

MEJORA DE LA DURABILIDAD NATURAL DE *DENDROCALAMUS ASPER* (SCHULT.) BACKER Y *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH POR PRESERVACION CON COMPUESTOS DE BORO Y ACQ

IMPROVING THE NATURAL DURABILITY OF *DENDROCALAMUS ASPER* (SCHULT.) BACKER AND *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH BY PRESERVATION WITH BORON COMPOUNDS AND ACQ

AMARILIS BURGOS¹, ERNESTO RIVERA¹ Y YOLY MOLINA²

1. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela Técnica Superior Forestal, 2. Laboratorio Nacional de Productos Forestales

E-mail: amarilis.guadua@gmail.com

ORCID: 0009-0008-2358-1094

Recibido 29 octubre 2022 – Aceptado 8 marzo 2023

Resumen

Palabras clave:

Durabilidad inducida

Compuestos de boro.

ACQ.

Preservación

Inmersión difusión.

Baño caliente frío.

Dendrocalamus asper (Schult.) Backer.

Guadua angustifolia Kunth.

Se evalúa el efecto de sales de boro y ACQ, a diversas concentraciones, como preservantes de materiales lignocelulósicos, para mejorar la durabilidad natural que tienen los bambúes: *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer y *Guadua angustifolia* Kunth, impregnando los culmos mediante procesos sin presión (inmersión-difusión y baño caliente frío) y con presión mediante el proceso Lowry modificado. Se consideró la variación de la densidad en las zonas apical media y baja de los culmos y su efecto en la absorción y penetración de los químicos.

Los bambúes estudiados tienen mayor densidad en la zona apical que disminuye hacia la parte media y basal del culmo, siendo *D. asper* la especie que tiene mayor densidad, 0,788 g/cm³ frente a 0,630 g/cm³ de *G. angustifolia*, explicado por espesores mayores en las paredes de los culmos en la parte baja que tienen mayor cantidad de parénquima, lúmenes de paredes gruesas y menor número de fibras.

G. angustifolia tuvo mejor absorción, 313,617 kg/m³, de compuestos de boro al 4 % aplicando el método Lowry modificado; la menor absorción la tuvo *D. asper* con 41,508 kg/m³ usando ACQ al 4 % por el método caliente frío. La penetración de los preservantes ensayados fue muy similar, 95,83 % para *G. angustifolia* con el método Lowry modificado y compuestos de boro al 4 % y 81,46 % para *D. asper* y compuestos de boro al 5 % mediante inmersión difusión. Lo mejores valores de absorción retención y penetración se lograron aplicando el método Lowry

modificado, seguido por inmersión difusión y baño caliente sin preservante y frío con preservante.

Abstract

Key Words:

Natural and induced durability

Preservation, Boron compounds.

ACQ.

Modified Lowry method.

Immersion, diffusion.

Hot bath cold.

Dendrocalamus asper (Schult.) Backer.

Guadua angustifolia Kunth.

The effect of the use of boron salts and ACQ, at various concentrations to improve the natural durability of *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer and *Guadua Angustifolia* Kunth is evaluated, impregnating the culms by non-pressure processes (immersion-diffusion and hot cold bath) and with pressure by modified Lowry process. The variation of density in the apical, middle and lower zones of the culms and its effect on the density, moisture content, absorption, retention and penetration of chemicals was considered.

The bamboos studied have a higher density in the apical zone that decreases towards the middle and basal part of the culm, with *D. asper* being the species with the highest density, 0.788 g/cm³ compared to 0.630 g/cm³ of *G. angustifolia*, explained by greater thickness in the walls of the culms in the lower part that have a greater amount of parenchyma, thick-walled lumens and fewer fibers.

G. angustifolia had better absorption, 313.617 kg/m³, of 4 % boron compounds applying the modified Lowry method; the lowest absorption was achieved by *D. asper* with 41.508 kg/m³ using 4 % ACQ by the hot cold bath method. The penetration of the tested preservatives was very similar, 95.83 % for *G. angustifolia* with the modified Lowry method and 4 % boron compounds and 81.46 for *D. asper* and 5 % boron compounds by diffusion immersion. The best values of absorption, retention and penetration were achieved by applying the modified Lowry method, followed by immersion, diffusion and hot bath without preservative and cold bath with preservative.

1. INTRODUCCIÓN

Suele generalizarse el nombre común de bambú, para varias especies de bambúes que pertenecen a la familia de las Poaceae, distinguiéndose los bambúes leñosos que se considera tienen ventajas en relación a las maderas de especies arbóreas debido a su rápido crecimiento y mayor producción de biomasa; éstos poseen excelentes propiedades físicas y mecánicas que los hacen aptos para construcción y artesanía (Monroy, 2006), aunque durante su formación, a diferencia de plantas arbóreas no tienen crecimiento secundario o incremento en el diámetro, sino crecimiento primario o apical (Liese, 1998).

Los bambúes están ampliamente distribuidos en todo el mundo, en Venezuela se encuentran 11 géneros, nueve son nativos y dos introducidos; se han descrito 67

especies leñosas nativas de Venezuela, agrupados en las subtribus Arthrostylidiinae, Chusqueinae y Guaduinae, de las cuales 20 son endémicas (Clark y Ely, 2011).

En Venezuela, es muy poco lo que se conoce acerca de la utilización de los bambúes con excepción de alguna producción artesanal, a diferencia de otros países donde el uso de varias especies en la construcción es amplio y reconocido, como en Colombia, (Delgado, 2023), Ecuador (Rivadeneira, 2021), Perú (Meza y Muñoz, 2022), Guatemala (Calo, 2018).

Una de las limitaciones para el uso masivo del bambú es su baja durabilidad natural frente a agentes bióticos destructores de compuestos ligno-celulósicos, requiriendo en consecuencia el uso de compuestos químicos protectores, conocidos como preservantes de la madera, los cuales deben ser introducidos en la estructura del culmo tan profunda y uniformemente como sea posible (Liese, 2005) para lograr una durabilidad inducida.

La baja durabilidad natural de los bambúes se debe a la presencia de azúcares no estructurales y almidón presentes en sus tejidos (Liese, 2005), que hacen posible su degradación por insectos xilófagos. Entre estos insectos destaca *Dinoderus minutus* Fabricius, especie de distribución tropical, pero considerada cosmopolita por su presencia en diversos países en todos los continentes degradando productos elaborados con diversas especies de bambú y por ser considerada una de las plagas más importantes en gramíneas leñosas (Wang, Varma y Tiansen, 1998; Geis, 2002).

