

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



BIODETERIORO DE *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. (SHIRINGA MASHA)
CAUSADO POR DOS HONGOS XILÓFAGOS EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

ELIFAZ CHUQUIZUTA TAFUR

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°50-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de mayo de 2023 a horas 10:30 a.m de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“BIODETERIORO DE *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. (SHIRINGA MASHA) CAUSADO POR DOS HONGOS XILÓFAGOS EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO”

Presentado por el Bachiller: **CHUQUIZUTA TAFUR ELIFAZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“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, 30 de junio de 2023

Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. BRAYAN A. CALDAS DE LA CRUZ
MIEMBRO



Ing. OSCAR CABEZAS HUAYLLAS
MIEMBRO

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
ASESOR

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 184 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital 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).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
BIODETERIORO DE <i>Micrandra spruceana</i> (Baill.) R.E. Schult. (SHIRINGA MASHA) CAUSADO POR DOS HONGOS XILÓFAGOS EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO	CHUQUIZUTA TAFUR, Elifaz	17% Diecisiete

Tingo María, 07 de julio de 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION
Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

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



**BIODETERIORO DE *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. (SHIRINGA MASHA)
CAUSADO POR DOS HONGOS XILÓFAGOS EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO**

Autor	: CHUQUIZUTA TAFUR, Elifaz
Asesor (es)	: Dr. RUÍZ RENGIFO, Ladislao Ing. VERGARA PALOMINO, Jorge Luis
Programa de investigación	: Transformación e Innovación de Recursos Forestales
Línea de investigación	: Tecnología y Transformación Mecánica de los Materiales Lignocelulosos
Eje temático	: Secado y durabilidad de la madera
Lugar de ejecución	: Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación
Duración	: 07 meses
Financiamiento	: S/. 4 890,17 Propio : Sí FEDU : No

Tingo María – Perú

2023

DEDICATORIA

*A Dios, quien fue mi guía,
fortaleza y su bendición hasta el
día de hoy.*

*A mis amados padres; “Esteban
Chuquizuta Inga” y “Leunisa
Tafur Guelac” con eterna
gratitud, quienes con su apoyo
inmensurable me adiestraron con
buenos valores éticos y a su vez
hicieron posible la culminación de
mi carrera.*

*A mi hermano Leví en el cielo,
quien me acompañó y apoyó
incondicionalmente en inicios de
mi carrera.*

*A mis hermanos por el apoyo
múltiple y moral, quienes me
acompañaron durante todo este
proceso, estando conmigo en todo
momento.*

*A mi familia por sus palabras de
aliento y consejos, que hicieron de
mí una mejor persona y de una u
otra forma son parte del proceso
en mi formación profesional.*

AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.

- A todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal quienes forjaron mi formación académica.

- A mis asesores de tesis, Dr. Ladislao Ruíz Rengifo e Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por la orientación sólida en la investigación.

- A la Ing. Koyli Karina Sandoval Rojas técnica del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación por la supervisión técnica en la ejecución del proyecto de tesis.

- Al Dr. Edilberto Chuquilín Bustamante Jefe del Jardín Botánico - UNAS, por la identificación taxonómica de la especie forestal empleada en el ensayo.

- Al Dr. Ladislao Ruíz Rengifo Jefe del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación - UNAS, por la identificación de los hongos xilófagos empleada en el ensayo.

- A mis amigos, quienes extendieron su mano para la realización de este trabajo de investigación. Así mismo, por los buenos momentos vividos durante mi estancia en la Universidad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Madera	3
2.1.2. Biodeterioro de la madera	3
2.1.3. Durabilidad natural de la madera	5
2.1.4. <i>Micrandra spruceana</i> (Baill.) R.E. Schult (<i>Shiringa masha</i>)	6
2.1.5. Hongos	8
2.2. Estado del arte	13
2.2.1. Ensayos realizados del crecimiento micelial de hongos	13
2.2.2. Ensayos realizados de la pérdida de masa	14
2.2.3. Ensayos realizados de densidad básica	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.1.1. Ubicación política	20
3.1.2. Ubicación geográfica	20
3.1.3. Zona de vida y características climáticas	21
3.2. Materiales y equipos	21
3.2.1. Material vegetativo	21
3.2.2. Materiales y equipos	22
3.2.3. Insumos	23
3.3. Método	23
3.3.1. Actividades previas	23

3.3.2. Determinación del crecimiento de los hongos en las probetas de madera de duramen en tres niveles del fuste	30
3.3.3. Determinación de la pérdida de masa causado por los hongos en tres niveles del fuste .	33
3.3.4. Determinación de la influencia de la densidad básica en la resistencia a la pudrición en tres niveles del fuste, causado por los hongos	34
3.3.5. Tipo de investigación, muestra y variables	35
3.3.6. Tratamientos	35
3.3.7. Análisis estadístico y procesamiento de datos	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Crecimiento de los hongos en las probetas de madera de duramen en tres niveles del fuste	37
4.2. Pérdida de masa causado por los hongos en tres niveles del fuste	41
4.3. Influencia de la densidad básica en la resistencia a la pudrición en tres niveles del fuste, causado por los hongos.....	47
V. CONCLUSIONES	53
VI. PROPUESTAS A FUTURO	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ubicación de los tres árboles de extraídos	21
2. Ubicación del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal (LATAMF)	21
3. Clasificación del crecimiento de los hongos según su densidad básica por acción de hongos xilófagos en las probetas.....	32
4. Clasificación de la madera según su durabilidad natural por acción de hongos	34
5. Arreglo combinatorio	36
6. Análisis de varianza para un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial	36
7. Prueba T student para muestras independientes.....	37
8. Medidas de resumen de la velocidad de crecimiento del <i>T. versicolor</i> y <i>P. sanguineus</i>	40
9. Análisis de varianza para la pérdida de masa promedio	42
10. Prueba de análisis Tukey para la pérdida de masa promedio por niveles.....	42
11. Medidas de resumen de la pérdida de masa promedio causado por el hongo <i>T. versicolor</i> por niveles.....	43
12. Medidas de resumen de la pérdida de masa promedio causado por el hongo <i>P. sanguineus</i> por niveles.....	44
13. Resumen de la pérdida de masa promedio (%) de la especie <i>M. spruceana</i> y su interpretación por la norma ASTM D 2017-05	45
14. Análisis de varianza para la densidad básica promedio.....	48
15. Prueba de análisis Tukey para la densidad básica promedio por niveles.....	48
16. Medidas de resumen de la densidad básica promedio en las probetas de evaluación del hongo <i>T. versicolor</i> por niveles	49
17. Medidas de resumen de la densidad básica promedio en las probetas de evaluación del hongo <i>P. sanguineus</i> por niveles	49

18. Correlación de Pearson entre densidad básica y pérdida de masa.....	52
19. Crecimiento diario de <i>T. versicolor</i> a los 9 días.....	73
20. Crecimiento diario de <i>P. sanguineus</i> a los 6 días.....	74
21. Crecimiento micelial de <i>T. versicolor</i> sobre las probetas al finalizar los 90 días	75
22. Crecimiento micelial de <i>P. sanguineus</i> sobre las probetas al finalizar los 90 días	76
23. Pérdida de masa promedio (%) de <i>T. versicolor</i>	77
24. Pérdida de masa promedio (%) de <i>P. sanguineus</i>	78
25. Densidad básica de <i>T. versicolor</i>	79
26. Densidad básica de <i>P. sanguineus</i>	80
27. Resumen de la Densidad básica promedio (g/cm ³) de ambos hongos.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Árboles de shiringa masha: a. parte basal. b. parte aérea.....	22
2. Seccionamiento del fuste en tres niveles (Norma ISO 4470, 1982).	24
3. Muestra botánica: a. hojas, frutos y ramitas. b. Prensado y secado de la muestra botánica.....	24
4. Preparación de probetas. a. Orientación cardinal del árbol. b. Diseño de corte cruciforme de rodajas. c. Orientación cardinal de la rodaja. d. Corte de rodajas.	25
5. Obtención de muestra. a. Elaboración de probetas en sierra circular. b. Rectificación de probetas con lija de grano de 120.	26
6. Evaluación de probetas. a. Registro del peso inicial. b. Secado en la estufa.	27
7. Esterilización de las probetas en la autoclave.	27
8. Elaboración del medio de cultivo EMA: a. Calentamiento del medio de cultivo en cocina eléctrica. b. Agregado de ceftriaxona al medio de cultivo.	28
9. Inoculación de los hongos en el frasco asignado.....	29
10. Evaluación de probetas: a. Secado en la estufa. b. Registro del peso final.....	30
11. Medición de las colonias fungosas: a. Diseño de medición. b. Crecimiento micelial de los hongos en frascos de vidrio. c. Medición realizado con regla metálica en la base de los frascos de vidrio.	31
12. Curva del ritmo promedio de crecimiento y la tasa de las 27 repeticiones y por tipo de hongo	38
13. Ritmo promedio de crecimiento (RPC) por repeticiones y por tipo de hongo.	39
14. Clasificación del crecimiento de hongos por nivel de fuste sobre las probetas.	40
15. Promedio de pérdida de masa por niveles y por tipo de hongo.....	46
16. Densidad básica promedio por nivel de fuste y por tipo de hongo.....	50
17. Muestra del hongo <i>T. versicolor</i> colectado del BRUNAS.....	63

18. Muestra del hongo <i>P. sanguineus</i> colectado del BRUNAS	63
19. Cepas de <i>T. versicolor</i> y <i>P. sanguineus</i>	64
20. Herborización de muestras botánicas colectadas en campo.	64
21. Codificación de las probetas según el método cruciforme.	65
22. Medición de las probetas con vernier.	65
23. Esterilización del algodón en la autoclave.	66
24. Pesado de 100 g de EMA en la balanza granatoria.	66
25. Desinfección de materiales e insumos con rayos ultravioleta en la cámara de flujo laminar. ...	67
26. Vertimiento del medio de cultivo EMA en cada frasco.	67
27. Almacenamiento de inóculos en el cuarto de acondicionamiento.	68
28. Colocación de las probetas esterilizadas en los frascos de ambas colonias de hongos.	68
29. Cultivo en la cámara por 90 días.	69
30. Crecimiento ligero del <i>T. versicolor</i> en el nivel ápice a los 90 días.	69
31. Crecimiento ligero del <i>P. sanguineus</i> en el nivel ápice a los 90 días.	70
32. Certificado de identificación de especie	71
33. Constancia de identificación de hongos	72

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar el biodeterioro de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. bajo la acción de dos hongos xilófagos en Tingo María, Huánuco. La metodología se desarrolla siguiendo las normas ASTM D 2017 – 05 y NTP 251.011. En total se elaboraron 54 probetas de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm proveniente de 3 niveles. Los resultados conseguidos respecto al crecimiento muestran que existen diferencias significativas en ambos hongos evaluados. Así mismo, el crecimiento sobre las probetas en ambos hongos, el nivel ápice mostró mayor deterioro que los niveles base y medio. En relación a la pérdida de masa, *P. sanguineus* reportó mayor pérdida masa promedio con 9,73%, que el *T. versicolor* con 7,22%. Además, los 2 hongos reportaron un incremento de pérdida de masa a lo largo de fuste. En cuanto a la densidad básica promedio, el *T. versicolor* reportó mayor deterioro con 0,75 g/cm³ más que el *P. sanguineus* con 0,73 g/cm³; igualmente, ambos hongos reportaron disminución de la densidad básica a lo largo de fuste. Se concluye que, la mayor tasa de crecimiento fue en *P. sanguineus* (0,43 cm/día) que en *T. versicolor* (0,26 cm/día). La pérdida de masa de la *M. spruceana* clasificó en los tres niveles del fuste como altamente resistentes en ambos hongos. La densidad básica no influye indirectamente en la pérdida de masa comprobado a través de una correlación negativa (-0.487).

Palabras clave: Maderas, durabilidad natural, hongos, pérdida de masa y densidad básica.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the biodeterioration of *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. due to the actions of two xylophagous fungi in Tingo María, Huánuco, [Peru]. The methodology was carried out following the ASTM D 2017 – 05 and NTP 251.011 norms. In total, fifty four 2.5 x 2.5 x 0.9 cm specimens were elaborated from three levels. The results that were achieved with respect to the growth revealed that significant differences existed for both fungi [that were] evaluated. At the same time, [for] the growth of both fungi on the specimens, the apex level showed greater deterioration than the base and middle levels. In relation to the loss of mass, a greater average loss of mass was reported for *P. sanguineus* with 9.73%, than for *T. versicolor* at 7.22%. Moreover, for the two fungi, an increase in the loss of mass over the length of the shaft was reported. With respect to the average basic density, it was reported that *T. versicolor* had the greatest deterioration at 0.75 g/cm³, more than *P. sanguineus* at 0.73 g/cm³; likewise, it was reported for both fungi, that the basic density decreased over the length of the stalk. It was concluded that the greatest rate of growth was for *P. sanguineus* (0.43 cm/day), more than *T. versicolor* (0.26 cm/day). The loss of mass for *M. spruceana* was classified, at the three stalk levels, as being highly resistant to both fungi. The basic density did not indirectly influence the loss of the mass, proven due to a negative correlation (-0.487).

Keywords: wood, natural durability, fungi, mass loss, basic density

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento desproporcionado de los productos forestales maderables ha ocasionado la casi extinción de especies forestales comerciales. Por ello, debido a la escasez de dichas especies en los bosques tropicales que son requeridos para la industria forestal, en la actualidad, ha aumentado el interés en el uso de especies forestales de rápido crecimiento; sin embargo, estas especies forestales registran mayores incidencias de ataques de agentes biológicos.

Entre los organismos asociados a la madera destacan los hongos, que provocan grandes pérdidas económicas por el deterioro de la madera, especialmente para la construcción de viviendas, carpintería, artesanía, etc. Sin embargo, estas especies forestales presentan una resistencia al biodeterioro, siendo distintas en cada especie, incluso en los individuos de una misma especie. Además, es importante tener en cuenta que el duramen de muchas especies presenta más cantidad de extractivos comparados con la albura, lo que conlleva a un menor biodeterioro del duramen.

En cuanto al problema antes mencionado, se formula la pregunta ¿Cómo se manifiesta el biodeterioro de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) causado por dos hongos xilófagos, en tres niveles del fuste?, y como hipótesis se plantea que: Los dos hongos xilófagos inciden de forma distinta en el biodeterioro de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha), en tres niveles del fuste.

La investigación del biodeterioro en la *M. spruceana* será un aporte de suma importancia para los empresarios del aserrío de madera, carpinteros, ebanistas, artesanos, entre otros, dado a que la especie presenta un valor económico y cultural, en las regiones donde crece, ya que son utilizados ampliamente en la producción de objetos artesanales y construcción de viviendas.

Con esa premisa, la finalidad de la investigación fue conocer con exactitud el efecto que estos agentes biológicos producen en la madera, para poder brindar garantía y seguridad, a fin de ampliar la determinación de los usos de la *M. spruceana*, dando solución al problema que es significativo para la economía local y la conservación del medio ambiente. Asimismo, en la investigación se plantea:

Objetivo general:

- Evaluar el biodeterioro de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) causado por dos hongos xilófagos en Tingo María, Huánuco.

Objetivos específicos:

- Determinar el crecimiento de los hongos *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd y *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill en las probetas de madera de duramen en tres niveles del fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha).
- Determinar la pérdida de masa causado por los hongos *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd y *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill en tres niveles del fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha).
- Determinar la influencia de la densidad básica en la resistencia a la pudrición en tres niveles del fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha), causado por los hongos *Trametes versicolor* (L.: Fr.) y *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Madera

La madera es un organismo vivo compuesto de carbono, oxígeno e hidrógeno, mientras se encuentre en pie. La madera en su estado vivo está conformada anatómicamente por albura y duramen. La albura por contener células vivas, incluido las sustancias de reserva y el duramen por contener células inactivas de color oscura, producto del envejecimiento del árbol. Asimismo, debido a su dureza, la madera es conocida como un material anisótropo con diferentes propiedades en sus tres planos: transversal, radial y tangencial. Esto lo convierte en un material valioso frente los materiales de construcción (Cáceres, 2016; García 2015).

La madera es un material orgánico, heterogéneo, compuesto de tres sustancias fundamentalmente, como la celulosa, hemicelulosa y lignina, que se encuentran presente en las maderas de coníferas y latifoliadas. También, la conforman las sustancias extraíbles, que son las de baja masa molar y en pequeñas cantidades, y las sustancias minerales. (Barra, 2016; Ortiz, 2014).

Por otro lado, Aguinsaca, et al (2019) y Zaid (2004) destacan que la composición química de la madera según peso seco se basa en celulosa (40 – 55%), lignina (17 – 35%), poliosas (15 – 30%), productos que eliminan (1 – 10%) y minerales o cenizas (alrededor del 1%). La concentración de estos componentes presentes en la madera sea mayor o menor depende de factores fisiológicos, morfológicos, anatómicos, ambientales, edáficos, entre otros.

2.1.2. Biodeterioro de la madera

El biodeterioro de la madera se refiere al proceso de deterioro biológico que sufre la madera debido a la acción de agentes bióticos, como bacterias hongos, insectos y otros organismos que se alimentan de la madera. Este proceso afecta la estructura y la calidad de la madera, teniendo consecuencias negativas en su uso y durabilidad. El proceso del deterioro de la madera es sucesivo por los agentes degradadores, comenzando por bacterias, continua los

hongos de mancha y de pudrición blanda, y termina con la acción de hongos de pudrición blanca y café, provocando la destrucción total de la madera (Alfieri, 2018; Rosato y Traversa 2017).

Del mismo modo, Alfieri (2018) y Vasconez (2021) aclaran que los agentes bióticos del deterioro son macro y microorganismos heterótrofos (hongos, bacterias, insectos, aves, moluscos y crustáceos), y agentes los abióticos tales como atmosféricos, (radiación solar, humedad ambiental, acción corrosiva de la lluvia, el viento, temperatura, etc.), agentes mecánicos - químicos y el fuego.

En ese contexto, Bobadilla (2004) e Hidalgo (2014) explican que la pudrición blanca ocurre cuando la madera se parte con facilidad al volverse fibrosa, por lo cual muestra aristas angulosas en la zona de fractura; mientras que cuando se produce pudrición parda, la madera se resquebraja y desmenuza en sentido transversal a la dirección de la fibra, por ello, recibe el nombre de pudrición cúbica o rómbica. El autor menciona que en ambas pudriciones la madera registra disminución de su peso. Por tal razón, Ramos (2014) indica que la pudrición de la madera origina la pérdida de fuerza y cohesión, debido a la destrucción de gran parte de las paredes celulares a través de la acción de las enzimas producidas por el hongo xilófago.

El deterioro de la madera se da de dos formas, la primera mediante la acción química y la segunda por la acción mecánica. Declarado por Ames y Bazán (1974 y 1964, como se citó en Gonzalez y Yataco, 2016) indicando que la vía química se da por secreción de enzimas, debido a la conversión de sustancias insolubles en sustancias más simples y de fácil absorción, y la vía mecánica ocurre cuando las hifas adhesivas del hongo crecen y forman un apresorio para ejercer presión cuando se acerca a la pared celular.

Entre las principales enzimas que se conocen están las lacasas, lignina peroxidasas (LiPs) y manganeso peroxidasas (MnPs), que son producidos por los hongos de pudrición blanca. Mientras que otros hongos del mismo tipo de pudrición han llegado a producir diferentes y diversas combinaciones. Esta variedad y cantidad de enzimas se debe al nivel de pH trabajado y a los distintos medios para el cultivo empleado; de no ser ninguno se le atribuye al tipo de especie empleado (Acosta, 2010; Carabajal, 2014).

Por su parte, De Oliveira et al. (2005) y De la Cruz et al (2018) aseveran que ninguna de las especies forestales maderables es capaz de resistir indefinidamente el ataque de microorganismos, ya que al ser la madera un material orgánico, y en el estado en que es empleada, no es fisiológicamente funcional, por tanto, está sujeta al deterioro y a la descomposición.

