

Artigos

Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú

Physical and mechanical properties of *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* and *Guadua superba* in Ucayali, Peru

**Jefferson Alexander Rodriguez-Sotelo^I , Carlos Abanto-Rodríguez^{II} ,
María Angelica Flores-Romayna^I , Kevin Isaac Rodríguez-Vásquez^{III} ,
Dennis del Castillo-Torres^{IV} , Wilson Francisco Guerra-Arévalo^{II} ,
Diego Gonzalo García-Soria^{II} , Héctor Guerra-Arévalo^V ,
Jorge Manuel Revilla-Chávez^{II} **

^IUniversidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Ucayali, Perú

^{II}Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Pucallpa, Ucayali, Perú

^{III}Instituto Tecnológico de la Producción, Pucallpa, Ucayali, Perú

^{IV}Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Loreto, Perú

^VInstituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Tarapoto, San Martín, Perú

RESUMEN

El objetivo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba*. De cada especie fueron colectados tres culmos, posteriormente fueron seccionados en tres niveles: cepa (C), basa (B) y sobrebasa (SB). El experimento fue conducido en diseño de completamente al azar (DCA) en esquema factorial (3E x 3N), siendo el factor E: especies de bambú con tres niveles: a) *Guadua lynnclarkiae*, b) *Guadua weberbaueri* y c) *Guadua superba*; y el factor N: nivel de culmo con tres secciones a) cepa, b) basa y c) sobrebasa, todos distribuidos en tres repeticiones y 4 probetas para las propiedades físicas. Para las propiedades mecánicas fue utilizado el mismo diseño experimental y número de repeticiones, no obstante, fueron utilizados 5 probetas por parcela experimental. Así, la mayor contracción de la pared de culmo fue de 23,0% en *Guadua lynnclarkiae* en el nivel basa. La densidad básica en las tres especies fue de 0,71 g cm⁻³. En flexión, el mayor módulo de ruptura fue registrado en *Guadua superba* en cepa, basa y sobrebasa con 55,15; 84,49 y 73,97 MPa, respectivamente. En compresión paralela el MoE y MoR fue de 11454.35 MPa y 39,50 MPa en las tres especies y niveles. Por ello, *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri* poseen propiedades físicas y mecánicas adecuadas para diferentes usos incluyendo la construcción civil. No obstante, en *Guadua superba* se recomienda realizar estudios posteriores de rigidez y resistencia para su uso en la construcción de viviendas en zonas rurales y urbanas.

Palabras clave: Densidad; Humedad; Flexión; Especies endémicas; Bambú



ABSTRACT

The objective was to determine the physical and mechanical properties of *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* and *Guadua superba*. Three culms were collected from each species, later they were sectioned into three levels: stump (S), base (B) and over base (O). The experiment was conducted in a completely randomized design (DCA) in a factorial scheme (3E x 3N), being factor E: bamboo species with three levels: a) *Guadua lynnclarkiae*, b) *Guadua weberbaueri* and c) *Guadua superba*; and the N factor: culm level with three sections a) stump, b) base and c) over base, all distributed in three repetitions and 4 test tubes for physical properties. For the mechanical properties, the same experimental design and number of repetitions were used, however, 5 test tubes were used per experimental plot. Thus, the greatest contraction of the culm wall was 23.0% in *Guadua lynnclarkiae* at the base level. The basic density in the three species was 0.71 g cm⁻³. In bending, the highest modulus of rupture was recorded in *Guadua superba* in stump, base and over base with 55.15; 84.49 and 73.97 MPa, respectively. In parallel compression, the MoE and MoR were 11454.35 MPa and 39.50 MPa in the three species and levels. Therefore, *Guadua lynnclarkiae* and *Guadua weberbaueri* have adequate physical and mechanical properties for different uses, including civil construction. However, in *Guadua superba* it is recommended to carry out subsequent studies of rigidity and resistance for its use in the construction of houses in rural and urban areas.

Keywords: Density; Moisture; Flex; Endemic species; Bamboo

1 INTRODUCCIÓN

Los bambúes pertenecen a una de las 12 subfamilias de la familia Poaceae que comprende cerca de 11500.0 especies contenidas en 768 géneros, envolviendo a dos tribus de bambúes leñosos, la Arundinarieae con 31 géneros y 581 especies y la Bambuseae con 73 géneros y 966 especies destacando en esta tribu el género *Guadua* (SORENG et al., 2017). El género *Guadua* ocupa el tercer lugar en el mundo. En América, existen 32 especies de las 1035 conocidas a nivel mundial, la mayor diversidad está en la Amazonía de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (LONDOÑO; RUIZ-SÁNCHEZ, 2014).