Para determinar la durabilidad inducida del bambú, se seleccionaron dos especies: *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer y *Guadua angustifolia* Kunth, y se probaron compuestos de boro y cobre amoniacal cuaternario (ACQ) a diversos niveles de concentración, aplicando métodos de inmersión, baño caliente frío y vacío presión. Para evaluar el efecto de los tratamientos, se determinó la absorción, retención y penetración de cada preservante.

Los datos se procesaron en el paquete estadístico SPSS. Los ensayos se realizaron en la sección de Protección de la Madera del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (ULA-MINEC) en la ciudad de Mérida, Venezuela.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Bambúes ensayados

D. asper, nativo del continente asiático considerado el más grande dentro de los bambúes leñosos (Takahashi, 2006; Chandramouli, Jagadish y Viswanath, 2015); *G. angustifolia* Kunth se distribuye principalmente en la región andina sudamericana, siendo el bambú más sobresaliente de todos los nativos de América (Londoño, 1998). De los culmos de estas dos especies, Figura 1, establecidos en los predios del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (ULA-MINEC), Mérida, Venezuela, se prepararon las probetas que se utilizaron para probar la eficiencia de los diversos tratamientos y procesos según un diseño experimental completamente al azar.



Figura 1. *D. asper* y *G. angustifolia* en macollas en el LNPF, Mérida

Dendrocalamus asper (Schult.) Backer

Nativa de la India, Birmania y Tailandia es cultivado en muchas partes del sureste de Asia como China debido a su clima templado y el este de Asia. Se encuentra introducida en regiones tropicales con extensos cultivos de este bambú gigante (Takahashi, 2006). En Venezuela se ha introducido esta especie más que todo como planta ornamental (Clark y Ely, 2011).

Los culmos crecen muy juntos formando macollas. Los rizomas paquimorfos son cortos y gruesos; culmos huecos y cilíndricos de 15 a 20 cm de diámetro y de 20 a 30 m de altura; las paredes de sus culmos son fuertes y duraderas. Es un excelente material para la construcción de viviendas, puentes, muebles, artesanías, postes, parquet, y otros. En Tailandia se exportan como alimento los brotes de *D. asper* (Chandramouli *et al.*, 2015).

Guadua angustifolia Kunth

Se considera nativa de Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela (Londoño, 1998). Es un bambú leñoso que presenta rizomas paquimorfos, culmos de color verde oscuro que alcanzan alturas de 25 m y de 12 a 16 cm de diámetro, entrenudos, huecos, de paredes engrosadas y lignificadas.

En Venezuela la guadua suele encontrarse desde el nivel del mar hasta los 1.800 m de altitud asociadas típicamente a ecosistemas llaneros, bosques montanos bajos, bosques húmedos y de galería en los estados Amazonas, Barinas, Mérida, Táchira y Yaracuy (Clark y Ely, 2011).

G. angustifolia, adquiere su máximo desarrollo en menos de 1 año, después de haber brotado del suelo. Terminado su desarrollo se inicia su maduración que la alcanza entre los 3 y 6 años (Londoño, 1998).

En las últimas décadas la guadua se ha aprovechado industrialmente dadas sus posibilidades de sustituir a la madera en la construcción, por sus buenos valores de dureza, flexibilidad y resistencia que alcanza sus valores máximos.

2.2. Selección, corte y recolección de los bambúes en campo

La selección de los culmos se llevó a cabo de forma aleatorio a partir de las macollas de *D. asper* y *G. angustifolia*, localizaban en los alrededores del LNPF en las siguientes coordenadas geográficas GPS N 8° 37' 29,9" y 8° 37' 30,6" O 71° 08' 16,4" y 71° 08' 18,9" con altitudes entre los 1.759 y 1.774 msnm. Marcando los culmos seleccionados según buen estado fitosanitario y con presencia de líquenes y líneas nodales opacas los cuales son indicadores de su madurez (Figura 2).



Figura 2. Selección de los culmos maduros dentro de las macollas. A) Culmos de *D. asper*, B) culmos de *G. angustifolia*.

El corte de los culmos fue realizado con una moto sierra STIHL, al ras del primero o segundo nudo por encima del suelo. Con respecto a los culmos del *D. asper* cuya macolla es aglomerada, se hicieron cortes en “V” para sacarlos, emparejando luego hasta los nudos para no dejar entrenudos exhibidos; en cambio, en la macolla de *G. angustifolia* el acceso fue más fácil debido al distanciamiento de un culmo al otro (Figura 3).



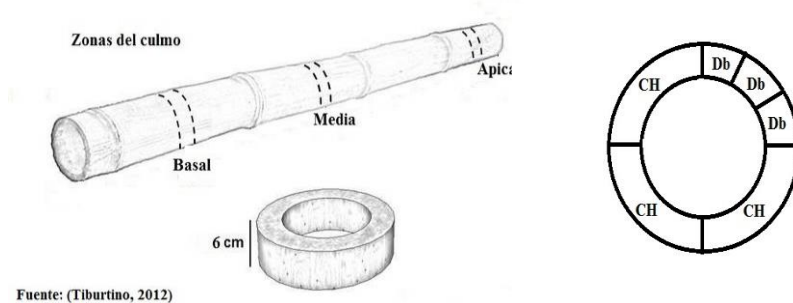
Figura 3. Corte de los culmos. A) *D. asper*, B) *G. angustifolia*

2.3. Preparación de las probetas

Las probetas se cortaron de tres culmos de *D. asper* de 13,5 m de largo y cuatro de

G. angustifolia de 10 m, descartando el varillón y la copa. Cada culmo fue diferenciado en tres segmentos: basal, media y apical.

Las probetas para determinar las propiedades físicas: contenido de humedad (CH) y densidad básica (Db), fueron obtenidas de dos culmos de cada especie, seleccionados aleatoriamente. Cortando de cada culmo una probeta de aproximadamente 6 cm de largo de la zona basal, media y apical. Cada probeta fue cortada en cuatro secciones, tomando tres secciones para el CH y la cuarta sección se cortó en tres probetas más pequeñas para la Db.



Fuente: (Tiburtno, 2012)

Figura 4. Cortes realizados a lo largo del culmo (izquierda) y seccionamiento de las probetas para las propiedades físicas (derecha).

Se obtuvieron 36 probetas de *D. asper* y 36 de *G. angustifolia*, destinando la mitad (18 probetas) para cada una de las propiedades físicas, correspondiendo 6 probetas basales, 6 probetas medias y 6 probetas apicales por especie para un total de 24 probetas por zona del culmo.

