

Revista Latinoamericana de Difusión Científica
Volumen 7 – Número 13
Depósito Legal ZU2019000058 - ISSN 2711-0494

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 7 - Número 13
Julio – Diciembre 2025
Maracaibo – Venezuela

Efecto del ácido bórico y bórax a distintas concentraciones en el preservado de la madera de dos especies forestales en Tingo María, Perú

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15832891>

Cleide Santos Flores *
Robert Gilbert Pecho De la Cruz **
Brayan André Caldas de la Cruz ***
Maribel Flora Roca Capcha ****
Yuly Yuliana Ninahuaman Gamarra*****
Osama Herrera Pérez*****
Stephanny Victoria Julcarima Aliaga*****

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la absorción y penetración de soluciones preservantes de ácido bórico y bórax a diferentes concentraciones (0%, 3%, 5% y 7%) en la madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) y *Cariniana sciadophylla* (cetico) provenientes de Tingo María, Perú. Se emplearon 36 probetas (5 × 5 × 5 cm), previamente secadas en horno hasta peso constante. Las soluciones fueron aplicadas mediante el método de inmersión, cuantificándose la absorción en kg/m³ y evaluando cualitativamente la penetración con pruebas de colorimetría utilizando cúrcuma, ácido salicílico, etanol al 95% y ácido clorhídrico concentrado. Los resultados indican que el cetico presentó la mayor absorción a una concentración del 5% (10,59 kg/m³), mientras que la capirona lo hizo a 7% (9,02 kg/m³), sugiriendo una mayor permeabilidad del cetico. En cuanto a la penetración, el cetico mostró una coloración más uniforme (rojo pálido) a 3%, y la capirona evidenció una coloración rojo oscuro intenso en concentraciones del 3% y 5%. Se concluye que ambas especies responden de manera diferenciada a las concentraciones de sales de boro, siendo el cetico más apto para tratamientos preservantes por su mayor absorción y penetración.

PALABRAS CLAVE: Madera, Retención, Ácido, Tecnología de la madera, Especie.

* Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6810-0604>. E-mail: cleide.santos@unas.edu.pe

** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6675-4441>. E-mail: robert.pecho@unas.edu.pe

***Docente. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9433-5861>. E-mail: brayan.caldas@unas.edu.pe

**** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2398-5847>. E-mail: maribel.roca@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6550-177X>. E-mail: yuly.ninahuamana@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4332-5637>. E-mail: osama.herrera@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5056-1276>. E-mail: stephanny.julcarima@unas.edu.pe

Recibido: 12/05/2025

Aceptado: 26/06/2025

Effect of Boric Acid and Borax at Different Concentrations on the Preservation of Wood from Two Forest Species in Tingo María, Perú

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the absorption and penetration of preservative solutions of boric acid and borax at different concentrations (0%, 3%, 5%, and 7%) in the wood of *Calycophyllum spruceanum* (capirona) and *Cariniana sciadophylla* (cetico), collected in Tingo María, Peru. A total of 36 wood samples (5 × 5 × 5 cm), previously oven-dried to constant weight, were treated using the immersion method. Absorption was quantified in kg/m³, and penetration was qualitatively assessed using colorimetric tests with turmeric, salicylic acid, 95% ethanol, and concentrated hydrochloric acid. Results showed that cetico had the highest absorption at a 5% concentration (10.59 kg/m³), while capirona absorbed more at 7% (9.02 kg/m³), suggesting greater permeability in cetico. Regarding penetration, cetico exhibited a more uniform coloration (pale red) at 3%, while capirona showed an intense dark red coloration at 3% and 5%. It is concluded that both species respond differently to boron salt concentrations, with cetico being more suitable for preservative treatments due to its higher absorption and better penetration.

KEYWORDS: Wood, Retention, Acid, Wood technology, Species.

Introducción

Calycophyllum spruceanum, también conocido como Mulateiro o Pau Mulato, es un árbol amazónico nativo de la familia Rubiaceae, que se encuentra en Brasil, Bolivia, Ecuador y Perú. El nombre "Capirona" fue establecido por Spruce en 1859 durante sus viajes por Ecuador y Perú. A lo largo del tiempo, se han identificado nuevas especies dentro del género, como *C. surinamensis* y *C. erythroxyton*, con características y distribuciones distintas. *Capirona wurdackii*, una variación local de *C. decorticans*, se distingue por corolas más cortas y rosadas, un lóbulo calicino foliar más largo y un estilo más corto. Estas especies poseen características botánicas específicas que facilitan su clasificación y diferenciación (Kirkbride, 1985).

En la medicina tradicional, *Calycophyllum spruceanum* es ampliamente utilizado por sus propiedades anti-envejecimiento, antimicrobianas, cicatrizantes y antidiabéticas (Peixoto et al., 2018). Además, la especie es altamente valorada debido a su alta densidad, dureza, facilidad moderada para el aserrado, resistencia moderada al ataque biológico y buenas propiedades de secado. Su densidad básica de 0.68 g/cm³ la clasifica

como una madera pesada, con una estabilidad dimensional moderada (Egoavil et al., 2023).