2.1.3. Durabilidad natural de la madera

Según Torres (1971, como se citó en Zaid, 2004) afirma que el concepto de durabilidad se aplica sobre la madera duramen, mas no sobre la albura, que por razones fisiológicas ésta carece. Para las especies que no tienen madera duramen definido, siempre hay una ligera diferencia en la resistencia a la pudrición entre madera del dentro y fuera del tronco. Por lo tanto, la American Society for Testing and Materials (ASTM, 2005) define lo mismo y añade que las muestras deben colectarse del duramen exterior del tronco inferior a la altura de los 4,5 m más bajos del tronco y en medida posible del tercio exterior del radio del duramen. Sin embargo, esto en maderas tropicales no son tan visibles por lo que la colecta debe hacerse extendiéndose a lo largo del tercio exterior de todo el radio.

García (2015) define a la durabilidad natural como la resistencia de la madera ante el ataque de agentes deterioradores bióticos o abióticos, al estar en contacto con el suelo o la intemperie. Así mismo, Paes (2002) y Bobadilla et al. (2004) añaden que los ensayos se deber hacer sin ningún tipo de preservante, debido a que las especies contienen diferentes sustancias químicas. Por lo tanto, su exposición a la acción de hongos, insectos, perforadores marinos y entre otros agentes deterioradores se debe realizar en su forma natural a fin de conocer el nivel de resistencia.

En ese contexto, Guevara y Lluncor (1993) indican que existen numerosos factores responsables de la durabilidad. Entre algunos de esos factores influyentes se encuentra el contenido de humedad (Huaynalaya, 2018), densidad, presencia de sustancias químicas (Ramos, 2014) y la exposición a condiciones ambientales extremas. En tanto, Omonte y Valenzuela (2011) y Huaynalaya (2018) afirman que las propiedades de la madera varían entre las diferentes especies leñosas, entre los diferentes árboles de una misma especie, y aun dentro de un mismo árbol. Esto se debe al factor genético de la especie, sitio, clima, edad, altitud, entre otro más, que hacen de una especie heterogénea en su interior.

Por su parte, Giménez et al, 2005 y la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC, 1988) señalan que los factores inherentes a su naturaleza, como la composición química y su estructura, la madera duramen presenta mayor duración que albura; esto debido a la existencia de taninos, resinas grasas, carbohidratos, las sustancias de reserva y entre otros contenidos. Es decir, la madera albura al transformarse gradualmente en duramen cesa su actividad, adquiriendo una coloración más oscura. Esto ocurre mientras el árbol envejece. De esta manera son producidos las maderas densas que suelen ser más duraderas. Por eso, las maderas de este tipo muestran su alta resistencia a la acción de agentes degradadores.

Por otro lado, Trujillo (1985) indica que el contenido de extractivos determina la durabilidad y mejor resistencia a la pudrición de la madera, y que la densidad de la madera no tiene nada que ver con su resistencia. Así mismo, García (2008) y Ramos (2014) concluyeron lo mismo señalando cuanto mayor porcentaje de extracto exista, menor porcentaje de pérdida de peso habrá.

2.1.3.1. Índices de durabilidad

El índice de durabilidad de la madera tiene como finalidad decretar la resistencia intrínseca de la madera o de una determinada especie de madera que han sido expuesto a los agentes degradadores. En la Tabla 4 se muestra la clasificación de la madera según su resistencia natural frente a xilófagos (American for Testing and Materials [ASTM], 2005).

2.1.4. *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (*Shiringa masha*)

2.1.4.1. Descripción taxonómica

La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT, 1996) indica que los árboles de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult presenta la siguiente taxonomía:

Reino : Plantae

División : Spermatophyta

Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malpighiales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: <i>Micrandra</i>
Especie	: <i>Micrandra spruceana</i> (Baill.) R.E. Schult.

Sin embargo, Souza (2012) menciona que la especie se confunde fácilmente con *Micrandra elata*, *M. gleasoniana*, *M. inundado*, *M. lopezii*, *M. menor*, *M. Rossiana*, *M. siphonioides* y *M. abeto*; por ser especies sinópticas, pero todas pertenecen a la misma familia. Esta especie tiene como nombre vulgar en el Perú (higuerilla negra, shiringa masha y carapacho, Colombia (yetcha) y Venezuela (cunuri).

2.1.4.2. Descripción botánica

OIMT (1996) y Reynel (2003) describen a la especie *M. spruceana* (shiringa masha) como árboles con 80 cm de diámetro y con altura total de hasta 45 m. Además, un árbol recto y cilíndrico; base con aletas laminares altas y delgadas, a veces con raíces fijas; corteza exterior fisurada, fisurada, marrón glandular, rosada, lenticular no separada del rizoma, corteza interior rosada, lisa a ligeramente amarilla por dentro; con liberación de látex amarillo-blanco para secreción lenta y en forma de gotas. Esta especie tiene hojas simples, alternas y dispuestas, de 14 a 23 cm de largo y de 5 a 8,5 cm de ancho; Las placas son elípticas, ovadas u oblongas, con ápice caudado, el centro seco o teñido, brillante, nervios secundarios de 6 a 14 pares. Es monoico, cada inflorescencia tiene flores masculinas y femeninas, panículas apicales. Se ven flores pequeñas y sin vida. Cápsulas Trivalvar, casi globulares, de 4-6 cm de diámetro. Las semillas miden 2 cm de largo, son marrones, brillantes. Por otra parte, Secco y Souza (2014) señalan que los árboles de la mencionada especie registran diámetros que oscilan entre 10 y 70 cm, con alturas entre 15 a 45 m. También, presenta fuste recto y cilíndrico, con aletas tablares altas y delgadas en la base, a veces con raíces zancos.

2.1.4.3. Hábitat y distribución geográfica

De acuerdo con Flores (2018) y OIMT (1996) indican que la especie se extiende por toda la cuenca del Amazonas, principalmente en Brasil, seguido por

Venezuela, Colombia y Perú. En Perú, distribuida en las regiones de Loreto, San Martín y Pasco. Estas especies se encuentran en los bosques de tierra firme o temporalmente inundado.

2.1.4.4. Durabilidad

Aching (2011) y OIMT (1996) señalan que la durabilidad natural de *M. spruceana* es buena, debido a la presencia de componentes orgánicos, probablemente sean gomas, látex y la presencia de tylosis escleróticas que obstruyen algunos poros. Aunque es difícil hacer un aserrío por la presencia de látex, es fácil trabajar con él. Además, aguanta bien cuando se seca.

2.1.4.5. Usos

Aching (2011) reporta que la densidad básica es alta de la *M. spruceana* con $0,64 \text{ g/cm}^3$. Para el cual la madera de *M. spruceana* por su densidad puede ser usada como vigas y horcones. Por otro lado, Reynel (2003) informa que *M. spruceana* se utiliza para diseño de interiores, arquitectura, ebanistería, enchapados, chapas decorativas, machihembrados, muebles, armarios, cajas de luz, para tomar las medidas necesarias contra termitas y ataques de xilófagos. Así mismo, chapas decorativas, muebles, artesanías y tallado (Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT], 1996).

2.1.5. Hongos

Bobadilla (2004) e Hidalgo (2014) indican que los hongos son plantas de formas inferiores que viven como saprófitos o parásitos por no ser capaces de generar por sí mismos sus alimentos. Así mismo, Alfieri (2018) menciona que cada especie de hongos requieren de condiciones óptimas propias para poder segregar sus enzimas, con la finalidad de oxidar un cuerpo orgánico, tal es el caso como la madera, luego descomponerla y así poder alimentarse.

Por otro lado, García (2015) manifiesta que los requerimientos para la producción de hongos en madera son: humedad (del 35 al 50%, menos del 22 al 24%), oxígeno (es importante que 20% de madera estén presentes en forma de aire), temperatura (que es individual, normalmente entre 0 y 44°C, pero la más habitual es de 18 a 36°C) y la presencia del sustrato (pH 4,5 a 5,5%). Además, muy aparte Bobadilla (2004) señala que una temperatura

por debajo de los 4°C y superior a los 40°C la actividad es prácticamente nula. Así mismo, Findlay (1967) Agrega que otros factores afectan el crecimiento de los hongos, como la luz y la acidez o alcalinidad del sustrato. En otras palabras, la luz tiene un efecto retardador sobre el crecimiento de los hongos, por tal motivo muchas especies no llegan a crecer y desarrollarse en total oscuridad.

Por su parte, la ASTM (2005) sugiere que los ensayos en temas de durabilidad natural de la madera se realicen en un laboratorio equipado, con el propósito de lograr buenos resultados. En caso de utilizar una cámara o cuarto de acondicionamiento, el rango seleccionado de temperatura debe estar entre 20 y 30°C, con una humedad relativa entre 25 a 75%; si fuera sala de incubación la temperatura seleccionado debe estar entre 25 y 27°C, con una humedad relativa de 65 a 75%; en ambos casos la temperatura no debe variar más de 61°C y la humedad relativa no más de 62%; pero si se utiliza una incubadora sería mucho mejor, debido a que la temperatura y humedad relativa sería la misma en las 24 horas.

2.1.5.1. Hongos xilófagos

Los hongos xilófagos son aquellos que se alimentan de los componentes que estructuran la madera, provocando severos daños. Estos hongos xilófagos se reproducen por cuerpos microscópicos llamados esporas y usualmente son reproducidas en gran número. En condiciones adecuadas de humedad, la spora germina dando origen a una hifa, que en conjunto forman una trama de tejido conocida como micelio. Una vez que el hongo ha desarrollado suficiente micelio, forma cuerpos fructíferos (esporóforos) para producir nuevas esporas, con el fin de culminar su ciclo reproductivo (Zaid, 2004; Bobadilla, 2004).

Del mismo modo, Bobadilla (2004) e Hidalgo (2014) definen que los hongos xilófagos son aquellos que destruyen la lignina y producen pudrición blanca; mientras que producen pudrición parda y marrón al destruir la celulosa. Sin embargo, cuando se destruyen ambas sustancias simultáneamente ocurre la pudrición mixta o blanda.

Para la ASTM (2005) y Eaton y Hale (1993) los hongos xilófagos que se deben escoger para el ensayo de laboratorio de resistencia de la madera deben basarse en su importancia económica como agente biodestructor de madera o productos de

madera, a su resistencia a los productos químicos, a su crecimiento y desarrollo, así como su facilidad de cultivo en laboratorio, y al tipo de pudrición que genera.

Por ello, teniendo en cuenta la capacidad degradadora de la madera se escogió a los hongos de pudrición blanca, debido a que estos por su naturaleza producen diferentes y diversas enzimas modificadoras de lignina. Entre ellos, el *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd produce enzimas como lignina peroxidasas (LiPs), manganeso peroxidasas (MnPs), lacasas y las hidrolasas. Mientras, el *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill produce enzimas como invertasas, tirosinasas, α -amilasas, β -glucosidasas, xilanasas, exo-polygalacturonasa y las 3 enzimas producidas por el *T. versicolor*. La variabilidad en la producción se debe al género y especie de hongo de pudrición blanca, mencionando que son pocos los que producen LiP, MnP y no lacasa o MnP, lacasa y no LiP (Acosta, 2010; Carabajal, 2014).

2.1.5.1.1. *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd

Conforme a lo indicado por Kirk et al. (2001) la especie se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

División	:	Basidiomycota
Clase	:	Agaricomycetes
Orden	:	Polyporales
Familia	:	Polyporaceae
Género	:	Trametes
Especie	:	<i>Trametes versicolor</i> (L.: Fr.) Lloyd (1921)
Sinonimia	:	<i>Polyporus versicolor</i> L.:Fr. (1821) <i>Boletus versicolor</i> L. (1753)

A nivel macroscópico el *T. versicolor* presenta, basidioma anual, pileado, o efusivo-reflejados, dimidiados, a menudo formando grupos extensos con un crecimiento imbricado y coriáceo de 5-10 cm de diámetro y 2-4 mm de grosor; Píleo de color tomentosa a hirsuta en la parte superior, zonada con los colores que varían de

ocre al negro, con tonos rojizos, azules, grisáceos; Mientras que debajo del píleo se observa un himenóforo tubular de color blanquecino monoestratificados de 1-3 mm de longitud; poros redondeados a angulares, pequeños, de 4 a 5 mm cada uno, septos más o menos grueso, superficie de los poros de color blanco a crema claro o grisáceo; contexto fibroso a coriáceo, blanquecino, 2-3 mm de grosor, con una fina línea negra delgada entre el contexto y el tomento. (Bernicchia 2005; Núñez y Ryvardeen, 2001).

A nivel microscópico se presenta un sistema de hifas trimítico; hifas reproductivas fibulares, hialinas, de paredes delgadas, 2-3 μm ; hifas esqueléticas de paredes gruesas, de 4-8 μm , sin disepimentos o sin ramificar; hifas conectivas de paredes gruesas, de 2-4 μm , sin disepimentos, ramificadas y tortuosas. Cistidios no habidos, cistidioles fusiformes, 15-20 x 4-6 μm , de paredes delgadas, sin proyectantes, con fibula basal. Basidio clavado, 15-20 x 4-6 μm , 4 esterigmas, con fíbula basal. Las basidiosporas son cilíndricas, ligeramente alantoides, de 5-6,5 x 2-2,5 μm (Bernicchia 2005; Núñez y Ryvardeen, 2001).

El *T. versicolor* es una especie cosmopolita, se encuentran distribuidas en zonas templadas, pocas veces en zonas tropicales, fuera o dentro del bosque. Comúnmente crecen sobre troncos caídos, asoleadas, perturbadas, incluso sobre troncos quemados (Guzmán, 1977; Nunez y Ryvardeen, 2001). Además, el *T. versicolor* ha sido utilizado exitosamente en muchos estudios de biorremediación in-situ y ex-situ para la degradación de distintos tipos de contaminantes dado a su capacidad degradadora. Estos hongos producen diferentes enzimas como lignina peroxidasas (LiPs), manganeso peroxidasas (MnPs), lacasas y las hidrolasas (Campi, 2021; Carabajal, 2014).

2.1.5.1.2. *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr.) Murrill

Conforme a lo indicado por Kirk et al. (2001) la especie se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

División	:	Basidiomycota
Clase	:	Agaricomycetes
Orden	:	Polyporales

Familia	:	Polyporaceae
Género	:	Pycnopus
Especie	:	<i>Pycnopus sanguineus</i> (L.: Fr.) Murrill (1904)
Sinonimia	:	<i>Polyporus sanguineus</i> L.: Fr. (1821)
	:	<i>Boletus sanguineus</i> L. (1763)

A nivel macroscópico el *P. sanguineus* presenta, basidioma anual presenta basidiocarpos anuales, sésiles a efusivo-reflejos, únicos o imbricados, dimidiados, delgados y aplanado, con mediciones hasta 8 x 5,5 cm de ancho y 4 mm de espesor. Píleo de color rojo anaranjado en la parte superior, color muy intenso, pero desvaneciéndose a aficionado al salmón en algunos especímenes viejos. Mientras debajo del píleo superficial con poro de color rojo oscuro con tinte naranja, poros circulares, 5-6 por mm, con diseminaciones gruesas, tubos de color rojo anaranjado, de hasta 2 mm de largo. Así mismo, con un contexto duro-fibroso, beige anaranjado y azonado en algunos especímenes con alternancia de color beige pálido y naranja pálido, de hasta 3 mm de espesor (Núñez y Ryvarden, 2001).

A nivel microscópico presenta un sistema de hifas generativas con pinzas, de paredes delgadas, hialinas, rara vez ramificadas, 2,5-4 Fm de ancho; hifas esqueléticas de paredes gruesas, hialinas, con infrecuentes ramificado, 2-7 Fm de ancho; hifas de unión de paredes gruesas, multiramificadas, de 2-4 Fm de ancho, en la trama más conspicua, mayoritariamente de 1,5-2,5 Fm; con cistidios ausentes, clavijas de hifas presentes y generalmente conspicuas; basidio clavado, 11-16 x 5-6 Fm, con cuatro esterigmas y basidiosporas cilíndricas, ligeramente alantoides, 5-6 x 2-2,5 Fm (Núñez y Ryvarden, 2001).

El *P. sanguineus* se encuentran distribuidas en zonas tropicales, subtropicales y templadas cálidas de este, como América del Sur, América del Norte y Asia (China, Taiwán, Lejano Oriente de Rusia, Japón, Tailandia del Norte, y Vietnam). Comúnmente crecen sobre troncos o tocones, fuera o dentro de los bosques, incluso jardines. (Guzmán, 1977; Núñez y Ryvarden, 2001). Además, el *P. sanguineus* es conocido comercialmente en la industria por la producción de pigmentos y tienen un potencial biotecnológico por su capacidad degradadora, y por la producción de enzimas como invertasas, tirosinasas, α -amilasas, β -glucosidasas, xilanasas, exo-polygalacturonasa, lignina peroxidadas (LiPs), manganeso peroxidadas (MnPs) y lacasas (Acosta, 2010; Cruz, 2015).

2.2. Estado del arte

2.2.1. Ensayos realizados del crecimiento micelial de hongos

Acosta et al (2010) en Morelos-México estimó la velocidad de crecimiento del *P. sanguineus*, utilizando diferentes sustratos hervidos como encino, lirio, trigo y avena, incubó a 25°C durante 10 días en ausencia de luz, obtuvo como resultado un ritmo promedio de crecimiento que varía desde 0,2 a 0,9 cm/día en aserrín de cedro y sustratos, sin encontrar diferencias significativas entre ellas y entre tratamientos.

Hormaza y Rojas (2014) en Medellín-Colombia determinó la tasa de crecimiento entre especies como *T. versicolor*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*, en dos tipos de medios, utilizó discos (0,5 cm de diámetro) de las 3 especies de hongos que luego los colocó sobre los medios de cultivo como PDA con un 5,5 de pH y agar salvado de trigo (AST=4,5 de pH), incubó a 28°C en ausencia de luz durante 7 - 9 días, obtuvo como resultado un ritmo promedio de crecimiento en medio PDA de 0,94 cm/día para *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*, mientras que *T. versicolor*, registró en este medio un valor de 1,42 cm/día y en medio AST los 3 tipos de hongos registraron un crecimiento de 1,21 cm/día, encontró diferencias significativas entre el mismo medio y entre los medios.

Gómez (2017) en Ibarra-Ecuador calculó la velocidad de crecimiento lineal en 2 tipos de medio para la producción de *Pycnoporus spp.*, utilizando como medio el MAE y agar papa dextrosa (PDA), incubó a 22°C durante 7 días en ausencia de luz, obtuvo como resultado en el medio MAE un ritmo promedio de crecimiento de 0,385 cm/día y en medio PDA un ritmo promedio de crecimiento de 0,285 cm/día, como el p-valor de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de velocidad entre un nivel de medio y otro, a un nivel del 95,0% de confianza, concluyó que el medio MAE fue la mejor.

Campi et al (2021) en San Lorenzo - Paraguay midió el crecimiento del *T. versicolor* en medios de cultivo sólidos, enriquecidos con residuos agroindustriales, materiales orgánicos lignocelulósicos y medio sintéticos controles Malta y Sabouraud, empleó las siguientes combinaciones: Pino/Paja, Pino/Caña, Lapacho/Paja, Lapacho/Caña, incubó a 28°C en ausencia de luz durante 10 - 24 días, obtuvo como resultado en el sustrato aserrín de Pino con paja de trigo de $0,93 \pm 0,10$ cm/día y con bagazo de caña de $0,85 \pm 0,18$ cm/día, en el

sustrato aserrín de Lapacho con paja de trigo de $0,39 \pm 0,06$ cm/día y con bagazo de caña de $0,46 \pm 0,04$ cm/día, mientras que en los medios sintéticos control como EMA fue $1,21 \pm 0,18$ cm/día y Sabouraud fue $0,95 \pm 0,06$ cm/día, encontró diferencias significativas en las repeticiones, concluyó que el medio EMA fue la mejor.

Morey (2018) en Pucallpa determinó la resistencia de la *Jacaranda copaia*. Así mismo, evaluó el crecimiento del *P. sanguineus* y *Lenzites erubescens* en tres niveles del fuste, donde obtuvo como resultado un moderado desarrollo fungoso en el nivel basal y buen desarrollo fungoso en los niveles medio y ápice.

2.2.2. Ensayos realizados de la pérdida de masa

González (1970) definió la clasificación de un grupo de 53 especies forestales de Yurimaguas, utilizando probetas de duramen a la alimentación de 5 hongos, los cuales fueron analizados durante 90 días. Como resultado, el autor encontró que 10 tipos son altamente resistentes, 15 tipos son resistentes, 11 son moderadamente resistentes, 15 son inestables y 2 son altamente susceptibles a la descomposición. Por otro lado, el autor dice que *Polyporus sanguineus* ha experimentado un crecimiento fúngico acelerado y notorio frente a los otros hongos en muchas especies forestales.