Las probetas obtenidas para las propiedades físicas, preservación química, y testigos, fueron ordenadas y marcadas por especie y número de probeta. La selección de las probetas para cada uno de los ensayos se realizó de forma aleatoria, luego se codificaron, cubicaron y finalmente fueron trasladadas a la sección de Secado y Preservación de la Madera (SPM) del LNPF para la aplicación de los tratamientos.

Para los tratamientos de preservación química se prepararon 120 probetas de 40 cm de largo, provenientes de tres culmos de *D. asper* y cuatro culmos de *G. angustifolia* (Figura 5). De las cuales 60 probetas corresponden a cada una de las especies. Las probetas fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos, según especie, método de preservación y preservante-concentración.



Figura 5. Probetas para la preservación química

2.4. Ensayos de propiedades físicas

Una vez cortadas las probetas se pesaron en condición verde (Pv) en una balanza digital Scout® Pro (EE.UU.) con precisión de 0,01 g, luego se determinó el volumen en condición verde (Vv) de las probetas de densidad por medio del método de desplazamiento de agua.

Posteriormente las probetas de ambas propiedades físicas fueron secadas en una estufa digital Binder (alemana) a una temperatura de 103 ± 2 °C hasta peso constante, para obtener el peso seco al horno (Psh).

Para determinar el contenido de humedad, se aplicó el método de secado en estufa o gravimétrico.

$$CH \% = \frac{Pv - Psh}{Pv} * 100$$

La densidad básica se obtiene mediante la división del peso seco al horno de la probeta y su volumen verde, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Db = \frac{Psh}{Vv}$$

2.5. Métodos de Preservación

Preparación de los preservantes

Previamente fue determinado el volumen de los tanques de preservación restando luego el volumen promedio de las probetas a introducir en ellos. De esta manera, se logró determinar un promedio de la cantidad de solución preservante a preparar.

Para la solución preservante compuestos de boro (ácido bórico y bórax) se usó la relación 1:1 y las concentraciones ensayadas fueron al 3, 4 y 5 %. Para la de ACQ las concentraciones ensayadas fueron 2, 3 y 4 %.

Antes de iniciar cada uno de los tratamientos de preservación, las probetas se limpiaron y se perforaron los nudos para garantizar que el preservante circule a lo

largo del culmo (Figura 6).



Figura 6. Perforación de los nudos: B) *D. asper*, C) *G. angustifolia*

INMERSIÓN - DIFUSIÓN

El ensayo consistió en sumergir las probetas en los tanques de preservación con las soluciones preservantes, a las diferentes concentraciones. Posteriormente las probetas fueron pesadas diariamente hasta peso constante llegando a esta condición a los 4 días de establecido el ensayo. Finalizado el proceso las probetas fueron retiradas de los tanques, dejando escurrir en dirección vertical hasta que las mismas dejaran de gotear. El material preservado fue apilado y almacenado bajo techo.

Baño caliente - frío

El método consistió en preparar dos tanques: uno para el método caliente y otro para el método frío. Este ensayo fue dividido en dos versiones: la primera consistió en calentar el bambú en un tanque solo con agua para luego trasladarlo a un tanque frío con preservante y la segunda consistió en calentar el bambú con el preservante y luego pasarlo a un tanque con una solución preservante fría a la misma concentración.

Una vez lograda la temperatura deseada, tanto en el tanque que solo tenía agua como en el que tenía solución preservante, se introdujeron las probetas. La duración del proceso fue de 30 minutos a partir de que las probetas alcanzaron los 60 °C. Posteriormente se preparó otro tanque a temperatura ambiente, aproximadamente 22 °C, (tanque frío) con la solución preservante a la concentración a ensayar para ambos casos. Finalizado el tiempo en el baño caliente se pasaron las probetas al tanque con el preservante frío, dejándolas el doble de tiempo que estuvieron en el baño caliente, es decir, por 60 minutos. Al cumplirse este período fueron retiradas las probetas del tanque frío, dejándolas escurrir verticalmente para finalmente apilar y almacenar bajo techo.

Preservación con presión

Se empleó el método Lowry modificado, en el cual no se aplica vacío inicial. Para

conseguir mayor penetración y retención se aplicó presión de 10 a 12 kg/cm² durante una hora y luego se hizo un vacío final para recuperar el exceso de preservante. Estos ensayos se realizaron en el cilindro de preservación de la sección Protección de la madera del Laboratorio Nacional de Productos Forestales.

2.6. Evaluación de los tratamientos de preservación

La evaluación de la calidad del proceso de preservación se realizó mediante la medición de tres valores o indicadores: absorción, retención y penetración (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988).

Los cálculos de absorción se realizaron por diferencia de pesos entre antes y después de los tratamientos, relacionándolos con sus respectivos volúmenes. La retención resulta de multiplicar el valor de la absorción por la concentración de la solución preservante. Ambos resultados expresados en kg/m³.

Para la penetración, las probetas de *D. asper* y de *G. angustifolia* preservadas fueron examinadas realizando un corte transversal en la mitad de las mismas, para la aplicación de los colorantes, midiendo con un vernier manual en milímetros la profundidad que alcanzó cada solución preservante en uno de los cortes de las probetas.

Como las soluciones preservantes eran incoloras, se emplearon colorantes o reveladores, apropiados para colorear el ingrediente activo; boro, para los compuestos de boro y cobre para el ACQ (JUNAC, 1988).

Para el revelador de boro se prepararon dos soluciones: la solución A con 10 g de extracto de cúrcuma (*Curcuma longa*) y 90 cc de alcohol etílico (C₂H₅OH) y la solución B con 20 cc de ácido clorhídrico concentrado (HCl) diluido a 100 ml con alcohol etílico y se agregó ácido salicílico (C₇H₆O₃) hasta saturación. Se roció el corte transversal de la pieza a evaluar con la solución A y luego de tres minutos se aplicó la solución B; el área aplicada con la primera solución muestra inicialmente un color amarillento que luego se transforma en rojo debido a la aplicación de la segunda solución indicando la presencia de boro. Si la coloración en el corte de la probeta es rojo intenso, se considera como penetración óptima; cuando la coloración es anaranjada es aceptable y cuando la coloración es amarillenta indica deficiencia de boro.

