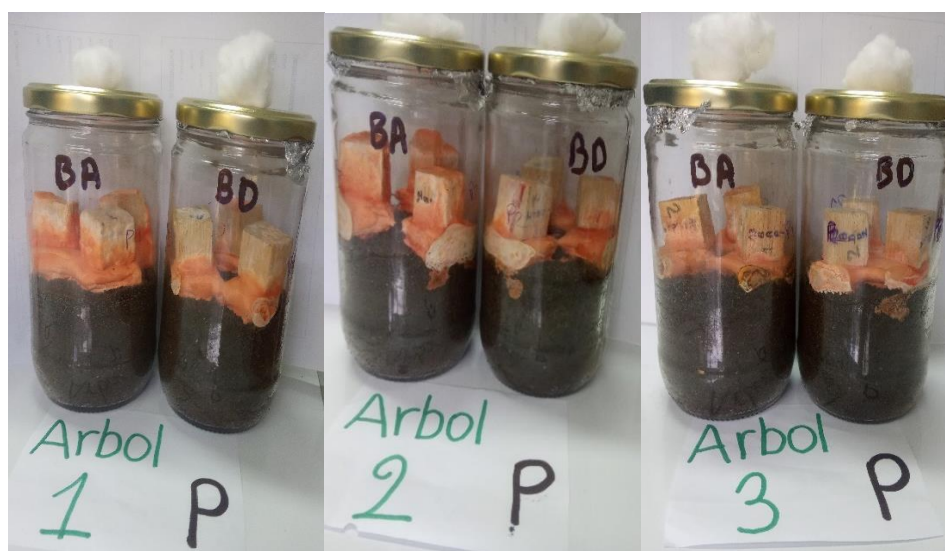


Figura 73. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Pentaclorofenato sódico, a noventa días de la inoculación.



Figura 74. Probetas del árbol 1, 2 y 3 preservadas con Vortex, a noventa días de la inoculación.



Figura 75. Retiro de las probetas después de noventa días de exposición al hongo *P. sanguineus*.



Figura 76. Probetas después de noventa días de exposición al hongo *P. sanguineus*.



Figura 77. Limpieza de las probetas de restos miceliales del hongo *P. sanguineus*.



Figura 78. Secado de las probetas hasta alcanzar un peso constante.



Figura 79. Peso seco final (P5) de las probetas.