Su utilización va desde el consumo humano de sus brotes tiernos hasta el uso de tallos maduros en la construcción civil, fabricación de muebles, tableros, y otros productos industrializados (ZARAGOZA-HERNÁNDEZ et al., 2015). El bambú es un material de construcción alternativo que permite la edificación de todo tipo de viviendas, amigables con el medio ambiente y con condiciones adecuadas de seguridad y comodidad para los usuarios (FERNÁNDEZ, 2022).



Debido a su importancia, el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de todo material es esencial dado que permite estimar y direccionar con facilidad su uso correcto en la construcción civil, sin embargo, hay que tener en cuenta que las características varían de una especie a otra, inclusive en la misma especie existen diferencias entre individuos (VITAL *et al.*, 1984). En el Perú se tiene gran diversidad de bambúes, no obstante, solo hay información técnica relacionadas a las propiedades físicas y mecánicas para un número reducido de especies, por tal razón es necesario estudiar y ampliar la base tecnológica hacia otras especies *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* para su aprovechamiento.

Guadua lynnclarkiae se ha reportado en los departamentos de San Martín y Amazonas entre los 400 a 850 m.s.n.m. Se caracteriza por poseer segmentos (entre nudos) con longitudes que oscilan entre 40-50 cm de longitud (LONDOÑO, 2013). Por otra parte, *Guadua weberbaueri* se encuentra distribuida en Amazonas, Cusco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco y San Martín (ORTIZ, 2017; CATPO, 2019). Es usada para la construcción de cercas, corrales para animales menores, fabricación de artesanías. Posee promisorio potencial de uso para la construcción no convencional en ingeniería civil debido a su alta resistencia a la tracción (CATPO, 2019).

Guadua superba se restringe a los bosques temporalmente inundados o a áreas de drenaje deficiente, se la encuentra ampliamente distribuida en el río Purús y Acre (Brasil) (MELO *et al.*, 2017). Los culmos en la parte media poseen densidad leve ($0,49 \text{ g cm}^{-3}$), posee estabilidad dimensional lo cual lo convierte en alternativa para la fabricación de forros y divisorias de casas, en vista de que no exigen gran esfuerzo mecánico. La resistencia a la dureza de *Guadua superba* es de 108 a 251,8 kgf cm^{-2} lo cual fue verificado en el valor máximo cerca a los nudos. Por esta razón, Melo *et al.* (2017) mencionan que *Guadua superba* no es apto para pisos dado que, para ese uso la dureza debe ser mayor a 650 kgf cm^{-2} , indicando que se necesita mayores estudios para aumentar su resistencia a la abrasión.



Si bien hay informaciones técnicas en otros países, es indispensable generar informaciones tecnológicas locales para promover su aprovechamiento, puesto que, la industria del bambú solo se ha enfocado en pocas especies dejando de lado otras especies con gran potencial. En ese contexto, el objetivo en este trabajo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del estudio

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA) ubicado en la Carretera a San José, km 0,5-Yarinacocha y localizado en las coordenadas UTM: 544993, 250 y 9077359, 82S, sistema WGS84, zona 18 sur, a una altitud de 151 m.s.n.m., y en el laboratorio del CITEforestal Pucallpa ubicado en el km 4 de la Carretera Federico Basadre, de la ciudad de Pucallpa, Ucayali, localizado en las coordenadas UTM: 548439, 810 y 9072732, 36S, sistema WGS84, zona 18 sur, a una altitud de 156 m.s.n.m.

Ucayali se caracteriza por poseer clima tipo B(r)A' de tipo lluvioso y cálido, con temperatura máxima, media y mínima de 33°C, 26°C y 18,7°C, respectivamente. Anualmente la precipitación pluvial y humedad relativa es de 2090.0 mm y de 91,3%, respectivamente (SENAMHI, 2019).