Esta especie posee excelentes propiedades físicas y mecánicas que la hacen valiosa para diversas aplicaciones. Su madera de plantación muestra alta resistencia a la flexión y compresión paralela al grano, así como una resistencia muy alta a la compresión perpendicular al grano, dureza, corte y tenacidad. Los altos valores del módulo de elasticidad (MOE) y el módulo de ruptura (MOR) la hacen adecuada para usos estructurales, como techos, paredes y pisos, siendo ideal para aplicaciones que requieran alta compresión, como columnas y soportes. Su dureza la hace adecuada para superficies expuestas al desgaste mecánico (Egoavil et al., 2023). Además, exhibe alta resistencia al corte y gran tenacidad, lo que la hace ventajosa para mangos de herramientas, artículos deportivos y pisos. Su estabilidad dimensional, facilidad de maquinabilidad, alta densidad y dureza la convierten en una opción favorable para fabricar productos de pisos de madera maciza. En el cepillado, muestra una excelente calidad superficial con baja rugosidad utilizando un ángulo de corte de 15° y velocidades de 5 y 10 m/min. En el moldeo, mantiene buena calidad a una velocidad angular de 7414 r/min. La perforación es regular, pero mejorable con una broca de metal y a 1400 r/min (Orrego & Bustamante, 2017).

Por otro lado, las especies de *Cecropia* son árboles pioneros que colonizan áreas despejadas desde México hasta el norte de Argentina y las Antillas. Este género incluye 61 especies distribuidas en estas regiones. Son plantas dioicas con un sistema de ramificación en forma de candelabro, alcanzando alturas de hasta 30 metros y grandes hojas peltadas con una fracción filotáctica en espiral. Los ejes de ramificación son ortotrópicos, con floración lateral y ramificación rítmica. Algunas especies, como *C. obtusa*, presentan patrones de crecimiento, ramificación y floración muy regulares. Las especies de *Cecropia* muestran ritmos anuales de crecimiento y floración, lo que permite estimar su edad a partir de su morfología adulta (Zalamea et al., 2008). Asimismo, estas especies contribuyen a la biodiversidad en general (Breviglieri et al., 2019).

La preservación de la madera protege contra la descomposición y el deterioro causados por hongos, insectos y condiciones ambientales (Rowell, 2020). La madera preservada es aquella que ha sido tratada con conservantes para mejorar su durabilidad y resistencia a la descomposición cuando se expone a diversas condiciones ambientales (Brischke, 2020). Las propiedades de sorción y adsorción influyen en la impregnación de los aditivos en la madera (Lesar et al., 2011).

En la conservación de la madera, el ácido bórico y el bórax como agentes preservantes han demostrado ser efectivos debido a su capacidad para penetrar las estructuras celulares de la madera y formar complejos que inhiben el crecimiento de microorganismos, prolongando así la vida útil del material tratado (Sotomayor, 2018). Diversos estudios han demostrado que el tratamiento con ácido bórico mejora la resistencia flexural y compresiva de la madera, al tiempo que mantiene un contenido de agua más bajo (Ardinal et al., 2021). Además, se ha trabajado en la optimización de sus concentraciones para maximizar su efectividad y minimizar cualquier impacto ambiental adverso.

Este estudio se enfoca en explorar diferentes concentraciones de ácido bórico y bórax, considerando factores como la penetración en la madera, la durabilidad del tratamiento y la viabilidad económica de su aplicación a escala industrial en Tingo María. El objetivo es determinar las concentraciones óptimas de ácido bórico y bórax para preservar la madera de *C. spruceanum* y *C. sciadophylla* en la región de Tingo María. Para ello, se aplicaron diferentes concentraciones de ácido bórico y bórax a muestras de madera, y los resultados proporcionarán información valiosa para la industria de la madera en la región. Asimismo, se establecerán recomendaciones y pautas para el tratamiento de preservación de la madera de *C. spruceanum* y *C. sciadophylla*, contribuyendo al conocimiento científico sobre los agentes preservantes y su aplicación en la conservación de la madera en la región amazónica.

1. Materiales y métodos

1.1. Lugar de ejecución

Las muestras biológicas de *Calycophyllum spruceanum* fueron obtenidas del material recolectado en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en el distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Perú. Por su parte, las muestras de madera de *Cariniana sciadophylla* fueron recolectadas en la localidad de Naranjillo, situada en el distrito de Luyando, dentro de la misma provincia y departamento.

El acondicionamiento de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, mientras que la evaluación de las probetas para determinar la capacidad de absorción y penetración del preservante en la madera se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera. Ambos laboratorios están ubicados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1.2. Ubicación política

La Universidad Nacional Agraria de la Selva está ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Perú.

1.3. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica es: este 390,380; norte 8,970,785, con una altitud de 660 metros sobre el nivel del mar.

1.4. Habilitado, secado y preservado de las muestras de madera

A partir de las trozas de *Calycophyllum spruceanum* y *Cariniana sciadophylla*, se llevó a cabo el proceso de habilitado de la madera. Este procedimiento inició con la división de las trozas mediante una motosierra. Luego, las piezas fueron escuadradas con una garlopa y, finalmente, transformadas en listones y cubos utilizando una sierra circular. Los cubos obtenidos tenían dimensiones de 5 cm × 5 cm × 5 cm (espesor × ancho × largo). Cabe destacar que estas dimensiones fueron ajustadas según las características del material vegetativo, siguiendo las especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 370.043:2014.