Para el cobre, se preparó una solución con 0,5 g de cromo azulol S (C₂₃H₁₃Cl₂O₉Sn₃) y 5 g de acetato de sodio (C₂H₃NaO₂) en 80 cc de agua destilada que luego se diluye a 300 ml. Esta solución se aplica por rocío sobre la superficie a evaluar; la zona tratada toma un color azul que indica la presencia de cobre.

La penetración se evalúa visualmente apreciando el área coloreada que señala hasta donde ha penetrado el preservante, auxiliándose de una clasificación estandarizada como la propuesta por JUNAC (1988), en este caso adaptada al bambú como se muestra en la Figura 7.

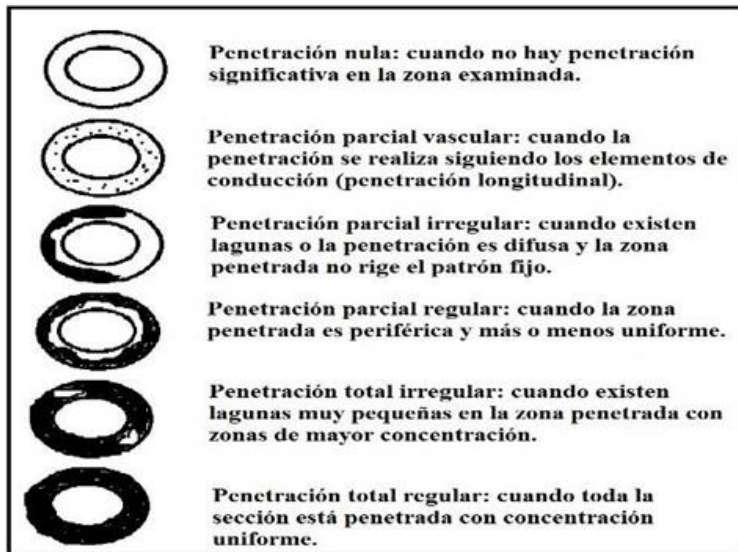


Figura 7. Grados de penetración del preservante en el bambú (adaptado de JUNAC, 1988)

2.7. Diseño experimental

2.7.1. Densidad y contenido de humedad de los bambúes

Se estableció un diseño factorial de efectos fijos, con dos variables independientes, la especie y la posición en el culmo. Especies: *Dendrocalamus asper* y *Guadua angustifolia*, con la posición de las probetas en el culmo se definieron tres niveles: posición basal, media y apical. Se establecieron 12 réplicas por combinación resultando 72 observaciones o mediciones ($2 \times 3 \times 12 = 72$). Las variables dependientes fueron la densidad y el contenido de humedad de los bambúes.

2.6.2. Tratamientos para evaluar el efecto de los tratamientos

En el diseño experimental para evaluar el efecto de los tratamientos a los dos bambúes en la durabilidad inducida, se consideraron como variables independientes: las dos especies de bambú: *Dendrocalamus asper* y *Guadua angustifolia*, los dos preservantes a distintos niveles de concentración: Compuestos de boro al 3, 4 y 5 % y ACQ al 2, 3 y 4 %, tratamientos: Inmersión-difusión, Lowry modificado, Baño caliente sin preservante y baño frío con preservante y baño caliente y frío ambos con preservante y las variables dependientes para determinar la eficacia de la preservación: absorción, retención y penetración del preservante.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad promedio al iniciar los tratamientos fue de 56,32 % para *D. asper* y 82,93 % para *G. angustifolia*, Cuadro 1.

Cuadro 1. Contenido de humedad de las probetas de bambú

Especies	Contenido de humedad (CH)			
	Promedio	CV (%)	Mínimo	Máximo
<i>D. asper</i>	56,32 %	37,32 %	28,15	97,11
<i>G. angustifolia</i>	82,93 %	20,29 %	44,44 %	108,60 %

Ambas especies tenían un CH por encima del punto de saturación de la fibra (30 %). En general, los valores de CH obtenidos en este trabajo se encuentran dentro de los rangos de humedad para el bambú reportados por Liese (2005) que explica las diferencias según el tipo de bambú, diferencias en el espesor de las paredes y la altura que alcanzan.

El mayor contenido de humedad observado en *G. angustifolia* es muy similar al obtenido por Calo (2018) de 79,50 %, pero inferior al valor reportado por Pérez y Quintana (2019) que reportaron CH promedio de 104,33 %. En relación a *D. asper*, el valor del CH de 56,32 % es superior al valor reportado por Calo (2018), CH de 40,70 %. Sin embargo, con una especie similar, *Dendrocalamus hamiltonii*, Kabir, Bhattacharjee y Sattar (1995) reportaron un contenido de humedad de 47,80 % el cual se acerca un poco más al valor obtenido en esta investigación.

Independientemente de las especies, se analizaron las diferencias en contenido de humedad entre las zonas en el culmo, resultando la zona basal con el mayor contenido de humedad. Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de humedad en las zonas de los culmos

Zona del culmo	N	Subconjunto	
		1	2
Apical	24	57,84 %	
Media	24	66,81 %	
Basal	24	84,23 %	

3.2. Densidad básica

Considerando ambas especies, *D. asper* tiene mayor densidad 0,788 g/cm³ que *G. angustifolia* 0,630 g/cm³, Cuadro 3. Con relación a las zonas del culmo; la zona basal tiene menor densidad que las media y apical (Cuadro 4).

Es conocido que la cantidad de fibras y parénquima varía según la zona del culmo de los bambúes, existiendo un menor número de fibras y mayor cantidad de parénquima en la parte basal y un mayor número de fibras y menor cantidad de parénquima hacia la parte apical (Liese, 1998), lo que explicaría la menor densidad encontrada en la zona basal en ambas especies.

Cuadro 3. Densidad promedio de las tres zonas de *D. calamus* y *G. angustifolia*

Especies	Densidad básica			
	Promedio	CV (%)	Mínimo	Máximo
<i>D. asper</i>	0,788 g/cm ³	18,27 %	0,567 g/cm ³	1,263 g/cm ³
<i>G. angustifolia</i>	0,630 g/cm ³	12,85 %	0,536 g/cm ³	0,970 g/cm ³

Cuadro 4. Densidad según las zonas del culmo

Zona del culmo	N	Subconjunto	
		1	2
Basal	24	0,619 g/cm ³	
Media	24	0,727 g/cm ³	
Apical	24	0,781 g/cm ³	

Surjokusumo y Nugroho (1995) reportaron para *D. asper* densidades entre 0,610 y 0,700 g/cm³, similar a la densidad señalada por Calo (2018) de 0,709 g/cm³, valores inferiores al reportado en este trabajo. Para *G. angustifolia* se conoce que fueron obtenidas densidades básicas de 0,704 g/cm³ (Cobos y León, 2007) y 0,708 g/cm³ (Correal y Arbeláez, 2010), valores más altos que los conseguidas en el presente trabajo. Densidades menores de 0,575 y 0,551 g/cm³ han sido reportados por Calo (2018) y Pérez y Quintana (2019), valores parecidos a los obtenidos.