2.2 Colecta de material

Guadua lynnclarkiae fue colectada en San Martín distrito de Moyobamba. *Guadua weberbaueri* de Pasco en Villa Rica, y *Guadua superba* en el distrito de Manantay, Ucayali. De cada especie fueron colectados tres culmos, posteriormente cada culmo fue seccionado en tres niveles: Cepa (C), Basa (B) y Sobrebasa (SB). Al momento de la colecta los culmos fueron sellados en los extremos con pintura esmalte para evitar la pérdida de humedad, y en seguida fueron colocados en sacos plásticos para su traslado hasta los laboratorios de la UNIA y CITE forestal Pucallpa.



2.3 Preservado de los culmos

Antes de realizar las pruebas mecánicas, las secciones de los culmos fueron sumergidos durante un periodo de 24 horas en una solución conteniendo 2 kg de bórax® diluidos en 100 litros agua con la finalidad de evitar el ataque de insectos y proliferación de hongos. En seguida, para lograr mayor efectividad en el control de agentes externos fue aplicado con mochila fumigadora un segundo tratamiento de preservado, empleándose para ello Lorpyfos® al 2% de concentración.

2.4 Diseño experimental

El experimento fue conducido en diseño de completamente al azar (DCA) en esquema factorial (3A x 3B), siendo el factor A: especies de bambú con tres niveles a) *Guadua lynnclarkiae*, b) *Guadua weberbaueri* y c) *Guadua superba*; y el factor B: nivel de culmo con tres secciones a) cepa, b) basa y c) sobrebasa, todos distribuidos en tres repeticiones y 4 probetas por parcela experimental para propiedades físicas. Para las propiedades mecánicas fue utilizado el mismo diseño experimental y número de repeticiones, no obstante, fueron utilizados 5 probetas por parcela experimental.

2.5 Propiedades físicas

Fue determinado el porcentaje de humedad (humedad verde (CHV) y humedad en equilibrio CHE), la densidad (densidad verde (DenV), densidad en equilibrio (DenE), densidad anhidra (DenA) y densidad básica (DenB) y contracción (contracción en la pared del culmo (CPC) y contracción longitudinal (CL). Los ensayos fueron realizados con las normas técnicas peruanas para madera NTP 251.010, NTP 251.011 y NTP 251.012, adaptadas para bambú.

2.6 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas fueron determinadas con las normas técnicas peruanas y colombianas. Los ensayos en flexión estática (NTC 5525 y NTP 251-017)



fueron: esfuerzo al límite proporcional (ELP- MPa) y módulo de elasticidad (MoE- MPa). El módulo de ruptura (MoR-MPa) fue determinado con la norma técnica modificada ASTM143-14/245-252. Así mismo, fue determinado la compresión paralela (NTC 5525 y NTP 251-014) donde se obtuvo el módulo de elasticidad (MoE-MPa) y esfuerzo último a compresión paralela (MoR-MPa).

De la misma manera, fue determinado la compresión perpendicular (NTP 251.016) evaluándose el esfuerzo último de compresión perpendicular (MPa) con la NTP 251.016 acondicionadas a los ensayos de bambú (ARDILA, 2013). En cizallamiento (NTC 5525) fue evaluado el ensayo de máxima resistencia al corte (MPa) con nudo y sin nudo.

2.7 Análisis estadístico

Para verificar si los datos cumplieron con los supuestos del análisis de varianza fue realizada las pruebas de normalidad de datos (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett). En tal sentido, de todas las características evaluadas el módulo de ruptura (MoR-MPa), esfuerzo al límite proporcional (ELP- MPa) y el Módulo elasticidad (MoE- MPa) en flexión estática no cumplieron con los supuestos, por tanto, fueron transformados por medio del método de logaritmo neperiano (LN). Seguidamente, para comparar las medias de los tratamientos fue realizada la prueba de Tukey a 5% de probabilidad. La verificación de los supuestos, análisis de varianza y prueba de medias fue realizado con el software RStudio (2020).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propiedades físicas

De acuerdo con análisis de variancia, fue determinado que, el factor especie provocó efectos significativos sobre las variables porcentaje de humedad en verde (CHV-humedad inicial después del corte), porcentaje de humedad en equilibrio (CHE),



densidad en equilibrio (DenE), densidad anhidra (DenA), contracción de la pared del culmo (CPC) y compresión longitudinal (CL). Así mismo, el factor nivel de culmo y la interacción de los factores provocaron diferencias estadísticas significativas sobre DenA y CPC, y CHV, CHE, DenV, DenA y CPC, respectivamente. Al respecto, Vital et al. (1984) menciona que las propiedades pueden variar entre especies, entre individuos de una misma especie y dentro de un mismo individuo, debido al ciclo de vida y de las condiciones edafoclimáticas del lugar, entre otros factores.