Trujillo y González (1985) localizó la clasificación de un grupo de 8 especies forestales, sometidas a la acción de cuatro hongos xilófagos *P. sanguineus*; *P. versicolor*, *Lenzites trabas* (Pers.) Fr. y *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat. por un periodo de 90 días utilizando la norma ASTM: D2017-71. Como resultado, el autor encontró especies altamente resistentes como el Alcanfor (*Ocotea costulata*), Estoraque (*Myroxylon balsamum*) y Tulpay (*Clarisia racemosa*), especies resistentes como el Almendro (*Caryocar glabrum*) y Lagarto caspi (*Calophyllum brasiliense*), y especies moderadamente resistentes: Moena amarilla (*Endlicheria* sp.), Pashaco (*Albizzia* sp.) e Ishpingo (*Amburana cearensis*). Por otro lado, el autor menciona que encontró una alta correlación entre la defensa al deterioro y el porcentaje de extractos y una menor correlación entre la defensa al deterioro y la densidad básica.

Bobadilla (2004) en la Provincia de Misiones-Argentina averiguó la clasificación de un grupo de 5 especies forestales, sometidas a alimentación *P. sanguineus*, *Laetiporus sulfureus* y *Ganoderma applanatum*, bajo la condición natural y la condición de

ciclos de lavado, por un periodo de 90 días, utilizando la norma IRAM N° 9518 y el criterio de clasificación de Findlay. Como resultado, el autor encontró la madera de *Toona ciliata* “Toona” en ambas condiciones es resistente ante los hongos *Pyncoporus sanguineus*, *Ganoderma applanatum* y *Laetiporus sulfureus*, excepto ante el *Ganoderma applanatum* en la condición natural que clasifíco como muy resistente; mientras en maderas como, *Grevillea robusta* “Grevillea”, *Melia azedarach* “Paraíso”, *Pawlonia sp* “kiri” y *Bastardiopsis densiflora* “Loro blanco”, tuvieron una clasificación variable en ambas condiciones clasificando de no resistente a resistente.

García (2008) encontró en *Miconia barbeyana*, *Jacaranda copaia* y *Schizolobium amazonicum*, utilizando *P. versicolor* y *Heterobasidium annosum*, siguiendo la norma ASTM D 2017 – 71, como resultado que la especie *M. barbeyana* es resistente al hongo *P. versicolor* y moderadamente resistente al hongo *H. annosum*; *J. copaia* se clasifica como no afectado por el hongo ensayado; y *S. amazonicum* se caracterizó como resistente al hongo *Polyporus versicolor* y resistente al hongo *Heterobasidium annosum*. En cuanto al crecimiento fúngico, *Polyporus versicolor* registró un buen crecimiento fúngico en *M. barbeyana* y *S. amazonicum*, pero *J. copaia* mostró un claro crecimiento de hongos en tubos de ensayo; por otro lado, *H. annosum* registró el menor crecimiento fúngico en las muestras de *S. amazonicum*, pero el mejor crecimiento fúngico se registró en *M. barbeyana* y *J. copaia*. De igual forma, el peso promedio de la especie se estimó en 0,44, 0,32 y 0,53 (g/cm³) respectivamente; para concluir que la densidad de la base incide en el deterioro de la madera y la pérdida de masa (%) de las probetas, lo que produce una correlación significativa al nivel 0,01.

Hidalgo (2014) en Tingo María determinó la durabilidad natural de la madera en tres especies forestales sometidas a la alimentación del hongo xilófago *P. sanguineus* utilizando la norma ASTM D 2017-71, encontró que *Cedrelinga cateniformis* tiene el valor más alto, seguida de *Manilkara bidentata* y *Ormosia sp*. Además, no se encontró relación relevante entre la densidad (g/cm³) y el cambio de peso (%).

Ramos (2014) halló en *Swietenia macrophylla* (caoba), *Simarouba amara* (marupa) y *Schizolobium amazonicum* (pino chuncho), utilizando dos hongos xilófagos (*Schizophyllum commune* y *Polyporus sanguineus*) en laboratorio, usando de base la guía técnica ASTM D 2017 – 05, obtuvo como resultados que tres especies son distintos en comparación con el efecto de los hongos utilizados, siendo la *S. macrophylla* la que registró

alta resistencia a la pudrición, clasificándose como “altamente durable”; mientras que *S. amara* y *S. amazonicum* no registraron resistencia a la pudrición, clasificándose como “no durables”. Además, reporta que los extractivos son la causa de su alta resistencia a la pudrición.

García (2015) en Ecuador averiguó las especies *Gallessia integrifolia*, *Azadichta indica*, *Cedrela odorata*, causados por el hongo (*Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd, utilizó un medio de cultivo con 25,5 g de peptona en un 1 l de agua desmineralizada, determinando que el tratamiento 3 (*C. odorata* + hongo *T. versicolor*) fue la más deteriorada, y la de menor deterioro fue el tratamiento 6 (*C. odorata* sin el hongo *T. versicolor*). De igual forma, en cuanto a la pérdida de peso en 90 días, se encontró que el tratamiento 3 presentó la mayor pérdida y el tratamiento 6 la mínima pérdida. El autor agrega que la detección de infección bacteriana no depende solo del tipo de agente biológico o del tipo de xilema, sino de la condición del virus que se analizó.

González y Yataco (2016) definió la clasificación de un grupo de 10 especies maderas de Madre de Dios, sometidas al consumo del *P. sanguineus* (L.ex.Fr.) Murr., *P. versicolor* L.ex.Fr. y *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat., por un periodo de 90 días utilizando la norma ASTM: D2017-62T. Como resultado, el autor encontró que 5 tipos son altamente resistentes como lo son: Estoraque (*Myroxylon balsamum*), Mashonaste colorado (*Claricia racemosa*), Quina quina negra (*Pouteria sp*), Requía (*Cabranea canjerana*) y Tahuarí (*Tabebuia serratifolia*); 4 tipos son resistentes como lo son: Azúcar huayo (*Hymenaea oblongifolia*), caimito (*Chrysophyllum lucentifolium*), chimicua (*Pseudolmedia laevis*) y manchinga (*Brosimum alicastrum*) y un tipo moderadamente resistente como el sapote (Pterigota amazónica). Por otro lado, el autor menciona que encontró una alta correlación entre la resistencia a la pudrición y el porcentaje de extractos y una menor correlación entre la resistencia a la pudrición y la densidad básica.

De la Cruz et al, (2018) en Durango-México concluyó de un grupo de 7 especies forestales, sometidas a la acción del *T. versicolor* por un periodo de 120 días, utilizando la norma europea EN 113 y EN 350-1. Obteniendo como resultado que la madera de *Juniperus deppeana*, *Pinus durangensis*, *Pinus teocote* y *Pinus strobiformis* se clasifica como muy durable; *Pinus cooperi* y *Arbutus spp.*, como moderadamente durable; y *Quercus sideroxyla* como poco durable.

Avalos y Aviles (2020) encontró la clase de deterioro de diez especies arbóreas de los bosques remanentes de la región Ucayali del Perú mediante dos hongos xilófagos *P. sanguineus* (pudrición blanca) y *Lenzytes erubescens* (pudrición parda), siguiendo las pautas de la Norma ASTM D 2017 - 81, obtuvo que los resultados exhiben una importante variación entre las especies de hongos xilófagos y el nivel de fuste, ambos basados en la resistencia natural. Además, detectó que *Apeiba membranacea*, *Jacaranda copaia*, *Croton matourensis* y *Schizolobium amazonicum* son poco o ligeramente resistentes, con promedios de 54,21%, 52,12%, 49,63% y 46,11% respectivamente. Por otro lado, *Septotheca tessmannii* y *Apuleia molaris* fueron clasificadas como resistentes con promedios de 15,52% y 12,92% respectivamente. La especie *Terminalia oblonga* resultó altamente resistente con una pérdida de masa del 10,26%. En conclusión, los autores mencionan que se observaron variaciones importantes en los valores porcentuales de pudrición según el nivel del tallo, es decir en el ápice, que representaba la mayor vulnerabilidad, en el medio fueron valores intermedios y el nivel base con menor vulnerabilidad.

Fabián (2020) en Lima – Perú evaluó la durabilidad de la *Tectona grandis* procedente de la plantación de 33 años del sector de Chanchamayo en la región Junín, colectó sus muestras de albura y duramen a tres alturas del tronco, de cinco árboles, utilizando cepas de *P. sanguineus* y *Schizophyllum commune*, en laboratorio, guiándose en la norma técnica ASTM D 2017 – 05, obtuvo como resultados en la *T. grandis* un incremento de pérdida de peso desde la base al ápice del fuste, con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el nivel basal y los otros dos niveles evaluados, al realizar las comparaciones medias a través de tukey. Además, se clasificó como resistente en el duramen (9,2%) y moderadamente resistente en la albura (20,5%). También añade que el *P. sanguineus* es el hongo que mayor consumo de leño presentó con respecto al hongo *S. commune*.

2.2.3. Ensayos realizados de densidad básica

Ruiz (2011) en Lima - Perú determinó la densidad básica de la especie *M. spruceana*, siguiendo la norma NTP 251.011. Como resultado, obtuvo una la densidad básica de 0,47 g/cm³. Además, comparó a la *M. spruceana* con otras 9 especies; siendo *Cedrelinga cateniformis* “Tornillo” (0,44 g/cm³), *Podocarpus sp.* “Diablo fuerte” (0,53 g/cm³), *Copaifera officinalis* “Copaiba” (0,60 g/cm³), *Hura crepitans* “Catahua” (0,41 g/cm³), *Brosimum alicastrum* “Manchinga” (0,68 g/cm³), *Ormosia sunkei* “Huairuro” (0,60 g/cm³), *Aspidosperma*

macrocarpon “Pumaquiroy” (0,67 g/cm³), *Pterocarpus sp.* “Palo sangre negro” (0,72 g/cm³) y *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (0,78 g/cm³) por sus buenas propiedades físicas y mecánicas.

Vásquez (2006) encontró a tres alturas del árbol, tanto de albura y duramen de la especie *Miconia barbeyana* (Paliperro), utilizando el hongo *Ganoderma applanatum*, y siguiendo las normas ASTM D 2017 – 71 (determinar la pérdida de masa) y IRAM 9544 (determinar la densidad básica), como resultado que esta especie se clasifica como no resistente al ataque de este hongo y la variación de la densidad básica a lo largo del fuste (Niveles: base= 0,49 g/cm³; medio = 0,51 g/cm³; ápice = 0,53 g/cm³). El autor también estableció una alta correlación entre la densidad básica y el porcentaje de pérdida de peso.

Aching (2011) en Iquitos evaluó el comportamiento tecnológico y las características anatómicas que se comunican con el comportamiento a la durabilidad natural de *M. spruceana* del Arboretum del Jardín Botánico de la UNAP-Iquitos, utilizó ramas de diez centímetros de diámetro y veinte centímetros de longitud para determinar la densidad básica, obtuvo como resultado una densidad básica alta de 0,64 g/cm³.

Omote y Valenzuela (2011) en Arauco - Chile definió la variación radial y longitudinal de la densidad básica en árboles de *Eucalyptus regnans* de 16 años, utilizó arboles con 27,2 diámetros mínimo y 53,8 cm como máximo, con alturas totales en una posición de 26.6 - 30.5 m, de los cuales se cortaron rodajas dobles de 5 cm de espesor de cada nivel indicado (0,10,20,30,40,50,60 y 70%), siguiendo las pautas de la norma ASTM D-2395, como resultado se obtuvo una disminución de la densidad partiendo de la base del árbol (0,427 g/cm³) hasta llegar el 4,5% de la altura neta, registrándose una densidad mínima en este nivel (0,404 g/cm³) y luego mostrando un incremento lineal a los 70% de altura en el árbol (0,462 g/cm³). De manera similar, los primeros datos de densidad base al 0% disminuyeron ligeramente desde la médula (0,403 g/cm³) hasta aproximadamente 15% de radio (0,390 g/cm³) y luego aumentaron fuertemente hacia la corteza (0,457 g/cm³). Como segundo dato se encontraron en toda la altura del árbol, entre 10-50%, cuando la densidad descendió fuertemente desde la médula (0,497 g/cm³) hasta un radio de 40-60% (0,414 g/cm³), y luego aumentó. ligeramente a la corteza (0,436 g/cm³) y finalmente el tercer dato radial se presentó al 60 y 70% de altura del árbol, donde la densidad cayó bruscamente desde la médula a la corteza (de aproximadamente 0.516 a 0.452 g/cm³).

Huaynalaya (2018) en Pucallpa encontró las propiedades físicas de la madera de 5 especies forestales y su variación a 3 niveles del fuste, utilizó las normas: ISO 4470 – 1982, ASTM D-5536-99 y 251.010, 251.011, en condiciones del laboratorio. Como resultado obtuvo que las propiedades físicas de las tres arboles difieren apreciablemente entre ellas. La especie *Diploptropis racemosa* (Chontaquiroy) presentó variabilidad a tres alturas del fuste en la determinación del contenido máximo de humedad, densidad básica, entre otras propiedades; con los valores que tienden a disminuir con diferentes densidades al incrementarse el nivel de altura. Por otro lado, las especies de *Caryocar glabrum* (Almendro) y *Brosimum rubescens* (Palisangre) no presentaron ninguna variación significativa, afirmando que las propiedades son parecidas en los niveles del fuste.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación consistió en tres etapas: en la primera se realizó la tala y extracción de los árboles de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) en un predio privado ubicado en el distrito Caynarachi; la segunda consistió en la preparación de probetas en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal (LATAMF); y la tercera consistió en los ensayos con los hongos xilófagos con el que se conoció el biodeterioro de la especie investigada en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación. Las dos unidades académicas se encuentran adscritas a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.1. Ubicación política

La ubicación política del predio privado se observa a continuación:

Región : San Martín.

Provincia : Lamas.

Distrito : Caynarachi.

La ubicación política de las dos unidades académicas se observa a continuación:

Región : Huánuco.

Provincia : Leoncio Prado.

Distrito : Rupa Rupa.

3.1.2. Ubicación geográfica

La Tabla 2 presenta las coordenadas geográficas de los árboles de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) de la zona de extraída.

Tabla 1. Ubicación de los tres árboles de extraídos

Nº de árbol	DAP (cm)	HC (m)	Altitud (m.s.n.m)	Este	Norte
1	43,2	26,0	159,0	362315	9311152
2	42,0	22,0	158,0	362307	9311249
3	45,3	24,0	166,0	362088	9310821

Fuente: Elaboración propia. DAP = diámetro a la altura del pecho. HC = altura comercial.

La Tabla 3 presenta las coordenadas geográficas del lugar donde se elaboraron las probetas.

Tabla 2. Ubicación del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal (LATAMF)

Lugar	Este	Norte
LATAMF	390332	8970744

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Zona de vida y características climáticas

Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque húmedo tropical (bh-t) a bosque montano húmedo premontano tropical (bmh-PT) a 660 m.s.n.m. Del mismo modo, reporta la temperatura anual de 24°C en promedio y una humedad ambiental de 80%. Además, con una precipitación anual de 3473 mm en promedio (Holdridge,1987).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material vegetativo

- Árboles de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) provenientes de un predio privado de la región San Martín, de un bosque de tipo primario. Los árboles para su

aprovechamiento contaron con un diámetro mínimo de corta de 41 cm, tal como está indicado en la Resolución Jefatural N° 458-2002-INRENA.

- Hongos xilófagos: *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd y *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murril que se solicitaron en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación, los cuales posteriormente fueron reproducidos en el mismo lugar.



Figura 1. Árboles de shiringa masha: a. parte basal. b. parte aérea.

3.2.2. Materiales y equipos

Para la extracción de los árboles y preparación de las probetas de madera se emplearon: motosierra Stihl, sierra circular, cepilladora, lijas de grano 120, vernier, balanza digital de marca AE Adam con precisión de 0,001 g, estufa de marca selecta regulable a $103 \pm 1^\circ\text{C}$, autoclave de modelo SA-232V, campana desecadora, bandejas de plástico y pinzas con las que se manipularon adecuadamente las probetas.

Para la preparación del medio de cultivo y de los frascos de prueba se emplearon: frascos de vidrio de 370 ml con diámetro de 81 mm y altura de 93,85 mm, capacidad suficiente que permitió el desarrollo de los hongos; placas petri de 90 mm de diámetro y demás para permitir el cultivo de hongos; matraz de 250 ml, tapones de algodón, mechero de alcohol, cocina eléctrica de modelo LY80001, balanza granatoria de marca Ohaus, guantes de nitrilo, cofias y mascarillas, vasos de precipitación de 250, 500 y 1 000 ml y papel de aluminio.

Para el cultivo de hongos se utilizaron: desinfectantes, tales como hipoclorito de sodio y alcohol de 96°, mechero de alcohol, asas de siembra y hojas de bisturí N° 12, cámara de flujo laminar de marca Telstar y un higrómetro de modelo AN-2208. Asimismo, para la evaluación del crecimiento de las colonias de hongos se utilizaron plumón indeleble; mientras que para la medición de las probetas se utilizó regla metálica.

3.2.3. Insumos

Se utilizó agar extracto de malta (EMA) para la preparación del medio comercial y para evitar el desarrollo de otros hongos ajenos en el medio se empleó ceftriaxona (antibiótico).

3.3. Método

Para determinar el biodeterioro de la especie *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult. (shiringa masha) causado por los hongos *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus* se empleó madera del duramen y se utilizaron las normas emitidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM D 2017-2005) y el Instituto Nacional de Calidad (NTP 251.011-2019).

3.3.1. Actividades previas

- Determinación de la muestra

Los árboles fueron talados con motosierra, teniendo en cuenta los aspectos y sugerencias de apeo. Luego, se cortaron en tres partes de 15 cm de largo correspondientes a la base, medio y ápice del fuste (Figura 2).

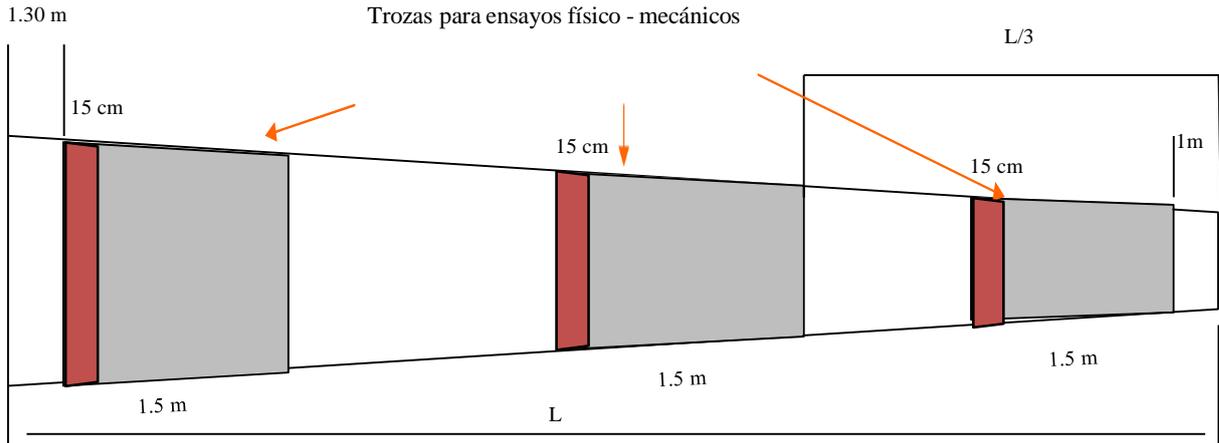


Figura 2. Seccionamiento del fuste en tres niveles (Norma ISO 4470, 1982).

La fisiografía del sitio de donde se extrajeron los tres árboles *Shiringa Masha* es mayormente plana, con una pendiente entre 3 y 5%. La especie *Micrandra spruceana* fue identificada mediante el material botánico completo; es decir una vez tumbado los árboles se tomaron muestras con hojas, flores y/o frutos, ramitas y cortezas, para facilitar la identificación. Los datos referentes a la especie se registraron en una ficha de campo cuando el árbol estaba en pie y luego tumbado. El material fue herborizado teniendo en cuenta lo establecido por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT 458, 1972) para su posterior envío e identificación en el Herbario (Figura 3).