3.3. Durabilidad inducida

Absorción

El promedio de absorción por especie, considerando métodos, preservantes y concentración, resultó mayor para *G. angustifolia* con 163,95 kg/m³ y para *D. asper* 102,49 kg/m³, Cuadro 5.

Cuadro 5. Absorción por especie considerando los parámetros de evaluación

Especie	Abs Prom.	CV (%)	Mínimo	Máximo
<i>D. asper</i>	102,49 kg/m ³	40,08 %	22,86 kg/m ³	194,87 kg/m ³
<i>G. angustifolia</i>	163,95 kg/m ³	46,15 %	49,64 kg/m ³	341,60 kg/m ³

Discriminando los parámetros del ensayo, la mayor absorción se obtuvo en *G. angustifolia* con 313,62 kg/m³ por medio del método Lowry modificado y con compuestos de boro (CB) al 4 %. *D. asper* presentó la menor absorción promedio de 41,51 kg/m³ por el método baño caliente y frío ambos con preservante ACQ al 4 %, Cuadro 6.

Cuadro 6. Absorción de los preservantes por especie, preservante y método de preservación

Especie	Método de preservación	Preservante y Concentración					
		CB 3 %	CB 4 %	CB 5 %	ACQ 2 %	ACQ 3 %	ACQ 4 %
<i>D. asper</i>	Inmersión-difusión	99,62	105,40	94,78	130,81	119,39	139,38
	Lowry modificado	72,21	135,88	122,21	178,02	140,22	147,04
	B/C-S/P y F-C/P	87,40	NE	104,30	99,03	NE	67,11
	B/C/F-C/P	42,96	NE	46,916	75,64	NE	41,51
<i>G. angustifolia</i>	Inmersión-difusión	135,72	245,02	211,69	145,33	105,98	138,64
	Lowry modificado	295,71	313,62	211,42	158,53	187,87	268,85
	B/C-S/P y F-C/P	92,86	NE	126,88	114,68	NE	119,53
	B/C/F-C/P	80,33	NE	82,25	99,99	NE	144,18

B/C-S/P y F-C/P: Baño caliente sin preservante y frío con preservante; B/C/F-C/P: baño caliente y frío ambos con preservante; NE: no ensayado

El análisis de varianza señaló que las diferencias entre las medias obtenidas son

altamente significativas al nivel 5 %; esta alta significancia también resulta cuando se analizan las interacciones especie * método * preservante * concentración.

Según el CH de *G. angustifolia* (82,93 %) buena parte de los lúmenes se encontraban saturados de agua lo que permitiría mayor difusión de las sustancias preservantes; *D. asper* al tener menor CH (56,32 %) tiene una absorción más baja de los preservantes hidrosolubles. Debe considerarse también la densidad de las especies estudiadas; *D. asper*, tiene mayor densidad básica que *G. angustifolia* que explicaría la diferencia de absorción entre las especies.

Los valores de absorción obtenidos con compuestos de boro a 4 % de concentración son superiores a los obtenidos por Peña *et al.*, (2009) que reportaron un valor promedio de absorción de $153,28 \pm 23,02$ kg/m³ en muestras de 1,5 m de longitud de *G. angustifolia* por el método inmersión-difusión con compuestos de boro al 2 %; es posible que además, de la diferencia en concentración, las dimensiones de las probetas resulten en la diferencia de los valores encontrados.

Con otras especies los valores de absorción también son variados. Usando *Bambusa vulgaris* Schrad, González (2008) halló absorciones medias por los métodos inmersión y baño caliente y frío de 116,904 y 91,757 kg/m³ con compuestos de boro al 2 % de concentración, utilizando un tiempo de inmersión de 24 horas y una temperatura para el baño caliente de 52 °C por 2 horas y el doble para el frío (4 horas). Este autor también preservó por el método Lowry modificado usando compuestos de boro a concentración de 6 % para una absorción promedio de 273,633 kg/m³, que está por debajo al encontrado en este trabajo usando una concentración menor. Si bien la presión usada en el ensayo de González (2008) fue de 12 kg/cm² y en la presente investigación de 10 kg/cm² y que las especies fueron diferentes, las absorciones halladas en este trabajo fueron mayores; nuevamente se podría considerar el efecto del tamaño de las probetas ensayadas.

Son escasos los trabajos relacionados con uso del preservante ACQ en los bambúes. Como referencia se encontraron trabajos donde se emplea ACQ, pero en maderas. Con algunas especies Encinas, Beltrán, Polanco y Caicedo (2013) reportaron una absorción promedio de 44,23 kg/m³ en muestras con dimensiones de 2,5 x 2,5 x 10 cm en un ensayo de durabilidad inducida por el método Lowry modificado a una concentración del 3 %, este valor es inferior al encontrado en esta investigación pudiéndose deber al tipo de madera evaluada. González (2018) trató *Tabebuia rosea* Bertol D.C. con ACQ por los métodos inmersión, baño caliente y frío y Lowry modificado hallando los valores de absorción de 445,38 con ACQ al 5 % y 339,38 kg/m³ usando ACQ al 3 %. Las absorciones señaladas son mayores a las reportadas por los bambúes ensayados y mayor aún para la referencia anterior pudiéndose deber a que la especie tratada por González (2018) es maderable, mientras que en la actual investigación fueron bambúes leñosos, además del tamaño de las probetas.

Retención

La retención está directamente relacionada con la absorción y la concentración de la solución preservante. En el Cuadro 7 se presentan los valores de retención para ambas especies; se destaca el elevado valor del coeficiente de variación que indica la amplitud de valores entre la retención mínima y máxima.

Cuadro 7. Retención de los preservantes en los bambúes ensayados

Especies	Retención			
	Promedio	CV %	Mínimo	Máximo
<i>D. asper</i>	3,51 kg/m ³	48,01 %	0,92 kg/m ³	6,78 kg/m ³
<i>G. angustifolia</i>	5,90 kg/m ³	59,74 %	1,49 kg/m ³	13,18 kg/m ³

El método de preservación que resulta en la mayor retención fue Lowry modificado (6,576 kg/m³), seguido del método inmersión-difusión (4,984 kg/m³), baño caliente sin preservante y frío con preservante (3,588 kg/m³); la menor retención se obtuvo con el método baño caliente y frío ambos con preservante (2,615 kg/m³).