Seguidamente, en la prueba de Tukey se observa que *Guadua lynnclarkiae* en el nivel basa estadísticamente presentó mayor porcentaje de humedad en verde (124,97%) en relación a los otros tratamientos. Por el contrario, entre *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en los tres niveles del culmo no fue verificado diferencias estadísticas significativas presentando en media 60,26% y 75,01%, respectivamente. Entre tanto, *Guadua weberbaueri* en el nivel sobrebasa, estadísticamente presentó los menores resultados de 52,88% de humedad en verde (Tabla 1).

Resultados inferiores de humedad en estado verde fueron reportados por Velásquez y Salvador (2008) en *Guadua sarcocarpa* L. (62,58%) a los determinados en *Guadua lynnclarkiae* en nivel basa. No obstante, fueron similares a los determinados en las especies *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en este estudio. De la misma manera, Estacio (2013) trabajando con *Guadua angustifolia* reportaron valores similares entre 51.00% y 127.00% de humedad en verde. La determinación del contenido de humedad en los tallos de bambú recientemente cortados es de gran importancia, puesto que permite tomar acciones frente a la proliferación de vectores y hongos que pueden afectar sus propiedades de durabilidad (CASTIBLANCO *et al.*, 2020).

Para el porcentaje de humedad en equilibrio (CHE), fue constatado que, *Guadua superba* en el nivel sobrebasa estadísticamente presentó los mayores resultados de 16,31%, seguido de *Guadua lynnclarkiae* en el nivel basa con 15,54%. No obstante, la especie *Guadua weberbaueri* en los tres niveles presentó los mismos resultados, pero fueron estadísticamente inferiores a los otros tratamientos alcanzando en media 13,02% (Tabla 1).



Tabla 1 – Prueba de Tukey para contenido de humedad en verde (CHV) y contenido de humedad en equilibrio (CHE) por efecto de diferentes especies y niveles de culmo de bambú

Especies	CHV (%)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	106,53 Ba	124,97 Aa	105,20 Ba	112,23
<i>Guadua weberbaueri</i>	68,80 Ab	59,11 ABb	52,88 Bc	60,26
<i>Guadua superba</i>	74,55 Ab	73,64 Ab	76,85 Ab	75,01
Promedio	83,29	85,91	78,31	

Especies	CHE (%)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	14,07 Aab	15,54 Aa	14,12 Ab	14,58
<i>Guadua weberbaueri</i>	13,01 Ab	13,03 Ab	13,01 Ab	13,02
<i>Guadua superba</i>	14,97 ABa	14,88 Bab	16,31 Aa	15,39
Promedio	14,02	14,48	14,48	

Fuente: Autores (2021)

En que: *Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Resultados similares de 17.00% y 18.00% fueron determinados por Ordóñez-Candelaria; Bárcenas-Pazos (2014); Suirezs *et al.* (2019) en *Guaduas* mexicanas y argentinas con lo cual indicaron que este valor es factible técnicamente para ser utilizados en la construcción civil. Las diferencias de humedad de equilibrio entre especies se deben principalmente al espesor de la pared del culmo, pues, *Guadua superba* supera en más de 5.00% y 28.00% de espesor a *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri*, respectivamente.

Según, De La Rosa *et al.* (2019) la determinación del porcentaje de humedad en equilibrio es muy importante, porque dependiendo de este valor las cualidades físicas y mecánicas serán alteradas, dado que la cantidad de agua en los culmos provocará cambios dimensionales por ser un material higroscópico. Además, mencionan que el contenido de humedad en los culmos para construcción civil debe estar próximo al contenido de humedad de equilibrio del lugar donde serán utilizados, siendo recomendado valores entre 10.00% y 20.00%.



En relación a la propiedad física de densidad verde (densidad obtenida después de la colecta de material), se observa que, los mejores valores fueron registrados en *Guadua weberbaueri* en el nivel cepa, obteniendo en media 1,23 g cm⁻³ no obstante, resultados similares fueron determinados en el nivel sobrebasa. *Guadua lynnclarkiae* en los tres niveles del culmo presentó los mismos resultados obteniendo en media 1,21 g cm⁻³. Así mismo, se destaca que las tres especies presentaron estadísticamente la misma densidad en el nivel basa y sobrebasa con 1,20 y 1,22 g cm⁻³, respectivamente (Tabla 2).