Una vez obtenidos los 36 cubos de cada especie, se procedió a la codificación de las muestras. Posteriormente, los cubos fueron secados en una estufa, donde la temperatura se incrementó gradualmente, comenzando en 30 °C y aumentando en 10 °C diarios hasta alcanzar los 103 °C. Una vez que las probetas alcanzaron un peso constante, se trasladaron a un desecador para su enfriamiento. Finalmente, se registraron las dimensiones de las probetas utilizando un pie de rey digital para la longitud y un micrómetro digital para el ancho y el espesor. Además, se determinó el peso de los cubos con una balanza digital.

Para el ensayo de absorción en *Cariniana sciadophylla*, primero se determinó el peso del soluto (bórax y ácido bórico) en función de las diferentes concentraciones del preservante. El volumen total de la disolución se fijó en 1 000 ml, y los cálculos para determinar el peso del soluto se realizaron mediante la siguiente fórmula:

Esta ecuación permitió calcular con exactitud la cantidad de soluto necesaria para obtener las concentraciones requeridas en el ensayo. En consecuencia, se determinaron los pesos de bórax y ácido bórico para las concentraciones del 0 %, 3 %, 5 % y 7 %, obteniendo valores de 0 g, 30 g, 50 g y 70 g, respectivamente. Estos valores fueron

calculados siguiendo los procedimientos previamente mencionados y utilizados para preparar las disoluciones de preservante.

Para la ejecución del ensayo, se empleó una balanza digital para realizar pesajes precisos de los solutos y un recipiente metálico (olla) para el proceso de preservado. Una vez preparada cada disolución, que consistió en una mezcla de agua y preservante, los cubos de *C. sciadophylla* fueron sumergidos individualmente. Se consideró tanto el porcentaje de preservante como la cantidad de probetas por recipiente, utilizando nueve cubos por concentración de soluto para garantizar la precisión de los resultados.

Los cubos permanecieron en inmersión durante tres días. Transcurrido este tiempo, fueron pesados periódicamente hasta alcanzar un peso constante. Además, se tomaron mediciones para determinar su volumen y realizar los cálculos de absorción. Durante todo el ensayo, se siguieron estrictamente los protocolos establecidos para asegurar la precisión y reproducibilidad de los resultados.

Para evaluar la penetración del boro en *Cariniana spruceanum*, se emplearon dos soluciones: la solución A, compuesta por 10 gramos de cúrcuma en polvo y 90 ml de etanol al 95 %, y la solución B, conformada por 20 ml de ácido clorhídrico concentrado, 13 gramos de ácido salicílico y 100 ml de etanol al 95 %.

La preparación de la solución A se llevó a cabo mediante un proceso de extracción sólido-líquido de la cúrcuma con etanol, hasta obtener una coloración levemente amarilla. Luego, la solución se dejó enfriar y se filtró. Por su parte, la solución B se preparó mezclando y diluyendo lentamente los reactivos a temperatura ambiente.

Para la aplicación de los solventes en las probetas, primero se roció la solución A sobre la cara transversal, lo que generó una coloración amarillenta en toda el área humedecida. Tras unos minutos, se aplicó la solución B en la misma superficie, provocando que la zona del cubo impregnada con boro adquiriera una tonalidad que variaba de amarillo a rojizo.

Finalizado el proceso, se midió exclusivamente el área coloreada por la cúrcuma con el objetivo de determinar la extensión de la penetración del boro en la madera de *C. spruceanum*.

1.5. Cálculo de absorción del Bórax y Ácido bórico

La absorción en las probetas de *C. spruceanum* y *C. sciadophylla* se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(Pf - Pi) * C}{100V}$$

Donde:

As: absorción (kg/m^3); Pf: peso de la madera después del tratamiento (kg); Pi: peso de la madera antes del tratamiento (kg); V: volumen de la madera (m^3); C: concentraciones del preservante (%)

Asimismo, el grado de absorción del preservante en la madera fue evaluado de manera cuantitativa y cualitativa. Para ello, la calificación cualitativa se presentó en la siguiente tabla:

Tabla 1. Grado de absorción alcanzada

Grado de Absorción	Abreviatura	Absorción alcanzada
Absorción Alta	(AA)	> de 10 kg de productos activos/ m^3
Absorción Buena	(AB)	de 8 a 10 kg de productos activos/ m^3
Absorción Mala	(AM)	de 4 a 8 kg de productos activos/ m^3
Absorción Nula	(AN)	< de 4 kg de productos activos/ m^3

Fuente: JUNAC (1988)

1.6. Cálculo de penetración del Boro

La determinación de la penetración en las probetas de *C. spruceanum* y *C. sciadophylla* se realizó utilizando una regla de tres simples. Se asumió que el área inicialmente determinada del cubo correspondía al 100%. A partir de este valor, se calculó el porcentaje del área penetrada por el boro, lo cual fue posible gracias al teñido generado por la cúrcuma durante la aspersion del solvente. Mediante este procedimiento, se obtuvo el porcentaje de penetración del preservante en la madera, proporcionando información cuantitativa sobre la capacidad de absorción y penetración de las especies *C. spruceanum* y *C. sciadophylla*.