Figura 3. Muestra botánica: a. hojas, frutos y ramitas. b. Prensado y secado de la muestra botánica.

- Preparación y acondicionamiento inicial de las probetas

En la elaboración de las probetas se empleó la norma ASTM D 2017 – 05, cuyas dimensiones de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm. Estas probetas se obtuvieron por medio del método cruciforme (Figura 4).

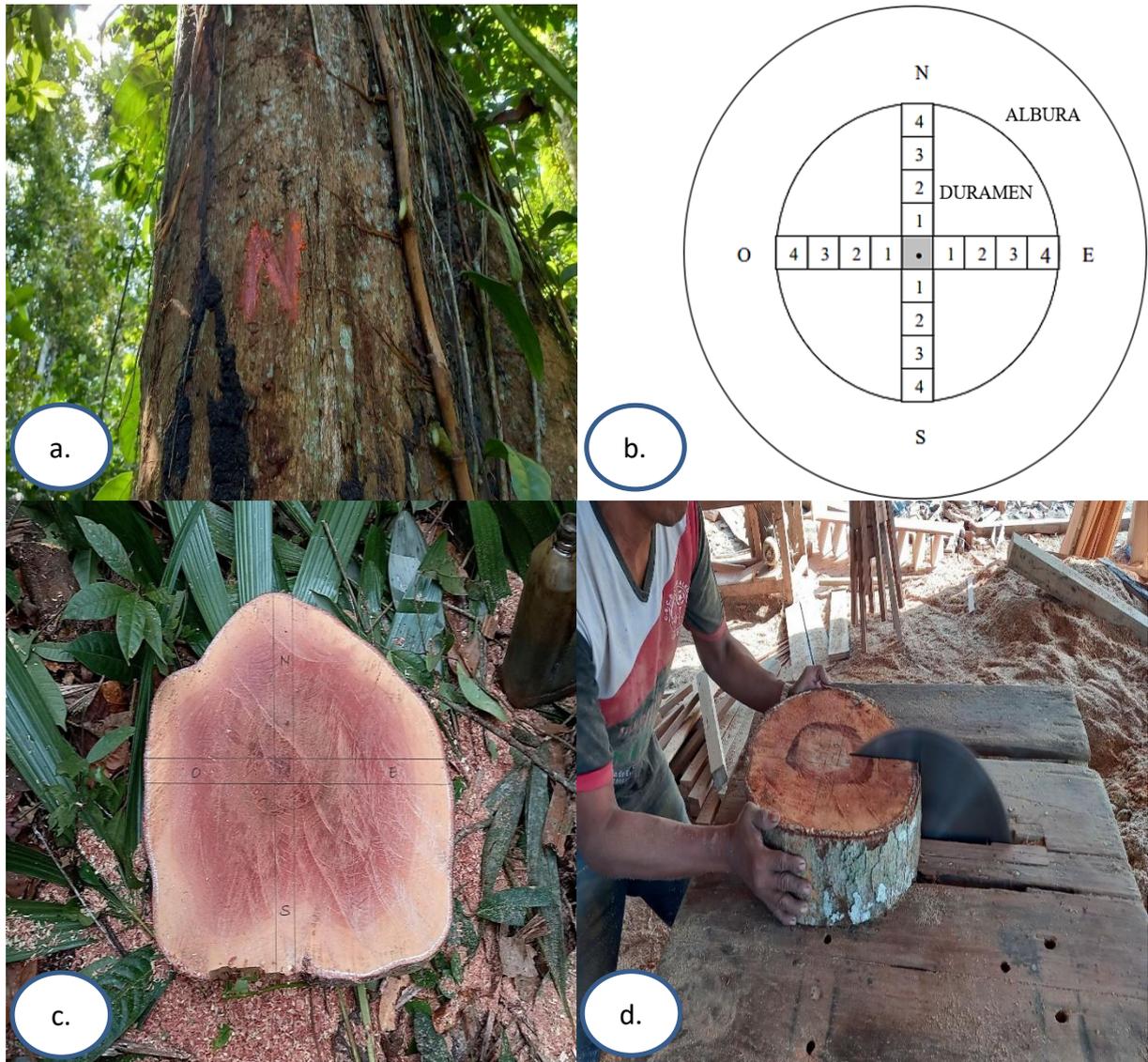


Figura 4. Preparación de probetas. a. Orientación cardinal del árbol. b. Diseño de corte cruciforme de rodajas. c. Orientación cardinal de la rodaja. d. Corte de rodajas.

Para su obtención, las rodajas estuvieron orientadas cardinalmente, por lo que fueron codificadas de la siguiente manera: 1B(N1)-1, 1BN-2, 1BN-3, 1BN-4,...nBN-n; 1BS-1, 1BS-2, 1BS-3, 1BS-4...etc. Además, la colección de estas probetas fue de forma aleatorio debido a que la madera a 3 niveles del árbol es heterogénea.

Donde:

1B(N1)-1: Árbol uno, base, norte, probeta 1.

1B(N4)-4 Árbol uno, base, norte, probeta 4.

1B(S1)-5: Árbol uno, base, Sur, probeta 5.

1B(S4)-8: Árbol uno, base, Sur, probeta 8.

Se elaboraron en total 54 probetas, libre de defectos (nudos, grietas, rajaduras y sin muestras visibles de evidencia de infección por mohos, hongos xilófagos u hongos cromógenos), orientadas adecuadamente, sugerido por la norma ASTM D 2017 – 05 (Figura 5). Se emplearon tres probetas por hongo y por nivel, a razón de seis probetas por nivel y 18 probetas por árbol.



Figura 5. Obtención de muestra. a. Elaboración de probetas en sierra circular. b. Rectificación de probetas con lija de grano de 120.

Por otro lado, con las mismas probetas elaboradas se determinó el crecimiento de las colonias de los hongos, la pérdida de masa y la densidad básica. Una vez

elaboradas las probetas, se determinó el peso seco inicial secando en estufa por 24 horas a 103 ± 1 °C hasta obtener el peso constante.

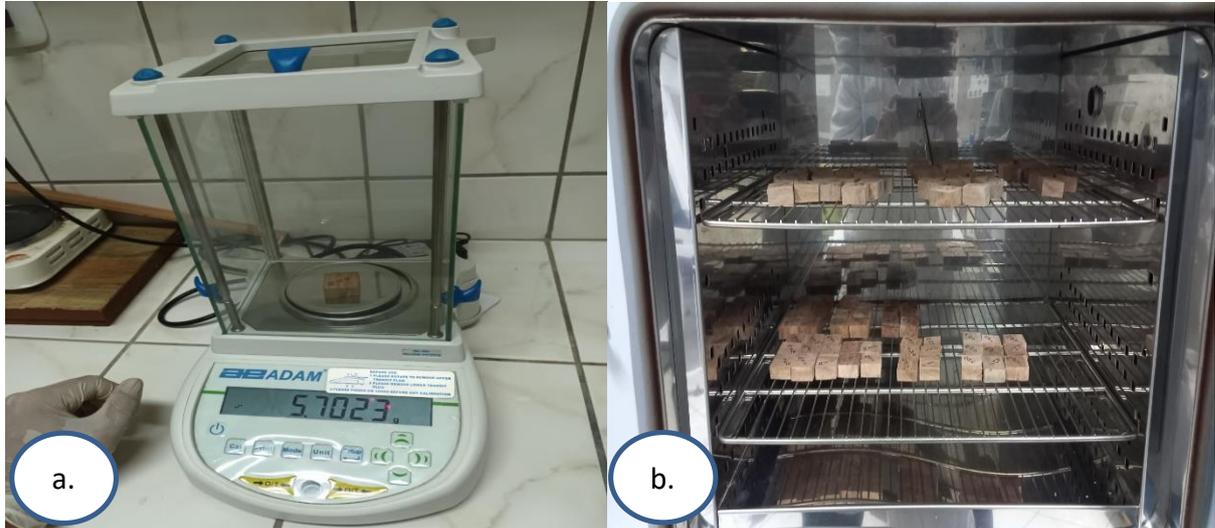


Figura 6. Evaluación de probetas. a. Registro del peso inicial. b. Secado en la estufa.

- Esterilización de las probetas

Posteriormente se esterilizaron las probetas en autoclave a una presión de 15 libras ($T^{\circ} = 121^{\circ}\text{C}$) durante 30 minutos, incluido los frascos de vidrio (Figura 7).



Figura 7. Esterilización de las probetas en la autoclave.

- Elaboración del medio de cultivo

El medio que se empleó correspondió a agar extracto de malta. La preparación consistió en hervir agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se pesó 100 g de agar extracto de malta en la balanza granatoria, luego se disolvieron en forma separada para después ser mezcladas gradualmente.

Después, la mezcla fue calentada en la cocina eléctrica hasta que se obtiene una consistencia adecuada. Preparado el medio de cultivo se dejó entibiar dentro de la cámara de flujo laminar para agregar 0,5 g de ceftriaxona con la finalidad de evitar el desarrollo de hongos patógenos (Figura 8).



Figura 8. Elaboración del medio de cultivo EMA: a. Calentamiento del medio de cultivo en cocina eléctrica. b. Agregado de ceftriaxona al medio de cultivo.

- Preparación de los frascos de prueba

Antes de echar el medio de cultivo en los frascos, se esterilizaron en la cámara de flujo laminar durante 15 minutos con luz ultravioleta. Transcurrido los 15 minutos se vertió 55 ml de agar extracto de malta a cada frasco. Luego, los frascos se dejaron sobre la mesa de la cámara de flujo hasta la solidificación del medio. Después se dejó endurecer el medio por 24 horas, finalmente se realizó la inoculación de los frascos.

- Inoculación de los frascos

Con el fin de prevenir las contaminaciones de los inóculos, se realizó una limpieza superficial de todos los frascos de vidrio con lejía al 1%. Luego se acondicionó la cámara de flujo laminar para la desinfección total con alcohol 96° empezando por la mesa de trabajo y las herramientas que se utilizaron. Después, sobre la mesa se dejaron los frascos de vidrio con medio de cultivo, sin las dos cepas de hongos; así mismo se procedió a esterilizar el ambiente con luz ultravioleta por 15 minutos al encender la cámara de flujo laminar. Pasado este tiempo, se apagó la luz ultravioleta de forma automática y se procedió al inocular los frascos empleando las 2 cepas de hongos.

Con el apoyo de asas se tomó discos de 0,5 cm de cada hongo se trasladaron asépticamente a la superficie de agar de extracto de malta, siendo colocados en el centro de los frascos de vidrio. Ésta labor se realizó cerca de un mechero donde fueron esterilizados las herramientas de uso de manera constante, sumergiendo en alcohol 96° y flameando sobre llama (Figura 9).



Figura 9. Inoculación de los hongos en el frasco asignado.

Posteriormente, los frascos de prueba inoculados fueron incubados a condiciones de laboratorio durante 6 - 9 días hasta que el micelio llegue al borde del mismo frasco formando una capa desarrollada sobre la superficie del agar.

- **Proceso de pudrición**

Al transcurrir los 9 días del desarrollo de los hongos xilófagos, con el uso de pinzas esterilizadas se colocaron las probetas esterilizadas con la sección transversal sobre la capa micelial de los hongos y se cultivaron por 90 días a condiciones de laboratorio, con temperatura de $26 \pm 3^\circ\text{C}$, iniciando de esta manera el deterioro.

- **Acondicionamiento final de las probetas**

Al terminar el período de pudrición, se retiraron las probetas de los frascos y luego se quitaron los micelios desarrollados. Luego, se llevaron a la estufa a $103 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas con el que se determinó el peso final (Figura 10).



Figura 10. Evaluación de probetas: a. Secado en la estufa. b. Registro del peso final.

3.3.2. Determinación del crecimiento de los hongos en las probetas de madera de duramen en tres niveles del fuste

Previo a la determinación del ritmo promedio de crecimiento se acondicionó 54 frascos inoculados con discos de 0,5 cm de *T. versicolor* y *P. sanguineus*,

realizando 27 repeticiones por tipo de hongo. Luego se estimó el crecimiento diario de los micelios de ambos hongos hasta los 6 y 9 días, momento en que las primeras colonias llegaron al borde de los frascos de vidrio. Para ello, con plumón indeleble se dibujaron una línea horizontal y la otra vertical en la base de los frascos de vidrio (en forma de cruz); posteriormente, las mediciones se realizaron con una regla metálica.

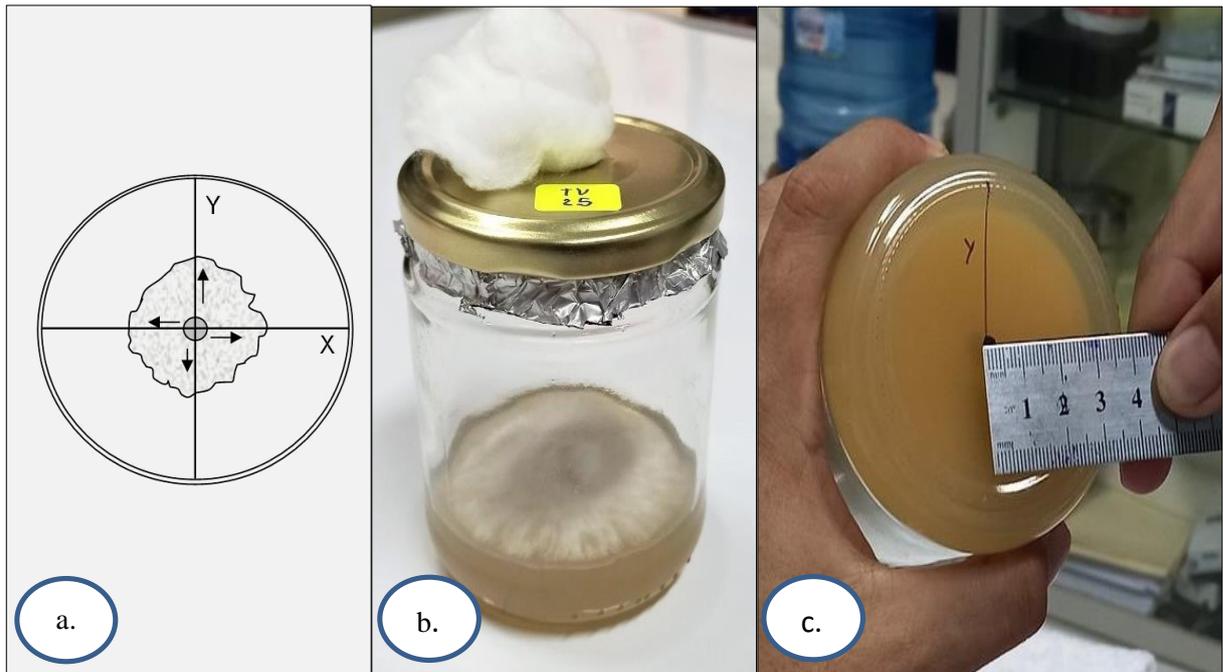


Figura 11. Medición de las colonias fungosas: a. Diseño de medición. b. Crecimiento micelial de los hongos en frascos de vidrio. c. Medición realizado con regla metálica en la base de los frascos de vidrio.

Después para determinar el crecimiento de los hongos se realizaron observaciones cuantitativas y cualitativas siguiendo la metodología propuesta por Sandoval (2018): En el tipo cuantitativo se determinó el radio de la colonia con el fin de obtener el ritmo promedio de crecimiento (RPC), expresados en cm/día.

Para determinar el RPC se empleó la siguiente Ecuación (1):

$$RPC = \frac{C_f - C_i}{T_f - T_i} \dots \dots (1)$$

Donde:

RPC : Ritmo promedio de crecimiento (cm/día)

Cf : Crecimiento final (cm)

Ci : Crecimiento inicial “primer día” (cm)

Tf : Tiempo final (ultimo día)

Ti : Tiempo inicial (primer día)

Cumplido el periodo de 6 a 9 días, recién fueron colocadas las probetas esterilizadas con la sección transversal sobre la capa micelial de los hongos en los frascos de vidrio, utilizando pinzas esterilizadas. Finalmente, se cultivaron por espacio de 90 días a condiciones de laboratorio, con temperatura de $26 \pm 3^\circ\text{C}$.

En el tipo cualitativo, se clasificó el crecimiento de los hongos en base a lo indicado por García (2008), la cual se muestra en la Tabla 3. Esta clasificación visual se realizó al finalizar los 90 días.

Tabla 3. Clasificación del crecimiento de los hongos según su densidad básica por acción de hongos xilófagos en las probetas

Código	Deterioro de la densidad básica (g/cm^3)	Clasificación del desarrollo fungoso sobre las probetas
X	Más de 0,79	No hay desarrollo fungoso (de no existir a iniciar)
XX	De 0,65 a 0,78	Ligero desarrollo fungoso (final de un inicio a ligero)
XXX	De 0,45 a 0,64	Buen desarrollo fungoso (final de un ligero a buen)
XXXX	Menos de 0,44	Notable desarrollo fungoso (final de un buen a notable)

Fuente: (García, 2008).

Cabe recalcar que los datos cuantitativos del crecimiento de hongos se analizaron mediante la prueba T student con el propósito de detectar si existen diferencias estadísticas significativas, a un nivel de significancia del 5%. Así mismo, estos resultados se

presentan a través de parámetros estadísticos tales como media, desviación estándar, coeficiente de variación. Para el procesamiento de los datos se empleó el software SPSS.

3.3.3. Determinación de la pérdida de masa causado por los hongos en tres niveles del fuste

Previo a la determinación de pérdida de masa se elaboró 54 probetas guiándose en la norma ASTM D 2017 – 05, luego se llevó a la estufa por 24 horas hasta que logre un peso constante, después se retiró las probetas para registrar el peso inicial. Posteriormente, cuando el micelio haya cubierto el medio de cultivo, en lo posible hasta el borde de los frascos de vidrio, se tomó pinzas esterilizadas para introducir las probetas a los frascos de vidrio. Finalmente, se cultivaron durante 90 días a $26 \pm 3^\circ\text{C}$. Así mismo, cumplido los 90 días de deterioro se retiró el micelio que crecieron sobre las probetas y nuevamente se llevó a la estufa por 24 horas hasta que obtenga un peso constante con la finalidad de registrar el peso final.

Para determinar el porcentaje de pérdida de masa causado por la acción del *T. versicolor* y *P. sanguineus* se utilizó la Ecuación (2):

$$PP = \frac{PSI - PSF}{PSI} \times 100 \dots \dots (2)$$

Donde:

PP : Pérdida de peso (%).

PSI : Peso seco inicial (g).

PSF : Peso seco final (g).

100 : Factor de conversión de porcentaje.

Los valores porcentuales de pérdida de masa se interpretaron de acuerdo a la norma ASTM D 2017 – 05 mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de la madera según su durabilidad natural por acción de hongos

Clase	Pérdida de masa (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago
A	0 a 10	Altamente resistente
B	11 a 24	Resistente
C	25 a 44	Moderadamente resistente
D	> 45	No resistente

Fuente: (ASTM, 2005).

3.3.4. Determinación de la influencia de la densidad básica en la resistencia a la pudrición en tres niveles del fuste, causado por los hongos

Previo a la determinación de la influencia de la densidad básica se empleó las mismas 54 probetas elaboradas para la pérdida de masa. No obstante, para determinar la densidad básica se empleó la norma NTP 251.011. Esta norma establece dos formas de estimar la densidad (la primera por el Principio de Arquímedes y la segunda por el Método directo). En este trabajo se optó por emplear el método directo, que consistió en medir directamente las 3 caras de las probetas (espesor x lado A x lado B) con calibrador (Vernier) en estado verde. El peso de las probetas se registró llevando a la estufa por 24 horas hasta que logre un peso constante. Cabe recalcar que el peso de las probetas se obtuvo al finalizar los 90 días de deterioro.

Para estimar la densidad básica de *Micrandra spruceana* (shiringa masha) se utilizó la Ecuación (3):

$$DB = \frac{PSH}{VV} \dots \dots (3)$$

Donde:

DB : Densidad básica (g/cm³).

PSH : Peso seco al horno (g).

VV : Volumen verde (cm³).

Posteriormente la influencia de la densidad básica se determinó después de ser expuesto las probetas a la acción de los hongos xilófagos, empleando los promedios totales obtenidos de la densidad básica y pérdida de peso (%). Por ello, se necesita conocer el grado de correlación a un nivel de significancia de 5%.