Con respecto a la densidad anhidra DenA (densidad registrada después del secado en horno) se observa que *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en el nivel sobrebasa estadísticamente presentaron los mejores resultados con 0,99; 1,00 y 0,93 g cm⁻³, respectivamente. Nótese, además que *Guadua lynnclarkiae* en su nivel basa presentó los menores valores de 0,85 g cm⁻³, siendo estadísticamente inferior a los otros tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2 – Prueba de Tukey para densidad en verde (DenV) y densidad anhidra (DenA), por efecto de diferentes especies y niveles de culmo de bambú

Especies	DenV (g cm-3)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	1,21 Ab	1,21 Aa	1,22 Aa	1,21
<i>Guadua weberbaueri</i>	1,23 Aa	1,2 Aa	1,21 Aa	1,21
<i>Guadua superba</i>	1,19 Ab	1,2 Aa	1,22 Aa	1,20
Promedio	1,21	1,20	1,22	

Especies	DenA (g cm-3)			Promedio
	Nivel del culmo			
	1 cepa	2 basa	3 sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	0,86 Bc	0,85 Bc	0,99 Ab	0,90
<i>Guadua weberbaueri</i>	0,94 Ca	0,97 Ba	1,00 Aa	0,97
<i>Guadua superba</i>	0,91 Bb	0,91 Bb	0,93 Ac	0,92
Promedio	0,90	0,91	0,97	

Fuente: Autores (2021)

En que: *Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.



En cuanto a la propiedad física de contracción de la pared de culmo (CPC) se observa que *Guadua lynnclarkiae* en el nivel basa presentó los mejores resultados, obteniendo en media 23,00% con lo cual fue estadísticamente superior a los otros tratamientos. Se debe agregar que, las tres especies de bambú en cada uno de los niveles del culmo presentaron resultados diferentes, siendo *Guadua lynnclarkiae* la que presentó los resultados más altos seguido de *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba*. Ahora bien, los menores valores de CPC fueron determinados en *Guadua superba* en el nivel cepa (8,27%) (Tabla 3).

Resultados inferiores de 15,50% y similares de 10,00% a los determinados en este estudio fueron reportados por Zaragoza-Hernández *et al.* (2015) estudiando la *Guadua aculeata* en México, además los autores concluyeron que, para esta especie en las tres secciones del culmo estadísticamente presentaron mismos resultados. En este estudio *Guadua lynnclarkiae* presentó la mayor contracción de la pared del culmo debido al mayor contenido de humedad en verde. Entre tanto, *Guadua superba* y *Guadua weberbaueri* presentaron menor contenido de humedad y por tanto tuvo menor contracción de la pared.

Londoño *et al.* (2002) mencionan que en general, el culmo está constituido por corteza (cutícula), haces vasculares y células de parénquima y las proporciones y dimensiones de cada componente varían entre especies, dentro de especies y dentro de un mismo individuo lo que influye en la heterogeneidad de su densidad básica, contracciones, contenido de humedad, entre otras propiedades físicas, mecánicas y químicas.

En relación, a la densidad en equilibrio (DenE) en la Tabla 3 se observa que *Guadua weberbaueri* presentó los mejores resultados obteniendo en media 1,06 g cm⁻³ entre tanto, *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua superba* presentaron en media 1,01 g cm⁻³. Por otro lado, para densidad básica (DenB), fue determinado que las tres especies de bambú estadísticamente presentaron los mismos resultados de 0,71 g cm⁻³.



De este modo, la densidad básica en las tres especies de bambú es alta según la clasificación de Aróstegui (1982) para maderas. De acuerdo, a la densidad determinada en este estudio, las especies se encuentran dentro del grupo de clasificación A, que comprende las maderas de mayor resistencia, cuyas densidades están por lo general en el rango de 0,90 a 0,71 g cm⁻³ (ITINTEC, 2006). Resultados inferiores de 0,54 g cm⁻³ fueron determinados por Sánchez *et al.* (2019) analizando las propiedades físicas de *Guadua angustifolia* en diferentes municipios de Colombia. Por lado, Correal y Arbeláez (2010) estudiando las propiedades físicas de *Guadua angustifolia*, reportaron valores de densidad básica entre 0,62 a 0,90 g cm⁻³ lo cual indica que los resultados en esta investigación están comprendidos dentro de este rango para las especies del género *Guadua*.