Por otro lado, también se llevó a cabo una evaluación cualitativa mediante una observación minuciosa, utilizando como referencia la siguiente figura:

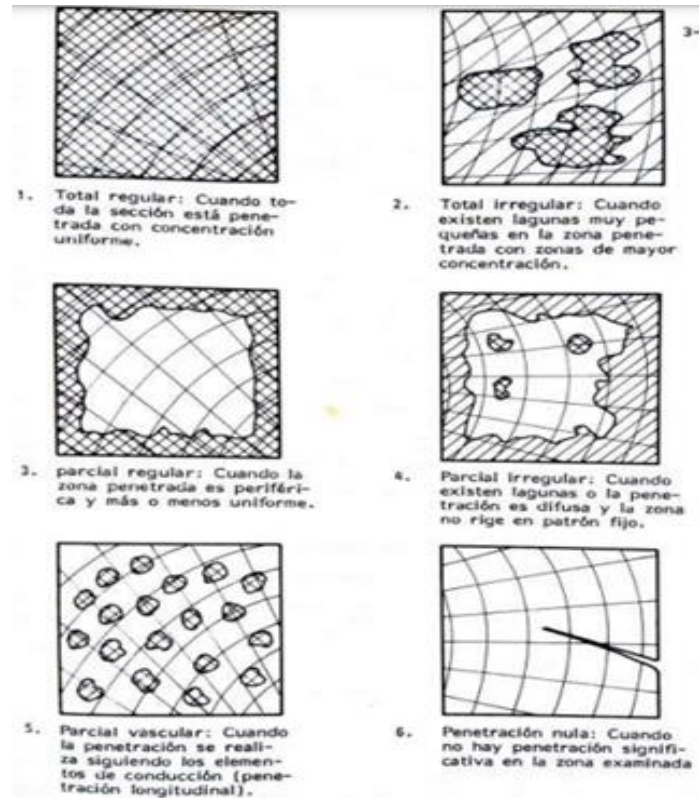


Figura 1. Evaluación cualitativa de la penetración

2. Resultados y discusiones

2.1. Absorción de las dos especies a diferentes concentraciones

En la Tabla 2 se observa que el valor máximo de absorción corresponde al cético con 15 kg/m^3 , lo que indica una absorción alta (AA). Esto sugiere que cético tuvo una mayor retención del preservante a una concentración del 5%, superando incluso la concentración del 7%. Sin embargo, la *capirona* presentó una mayor retención del preservante a una concentración del 7%, con 9.36 kg/m^3 , siendo clasificada con una absorción buena (AB). Esto implica que el cético requiere una mayor concentración o solución para lograr una preservación eficaz.

La Tabla 3 muestra el análisis de varianza, el cual indica que no existe interacción estadísticamente significativa entre las especies y las concentraciones. Sin embargo, las concentraciones resultaron altamente significativas ($p = 0.0001$), mientras que la especie fue también significativa ($p = 0.0120$), dado que el valor p es menor que 0.05.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la absorción

Especie	Concentración (%)	Media	D.E	Var (n-1)	C.V (%)	Min	Max
Capirona	0%	1.23	0.12	0.01	9.81	1.10	1.35
	3%	3.64	0.24	0.04	6.55	3.43	3.90
	5%	5.97	0.23	0.04	3.85	5.71	6.16
	7%	9.02	0.54	0.19	5.95	8.61	9.63
Cetico	0%	1.18	0.26	0.05	22.25	0.98	1.48
	3%	5.02	0.84	0.46	16.64	4.51	5.98
	5%	10.59	4.00	16.13	37.82	7.41	15.08
	7%	10.15	1.24	1.03	12.26	9.19	11.56

Min: Mínimo, Max: máximo, D.E: Desviación estándar, CV: coeficiente de variación, Var (n-1): Varianza muestral.

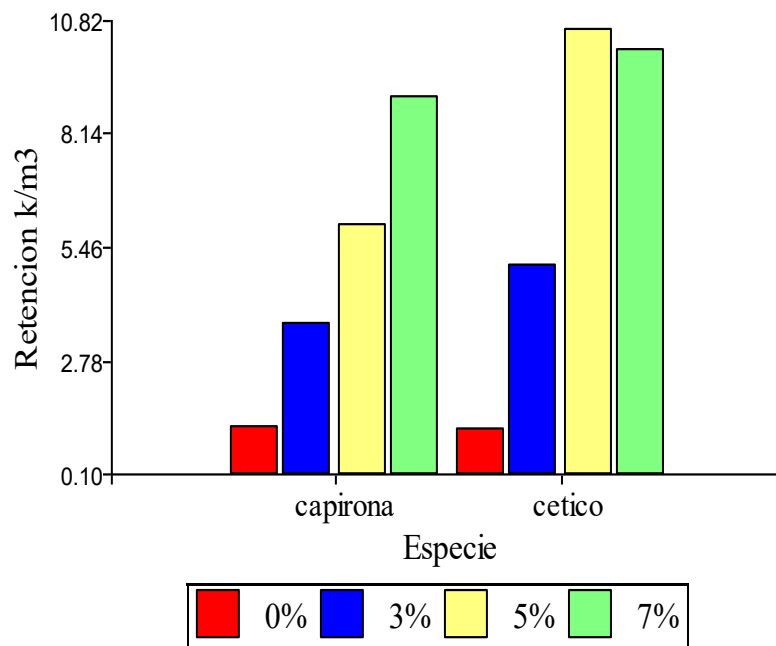


Figura 2. Retención (kg/m³) en dos especies forestales y concentraciones del ácido bórico y bórax

Tabla 3. Análisis de varianza de la absorción.