3.3.5. Tipo de investigación, muestra y variables

El tipo de la investigación es experimental.

Se seleccionaron al azar tres árboles de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (Shiringa masha), teniendo en cuenta el buen estado del árbol, la forma del fuste y el diámetro ideal. Se eligieron tres árboles porque la norma COPANT 458 recomienda al menos tres árboles por población de una especie conocida para estudios técnicos (Junta del Acuerdo de Cartagena [JUNAC], 1983).

Las variables de la investigación fueron las siguientes:

- Variables independientes: hongos (*Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd) y (*Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill) y los tres niveles del fuste.
- Variables dependientes: crecimiento de hongos en las probetas provenientes de tres niveles de fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha), pérdida de masa en probetas provenientes de tres niveles de fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha) y densidad básica de las probetas provenientes de tres niveles del fuste de *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult (shiringa masha).

3.3.6. Tratamientos

El diseño empleado para el análisis fue el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial, donde se consideraron:

Factor 1: Dos hongos (*T. versicolor* = H1 y *P. sanguineus* = H2).

Factor 2: Tres niveles (base = N1, medio = N2 y ápice = N3).

Se realizaron tres repeticiones por nivel, nueve por los 3 niveles (1 árbol) y por los 3 árboles son 27 unidades experimentales. En total como se emplearon 2 hongos fueron 54 unidades experimentales. En la Tabla 5 se muestra el arreglo combinatorio, que resultan en seis tratamientos.

Tabla 5. Arreglo combinatorio

Hongos	Niveles del fuste		
	N1 (base)	N2 (medio)	N3 (ápice)
H1 (<i>T. versicolor</i>)	H1N1 – T1	H1N2 – T2	H1N3 – T3
H2 (<i>P. sanguineus</i>)	H2N1 – T4	H2N2 – T5	H2N3 – T6

Fuente: Elaboración propia. Tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 y T6).

3.3.7. Análisis estadístico y procesamiento de datos

Se realizó el ANOVA con el propósito de encontrar diferencias estadísticas significativas, a un nivel de significancia del 5% en la clase de deterioro causado por agentes biológicos y los tratamientos se analizaron mediante la prueba Tukey para ser aplicados en los objetivos de pérdida de masa y densidad básica; a excepción del objetivo crecimiento micelial que se aplicó la prueba T student. Así mismo, los resultados se presentan en tablas determinando los parámetros tales como media, desviación estándar y coeficiente de variación. Del mismo modo, el coeficiente de correlación se determinó a un nivel de significancia del 5% para conocer la influencia de la densidad básica empleando los promedios totales obtenidos de la densidad básica y pérdida de peso (%). Para el procesamiento de los datos se empleó el software SPSS.

Tabla 6. Análisis de varianza para un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F
Niveles (n)	n-1	SCn	SCn/gln	CMn/Cme
Hongos (h)	h-1	SCh	SCh/glh	CMh/Cme
Niveles x Hongos (nxh)	t-(n+h)+1	SCnxh	SCnxh/glnxh	CMnxh/Cme
Error Experimental (e)	gIT-glt	SCe	SCe/gle	
Total	tr-1			

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento de los hongos en las probetas de madera de duramen en tres niveles del fuste

De acuerdo a la prueba T student presentado en la Tabla 7 se determinó que existen diferencias significativas en los hongos (*T. versicolor* y *P. sanguineus*), debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, con un nivel de significancia del 5%, los hongos tienen un promedio diferente del crecimiento micelial en las 27 repeticiones de ambos hongos.

Tabla 7. Prueba T student para muestras independientes

Clasificación	N	Media	Diferencias de medias	LI (95%)	LS (95%)	pHomVar	T	Sig.
<i>T. versicolor</i>	27	0,29	-0,23					
<i>P. sanguineus</i>	27	0,52	-0,23	-0,24	-0,22	0,9042	-66,31	0,0001**

Fuente: Elaboración propia. (*) Nivel de significación $P < 0,05$. N: Repeticiones. LI: Límite inferior. LS: Límite superior. pHomVar: valor de p para prueba F de homogeneidad de varianzas. Sig: Significancia.

Al comparar el crecimiento del *P. sanguineus* en el medio agar extracto de malta (EMA) fue igual a lo registrado por Gómez (2017) que halló diferencias. Sin embargo, contrario a lo reportado por Acosta et al (2010) que no encontró diferencias significativas. Por otro lado, al comparar el crecimiento del *T. versicolor* en el medio EMA fue igual a lo reportado por Gómez (2017) que encontró diferencias significativas, igual por Hormaza y Rojas (2014) en el medio agar papa dextrosa (PDA) que encontró diferencias significativas (Ver Figura 13).

Las observaciones cuantitativas de la Figura 12, el hongo *P. sanguineus* presentó un ritmo promedio de crecimiento micelial de 0,52 cm/día, con una tasa de 0,6098 en medio EMA a los 6 días de incubación, a $27 \pm 3^\circ\text{C}$ con presencia y ausencia de luz cada 12 horas; es decir hasta que el micelio haya tocado el borde interior de los frascos de vidrio, pero fue similar a lo reportado por Gómez (2017) de 0,39 cm/día a los 6 días de incubados a 22°C en ausencia de luz. Sin embargo, el resultado está dentro del rango reportado por Acosta et al (2010) con una velocidad de crecimiento que varía desde 0,2 a 0,9 cm/día en sustratos como aserrín de cedro y sustratos hervidos encino, lirio, trigo y avena, a los 10 días de incubados a 25°C , en ausencia de luz.

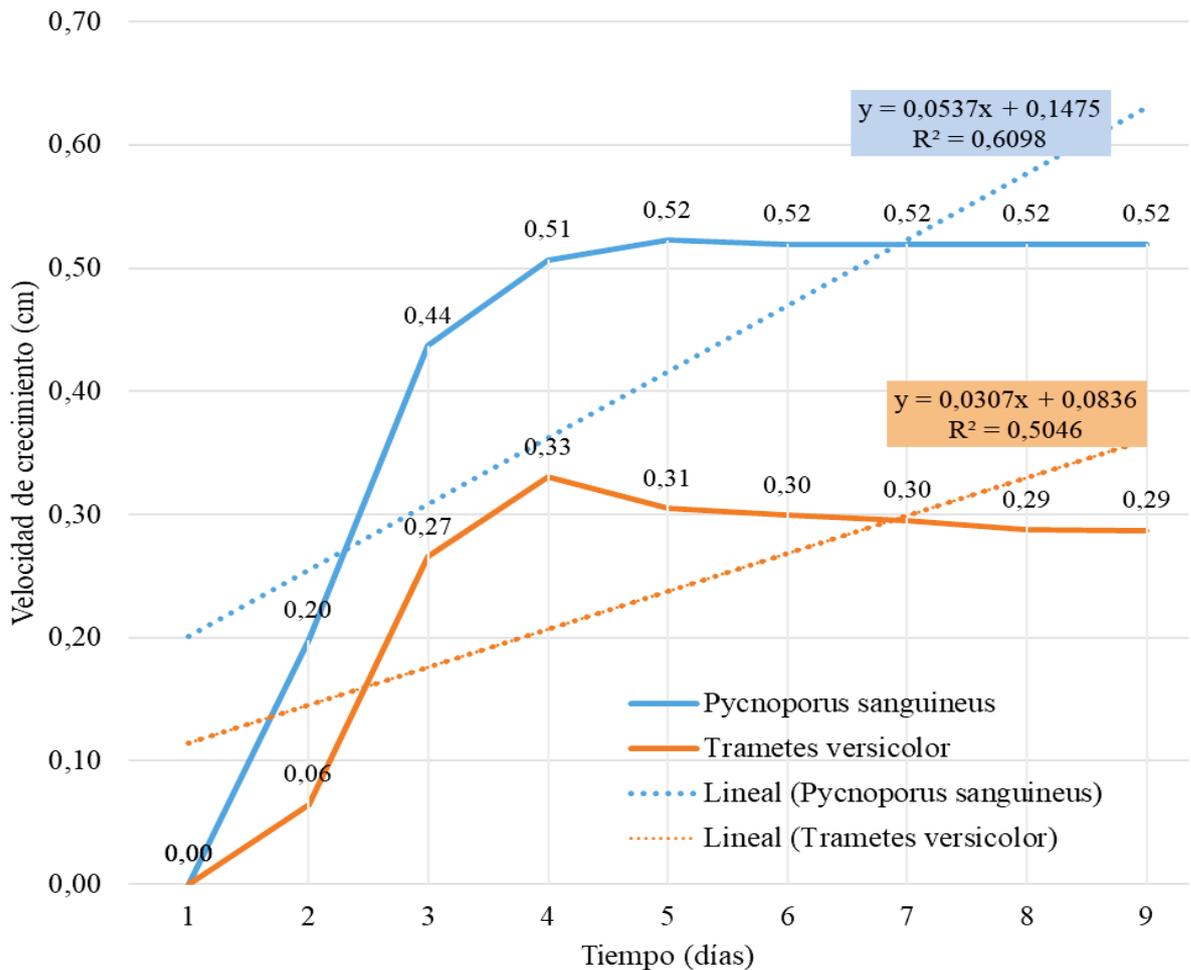


Figura 12. Curva del ritmo promedio de crecimiento y la tasa de las 27 repeticiones y por tipo de hongo.

Mientras el hongo *T. versicolor* presentó un ritmo promedio de crecimiento micelial de 0,29 cm/día, con una tasa de 0,5046 en medio EMA, a los 9 días de incubación, a $27 \pm 3^\circ\text{C}$, con presencia y ausencia de luz cada 12 horas; es decir hasta que el micelio haya tocado el borde interior de los frascos de vidrio, pero fue inferior a lo reportado por Campi et al (2021) en el medio malta fue $1,21 \pm 0,18$ cm/día, a un periodo de incubación de 10 - 24 días a 28°C en ausencia de luz. También a lo reportado por Hormaza y Rojas (2014) en el medio agar papa dextrosa (PDA) con 1,42 cm/día, a los 7 - 9 días de incubados a 28°C , en ausencia de luz. La literatura explica que algunas especies no toleran la luz, en cambio otros sí tal es el caso del *P. sanguineus*. En ese contexto, la presencia de 12 horas de luz para el *T. versicolor* en el medio EMA influyó en el retardo de su crecimiento; debido a que requirió total oscuridad. Recalcando que también puede influir el nivel de pH del sustrato y el medio sintético utilizado (Findlay, 1967).

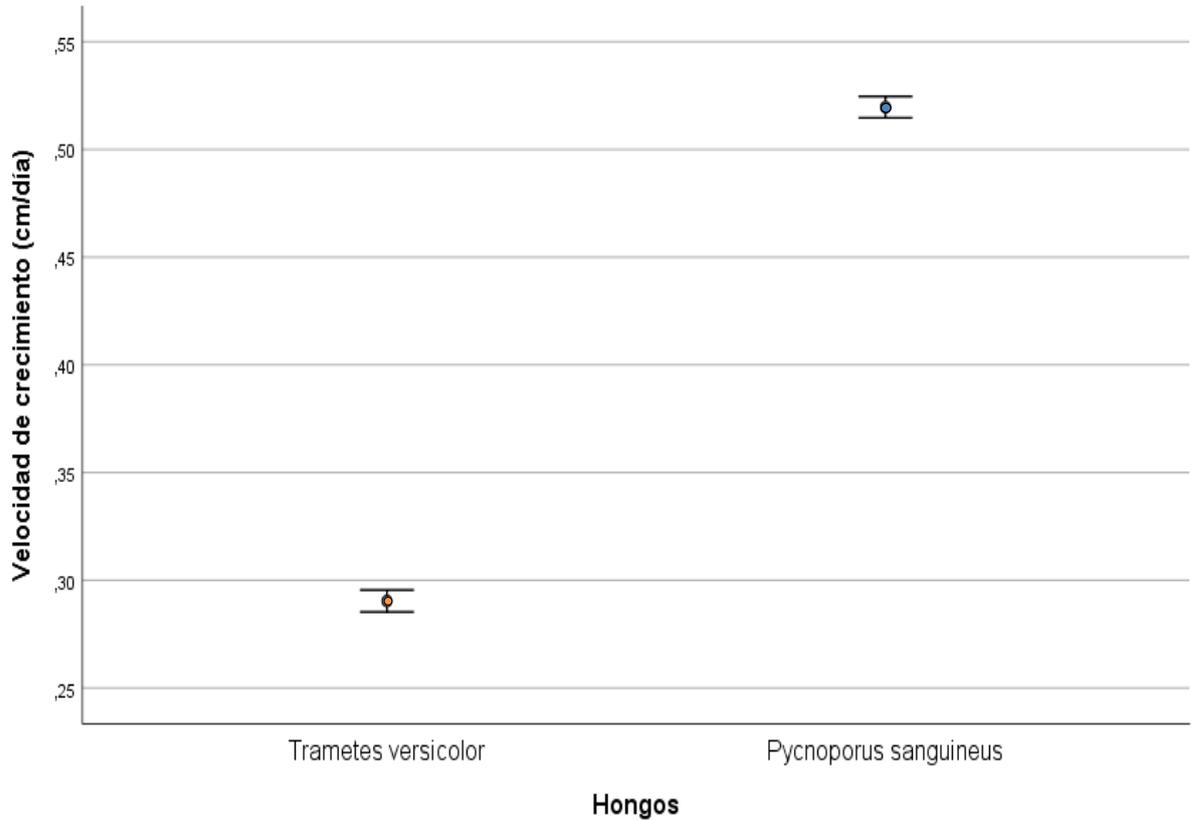


Figura 13. Ritmo promedio de crecimiento (RPC) por repeticiones y por tipo de hongo.

La velocidad de crecimiento del *T. versicolor* y *P. sanguineus* en el medio Agar extracto de malta (EMA) reportaron diferente por más que se cumplió con los requerimientos necesarios para iniciar el proceso de pudrición de la madera mencionado por la norma ASTM D 2017 (2005), Bobadilla (2004) y García (2015) entre los que destacan la temperatura, que resultó estar en $26 \pm 3^\circ\text{C}$, situándose dentro del rango (20 a 30°C), de lo contrario los hongo xilófagos se habrían limitado en su actividad, y la humedad relativa, que resultó estar en $64 \pm 6\%$, encontrándose dentro del rango (25 a 75%) y el pH del medio EMA, que resultó ser 5, encontrándose dentro del rango (5 y 8), en el cuarto de acondicionamiento.

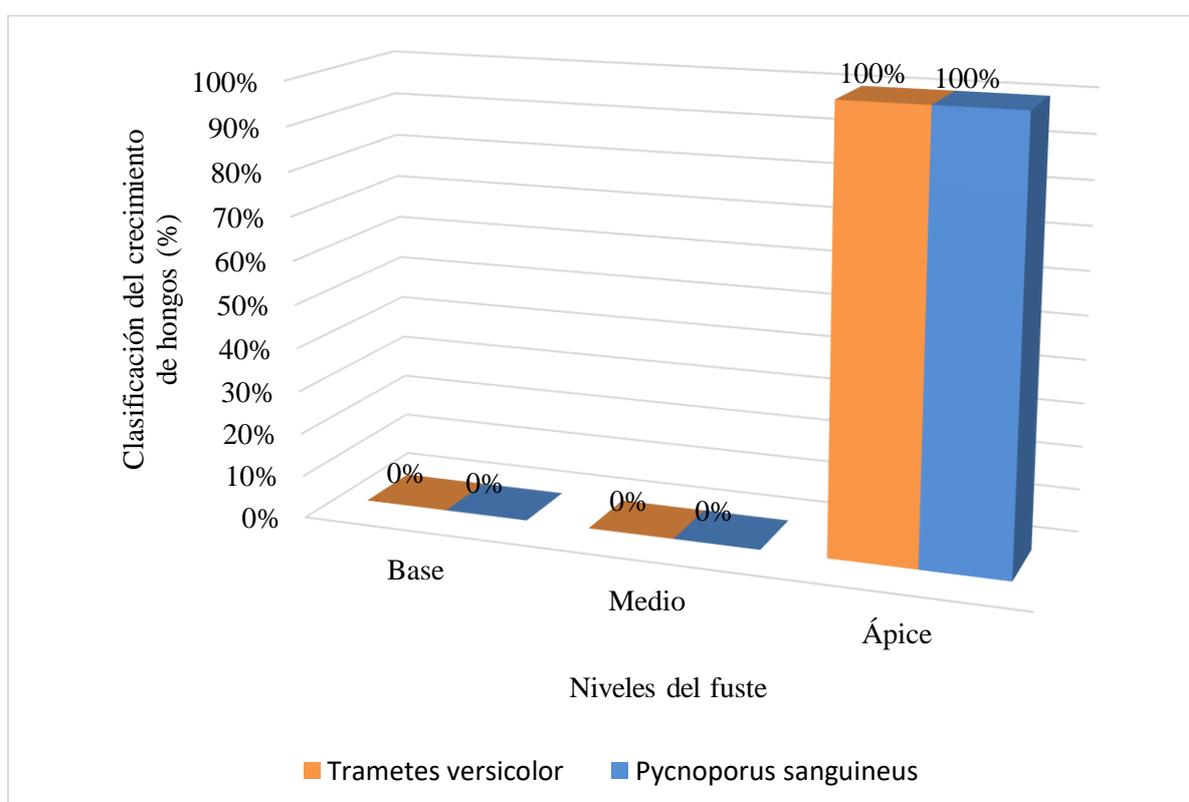
En la Tabla 8 se observan los descriptivos estadísticos de la tasa de crecimiento (TC) del *T. versicolor* y *P. sanguineus*. De acuerdo a los promedios obtenidos, el crecimiento es diferente en ambos tipos de hongos. Así mismo, se observa el coeficiente de variación que resultó ser 3,42 %, indicando una variación muy baja.

Tabla 8. Medidas de resumen de la velocidad de crecimiento del *T. versicolor* y *P. sanguineus*

Hongos	Repeticiones	Media	D.E	C.V
<i>Tremetes versicolor</i>	27	0,2904	0,01285	4,42
<i>Pyncoporus sanguineus</i>	27	0,5196	0,01255	2,42
Promedio		0,405	0,013	3,42

D.E: Desviación estándar. C.V (%): Coeficiente de variabilidad

Con respecto a las observaciones cualitativas, el crecimiento de los hongos encima de las probetas de *M. spruceana* se evaluó al finalizar los 90 días del experimento. En la Figura 14, se observa la clasificación del crecimiento del hongo *T. versicolor* y *P. sanguineus*, el 0% del nivel base y medio, reportaron el código promedio “X”, el cual se clasifica como “no hay desarrollo fungoso sobre las probetas”; no obstante, el 100% de las probetas del nivel ápice reportaron el código promedio “XX”, el cual se clasifica como “ligero desarrollo fungoso sobre las probetas” (ver Figura 30 y 31).

**Figura 14.** Clasificación del crecimiento de hongos por nivel de fuste sobre las probetas.

Los resultados cualitativos del crecimiento de *T. versicolor* sobre las probetas de *M. spruceana* de los 3 niveles, difieren con los obtenidos por García (2008) en la evaluación del crecimiento de los hongos de *Polyporus versicolor* en probetas del nivel no especificado (se asume que proviene del nivel medio en las tres especies forestales) de *Miconia barbeyana* (0,44 g/cm³) y *Schizolobium amazonicum* (0,53 g/cm³), debido a que en dichas probetas registró un “buen desarrollo fungoso”, mientras que en las probetas de *Jacaranda copaia* (0,32 g/cm³), registró un “notable desarrollo fungoso”. No obstante, existe escasa información de estudios cualitativos realizados en crecimiento de *T. versicolor* sobre las probetas a 3 niveles del fuste.

Así mismo, resultados los cualitativos del crecimiento de *P. sanguineus* sobre las probetas de *M. spruceana* de los 3 niveles, fue similar a lo reportado por Morey (2018) en su evaluación empleando el mismo hongo *P. sanguineus* y el *Lenzites erubescens* en probetas de *Jacaranda copaia* (0,31 g/cm³), ambos hongos registró en el nivel base un “Moderado desarrollo fungoso (interpretado por la tabla como final de un ligero a buen desarrollo fungoso)” y en los niveles (medio y ápice) registró un “buen desarrollo fungoso (interpretado como final de un buen desarrollo fungoso a notable)”.