En relación a la contracción longitudinal (CL) las especies *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri* presentaron resultados similares con media de 0,42%, no obstante, fueron estadísticamente superior a *Guadua superba* que en media presentó 0,21% (Tabla 3).

Tabla 3 – Prueba de Tukey para contracción en la pared del culmo (CPC), densidad en equilibrio (DenE), densidad básica (DenB) y compresión longitudinal (CL) por efecto de diferentes especies y niveles del culmo de bambú

Especies	CPC (%)			Promedio
	Nivel del culmo			
	Cepa	Basa	Sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	15,97 Ca	23,00 Aa	16,97 Ba	18,65
<i>Guadua weberbaueri</i>	13,06 Cb	14,47 Ab	13,59 Bb	13,71
<i>Guadua superba</i>	8,27 Cc	9,28 Bc	10,98 Ac	9,51
Promedio	12,43	15,58	13,85	
	DenE (g cm ⁻³)	DenB (g cm ⁻³)	CL (%)	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	0,98 b	0,65 a	0,46 a	
<i>Guadua weberbaueri</i>	1,06 a	0,75 a	0,38 a	
<i>Guadua superba</i>	1,04 ab	0,72 a	0,21 b	
Promedio	1,03	0,71	0,35	

Fuente: Autores (2021)

En que: *Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.



Resultados inferiores de 0,18% fueron reportados por Suirezs *et al.* (2019) analizando las propiedades físicas de *Guadua Chacoensis*. Cabe mencionar que, otro factor que influyó en las diferencias de contracción longitudinal fue la especie, puesto que, cada una de ellas presentaron diferentes dimensiones de culmo. En el caso de las especies *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri* fueron utilizados probetas de la parte céntrica del entrenudo para disminuir los efectos de resistencia del nudo, sin embargo, en *Guadua superba* fueron utilizadas probetas del tamaño del entrenudo con la finalidad de aprovechar el material debido a que, el entrenudo es pequeño, esto posiblemente hizo que se analice partes muy cercanas a los nudos y debido a su alta resistencia influyó en los valores mínimos de contracción.

Galvez (2017) indica que se debe evitar la exposición del bambú al calor excesivo, este puede provocar contracciones, y este a su vez agrietamientos o rajaduras. Así mismo, indica que no deben utilizarse en la construcción bambúes verdes, dado que están sujetos a mayor contracción. Además, refiere que el secado debe ser en sombra en forma vertical y horizontal con la finalidad de evitar contracciones bruscas y consecuentemente rajaduras.

3.2 Propiedades mecánicas

3.2.1 Flexión estática

De acuerdo con el análisis de varianza fue determinado que el factor especie de bambú provocó efectos simples significativos ($p \leq 0,05$). Por otra parte, el factor nivel del culmo no provocó diferencias estadísticas significativas sobre las propiedades en estudio. No obstante, la interacción de los factores si provocó diferencias estadísticas significativas sobre el MoR y ELP.

Seguidamente, en la prueba de Tukey se muestra que, *Guadua superba* en los niveles cepa, basa y sobrebasa presentaron los mejores resultados de 55,15; 84,49 y 73,97 MPa, con lo cual fue estadísticamente superior a los valores de *Guadua*



weberbaueri y *Guadua lynnclarkiae* en los mismos niveles de culmo. Nótese que, *Guadua superba* en los niveles basa y sobrebasa estadísticamente presentaron los mejores resultados de 84,49 y 73,97 MPa en media en comparación al nivel cepa que en media presentó 55,15 MPa (Tabla 4).

Resultados similares de 66,30 y 89,20; y 82,80 y 88,30 MPa para basa y sobrebasa fueron reportados por Ordoñez; Bárcenas (2014) en *Guadua aculeata* y *Guadua velutina*, respectivamente, trabajando en propiedades mecánicas de *Guaduas* en México.

La propiedad de flexión es muy importante porque permite determinar el módulo de rotura, a la tensión o esfuerzo a la cual se produce el rompimiento de la pieza. Así mismo, Spavento y Keil (2008) mencionan que el MoR corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Por otra parte, los menores resultados de MoR fueron verificados en *Guadua weberbaueri*, tanto en los niveles basa y sobrebasa, obteniendo en media 13,77 MPa. En relación a *Guadua lynnclarkiae*, se observa que estadísticamente manifestó los mismos resultados en los niveles cepa, basa y sobrebasa, obteniendo en media 21,01 (Tabla 4).