Los resultados obtenidos al considerar los factores: especie, método de preservación, preservantes-concentración, se presentan en el Cuadro 8. Para *G. angustifolia* y *D. asper*, las mejores retenciones se consiguen empleando compuestos de boro en sus tres concentraciones y empleando el método Lowry modificado; las menores retenciones se consiguen con el método baño caliente frío.

Sin embargo, con el método baño caliente y frío los valores son menores, aún con las dos versiones ensayadas. En el caso del *D. asper* las retenciones halladas en el actual trabajo son muy bajas en comparación a las obtenidas por Monroy (2006). En general las retenciones con compuestos de boro se aproximan a las obtenidas con *G. angustifolia* en la investigación por el método Lowry modificado y los compuestos de boro al 4 % de concentración; las retenciones encontradas para *D. asper* por el mismo método de preservación se encuentran muy por debajo a los resultados reportados por Monroy (2006).

Cuadro 8. Retención en *D. asper* y *G. angustifolia* combinando los métodos de preservación con preservante - concentración

Especie	Método de preservación	Preservante por Concentración					
		B 3 %	B 4 %	B 5 %	ACQ2 %	ACQ 3 %	ACQ 4 %
<i>D. asper</i>	Inmer.-difusión	2,989	4,216	4,739	2,616	3,582	5,575
	Lowry modificado	2,166	5,435	6,110	3,560	4,206	5,882
	B/C-S/P y F-C/P	2,622	NE	5,215	1,981	NE	2,684
	B/C/F-C/P	1,289	NE	2,167	1,513	NE	1,660
<i>G. angustifolia</i>	Inmer.-difusión	4,072	9,801	10,585	2,907	3,179	5,546
	Lowry modificado	8,871	12,545	10,571	3,171	5,636	10,754
	B/C-S/P y F-C/P	2,786	NE	6,344	2,294	NE	4,781
	B/C/F-C/P	2,410	NE	4,113	2,000	NE	5,767

B/C-S/P y F-C/P: Baño caliente sin preservante y frío con preservante; B/C/F-C/P: baño caliente y frío ambos con preservante; NE: no ensayado

Otros investigadores consiguieron resultados parecidos. Monroy (2006) preservó con compuestos de boro y dicromato de sodio a una relación 2:2:0,5, culmos de 8 cm de longitud de cuatro especies de bambú, entre ellas *D. asper* y *G. angustifolia*, por inmersión por un período de 48 horas (2 días) y un baño caliente a 60 °C por 6 horas y un baño frío de 18 horas y obtuvo retenciones para *G. angustifolia* de 7,91 kg/m³ por inmersión y 7,73 kg/m³ por baño caliente y frío; para *D. asper* logró retenciones de 7,44 kg/m³ por inmersión y 7,69 kg/m³ por baño caliente y frío, resultados que se aproximan a los obtenidos en el presente trabajo para *G. angustifolia* aplicando el método de inmersión difusión.

Tang y Liese (2011) trabajaron con tres especies de bambú, entre ellas *D. asper* empleando compuestos de boro a una concentración de 6 % por el método Bethell (célula llena) utilizando cinco presiones (2,5; 4,0; 5,5; 7,0 y 8,5 bar), tres tiempos (60, 90 y 120 min) y culmos de 1,20 m de largo y lograron una retención promedio de 4 kg/m³ con una presión de 5,5 bar equivalente a 5,6 kg/cm² por un tiempo de 60 minutos. La retención promedio reportada por los autores para *D. asper* es inferior al hallado en la presente investigación, pero utilizando el método Lowry modificado con concentraciones menores al 6 %; solamente son similares cuando se consideran las retenciones obtenidas por inmersión-difusión con compuestos de boro y ACQ.

Peña *et al* (2009) alcanzaron una retención promedio de $3,06 \pm 0,46$ kg/m³ por el método de inmersión y compuestos de boro a una concentración del 2 % para la *G. angustifolia*; también Landauro (2010) reportó una retención promedio de 4,29 kg/m³ en piezas de 1 m de longitud de esta especie utilizando el mismo preservante y la misma concentración por el método de inmersión prolongada en un período de 108 horas (4,5 días), el valor de retención está por encima al logrado en el estudio anterior y es menor al valor conseguido para *G. angustifolia* en el presente trabajo por el mismo método de preservación aunque a una concentración distinta.

El tiempo de inmersión coincide con lo concluido por Montoya (2008) que recomienda dejar el bambú en inmersión prolongada por 4 días para controlar ataques por parte del *D. minutus* ya que es el tiempo suficiente para que los culmos dejan de absorber los compuestos de boro.

Morales-Pinzón *et al.* (2012) ensayaron con compuestos de boro a una concentración del 5 % por el método de inmersión-difusión en *G. angustifolia* y obtuvieron una retención promedio de $3,02 \pm 0,3$ kg de EAB/m³ (equivalente de ácido bórico). Burgos y Montoya (2015) reportan una mayor retención promedio para *G. angustifolia* de 3,603 kg/m³ por inmersión-difusión con el preservante compuestos de boro al 8 % de concentración y a una temperatura de 60 °C en probetas de 10 cm de longitud. Ambos resultados son similares entre sí, pero están por debajo a la retención media obtenida para *G. angustifolia* por el mismo método en la presente investigación.

Como en el caso de la absorción, no se consiguieron referencias acerca de la retención para el preservante ACQ en los bambúes ensayados, razón por la que se

consideraron trabajos realizados con especies maderables donde se han realizados estudios con este producto con la finalidad de comparar resultados y comportamientos ante este químico. Encinas *et al* (2013) señalan una retención promedio con ACQ de 1,33 kg/m³ a una concentración del 3 % en la especie colombiana *Caryodaphnopsis cogolloi* van der Werff por medio del método Lowry modificado y por inmersión difusión; el valor obtenido se encuentra muy por debajo de los obtenidos empleando ACQ en ambas especies de bambú en este trabajo.