Por otro lado, el crecimiento de los hongos xilófagos no solo depende exclusivamente de la especie, ni el tipo de lignina que hay en las paredes celulares, ni de las sustancias químicas existentes en la madera, sino de los factores óptimos para los cultivos, agregando a lo indicado por García (2015) que para observar con facilidad la actividad de los hongos dependerá en la etapa de ataque más avanzada que se encuentre, esto es explicado algunos autores que el *T. versicolor* y *P. sanguineus* colonizan segregando sus variedades de enzimas vía vasos y parénquima radial. Eso indica que los hongos no solo colonizan la parte superficial de las probetas, sino también su interior.

4.2. Pérdida de masa causado por los hongos en tres niveles del fuste

De acuerdo al análisis de varianza presentado en la Tabla 9 se determinó que existen diferencias significativas en los niveles y los hongos (*T. versicolor* y *P. sanguineus*), debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, con un nivel de significancia del 5%, los tres niveles del fuste de la madera *M. spruceana* y los tipos de hongos tienen un promedio de pérdida de masa diferente al finalizar los 90 días del biodeterioro.

Tabla 9. Análisis de varianza para la pérdida de masa promedio

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F	Sig.
Niveles	2	14,770	7,385	8,346	0,0001**
Hongos	1	84,856	84,856	95,902	0,0008*
Niveles x Hongos	2	0,058	0,029	0,33	0,9676 ^{NS}
Error Experimental	48	42,472	0,885		
Total	53				

Fuente: Elaboración propia. (*) Nivel de significación. NS = no significativo.

En la Tabla 10 se observa el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la pérdida de masa promedio por niveles. No existen diferencias significativas entre los niveles base y medio, así como en los niveles medio y ápice; no obstante, se reportan diferencias significativas entre el nivel base con el nivel ápice.

Tabla 10. Prueba de análisis Tukey para la pérdida de masa promedio por niveles

Niveles del fuste	N° de probetas	Promedio (%)	Sig.	
Base	18	7,830	A	
Medio	18	8,493	A	B
Ápice	18	9,111	B	

Fuente: Elaboración propia. Letras diferentes reportan diferencias significativas.

Los resultados encontrados mediante la prueba tukey, es similar a lo reportado por Fabián (2020) al determinar la pérdida de masa de la especie *Tectona grandis* a la acción de los hongos *P. sanguineus* y *Schizophyllum commune* entre el nivel base y los otros dos niveles (medio y ápice). Lo mismo por Avalos y Aviles (2020) al determinar la pérdida de masa de 10 especies maderables al ataque del *P. sanguineus* y *Lenzytes erubencens* presentó similar disminución consecutiva en los niveles base, medio y ápice.

En la Tabla 11 y Figura 15 se observan los descriptivos estadísticos de la pérdida de masa promedio por nivel de fuste para el hongo *T. versicolor*. De acuerdo a los promedios obtenidos, la pérdida de masa promedio fue de menor a mayor con respecto a los tres niveles de la *M. spruceana* reportando un grado de resistencia “altamente resistente”.

Tabla 11. Medidas de resumen de la pérdida de masa promedio causado por el hongo *T. versicolor* por niveles

Niveles del fuste	Nº de probetas	Media	D.E	C.V (%)
Base	9	6,5632	1,28204	19,53
Medio	9	7,2847	1,14318	15,69
Ápice	9	7,8252	0,71979	9,20
Promedio		7,2244	1,04834	14,81

D.E: Desviación estándar. C.V (%): Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos, fueron similares a la resistencia de 6 de las 8 especies forestales reportadas Trujillo y Gonzáles (1985) al ver la acción de 4 hongos (presente el *Polyporus versicolor*), determinando que 3 especies (*Ocotea costulata* “alcanfor”, *Myroxylon balsamum* “Estoraque” y *Clarisia racemosa* “Tulpay”) clasificados como “altamente resistente” y 3 especie (*Caryocar glabrum* “Almendro”, *Calycophyllum brasiliense* “Lagarto caspi” y *Endlicheria sp.* “Moena amarilla”) clasificados como “resistente”.

También, la resistencia de 8 de las 10 especies forestales de Madre de Dios a lo reportado por Gonzáles y Yataco (2016) quienes utilizaron al hongo *P. versicolor*, determinando que 5 especies (*Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Clarisia racemosa* “Mashonaste colorado”, *Poutoria sp.* “quina quina negra”, *Cabrlea canjerana* “requia” y *Tabebuia serratifolia* “tahuari”) clasificados como “altamente resistente” y 3 especies (*Hymenaea oblongifolia* “Azúcar huayo”, *Chrysophyllum lucentifolium* “Caimito” y *Pseudolmedia laevis* “Chimicua”) clasificados como “resistente”.

Así mismo, la resistencia de 4 de las 7 especies forestales a lo reportado por De la Cruz et al (2018) quienes utilizaron al hongo *T. versicolor*, determinando que 4 especies (*Pinus durangensis*, *Pinus strobiformis*, *Pinus teocote* y *Juniperus deppeana*) clasificados como “altamente resistente”.

Así pues, lo investigado por García (2008) que la *Miconia barbeyana*, *Jacaranda copaia* y *Schizolobium amazonicum* clasificados como “no resistente” y “moderadamente resistentes” al ataque de los hongos *Polyporus versicolor* y *Heterobasidium annosum*. Del

mismo modo, los resultados reportados por García (2015) con el *T. versicolor* en las especies *Gallesia integrifolia*, *Azadichta indica* y *Cedrela odorata*, clasificados como “no resistentes”.

En la Tabla 12 y Figura 15 se observan los descriptivos estadísticos de la pérdida promedio de masa por nivel de fuste para el hongo *P. sanguineus*. De acuerdo a los promedios obtenidos, la pérdida de masa promedio fue de menor a mayor con respecto a los tres niveles de la *M. spruceana* reportando un grado de resistencia “altamente resistente”.

Tabla 12. Medidas de resumen de la pérdida de masa promedio causado por el hongo *P. sanguineus* por niveles

Niveles del fuste	Nº de probetas	Media	D.E	C.V (%)
Base	9	9,0968	0,92350	10,15
Medio	9	9,7013	0,80708	8,32
Ápice	9	10,3964	0,57978	5,58
Promedio		9,7315	0,77012	8,02

D.E: Desviación estándar. C.V (%): Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos, fueron similares a la resistencia de 3 de las diez especies maderables evaluados por Avalos y Aviles (2020), quienes utilizaron al hongo *P. sanguineus*, determinando que una especie (*Terminalia oblonga* “Yacushapana”) clasificó como “altamente resistente” y dos especies (*Septotheca tessmannii* “Utucuro” y *Apuleia molaris* “Anacspi”) clasificados como “resistentes”; asimismo, determinaron que el nivel ápice reportó mayor vulnerabilidad, mientras que el nivel base reportó menor vulnerabilidad.

Igualmente, a la resistencia de 25 de las 53 especies forestales de Yurimaguas reportadas por González (1970) al ver la acción de 5 hongos (presente el *Polyporus sanguineus*), determinando que 10 especies (*Diplotropis martinsii* “Chontaquiuro”, *Diplotropis sp.* “Chiquiro blanco”, *Inga sp.* “Puca shimbillo”, *Iryanthera paraensis* “Pucuna caspi”, *Brosimum paraense* “Palosangre”, *Caryocar coccincum* “Almendro”, *Myroxylam balsamum* “Estoraque”, *Manilkara bidentata* “Quinilla colorada” y *Guarea sp.* “Requia blanca”) clasificados como “Altamente resistentes” y 15 especies (*Parinarium parile* “Parinari”, *Rhedia floribunda* “Palo azufre”, *Sickingia williamsii* “Puca quiro”, *Chlorophora tintórea* “Isullija”, *Ormosia coccinea* “Huairuro”, *Sterculia S.P.* “Huangana caspi”, *Erythrina sp.* “Ana caspi”,

Ogcodeia tamamuri “Tamamuri”, *Brosimum uleanum* “Palo sangre blanco”, *Lonchocarpus sp.* “Ochabaja”, *Aspidosperma vargesii* “Quillocordon”, *Trichillia sp.* “Cedro mullaca”, *Tabebuia pentaphylla* “Tahuari”, *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” y *Carpotroche parvifolia* “Cacha huayo”) clasificados como “resistentes”.

También, a lo reportado por Trujillo y Gonzáles (1985) quienes utilizaron al hongo *P. sanguineus*, determinando que 4 especies (*Ocotea costulata* “alcanfor”, *Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Clarisia racemosa* “Tulpay” y *Caryocar glabrum* “Almendro”) clasificados como “altamente resistente” y una especie *Calycophyllum brasiliense* “Lagarto caspi” clasificado como “resistente”.

Así mismo, a lo reportado por Gonzáles y Yataco (2016) quienes utilizaron al hongo *P. sanguineus*, determinando que 6 especies (*Pseudolmedia laevis* “Chimicua”, *Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Clarisia racemosa* “Mashonaste colorado”, *Poutoria sp.* “quina quina negra”, *Cabralea canjerana* “requia” y *Tabebuia serratifolia* “tahuari”) clasificado como “altamente resistente” y 3 especies (*Hymenaea oblongifolia* “Azúcar huayo”, *Chrysophyllum lucentifolium* “Caimito” y *Brosimum alicastrum* “Manchinga”) clasificados como “resistente”.

Del mismo modo, a lo reportado por Fabián (2020) que utilizó el *P. sanguineus*, determinando que la especie *Tectona grandis* clasifica como “resistente” en el duramen y moderadamente resistente en la albura; incluso, la pérdida de masa promedio que reportó fue decreciente del nivel ápice a la base. Incluso, Bobadilla (2004) utilizó al *P. sanguineus* bajo 2 condiciones de evaluación determinando que la madera *Toona ciliata* “Toona” se clasifica como resistente.

Así pues, a lo investigado por Ramos (2014) que la especie forestal *Swietenia macrophylla* clasificado como “altamente resistente”, y que las maderas de *Simarouba amara* y *Schizolobium amazonicum*, clasificados como “no resistentes” a la pudrición al ataque de los hongos *Schizophyllum commune* y *Polyporus sanguineus*.

Tabla 13. Resumen de la pérdida de masa promedio (%) de la especie *M. spruceana* y su interpretación por la norma ASTM D 2017-05

Árboles	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Pérdida de masa de niveles (%)	Clase	Grado de resistencia
1	<i>T. versicolor</i> x Base	6,78	A	Altamente resistente
2	<i>T. versicolor</i> x Base	5,96	A	Altamente resistente
3	<i>T. versicolor</i> x Base	6,95	A	Altamente resistente
1	<i>T. versicolor</i> x Medio	7,552	A	Altamente resistente
2	<i>T. versicolor</i> x Medio	7,048	A	Altamente resistente
3	<i>T. versicolor</i> x Medio	7,255	A	Altamente resistente
1	<i>T. versicolor</i> x Ápice	7,661	A	Altamente resistente
2	<i>T. versicolor</i> x Ápice	7,986	A	Altamente resistente
3	<i>T. versicolor</i> x Ápice	7,829	A	Altamente resistente
1	<i>P. sanguineus</i> x Base	8,243	A	Altamente resistente
2	<i>P. sanguineus</i> x Base	9,548	A	Altamente resistente
3	<i>P. sanguineus</i> x Base	9,5	A	Altamente resistente
1	<i>P. sanguineus</i> x Medio	9,677	A	Altamente resistente
2	<i>P. sanguineus</i> x Medio	9,641	A	Altamente resistente
3	<i>P. sanguineus</i> x Medio	9,786	A	Altamente resistente
1	<i>P. sanguineus</i> x Ápice	10,084	A	Altamente resistente
2	<i>P. sanguineus</i> x Ápice	10,7	A	Altamente resistente
3	<i>P. sanguineus</i> x Ápice	10,404	A	Altamente resistente

En la Figura 15 se observa que el hongo *P. sanguineus* (promedio = 9,731%) causó 25,76% más pérdida promedio de masa que el hongo *T. versicolor* (promedio = 7,224%).

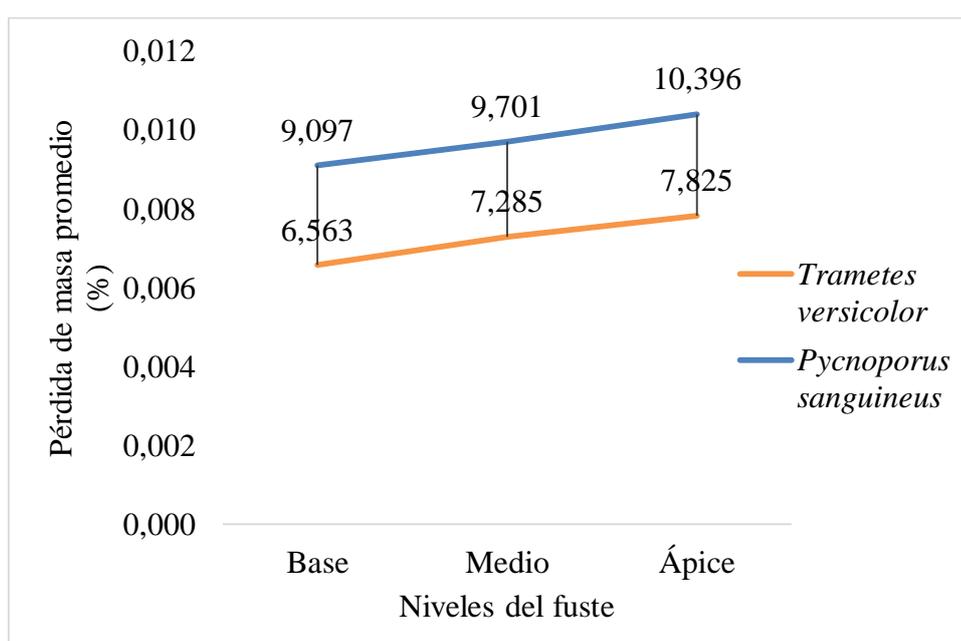


Figura 15. Promedio de pérdida de masa por niveles y por tipo de hongo.

En los tres niveles del fuste donde se evaluó la acción del hongo *T. versicolor*, se observó que las probetas del nivel ápice reportaron 6,91% más pérdida de masa que las probetas del nivel medio, y 16,13% más pérdida de masa que las probetas del nivel base; mientras que en los tres niveles del fuste donde se evaluó la acción del hongo *P. sanguineus*, se observó que las probetas del nivel ápice reportaron 6,69% más pérdida de masa que las probetas del nivel medio, y 12,50% más pérdida de masa que las probetas del nivel base.

La variación de pérdida de masa de las probetas de *M. spruceana* se debe al acondicionamiento óptimo que exigió los hongos *T. versicolor* y *P. sanguineus* para el inicio de su etapa reproductiva; así como Ramos (2014) y García (2015) sugirieron establecer condiciones óptimas con la finalidad de ayudar a los hongos a segregarse sus enzimas sobre la víctima para luego alimentarse de ellas. Tal es el caso de la especie *M. spruceana*, que solo se observó una coloración ligera de color blanquecina producto de la colonización interior, que dio origen a un agrietamiento de las probetas al final de los 90 días con el fin de fracturarla, dicha coloración blanquecina observada vendría a ser los restos de celulosa y hemicelulosa. Este nivel de pudrición es contrastado con los resultados obtenidos por varios autores de la literatura quienes afirman que los hongos de pudrición blanca son capaces de destruir totalmente las probetas.

Así mismo, reafirmado por Bobadilla (2004) e Hidalgo (2014) que la pudrición blanca se produce cuando la madera se parte con facilidad al volverse fibrosa; por tanto, muestra aristas angulosas en la zona de fractura. Entonces, la débil degradación que se observó en las probetas del nivel base, medio y ápice, según Aching (2011) y Ramos (2014) se debe a la presencia de ciertos porcentajes de extractivos en la especie y que se distribuye según la edad, incluso Fabián (2020) y Huaynalaya (2018) mencionan que la resistencia natural de la madera está influenciada por factores de silvicultura, clima y el sitio donde crece, entre otros; de no ser ninguno de los factores De la Cruz et al (2018) concluye que la madera será degradable ante el ataque de cualquier microorganismo xilófago debido a que es material orgánico.

4.3. Influencia de la densidad básica en la resistencia a la pudrición en tres niveles del fuste, causado por los hongos

De acuerdo al análisis de varianza presentado en la Tabla 14 se determinó que solo existe diferencias significativas en los niveles del fuste, mas no en los tipos de hongos,

debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, con un nivel de significancia del 5%, los tres niveles del fuste de la madera *M. spruceana* tienen un promedio de densidad básica diferente.

Tabla 14. Análisis de varianza para la densidad básica promedio

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F	Sig.
Niveles	2	0,058	0,029	11,759	0,0001**
Hongos	1	0,008	0,008	3,428	0,0703 ^{NS}
Niveles x Hongos	2	0,001	0,001	0,278	0,7584 ^{NS}
Error Experimental	48	0,118	0,002		
Total	53				

Fuente: Elaboración propia. (*) Nivel de significación. NS = no significativo

En la Tabla 15 se observa el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la densidad básica promedio por niveles. No existen diferencias significativas en el nivel ápice, así como entre los niveles base y medio; no obstante, se reportan diferencias significativas entre los niveles base y medio con el nivel ápice.

Tabla 15. Prueba de análisis Tukey para la densidad básica promedio por niveles

Nivel del fuste	Nº de probetas	Promedio (g/cm ³)	Sig.
Ápice	18	0,7004	A
Medio	18	0,7459	B
Base	18	0,7803	B

Fuente: Elaboración propia. Letras diferentes reportan diferencias significativas.

En la Tabla 16 y Figura 16 se observan los descriptivos estadísticos de la densidad básica promedio por nivel de fuste para el hongo *T. versicolor*. La densidad básica va decreciendo del nivel base, al nivel medio y a su vez al ápice en la especie *M. spruceana*. No obstante, no se encontró información relacionado a la determinación de una densidad básica deteriorada.

Tabla 16. Medidas de resumen de la densidad básica promedio en las probetas de evaluación del hongo *T. versicolor* por niveles

Nivel del fuste	Nº de probetas	Media	D.E	C.V (%)
Base	9	0,7873	0,03717	4,72
Medio	9	0,7572	0,07050	9,31
Ápice	9	0,7196	0,03554	4,94
Promedio		0,7547	0,04774	6,32

D.E: Desviación estándar. C.V (%): Coeficiente de variabilidad

En la Tabla 17 y Figura 16 se observan los descriptivos estadísticos de la densidad básica promedio por nivel de fuste para el hongo *P. sanguineus*. La densidad básica va decreciendo del nivel base, al nivel medio y a su vez al ápice en la especie *M. spruceana*. Cabe recalcar que no se encontró información relacionado a la determinación de una densidad básica deteriorada.

Tabla 17. Medidas de resumen de la densidad básica promedio en las probetas de evaluación del hongo *P. sanguineus* por niveles

Nivel del fuste	Nº de probetas	Media	D.E	C.V (%)
Base	9	0,7733	0,04646	6,01
Medio	9	0,7346	0,06831	9,30
Ápice	9	0,6812	0,01808	2,65
Promedio		0,7297	0,04428	5,99

D.E: Desviación estándar. C.V (%): Coeficiente de variabilidad

En la Figura 16 se observa que la densidad básica promedio de las probetas (madera duramen) donde se evaluaron el crecimiento del hongo *T. versicolor* fue $0,7873 \text{ g/cm}^3$, siendo 3,31% mayor que la densidad básica promedio de las probetas donde se evaluaron el crecimiento del hongo *P. sanguineus*, con $0,7297 \text{ g/cm}^3$. Así mismo, se determinó que hubo deterioro al comparar con la densidad básica-testigo al finalizar los 90 días.