Fuentes de variación	Absorción		
	GL	CM	P valor
Especies	1	18.81	0.012*
Concentraciones	3	87.47	<0.0001**
Especies*concentraciones	3	6.00	0.0915
Total	23		

GL: Grados de libertad, CM: cuadrados medios, *: significativo, **: altamente significativo

Esto coincide con lo reportado por Guindeo (1984), quien menciona que el proceso de secado de la madera en cámaras puede influir significativamente en algunas de sus propiedades básicas, alterando así su calidad y utilidad. El secado o la eliminación de agua se llevó a cabo a diferentes temperaturas durante aproximadamente una semana, con el fin de lograr humedades constantes y permitir que el preservante se adhiera adecuadamente a las probetas.

En la Tabla 4 se observa que el cético presentó una mayor absorción que la capirona, con un promedio de 6.73 kg/m³ y 4.96 kg/m³, respectivamente, lo que indica que, tanto estadística como numéricamente, existen diferencias significativas (Figura 1). Los resultados obtenidos reflejan una alta precisión del modelo utilizado y coinciden con el estudio de Sotomayor y Ávila (2020), quienes reportaron coeficientes de determinación (R²) de 0.90, 0.91 y 0.79 para concentraciones de C = 1 %, C = 2 % y C = 3 %, respectivamente, en sus investigaciones sobre retenciones correlacionadas con densidades. A pesar de la ligera variación en los valores de R², el hallazgo de un R² de 0.89 en absorción destaca una relación significativa entre las variables analizadas, lo que refuerza la solidez de nuestros resultados.

Tabla 4. Test de Tukey para las especies.

Especies	Medias	n	Sig
<i>Cecropia membranacea</i>	6.73	12	a
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	4.96	12	b

Letras diferentes: diferencias estadísticas

Se observa una variabilidad significativa en la absorción de preservantes entre las especies, destacando que el cético presenta una absorción considerablemente mayor

(6.73 kg/m³) en comparación con la capirona (4.96 kg/m³). Estos resultados coinciden con los informes de Sotomayor y Villaseñor (2016), quienes reportaron valores de absorción de preservantes para especies como *S. campanulata* (3.2 kg/m³), *F. americana* (2.6 kg/m³) y *A. plurijuga* (1.9 kg/m³). Estos hallazgos sugieren que la capacidad de absorción de preservantes es una característica intrínseca de cada especie de madera, independientemente de su densidad o porosidad.

Tabla 5. Test de Tukey para las concentraciones.

Concentraciones	Medias	n	Sig
7%	9.59	6	a
5%	8.28	6	b
3%	4.33	6	c
0%	1.21	6	d

Letras diferentes: diferencias estadísticas

Los resultados obtenidos, en comparación con los de Sotomayor y Ávila (2019), muestran que se registraron valores mínimos de retención en concentraciones bajas, tal como se observa en su estudio. Las distribuciones de los resultados de las retenciones en el grupo de control y en las muestras de las tres concentraciones (1%, 2% y 3%) fueron normales, con excepción de la retención lograda con la concentración del 2% para *Albizia plurijuga* (D= 0,62 g/cm³). Estos resultados indican que la cantidad de sales de boro retenidas en las maderas analizadas disminuye conforme aumenta tanto su densidad como la concentración de sales, especialmente en el cético (DB: 0,16 g/cm³) y la capirona (DB: 0,76 g/cm³).

Landauro (2010) realizó pruebas para optimizar las variables del tratamiento de preservación mediante inmersión prolongada, utilizando sales de boro al 2% de concentración y tiempos de inmersión de 24, 36, 72 y 108 horas en secciones secas de *Guadua angustifolia* Kunth. Los resultados mostraron que las retenciones obtenidas fueron de 1,91; 3,03; 4,28 y 4,29 kg/m³, respectivamente, lo que indica una tendencia de mayor retención con el aumento del tiempo de inmersión. De manera similar, en el presente estudio se observó que, aunque el tiempo de inmersión no tuvo un efecto significativo en la retención de boro, los resultados obtenidos variaron, a pesar de que el tiempo de inmersión fue de tres días.

Por su parte, Morales (2006) evaluó la inmersión con concentraciones de boro del 3%, 6% y 9%, y tiempos de 3, 4 y 5 días, reportando un aumento en la retención con el

tiempo de inmersión. Sin embargo, se evidenció que una exposición prolongada a diferentes concentraciones de boro (0%, 3%, 5% y 7%) generó daños en el material biológico. En el caso de *Cecropia membranacea*, se detectó la presencia de moho y un olor desagradable, mientras que en *Calycophyllum spruceanum* se observaron rajaduras. Además, si las muestras no eran manipuladas con cuidado al momento de pesarlas, podían fracturarse. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Vizcarra (1998), quien indicó que los defectos más comunes tras un proceso de secado incluyen grietas superficiales e internas, rajaduras, colapso y torceduras.