González (2018) realizó un ensayo para controlar termitas en *T. rosea* utilizando ACQ a diferentes concentraciones (3, 4 y 5 %) y tres métodos de preservación, encontrando retenciones medias de 16,982 kg/m³ al 5 % de concentración por el método inmersión durante 6 días, y retención promedio de 12,962 kg/m³ por el método Lowry modificado a la misma concentración mediante la aplicación de una presión de 10 kg/cm² por hora, además del método baño caliente y frío donde utilizó temperatura inicial de 60 °C por 4 horas y luego dejó reposar la madera en el mismo preservante por 45 horas obteniendo una retención promedio de 17,816 kg/m³. Estos últimos resultados superan las retenciones obtenidas para *D. asper* y *G. angustifolia* en la presente investigación pudiéndose deber al tamaño de las muestras en el ensayo ya que son inferiores a las usadas en el trabajo citado.

Penetración

Conforme la Clasificación de penetración de la JUNAC (1988) adaptada para bambúes, la penetración en bambú de los compuestos de boro, en las 60 probetas evaluadas para ambas especies fue de parcial irregular, regular y total regular con tonalidades entre anaranjado y rojo intenso; estas penetraciones coinciden con los resultados obtenidos por González (2008), Tang y Liese (2011) y Burgos y Montoya (2015) en *B. vulgaris*, *D. asper* y *G. angustifolia*.

En las 60 probetas preservadas con ACQ solo se observaron pequeñas penetraciones dispersas en forma de puntos vasculares siendo parcial vascular en muy pocas probetas, las cuales mostraron una coloración azul intenso en las zonas penetradas con este preservante. La mayoría de las probetas evaluadas no presentaron coloración azul lo que indica que no hubo penetración del producto ACQ, considerando penetraciones nulas.

Debido a la baja penetración del preservante ACQ en la sección media de ambas especies, se aplicó el revelador de cobre en los extremos de las probetas donde se observó que había presencia del preservante mostrando penetración parcial irregular, uniforme, hacia la periferia, hasta total regular.

Es posible que la densidad del preservante o el tamaño de las moléculas del ingrediente activo hizo que el ACQ penetrara menos por los vasos conductivos de los haces vasculares de los culmos y limitara su paso en sentido transversal debido a la impermeabilidad de la cutícula. El movimiento transversal del preservante desde los haces vasculares hacia el tejido parenquimático vecino y hacia las fibras se realiza

únicamente por difusión y con movimiento muy lento (Liese, 2005).

Según la prueba ANOVA realizada el *D. asper* y la *G. angustifolia* presentan penetraciones similares, sin embargo, como se presenta en el Cuadro 9, *G. angustifolia* obtuvo una penetración promedio de 95,83 % por el método Lowry modificado y CB a 4 %, seguido del *D. asper* que obtuvo su mayor penetración media de 81,46 % por el método inmersión-difusión y CB a 5 %. Las penetraciones bajas fueron reportadas con ACQ en sus tres concentraciones, con valores inferiores a 5,50 %, para cada uno de los métodos de preservación. Inclusive hubo probetas de ambas especies que no fueron penetradas por este preservante.

Cuadro 9. Penetración en porcentaje según especie, método y preservante- concentración

Especie	Método de preservación	Preservante por Concentración					
		C Boro 3 %	C. Boro 4 %	C. Boro 5 %	ACQ 2 %	ACQ 3 %	ACQ 4 %
<i>D. asper</i>	Inmersión-difusión	63,37	66,10	81,46	1,57	3,99	1,68
	Lowry modificado	65,51	75,47	73,86	0	1,97	0
	B/C-S/P y F-C/P	55,56	NE	40,42	0	NE	0
	B/C/F-C/P	37,82	NE	28,07	0	NE	0
<i>G. angustifolia</i>	Inmersión-difusión	49,16	76,17	82,96	0	4,91	3,40
	Lowry modificado	79,58	95,83	91,21	0	5,50	0
	B/C-S/P y F-C/P	44,78	NE	55,99	0	NE	3,39
	B/C/F-C/P	48,24	NE	55,57	0	NE	1,48

B/C-S/P y F-C/P: Baño caliente sin preservante y frío con preservante; B/C/F-C/P: baño caliente y frío ambos con preservante; NE: no ensayado

Monroy (2006) consiguió en su trabajo de preservación con compuestos de boro y dicromato de sodio penetraciones promedio por los métodos inmersión y baño caliente y frío de 75,91 y 67,22 % para *G. angustifolia*, mientras que con *D. asper* encontró penetraciones promedio de 68,02 y 65,92 % respectivamente. Los valores por inmersión se asemejan a los reportados en el presente trabajo y los de baño caliente y frío se encuentran por debajo, aunque fue superior la penetración alcanzada por Lowry modificado en el trabajo, en ambas especies. Tang y Liese (2011) lograron en *D. asper* penetraciones promedios mayores al 75 % con los compuestos de boro al 6 % de concentración mediante el método Bethell usando una presión de 4 bar (4 kg/cm²) y un tiempo de 60 minutos, esta penetración fue superada por el resultado hallado por la misma especie en el actual estudio por el método inmersión-difusión y los compuestos de boro al 5 %. Fueron encontrados porcentajes promedios de penetración para la *G. angustifolia* similares a los reportados en este estudio por parte de Morales-Pinzón *et al.* (2012) de 72 ± 10 % por el método inmersión-difusión y los compuestos de boro al 5 %. Burgos y Montoya (2015) reportaron un menor valor de penetración promedio de 60,90 ± 6,86 % influida por una temperatura de 60 °C para el mismo bambú, método de preservación y producto pero a una concentración del 6 %.

Para efectos comparativos, Tang y Liese (2011) proponen el uso de una tabla

comparativa para la penetración en bambú empleando 5 grados de penetración. En el Cuadro 10 se presentan las penetraciones logradas en el presente trabajo y resultados de otras investigaciones, clasificadas según la propuesta de Tang y Liese.

Cuadro 10. Comparación de la penetración del preservante, en este estudio y otros estudios, según la clasificación de Tang y Liese (2011)

Autor (es)	Especie	Grado y Penetración del preservante en la pared del culmo				
		Grado 0 Sin penet.	Grado 1 < 25 %	Grado 2 25–50 %	Grado 3 50–75 %	Grado 4 >75 %
Monroy (2006)	<i>D. asper</i>				65,92; 68,02	
	<i>G. angustifolia</i>				67,22	75,91
Tang y Liese (2011)	<i>D. asper</i>					> 75
Morales- Pizón <i>et al.</i> (2012)	<i>G. angustifolia</i>				72 ± 10	
Burgos y Montoya (2015)	<i>G. angustifolia</i>				60,90 ± 6,86	
Estudio actual	<i>D. asper</i>					81,46
	<i>G. angustifolia</i>					95,83

Aunque con el método a presión se alcanzan buenas retenciones y penetraciones de las soluciones preservantes usadas, puede considerarse un gasto adicional para los usuarios que deseen preservar estas especies de bambú, ya que puede contar o no con las instalaciones y equipos para hacerlo (cilindro de preservación, bombas y compresores). Desde este punto de vista y buscando economizar parece conveniente utilizar el método de inmersión - difusión con compuestos de boro al 4 % de concentración coincidiendo con estudios similares (Montoya, 2008; Peña *et al.*, 2009) que lograron altas retenciones para controlar ataques por parte de insectos, una vez que las piezas de bambú se encuentran en servicio.