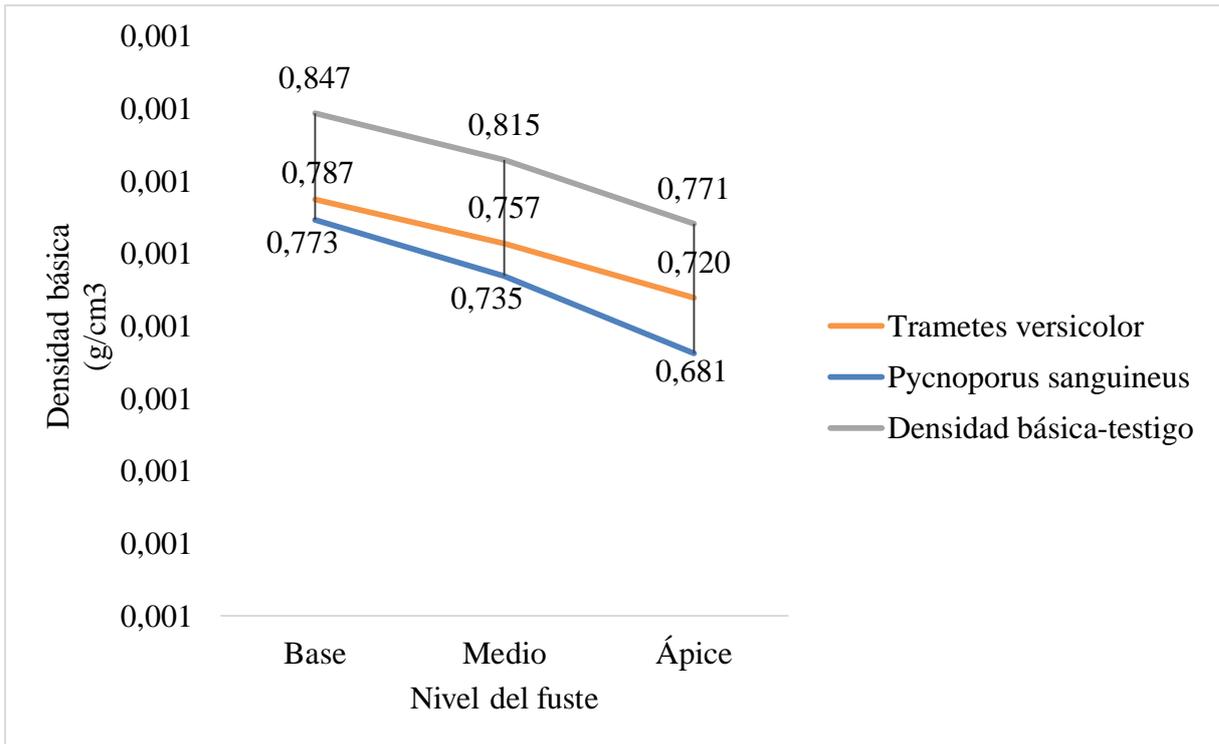


Figura 16. Densidad básica promedio por nivel de fuste y por tipo de hongo.

La densidad básica-testigo que fue empleada como referencia reportó en el nivel base ($0,847 \text{ g/cm}^3$), nivel medio ($0,815 \text{ g/cm}^3$) y nivel ápice ($0,771 \text{ g/cm}^3$). Estos valores encontrados son mayores a lo reportado por Aching (2011) quien en su investigación obtuvo una densidad básica general de $0,64 \text{ g/cm}^3$ utilizando madera albura. Sin embargo, esto es justificado por Fabián (2020) que la densidad básica en madera duramen es mayor que en albura, al interpretar que la disminución de masa es mínima en el duramen y mayor para la albura; es decir, a menor pérdida de masa mayor será la densidad básica o viceversa.

Además, los resultados de la densidad básica obtenidos de tres niveles, fue comparado con otra especie forestal a lo reportado por Huaynalaya (2018) quien determinó la densidad básica de la especie *Diplotropis racemosa* “Chontaquiro” (Niveles: base= $0,87 \text{ g/cm}^3$; medio = $0,80 \text{ g/cm}^3$; ápice = $0,78 \text{ g/cm}^3$) como similar. No obstante, lo reportado por Vásquez (2006) quien determinó la densidad básica de la especie *Miconia barbeyana* “Paliperro” (Niveles: base= $0,49 \text{ g/cm}^3$; medio = $0,51 \text{ g/cm}^3$; ápice = $0,53 \text{ g/cm}^3$) como similar. Así mismo reportando disminución de las densidades en los 3 niveles del fuste conforme se incrementa la altura. Según Omonte y Valenzuela (2011) esto sucede siempre dentro de una misma especie, entre especies y entre diferentes especies forestales. Añadiendo, en particular la densidad básica

en algunas especies forestales disminuye desde la base del árbol hasta 1,30 m. y luego este aumenta hasta el ápice, a su vez en sentido radial este se incrementa desde la médula a la corteza.

Por otro lado, la densidad básica en promedio obtenido de la *M. spruceana* de 0,81 g/cm³, fue comparado con la misma especie reportada por Ruiz (2001) quien determinó una densidad básica de 0,47 g/cm³. En parte algunos autores afirman que las diferencias de las densidades podrían deberse a la variación de la misma especie de acuerdo a la ubicación geográfica de donde crece, refiriéndose a la altitud, ya que la altitud afecta en la temperatura y la exposición en la radiación solar neta; caso contrario sería el tipo de método empleado, debido a que se trabajaron con peso seco y se relacionaron con el volumen verde. Además, el mismo autor compara a la especie *M. spruceana* con la especie, *Cedrelinga cateniformis* “Tornillo” (0,44 g/cm³), *Podocarpus sp.* “Diablo fuerte” (0,53 g/cm³), *Copaifera officinalis* “Copaiba” (0,60 g/cm³), *Hura crepitans* “Catahua” (0,41 g/cm³), *Brosimum alicastrum* “Manchinga” (0,68 g/cm³), *Ormosia sunkei* “Huairuro” (0,60 g/cm³), *Aspidosperma macrocarpon* “Pumaquiro” (0,67 g/cm³), *Pterocarpus sp.* “Palo sangre negro” (0,72 g/cm³) y *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (0,78 g/cm³) por sus buenas propiedades.

En definitivo, la variación de la densidad básica está direccionado al factor genético de la especie, sitio, clima, edad, altitud, entre otros factores, que hacen de una especie heterogénea en su interior, esto es justificado por (Omonte y Valenzuela (2011) y Huaynalaya (2018) las maderas para su ensayo provengan de cualquier parte de árbol siempre responderán diferente a la degradación, debido a la existencia de compuestos químicos, que hacen de un proceso de pudrición más lento en la madera.

En la Tabla 18 se observa que la densidad básica no influye indirectamente en la pérdida de masa (%) de *M. spruceana*, produciendo una correlación negativa débil (-0,487), con un nivel de significativa al 5 %.

El cual, comparando a lo determinado por García (2008), al señalar que la densidad básica tampoco influye indirectamente en la pérdida de masa (%) de los árboles forestales, resultando una correlación negativa fuerte (-0,857) a la acción del *Polyporus versicolor* a un nivel de significativa de 0,01.

Tabla 18. Correlación de Pearson entre densidad básica y pérdida de masa

		Pérdida de masa
Densidad básica	Correlación de Pearson	-0,487
	Sig. (bilateral)	0,000
	N	54

Sig.: Significancia.

Así mismo, los resultados conseguidos son similares a lo registrado por Hidalgo (2014), que en su investigación no encontró correlación significativa entre la densidad básica (g/cm^3) de tres especies forestales con la variación de masa (%) por acción del hongo *P. sanguineus*. No obstante, lo mencionado va en contra a lo determinado por Vásquez (2006), al observar una muy fuerte correlación directa (0.99) entre la densidad básica de madera de duramen y los valores porcentuales de pérdida de masa de los niveles base, medio y ápice.

V. CONCLUSIONES

- El hongo *P. sanguineus* reportó una tasa de crecimiento de 0,52 cm/día, mientras que el *T. versicolor* reportó un 0,29 cm/día, ambos al ser evaluados en frascos de vidrio. Además, el crecimiento micelial tanto del *P. sanguineus* como del *T. versicolor* sobre las probetas reportaron el 0% en los niveles base y medio como “no hay desarrollo fungoso” y el 100% en el nivel ápice como un “ligero desarrollo fungoso”.
- De los dos hongos evaluados, el *P. sanguineus* reportó la pérdida de masa promedio en el nivel base (9,097%), nivel medio (9,701%) y nivel ápice (10,396%) y para el *T. versicolor* reportó en el nivel base (6,563%), nivel medio (7,285%) y nivel ápice (7,825%), ambos clasificando con un grado de resistencia “altamente resistente”. Además, el *P. sanguineus* causó mayor pérdida de masa promedio que el *T. versicolor* en la madera de *M. spruceana*.
- La densidad básica de la madera *M. spruceana* no influye indirectamente en la pérdida de masa (%) comprobado a través de una correlación negativa débil (-0,487). Además, reportaron decrecimiento de la densidad básica a lo largo del fuste, siendo para el *T. versicolor* en el nivel base (0,787 g/cm³), nivel medio (0,757 g/cm³) y nivel ápice (0,720 g/cm³) y para el *P. sanguineus* en el nivel base (0,773 g/cm³), nivel medio (0,735 g/cm³) y nivel ápice (0,681 g/cm³).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Evaluar la resistencia de la madera *M. spruceana* (shiringa masha) empleando preservantes químicos frente a la acción del *T. versicolor* y *P. sanguineus* u otros hongos xilófagos.
- Evaluar la resistencia natural de la *M. spruceana* (shiringa masha) bajo ensayos de cementerio de estacas.
- Evaluar la presencia de constituyentes químicos de la pared celular en la madera de *M. spruceana* (shiringa masha).
- Evaluar los mecanismos de degradación y los cambios estructurales de los constituyentes químicos de la pared celular en la madera de *M. spruceana* (shiringa masha).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aching, T. O. (2011). *Durabilidad de la madera del fuste de 20 especies forestales del Arboretum "el huayo" Puerto Almendra, en función a la estructura anatómica de la rama del árbol*. [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3096>
- Acosta, U. L., Alonso, P. G., Rodríguez, A., Adame, M., Salgado, D., Salgado, J., Montiel, P. M., Medrano, V. F. y Villegas, V. E. (2010) "Pycnoporus sanguineus, un hongo con potencial biotecnológico" libro Hacia en desarrollo sostenible del sistema de producción de hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: avances y perspectivas en el siglo XXI. 14 (189 – 220). https://www.researchgate.net/publication/235938991_Pycnoporus_sanguineus_un_hongo_con_potencial_biotecnologico
- Aguinsaca, F. Rey, Y., Jaramillo, A., Luzón, C. Jumbo, N., Fernandez, P., González, J. y Pucha-Cofrep, D. (2019). Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 110–118. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/591>
- Alfieri, P. (2018). *Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/66389>
- American Society for Testing and Materials. (2005). *Standard Test Method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Standard Method. Editorial Wiley (ASTM-D-17:2005)*.
- Avalos, A. G. y Aviles, J. E. (2020). Influencia de dos hongos xilófagos sobre la durabilidad natural de diez especies maderables de Ucayali, Perú. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8 (3), 425-438. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/584>
- Barra, I. J. (2016). *Determinación de propiedades termofísicas de madera Pinus radiata impregnada con material de cambio de fase*. [Tesis para optar el Título, Universidad del Bío Bío]. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2322>

- Bernicchia, A. (2005) *Polyporaceae s.l. Fungi Europaei*, vol. 10. Edizioni Candusso.
<https://www.nhbs.com/fungi-europaei-volume-10-polyporaceae-sl-english-italian-book>
- Bobadilla, E. A. (2004). *Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Misiones].
https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2448/BOBADILLA%20Elisa%20Alicia%20_2004_%20Durabilidad%20natural%20de%20la%20madera.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cáceres, E. (2016). *Caracterización físico-mecánica de la madera de Paulownia elongata* [Tesis de Máster, Universidad de Valladolid].
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/18787/TFM-L282.pdf?sequence=1>
- Campi, M., Grassi, E., Armoa, J., Campuzano, E., López, T., Mancuello, C., & Martínez, M. (2021). Evaluación del crecimiento de macrohongos de interés biotecnológico en residuos agroindustriales y maderero. *Steviana*, 8(2), 59-67.
<https://revistascientificas.una.py/index.php/stevia/article/view/1218>
- Carabajal, M. L. (2014). *Degradación de compuestos fenólicos por el hongo causante de pudrición blanca Trametes versicolor* [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires].
https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5571_Carabajal
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas. (1972). *Madera-Selección y colección de muestras*. (COPANT-458, 459, 461, 462, 555, 464, 466, 742, y 743).
- Cruz, M. R. (2015). *Caracterización de los pigmentos de Pycnoporus sanguineus y su citotoxicidad sobre hongos y bacterias fitopatógenos*. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, del Instituto Politécnico Nacional, 2015. [Tesis de doctorado, Instituto Politécnico Nacional].
<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/19567>
- De la Cruz, R., Carrillo, A., Nájera, J. A., Cruz, F., Javier, F. y Méndez, J. (2018). Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (46), 1-28. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.144>.

- Eaton, R. y Hale, M. (1993). Madera: descomposición, plagas y protección. Londres, Inglaterra. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=788509](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=788509)
- Fabián, H. K. (2020). *Durabilidad natural de madera de Teca (Tectona grandis L.f.) procedente de Chanchamayo – Junín*. [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4388>
- Findlay, W. (1967). Timber pests and Diseases. Pergamon Press. 1º Edición. London, England.
- Flores, Y. (2018). Árboles nativos de la Región Ucayali. Estación Experimental Agraria Pucallpa. (1era Edición). Pucallpa, Perú. https://www.researchgate.net/profile/Ymber-Flores-Bendezu/publication/328145898_Arboles_nativos_de_la_Region_Ucayali/links/5bbb686a299bf1049b74f03c/Arboles-nativos-de-la-Region-Ucayali.pdf
- García, B. D. (2015). Biodeterioro de tres especies maderables *Gallesia integrifolia*, *Azadichta indica*, *Cedrela odorata*, causados por el hongo (*Trametes versicolor*). [Tesis para optar el Título, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/81/1/BYRON%20GARCIA%20L.pdf>
- García, L. C. (2008). Durabilidad natural en maderas de *Miconia barbeyana* Cogniaux, *Jacaranda copaia* (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 el Título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/672>
- Giménez, A. M., Moglia, J. G. y Hernández, P. (2005). *Anatomía de la madera*. [Catedra de dendrología, Universidad Nacional de Santiago del Estero]. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>
- Gómez, A. W. (2017). Desarrollo de un proceso para el aislamiento, conservación y producción del hongo medicinal oreja de palo (*Pycnoporus* spp.) a partir de la biodiversidad fúngica ecuatoriana. [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6931>

- González, V. R. (1970). Durabilidad natural de 53 especies forestales de Yurimaguas. *Revista forestal del Perú* 4 (1-2). <https://doi.org/10.21704/rfp.v4i1-2.1086>
- González V. R. y Yataco P. A. (2016). Durabilidad natural de diez maderas de madre de dios a la acción de tres hongos xilófagos. *Revista forestal del Perú*, 14(1). <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/141>
- Guevara, S. L. y Lluncor, M. D. (1993). Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. *Folia amazónica* 5 (1-2). <https://doi.org/10.24841/fa.v5i1-2.242>
- Guzmán Huerta, G. (1977). *Identificación de los hongos comestibles venenosos alucinantes y destructores de la madera* (1a. ed.). México: Editorial Limusa.
- Hidalgo, D. J. (2014). Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales sometidos a la acción del hongo *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr Murrill). [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/592>
- Holdridge, R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. 3 ed, Servicio editorial IICA.
- Hormaza, A. A. y Rojas, B. J. (2014). Evaluación del crecimiento y compatibilidad de hongos de la podredumbre blanca. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 5 (2). <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v5n2/v5n2a15.pdf>
- Huaynalaya, M. F. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali*. [Tesis de para obtener el Título, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4046>
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Madera. Método para determinar la densidad*. 3ª Edición (NTP 251.011:2019).

- Junta Del Acuerdo de Cartagena (1983). Estudio de características de trabajabilidad de 105 maderas de los bosques tropicales del Grupo Andino. Parte I. PADT-REFORT (JUNAC:1974).
- Junta Del Acuerdo de Cartagena (1988). Manual del grupo andino para la preservación de maderas. Proyecto Subregional De Promoción Industrial De La Madera Para La Construcción_(JUNAC:1988).
<https://repositorio.ccc.org.co/entities/publication/f2f70000-76a8-43bc-8275-c20c1b21e975>
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C. y Stalpers, J.A. (2001). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th Edition. The Taxonomicon.
<http://taxonomicon.taxonomy.nl/Reference.aspx?id=3931>
- Morey, G. 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 de para obtener el Título, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4104>
- Núñez, M., y Ryvar den, L. (2001). *East Asian Polypores* (Vol. 2, pp. 170-522). Oslo: Fungiflora. <https://www.fungiflora.no/synopsis-14>
- Oliveira, J. T., Tomasello, M. y Castro, J. (2005). Resistencia natural de la madera de siete especies de eucalipto al pudrimiento. *Rev. Árvore* 29 (6).
<https://www.scielo.br/j/rarv/a/NncNcSVZLjknKBdSNYh8d9R/?lang=pt>
- Omote, M. y Valenzuela, L. (2011). Variación radial y longitudinal de la densidad básica en árboles de *Eucalyptus regnans* de 16 años. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 13 (2).
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2011000200009>
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales (1996). Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. Proyecto OIMT PD 37/88 (I) Rev. 3. (Informe final).
<http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD37%2088/pd-37-88%20s.pdf>

- Organización Internacional de Normalización (1982). Organización Internacional de Normalización. Obtención de probetas (ISO 4470:1982).
- Ortiz G. D., (2014). *Aislación e identificación de hongos de pudrición de maderas de alta durabilidad natural utilizadas en viviendas de la comuna de Achao, Chiloé*. [Tesis para optar el Título, Universidad del Valparaíso Chile]. <http://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/2990>
- Paes, J. B. (2002). Resistencia natural de la madera de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson a hongos xilófagos y termitas en condiciones de laboratorio. *Árbol* 26(6). <https://www.scielo.br/j/rarv/a/T4yyjQD8Zf6dfm4zN5SJG7d/abstract/?lang=pt>
- Ramos, H. M. (2014). Durabilidad natural de tres especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos. [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2353>
- Resolución Jefatural N° 458-2002-INRENA. Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2001-AG. Define el diámetro mínimo de corta (13 de diciembre del 2002). [https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2002/resjef/RJ%20N%C3%82%C2%B0%20458-2002-INRENA%20\(Di%C3%83%C2%A1metros%20M%C3%83%C2%ADnimos%20de%20Corta\).pdf](https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2002/resjef/RJ%20N%C3%82%C2%B0%20458-2002-INRENA%20(Di%C3%83%C2%A1metros%20M%C3%83%C2%ADnimos%20de%20Corta).pdf)
- Reynel, (2003). Árboles útiles de la Amazonia peruana. Loreto.
- Rosato, V. G. y Traversa, L. P. (2017). *Bioalteración, protección y conservación de maderas: Anales Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Serie III, año 4, n° 10*. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/10827>
- Ruiz, M. D. (2011). *Clasificación estructural de la madera: Higuierilla Micandra Spruceana*. [Tesis para obtener el Título, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/3486>
- Sandoval, K. K. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación del causante de la mancha foliar en plantas de *Anthurium andraeanum* L. “anturio” en la zona de Tingo María.

[Tesis para optar el Título, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/2099>

Souza, P. (2012). Revisión sinóptica de *Micrandra* Benth. (Euphorbiaceae s. s.). [Tesis de Maestro, Universidad Federal Rural de la Amazonía].
<https://posbot.ufra.edu.br/images/Defesas/2010/Dissertao%20-%20Paulo%20Jos%20de%20Souza%20Souza.pdf>

Trujillo, C. F. (1985). *Durabilidad Natural de Ocho Especies Forestales del Perú en Medio Nutritivo Natural*. [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Trujillo, F. y González, V. R. (1985). Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú en medio nutritivo natural. *Revista Forestal del Perú*, 13(1), 1-13.
[http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol13_no1_85_\(17\)/vol13_no1_art5.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol13_no1_85_(17)/vol13_no1_art5.pdf)

Vasconez, L. D. (2021). *Durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago con pruebas aceleradas en laboratorio*. [Tesis para optar el Título, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15834>

Vásquez, J. M. (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 el Título, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/698>

Zaid, N. L. (2004). Estudio del biodeterioro en madera de *Eucalyptus globulus* Lab. por método gravimétrico. [Tesis para optar el Título, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105048>

ANEXOS

Anexo 01. Panel fotográfico



Figura 17. Muestra del hongo *T. versicolor* colectado del BRUNAS.