González et al. (2009) preservaron *Bambusa vulgaris* mediante el método de inmersión con sales de boro a una concentración del 6% y un tiempo de inmersión de 24 horas, logrando una retención promedio de boro de 4,2 kg/m³. Este valor es inferior al obtenido en el presente estudio, donde con una concentración del 5% y un tiempo de inmersión promedio de 3 días, se alcanzó una retención de 8,288 kg/m³. Es importante destacar que, al trabajar con bambú, se genera una mayor absorción del preservante debido a las características anatómicas de esta especie. Sin embargo, la similitud con las especies trabajadas radica en que las muestras de madera fueron tratadas a una humedad constante (CH) baja en estufa, lo que favorece la eliminación del agua libre y permite una mayor capacidad de retención de las sales de boro.

Por otro lado, Montoya (2008) evaluó varios métodos de preservación y encontró que el más eficaz contra el ataque de coleópteros fue la inmersión a una concentración del 4% durante 4 días. Desde la experiencia práctica, podemos confirmar que este tipo de preservado es uno de los más adecuados y económicos, según lo recomiendan muchos autores. No obstante, sería imprescindible haber utilizado algún tipo de coleóptero para evaluar la resistencia al ataque, lo que generaría información valiosa para futuros trabajos en este campo.

Basándose en los resultados obtenidos, los estudios de Plötze y Niemz (2011) y Zauer et al. (2013, 2014) destacan que la retención de preservantes en la madera está fuertemente influenciada por su estructura anatómica específica. En nuestro estudio, tanto el Cetico como la Capirona muestran una tendencia similar en cuanto a la capacidad de retención de sales de boro, con las concentraciones del 5% y 7% obteniendo las mayores medias de retención para ambas especies.

Del Águila (1985) clasifica la madera de *Copaiba officinalis* L. (DB: 0,61 g/cm³) como difícil de tratar mediante el baño por inmersión prolongada a temperatura ambiente con la multisal CCB al 5%, debido a su baja absorción y penetración irregular, que tiende

a ser nula. En su estudio, obtuvo una absorción de 0,59 kg/m³ en 120 minutos de tratamiento, lo cual fue superior a la absorción obtenida en 60 minutos de inmersión. Nuestros resultados corroboran esta observación, ya que la concentración del 5% fue inferior a la concentración del 7%, pero los valores fueron muy similares. La absorción del preservante también estuvo influenciada por la densidad de las dos especies trabajadas, observándose mayores valores en *Cecropia membranacea* que en *Calycophyllum spruceanum*.

2.2. Regresión lineal de la absorción

La gráfica muestra la línea de regresión basada en la absorción de las dos especies a diferentes concentraciones. El ajuste de la regresión lineal presenta un coeficiente de determinación R^2 de 0.76, lo que indica que el modelo explica el 76% de la variabilidad en los datos de absorción en función de las concentraciones.

Además, se observa en la ecuación la relación entre las concentraciones (x) y la absorción (y), que indica que, en promedio, por cada incremento del 1% en la concentración, la absorción aumenta en 1.1206 unidades.

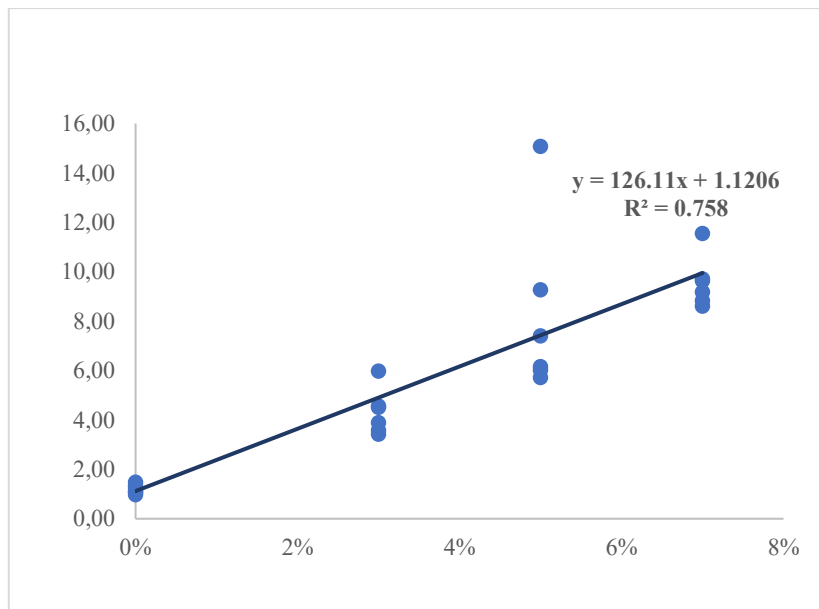


Figura 3. Ajuste de regresión de la absorción (kg/m³)

Evaluación cualitativa de la penetración de dos distintas especies en diferentes concentraciones