En general el uso de compuestos de boro origina piezas preservadas que son susceptibles a la lixiviación por agua de lluvia u otras fuentes, aspecto que puede solucionarse tomando las previsiones del caso evitando el contacto con el agua mediante protección tipo techados o recubrimientos repelentes como barnices o pinturas especiales.

BIBLIOGRAFIA

- Burgos, F. A., & Montoya, J. A. (2015). Efecto de la concentración, temperatura y tiempo de inmersión sobre la retención y penetración de boro en *Guadua angustifolia* Kunth. *Agricultura Andina*, 21, 15-26.
- Calo, R. N. (2018). *Caracterización física y mecánica de tres especies de bambú apta para la construcción en Guatemala*. (Tesis de grado), Universidad De San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

- Chandramouli, S., Jagadish, M. R., & Viswanath, S. (2015). Cultivation prospects of *Dendrocalamus asper* for edible shoots in semiarid and humid tropics of Peninsular India. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(1), 95-101.
- Clark, L. G., & Ely, F. U. (2011). Géneros de bambúes leñosos (Poaceae: Bambusoideae: Arundinarieae, Bambuseae) de Venezuela. *Acta Botánica Venezolana*, 34(1), 79-103 pp.
- Cobos, J., & León, X. (2007). *Propiedades físico-mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del LASA II*. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Correal, J. F., & Arbeláez, J. (2010). Influence of age and height position on colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 12(2), 105-113.
- Delgado Ladino, C. (2023). *Uso del bambú en la construcción para reducir el impacto ambiental: una revisión de literatura*. Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Neiva, Colombia.
- Encinas B., O., Beltrán, H., Polanco, T., y Caicedo, V. (2013). Durabilidad inducida de *Caryodaphnopsis cogolloi* bajo la acción de tres preservantes hidrosolubles. *Revista Forestal Venezolana*, 57(2), 147-156.
- Geis, K. U. (2002). Gebietsfremde Splintholz-und Bohrkäfer, nach Mitteleuropa mit Importholz und anderen Gütern eingeschleppt. Eine Bestandsaufnahme (Coleoptera: Lyctidae, Bostrichidae). *Mitteilungen des internationalen Entomologischen Vereins Frankfurt, Germany*, 10, 1-100.
- González, J. M. (2018). Evaluación de la madera de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC tratada con boro, multilac y ACQ ante termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). (Trabajo de pasantías), Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela Técnica Superior Forestal, Mérida, Venezuela.
- González, V. Y. (2008). *Tratabilidad de Bambusa vulgaris mediante métodos de preservación sin presión*. Tesis de grado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela.
- Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). (1988). *Manual del Grupo Andino para Preservación de Madera* (1ra ed.). Lima, Perú: Carvajal S.A.
- Kabir, M., Bhattacharjee, D., & Sattar, M. (1995). Physical Properties of node and internode of culm and branch of *Dendrocalamus hamiltonii*. *Bamboo, People and the Environment*, 3, 180-184.
- Landauro, P. 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 de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Lima, Perú.
- Liese, W. (1998). *The Anatomy of Bamboo Culms*. Reporte Técnico Internacional Network for Bamboo and Rattan, INBAR, Beijing, China.
- Liese, W. (2005). Preservation of a Bamboo culm in relation to its structure. *World Bamboo and Rattan*, 3(2), 16-21.
- Londoño, P. X. (1998). A decade of observation of *Guadua angustifolia* plantation in Colombia. *The Journal of the American Bamboo Society*, 12(1), 37-43.

- Meza Vasquez, J. A., & Nuñez Orbe, P. S. (2022). Uso del bambú y su rentabilidad como material de construcción en la ciudad de Iquitos, Loreto, 2022.
- Monroy, G. E. (2006). Tratamiento químico de cuatro especies de bambú para su preservación, utilizando ácido bórico-bórax-dicromato de sodio por el método de inmersión y baño caliente-frío. Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Guatemala.
- Montoya, A. J. (2008). Evaluación de métodos para la preservación de la *Guadua angustifolia* Kunth. *Scientia et Technica*, 14(38), 411-416.
- Morales-Pinzón, T., Durán, L., & Alzate, C. (2012). Efectividad de la preservación de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero colombiano por el método de inmersión-difusión (Comunicación Técnica). *Recursos Naturales y Ambiente*, 65-66(51-55), 52-55.
- Peña, V. L., Burgos, A., Gonzalez, F. A., & Valero, S. W. (2009). Efecto de la preservación con mezclas de bórax-ácido bórico y urea formaldehído sobre las propiedades físico mecánicas y el ataque de insectos en guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). *Revista Forestal Venezolana*, 53(2), 135-144.
- Pérez, S. J., & Quintana, J. E. (2019). Evaluación de las características físico mecánicas del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) como material alternativo para el diseño de una vivienda. Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Chachapoyas, Perú.
- Rivadeneira, F. (2021). Uso de la Caña Guadúa: arquitectura vernácula en restaurantes de la ciudad de Portoviejo, Ecuador. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (148). <https://doi.org/10.18682/cdc.vi148.5494>.
- Surjokusumo, S., y Nugroho, N. (1995). A study on *Dendrocalamus asper* as concrete reinforcement. *Bamboo, People and the Environment*, 3, 92-98.
- Takahashi, J. (2006). El Bambú en el Perú: III Simposio Latinoamericano del Bambú 2006. PerúBambú. Obtenido de <http://www.Perubambu.org.pe>
- Tang, H. T., & Liese, W. (2011). Pressure treatment of bamboo culms of three Vietnamese species with boron and Ccompuestos de boro preservatives. *Journal Bamboo and Rattan*, 10(1-2), 63-76.
- Wang, H., Varma, R., & Tiansen, X. (1998). *Insect pests of bamboos in Asia: an illustrated manual*. New Delhi, India: International Network for Bamboos and Rattan.