Figura 18. Muestra del hongo *P. sanguineus* colectado del BRUNAS



Figura 19. Cepas de *T. versicolor* y *P. sanguineus*



Figura 20. Herborización de muestras botánicas colectadas en campo.



Figura 21. Codificación de las probetas según el método cruciforme.



Figura 22. Medición de las probetas con vernier.



Figura 23. Esterilización del algodón en la autoclave.



Figura 24. Pesado de 100 g de EMA en la balanza granatoria.

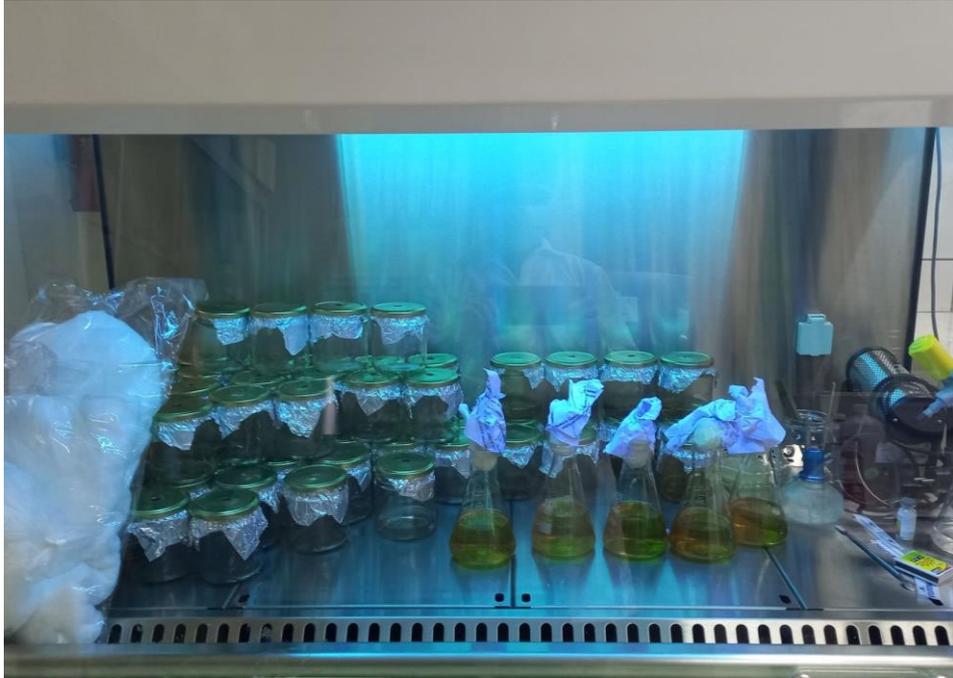


Figura 25. Desinfección de materiales e insumos con rayos ultravioleta en la cámara de flujo laminar.



Figura 26. Vertimiento del medio de cultivo EMA en cada frasco.



Figura 27. Almacenamiento de inóculos en el cuarto de acondicionamiento.



Figura 28. Colocación de las probetas esterilizadas en los frascos de ambas colonias de hongos.



Figura 29. Cultivo en la cámara por 90 días.



Figura 30. Crecimiento ligero del *T. versicolor* en el nivel ápice a los 90 días.



Figura 31. Crecimiento ligero del *P. sanguineus* en el nivel ápice a los 90 días.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales
 Cátedra de Ecología

C-007-2022-JB-FRNR-UNAS

CERTIFICADO

El que suscribe, profesor de Ecología con línea de investigación en Sistemática Vegetal, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, certifica que los especímenes colectados de una especie proveniente del Caserío Davicillo, distrito Caynarachi, provincia Lamas, región San Martín, correspondiente al proyecto de tesis **Biodeterioro de *Micrandra spruceana* (shiringa masa) causado por dos hongos xilófagos en Tingo María, Huánuco**, presentado por el Bach. ELIFAZ CHUQUIZUTA TAFUR para su determinación pertenece a la especie que se indica a continuación:

Reino: : Plantae
División: : Spermatophyta
Clase: : Magnoliopsida
Orden: : Malpighiales
Familia: : Euphorbiaceae
Género: : *Micrandra*
Especie: : *Micrandra spruceana* (Baill.) R.E. Schult.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Tingo María, 22 de setiembre del 2022



Dr. Edilberto Chuquilín Bustamante
 Profesor Principal
 Cátedra de Ecología
 Jefe del Jardín Botánico-UNAS
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Universidad Nacional Agraria de la Selva

Figura 32. Certificado de identificación de especie



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES



LABORATORIO DE MICOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LA PROPAGACIÓN

El que suscribe, jefe del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – UNAS – Tingo María:

HACE CONSTAR

Que, las cepas de hongos solicitados por ELIFAZ CHUQUIZUTA TAFUR para desarrollar su proyecto de tesis referidos a **BIODETERIORO DE *Micrandra spruceana* (SHIRINGA MASHA) CAUSADO POR DOS HONGOS XILÓFAGOS EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO**, pertenecen a las mencionadas especies que se indican a continuación:

Nº	CÓDIGO	FAMILIA	ESPECIE	SINONIMA
1	HTM-59	Polyporaceae	<i>Pycnoporus sanguineus</i> (L.) Murril (1904)	<i>Boletus ruber</i> Lam. (1783) <i>Boletus sanguineus</i> L. (1763) <i>Coriolus sanguineus</i> (L.) G.Cunn. (1949) <i>Fabisporus sanguineus</i> (L.) Zmitr. (2001) <i>Microporus sanguineus</i> (L.) Pat. (1900) <i>Polyporus sanguineus</i> (L.) Fr. (1821) <i>Polystictus sanguineus</i> (L.) G.Mey. (1818) <i>Trametes cinnabarina</i> var. <i>sanguinea</i> (L.) Pilát (1936) <i>Trametes sanguinea</i> (L.) Imazeki (1943) <i>Trametes sanguinea</i> (L.) Lloyd (1924)
2	HTM -60	Polyporaceae	<i>Trametes versicolor</i> (L.:Fr.) Quéf.	<i>Polyporus versicolor</i> (L.) Fr. <i>Coriolus versicolor</i>

El material biológico ha sido identificado y ordenado de acuerdo al Sistema de Clasificación de Linneo, donde para su identificación se utilizaron como referencia la página Mycokeys Online, el manual East Asian Polypores (Núñez y Ryvardeen, 2001) y la Guía de los hongos de la región pampeana (Wright y Alberto, 2006).

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Tingo María, 12 de noviembre de 2022.



Dr. Ladislao Ruiz Rengifo
 Jefe Laboratorio de Micología y Tecnología
 de la Propagación
 Universidad Nacional Agraria de la Selva
 Tingo María

Figura 33. Constancia de identificación de hongos

Anexo 02. Tablas de evaluación

Tabla 19. Crecimiento diario de *T. versicolor* a los 9 días.

Repeticiones	16/08/2022	17/08/2022	18/08/2022	19/08/2022	20/08/2022	21/08/2022	22/08/2022	23/08/2022	24/08/2022	Ritmo promedio de crecimiento (RPC)
1	0,5	0,6	1,3	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	0,31
2	0,5	0,7	1,3	1,8	2,0	2,4	2,5	2,7	3,0	0,31
3	0,5	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,5	2,6	2,9	0,30
4	0,5	0,6	1,0	1,6	1,9	2,1	2,2	2,5	2,9	0,30
5	0,5	0,7	1,0	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	0,29
6	0,5	0,5	0,9	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	0,28
7	0,5	0,6	1,0	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	0,29
8	0,5	0,6	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	0,28
9	0,5	0,6	1,2	1,5	1,6	1,5	2,3	2,5	2,7	0,28
10	0,5	0,5	1,1	1,5	1,7	2,1	2,4	2,6	2,8	0,29
11	0,5	0,6	1,0	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	0,30
12	0,5	0,6	1,0	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5	2,8	0,29
13	0,5	0,6	0,8	1,4	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	0,29
14	0,5	0,6	1,0	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,9	0,30
15	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	2,4	2,6	2,8	0,29
16	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	2,3	2,6	2,9	0,30
17	0,5	0,6	0,9	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4	2,6	0,26
18	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	1,9	2,3	2,4	2,8	0,29
19	0,5	0,6	1,0	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	2,9	0,30
20	0,5	0,5	1,0	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5	2,7	0,28
21	0,5	0,6	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,4	2,7	0,28
22	0,5	0,6	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	0,28
23	0,5	0,5	1,1	1,5	1,7	2,1	2,4	2,7	3,0	0,31
24	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	0,26
25	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	2,4	2,6	2,8	0,29
26	0,5	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	2,2	2,4	2,8	0,29
27	0,5	0,6	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7	2,9	0,30

Tabla 20. Crecimiento diario de *P. sanguineus* a los 6 días.

Repetición	07/09/2022	08/09/2022	09/09/2022	10/09/2022	11/09/2022	12/09/2022	Ritmo promedio de crecimiento (RPC)
1	0,5	0,7	1,5	2,0	2,4	3,1	0,52
2	0,5	0,7	1,4	2,1	2,6	3,1	0,52
3	0,5	0,7	1,4	2,1	2,7	3,2	0,53
4	0,5	0,7	1,4	2,2	2,6	3,1	0,52
5	0,5	0,7	1,3	2,1	2,6	3,1	0,52
6	0,5	0,7	1,3	2,1	2,6	3,1	0,52
7	0,5	0,7	1,5	2,0	2,7	3,2	0,54
8	0,5	0,8	1,5	1,9	2,6	3,1	0,51
9	0,5	0,7	1,3	2,2	2,7	3,2	0,54
10	0,5	0,7	1,4	1,9	2,6	3,1	0,52
11	0,5	0,7	1,4	2,0	2,7	3,2	0,53
12	0,5	0,6	1,5	1,9	2,5	3,0	0,50
13	0,5	0,8	1,4	2,2	2,6	3,1	0,52
14	0,5	0,8	1,3	1,8	2,6	3,1	0,51
15	0,5	0,7	1,4	1,8	2,5	3,0	0,50
16	0,5	0,7	1,4	1,8	2,5	3,0	0,50
17	0,5	0,7	1,4	1,9	2,7	3,2	0,53
18	0,5	0,7	1,4	2,1	2,6	3,1	0,52
19	0,5	0,7	1,4	2,2	2,7	3,2	0,53
20	0,5	0,8	1,4	1,9	2,6	3,1	0,52
21	0,5	0,7	1,3	2,1	2,6	3,1	0,51
22	0,5	0,8	1,3	2,2	2,6	3,1	0,52
23	0,5	0,7	1,5	2,3	2,7	3,2	0,54
24	0,5	0,7	1,4	2,0	2,6	3,1	0,51
25	0,5	0,8	1,4	2,0	2,5	3,0	0,50
26	0,5	0,7	1,4	2,0	2,7	3,2	0,54
27	0,5	0,7	1,4	2,1	2,6	3,1	0,51

Tabla 21. Crecimiento micelial de *T. versicolor* sobre las probetas al finalizar los 90 días

N° de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Clasificación visual del micelio sobre las probetas
P1	Trametes versicolor x Base	1	X
P2		2	X
P3		3	X
P4	Trametes versicolor x Medio	1	X
P5		2	X
P6		3	X
P7	Trametes versicolor x Ápice	1	XX
P8		2	XX
P9		3	XX
P10	Trametes versicolor x Base	1	X
P11		2	X
P12		3	X
P13	Trametes versicolor x Medio	1	X
P14		2	X
P15		3	X
P16	Trametes versicolor x Ápice	1	XX
P17		2	XX
P18		3	XX
P19	Trametes versicolor x Base	1	X
P20		2	X
P21		3	X
P22	Trametes versicolor x Medio	1	X
P23		2	X
P24		3	X
P25	Trametes versicolor x Ápice	1	XX
P26		2	XX
P27		3	XX

Tabla 22. Crecimiento micelial de *P. sanguineus* sobre las probetas al finalizar los 90 días

N° de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Clasificación visual del micelio
P1	Pycnoporus sanguineus x Base	1	X
P2		2	X
P3		3	X
P4	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	X
P5		2	X
P6		3	X
P7	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	XX
P8		2	XX
P9		3	XX
P10	Pycnoporus sanguineus x Base	1	X
P11		2	X
P12		3	X
P13	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	X
P14		2	X
P15		3	X
P16	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	XX
P17		2	XX
P18		3	XX
P19	Pycnoporus sanguineus x Base	1	X
P20		2	X
P21		3	X
P22	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	X
P23		2	X
P24		3	X
P25	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	XX
P26		2	XX
P27		3	XX

Tabla 23. Pérdida de masa promedio (%) de *T. versicolor*

Nº de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Peso seco inicial (g)	Peso seco final (g)	Pérdida de masa (%)
P1	Trametes versicolor x Base	1	5,6079	5,1944	7,374
P2		2	5,6517	5,2902	6,396
P3		3	5,5049	5,1433	6,569
P4	Trametes versicolor x Medio	1	5,7925	5,4103	6,598
P5		2	5,8644	5,4388	7,257
P6		3	5,7603	5,2534	8,800
P7	Trametes versicolor x Ápice	1	6,6613	6,2121	6,743
P8		2	6,3283	5,8577	7,436
P9		3	6,2866	5,7331	8,804
P10	Trametes versicolor x Base	1	5,2023	4,8554	6,668
P11		2	5,1591	4,9831	3,411
P12		3	5,3283	4,9127	7,800
P13	Trametes versicolor x Medio	1	5,5318	5,0336	9,006
P14		2	5,5135	5,2171	5,376
P15		3	5,8897	5,4915	6,761
P16	Trametes versicolor x Ápice	1	6,4613	6,0025	7,101
P17		2	6,6283	6,0627	8,533
P18		3	6,2866	5,7633	8,324
P19	Trametes versicolor x Base	1	6,0932	5,6451	7,354
P20		2	6,0293	5,6455	6,366
P21		3	6,0663	5,6337	7,131
P22	Trametes versicolor x Medio	1	6,1424	5,6811	7,510
P23		2	6,1364	5,6626	7,721
P24		3	6,0948	5,6966	6,533
P25	Trametes versicolor x Ápice	1	6,1937	5,7476	7,202
P26		2	6,3058	5,7936	8,123
P27		3	6,3852	5,8641	8,161

Tabla 24. Pérdida de masa promedio (%) de *P. sanguineus*

N° de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Peso seco inicial (g)	Peso seco final (g)	Pérdida de masa (%)
P1	Pycnoporus sanguineus x Base	1	5,5877	5,0815	9,059
P2		2	5,6915	5,2690	7,423
P3		3	5,4094	4,9633	8,247
P4	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	5,8298	5,2990	9,105
P5		2	5,7433	5,1823	9,768
P6		3	5,6215	5,0505	10,157
P7	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	6,2077	5,6094	9,638
P8		2	6,5521	5,9229	9,603
P9		3	6,4284	5,7205	11,012
P10	Pycnoporus sanguineus x Base	1	5,1445	4,6277	10,046
P11		2	5,1853	4,7364	8,657
P12		3	5,2372	4,7166	9,940
P13	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	5,6482	5,0276	10,988
P14		2	5,5211	5,0653	8,256
P15		3	5,7577	5,2003	9,681
P16	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	6,3029	5,6599	10,202
P17		2	6,4313	5,7031	11,323
P18		3	6,3468	5,6755	10,577
P19	Pycnoporus sanguineus x Base	1	6,0496	5,4425	10,035
P20		2	6,1115	5,5801	8,695
P21		3	6,0912	5,4962	9,768
P22	Pycnoporus sanguineus x Medio	1	6,1754	5,5444	10,218
P23		2	6,1025	5,4852	10,116
P24		3	6,1373	5,5835	9,024
P25	Pycnoporus sanguineus x Ápice	1	6,2698	5,6344	10,134
P26		2	6,3673	5,7079	10,356
P27		3	6,2959	5,6208	10,723

Tabla 25. Densidad básica de *T. versicolor*

N° de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Peso seco final (g)	Volumen verde (cm ³)	Densidad básica (g/cm ³)
P1	Trametes versicolor x Base	1	5,1944	6,552	0,793
P2		2	5,2902	6,250	0,846
P3		3	5,1433	7,290	0,706
P4	Trametes versicolor x Medio	1	5,4103	6,075	0,891
P5		2	5,4388	7,150	0,761
P6		3	5,2534	8,316	0,632
P7	Trametes versicolor x Ápice	1	6,2121	6,160	0,792
P8		2	5,8577	8,316	0,704
P9		3	5,7331	8,316	0,689
P10	Trametes versicolor x Base	1	4,8554	6,250	0,777
P11		2	4,9831	6,250	0,797
P12		3	4,9127	6,250	0,786
P13	Trametes versicolor x Medio	1	5,0336	7,150	0,704
P14		2	5,2171	6,875	0,759
P15		3	5,4915	6,750	0,814
P16	Trametes versicolor x Ápice	1	6,0025	8,316	0,722
P17		2	6,0627	8,316	0,729
P18		3	5,7633	8,316	0,693
P19	Trametes versicolor x Base	1	5,6451	7,020	0,804
P20		2	5,6455	7,020	0,804
P21		3	5,6337	7,290	0,773
P22	Trametes versicolor x Medio	1	5,6811	7,560	0,751
P23		2	5,6626	7,560	0,749
P24		3	5,6966	7,560	0,754
P25	Trametes versicolor x Ápice	1	5,7476	8,316	0,691
P26		2	5,7936	8,316	0,697
P27		3	5,8641	7,722	0,759

Tabla 26. Densidad básica de *P. sanguineus*

N° de Probetas	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Repetición	Peso seco final (g)	Volumen verde (cm ³)	Densidad básica (g/cm ³)
P1	Trametes versicolor x Base	1	5,0815	6,552	0,776
P2		2	5,2690	6,250	0,843
P3		3	4,9633	7,290	0,681
P4	Trametes versicolor x Medio	1	5,2990	6,084	0,871
P5		2	5,1823	7,150	0,725
P6		3	5,0505	8,316	0,607
P7	Trametes versicolor x Ápice	1	5,6094	8,736	0,642
P8		2	5,9229	8,316	0,712
P9		3	5,7205	8,316	0,688
P10	Trametes versicolor x Base	1	4,6277	5,625	0,823
P11		2	4,7364	6,250	0,758
P12		3	4,7166	6,250	0,755
P13	Trametes versicolor x Medio	1	5,0276	7,150	0,703
P14		2	5,0653	6,875	0,737
P15		3	5,2003	6,750	0,770
P16	Trametes versicolor x Ápice	1	5,6599	8,316	0,681
P17		2	5,7031	8,316	0,686
P18		3	5,6755	8,316	0,682
P19	Trametes versicolor x Base	1	5,4425	7,020	0,775
P20		2	5,5801	7,020	0,795
P21		3	5,4962	7,290	0,754
P22	Trametes versicolor x Medio	1	5,5444	7,560	0,733
P23		2	5,4852	7,560	0,726
P24		3	5,5835	7,560	0,739
P25	Trametes versicolor x Ápice	1	5,6344	8,316	0,678
P26		2	5,7079	8,316	0,686
P27		3	5,6208	8,316	0,676

Tabla 27. Resumen de la Densidad básica promedio (g/cm^3) de ambos hongos

Árboles	Combinación (Hongos x Niveles del fuste)	Densidad básica (con hongos) de niveles (Densidad básica (g/cm^3))	Densidad básica (testigo) de niveles (Densidad básica (g/cm^3))
1	Trametes versicolor x Base	0,838	0,838
	Trametes versicolor x Medio	0,822	0,822
	Trametes versicolor x Ápice	0,789	0,789
2	Trametes versicolor x Base	0,837	0,837
	Trametes versicolor x Medio	0,816	0,816
	Trametes versicolor x Ápice	0,777	0,777
3	Trametes versicolor x Base	0,853	0,853
	Trametes versicolor x Medio	0,810	0,810
	Trametes versicolor x Ápice	0,777	0,777
1	Pycnoporus sanguineus x Base	0,835	0,835
	Pycnoporus sanguineus x Medio	0,812	0,812
	Pycnoporus sanguineus x Ápice	0,757	0,757
2	Pycnoporus sanguineus x Base	0,861	0,861
	Pycnoporus sanguineus x Medio	0,815	0,815
	Pycnoporus sanguineus x Ápice	0,765	0,765
3	Pycnoporus sanguineus x Base	0,856	0,856
	Pycnoporus sanguineus x Medio	0,812	0,812
	Pycnoporus sanguineus x Ápice	0,759	0,759