Penetración	Concentraciones	Interpretación
 <p>Figura 1. Penetración de las soluciones en la especie de cético</p>	0%	En la figura 1 podemos observar que, la aplicación de soluciones a un 0% de concentración en la especie de cético, presenta una coloración anaranjado pálido, lo cual indica que la penetración es nula.
 <p>Figura 1. Penetración de las soluciones en la especie de capirona.</p>		En la figura 2 podemos observar que, la aplicación de soluciones a un 0% de concentración en la especie de capirona, presenta una penetración nula.
 <p>Figura 3. Penetración de las soluciones en la especie de capirona.</p>	3%	En las figuras 3, observamos que la aplicación de soluciones a un 3% de concentración en la especie de cético, presenta una penetración totalmente regular con una coloración de rojo pálido.
 <p>Figura 4. Penetración de las soluciones en la especie de cetico.</p>		En la figura 4, observamos que la aplicación de soluciones a un 3% de concentración en la especie de capirona, presenta una penetración totalmente regular con una coloración de rojo oscuro intenso.
 <p>Figura 5. Penetración de las soluciones en la especie de capirona</p>	5%	En las figuras 5, observamos que la aplicación de soluciones a un 5% de concentración en la especie de cético, presenta una penetración totalmente irregular.



Figura 6. Penetración de las soluciones en la especie cetico



Figura 7. Penetración de las soluciones en la especie de capirona.

7%



Figura 8. Penetración de las soluciones en la especie de capirona

En la figura 6, observamos que la aplicación de soluciones a un 5% de concentración en la especie de capirona, presenta una penetración totalmente regular con una coloración de rojo oscuro intenso

En la figura 7, observamos que la aplicación de solución a un 7% de concentración en la especie de cético, presenta una penetración totalmente irregular con una coloración de rojo intenso.

En la figura 8, observamos que la aplicación de soluciones a un 7% de concentración en la especie de capirona, presenta una penetración totalmente irregular con una coloración de rojo intenso.

Nuestros resultados coinciden con la investigación de Berrocal et al. (2004), quienes establecieron que, para lograr una penetración adecuada, el preservante debe alcanzar al menos la mitad del espesor de la pieza de madera tratada. Este criterio sugiere que la tonalidad observada, con el cambio de color de amarillo a rojo en nuestras muestras, es un indicador claro de un alto nivel de retención del preservante.

La penetración del boro en las especies estudiadas varió desde una penetración regular hasta una penetración irregular, hallazgos que coinciden con los obtenidos por Posada (2015), quien también observó cambios de coloración de amarillo a rojo en sus muestras. Esto indica una buena presencia de boro, con niveles de penetración que variaron entre irregular y regular. Estos resultados refuerzan la efectividad del tratamiento con boro en la madera.

Conclusiones

En el estudio comparativo sobre la absorción y retención de dos tipos de madera, el cetico y la capirona, se evidenciaron diferencias significativas en su comportamiento. El cetico presentó una mayor absorción a una concentración del 5%, alcanzando los

10.59 kg/m³ de la sustancia aplicada, en comparación con la capirona, que mostró su mayor absorción a una concentración del 7% con 9.02 kg/m³. Esto sugiere que el cético posee una estructura más permeable, con poros de mayor tamaño que los de la capirona, lo que facilita una mayor absorción de ácido bórico y bórax.

En cuanto a la penetración, la capirona demostró una capacidad superior para retener la sustancia absorbida, mostrando una penetración de total regular a concentraciones del 5% y 7%. Por otro lado, el cético alcanzó una mayor penetración a una concentración del 3%, siendo igualmente de tipo total regular.

Los resultados de nuestro estudio mostraron que la penetración del boro en las especies estudiadas varió entre total regular e irregular, lo cual concuerda con los hallazgos de Posada (2015), quien reportó cambios de coloración de amarillo a rojo en sus muestras, lo que indica una buena presencia de boro. Los niveles de penetración en su estudio también variaron de irregular a regular. Estos resultados refuerzan la efectividad del tratamiento con boro en la madera.

Referencias

Ardinal, A., Sy, S., & Sofyan, S. (2021). Effect of boric acid on the preservation of palm replanting wood waste. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012085. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012085>

Berrocal, A., Muñoz, F., & González, G. (2004). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(3), 1–12.

Breviglieri, C. P., Romero, G., Mega, A. C., & Da Silva, F. (2019). Are *Cecropia* trees ecosystem engineers? The effect of decomposing *Cecropia* leaves on arthropod communities. *Biotropica*, 51(4), 562-571. <https://doi.org/10.1111/btp.12674>

Brischke, C. (2020). Wood Protection and Preservation. *Forests*, 11(5), 549. <https://doi.org/10.3390/f11050549>

Del Águila, A. (1985). *Efecto de la Preservación por Inmersión con la Multisal CCB, en el Acabado de Muebles de Copaifera officinalis (copaiba)* [Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2126/T-338.17498-G68.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Egoavil, G., Pereira, M., Klitzker, R., & Castro, P. (2023). Study of the physical and mechanical properties of capirona (*Calycophyllum spruceanum* [Bentham] Hooker f. Ex Schumann) wood as a potential for solid wood flooring production. *Ingeniería Industrial*, 45, 215-234. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6505>

González, Y., Mora, N., & Molina, Y. (2009). Preservación de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl mediante métodos sin presión. *Revista Forestal Venezolana*, 53(1), 43-50. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/30838>

Guindeo, C. (1984). Descripción de un método preciso para el control del gradiente de humedad durante el secado de la madera. <http://www.infomadera.net/images/17136.pdf>.

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.* <https://repositorio.ccc.org.co/entities/publication/f2f70000-76a8-43bc-8275-c20c1b21e975>

Landauro, D. (2010). *Características de preservación por el método de inmersión del tallo de Guadua angustifolia Kunth (bambú), proveniente del Distrito de La Florida, Cajamarca* [Tesis para optar el grado de ingeniería forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Ciencias Forestales]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/438/K70.L2-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lesar, B., Straže, A., & Humar, M. (2011). Sorption properties of wood impregnated with aqueous solution of boric acid and montan wax emulsion. *Journal of Applied Polymer Science*, 120(3), 1337-1345. <https://doi.org/10.1002/app.33196>

Montoya, J. A. (2008). Evaluación de métodos para la preservación de la *Guadua angustifolia* Kunt. *Scientia et Technica* 38(2), 411-416. https://www.researchgate.net/publication/44131117_EVALUACION_DE_METODOS_PARA_LA_PRESERVACION_DE_LA_Guadua_angustifolia_kunth

Morales, T. (2006). Evaluación y ajustes del proceso de preservación de guadua por inmersión con sales de boro. *Scientia et Technica*, 12 (32), 457-462. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652081>

Orrego, D. R., & Bustamante, N. R. (2017). Trabajabilidad de la madera de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) procedente de plantaciones de la cuenca del río Aguaytía en la región de Ucayali – Perú. *Revista Forestal del Perú*, 32(2), 97–106. <https://doi.org/10.21704/rfp.v32i2.1041>

Peixoto, H., Roxo, M., Koolen, H., Da Silva, F., Silva, E., Braun, M., Wang, X., & Wink, M. (2018). *Calycophyllum spruceanum* (Benth.), the Amazonian “Tree of Youth” Prolongs Longevity and Enhances Stress Resistance in *Caenorhabditis elegans*. *Molecules*, 23(3), 534. <https://doi.org/10.3390/molecules23030534>

Plötze, M., & Niemz, P. (2011). Distribución de poros y tamaño de poros de diferentes tipos de madera según lo determinado por porosimetría de intrusión de mercurio. *Revista Europea de la Madera y de los Productos de Madera* 69(4), 649-657. <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0504-0>

Posada, R. (2015). *Desarrollo de métodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando sales de bórax en la Guadua angustifolia kunth.* □ Tesis de grado magister, Universidad Tecnológica de Pereira □ □ □ Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira.

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5cd72840-9bc7-4cc2-99db-15c5f92d3653/content>

Rowell, R. (2020). Innovation in Wood Preservation. *Polymers*, 12(7), 1511. <https://doi.org/10.3390/polym12071511>

Sotomayor, J. y Ávila, L. (2019). Retención y penetración de sales de Boro en tres maderas Angiospermas: *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga*. *Cienc Tecn UTEQ*, 12(2): 23-31. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.323>

Sotomayor, J. (2018). Efecto de sales de boro en la densidad y en el módulo de elasticidad de tres maderas mexicanas. *Revista Ingeniería*, 28(2), 31. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i2.31608>

Sotomayor, J., & Ávila, L. (2020). Impregnación con sales de boro de la madera de *Spathodea campanulata* P. Beauv, *Fraxinus americana* L. y *Albizia plurijuga* (Standl.) Britton & Rose. Evaluación con ultrasonido de la velocidad de onda y del módulo dinámico. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(45), 1-11. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532020000400003

Sotomayor-Castellanos, J. R., & Villaseñor Aguilar, J. M. (2016). Retención y absorción de solución de sales de boro de diez maderas mexicanas. *Acta Universitaria*, 26(2), 12–19. <https://doi.org/10.15174/au.2016.835>

Vizcarra, S. (1998). Guía para el secado de la madera en hornos. Documento Técnico 69/1998. Bolivia 45.p. Disponible en: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacg820.pdf

Zalamea, P., Stevenson, P., Madriñán, S., Aubert, P., & Heuret, P. (2008). Growth pattern and age determination for *Cecropia sciadophylla* (Urticaceae). *American Journal of Botany*, 95(3), 263-271. <https://doi.org/10.3732/ajb.95.3.263>

Zauer, M., Hempel, S., Pfriem, A., Mechtcherine, V., & Wagenführ, A. (2014). Estudios de la distribución del tamaño de poro de la madera en estado seco y húmedo mediante porosimetría por intrusión de mercurio. *Ciencia y tecnología de la madera* 48(6), 1229-1240. <https://doi.org/10.1007/s00226-014-0671-y>

Zauer, M., Pfriem, A., & Wagenführ, A. (2013). Hacia una mejor comprensión de la densidad de la pared celular y la porosidad de la madera determinadas mediante picnometría de gas. *Ciencia y tecnología de la madera* 47(6), 1197-1211. <https://doi.org/10.1007/s00226-013-0568-1>

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright

La Revista Latinoamericana de Difusión Científica declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia CreativeCommons

Esta obra está bajo una Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