Entre tanto, Molina (2020) determinó que, en los tres niveles del culmo de *Guadua angustifolia* el MoR fue estadísticamente similar con media de 24,28 MPa. Este valor es similar a los obtenidos en este estudio para *Guadua lynnclarkiae* (cepa, sobrebasa) y *Guadua weberbaueri* (basa). Al igual que la madera, el bambú es un material heterogéneo y anisotrópico. Esto significa que sus propiedades mecánicas varían y están extremadamente relacionadas con las características de la microestructura, densidad, contenido de humedad y posición del culmo. En la literatura se puede evidenciar que el módulo de ruptura, módulo de elasticidad y fuerza de compresión paralela son superiores al de las maderas comunes (CHAOWANA; BARBU, 2017).

En relación a ELP, se observa que *Guadua superba* y *Guadua lynnclarkiae* en los tres niveles presentaron estadísticamente los mismos resultados, con medias de 56,22 y 15,76 MPa, respectivamente. Por otro lado, en los niveles cepa, basa y sobrebasa *Guadua superba* destacó, siendo estadísticamente superior a las otras especies. Por



otro lado, *Guadua weberbaueri* estadísticamente obtuvo los menores resultados en los niveles basa y sobrebasa, presentando 10,75 MPa. En el mismo sentido, fue determinado que *Guadua lynnclarkiae* presentó diferencias estadísticas significativas en los tres niveles, siendo mayor en cepa y menor en basa con valores de 18,84 y 12,04 MPa, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4 – Prueba de Tukey para módulo de ruptura (MoR), esfuerzo al límite proporcional (ELP) y módulo de elasticidad (MoE) por efecto de diferentes especies y niveles de culmo de bambú

Especies	MoR (MPa)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	23,65 Aa	18,73 Ab	20,64 Ab	21,01
<i>Guadua weberbaueri</i>	25,57 Aa	13,51 Bb	14,03 Bb	17,70
<i>Guadua superba</i>	55,15 Aa	84,49 Aa	73,97 Aa	71,20
Promedio	34,79	38,91	36,21	

Especies	ELP (MPa)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	18,84 Aa	12,04 Ab	16,4 Ab	15,76
<i>Guadua weberbaueri</i>	20,35 Aa	10,77 Bb	10,72 Bb	13,95
<i>Guadua superba</i>	43,52 Aa	67,05 Aa	58,08 Aa	56,22
Promedio	27,57	29,95	28,4	

Especies	MoE (MPa)
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	773,31 b
<i>Guadua weberbaueri</i>	663,78 b
<i>Guadua superba</i>	593106 a
Promedio	2456,05

Fuente: Autores (2021)

En que: *Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

En este estudio los valores ELP tanto en *Guadua lynnclarkiae* (basa) y *Guadua weberbaueri* (sobrebasa) fueron similares a los reportados (11,97 MPa) por Huarcaya (2010) trabajando con *Guadua angustifolia*. Ahora bien, los otros tratamientos fueron superiores a los determinados por el autor. Adicionalmente, en la Tabla 4 se presenta



los resultados para la propiedad módulo de elasticidad (MoE). Se observa que, entre especies hubo diferencias estadísticas significativas, siendo, *Guadua superba* la que presentó los mejores resultados de 5931.06 MPa. No obstante, entre *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri* los resultados estadísticamente fueron similares obteniendo en media 718, 55 MPa.

Resultados similares a los determinados en este estudio en *Guadua lynnclarkiae* y en *Guadua weberbaueri* fueron obtenidos por Huarcaya (2010) en *Guadua angustifolia* (700,00 MPa), de la misma manera, Molina (2020) reportó valores de 1477.50 MPa, no obstante, fueron inferiores a los determinados en *Guadua superba*. De acuerdo a los resultados en este estudio se puede inferir que *Guadua superba* presenta mayor elasticidad en comparación con las otras especies dado que presentó mayor rigidez a la deformación. Sin embargo, las otras especies estudiadas también pueden ser utilizadas, puesto que los valores de MoE se asemejan a la *Guadua angustifolia* que es ampliamente utilizada en la construcción de muebles, casas, etc.

3.2.2 Compresión paralela

En comprensión paralela que comprende el MoE y MoR. Fue determinado que, tanto el factor especie y nivel de culmo, así como la interacción de los factores no provocaron efectos significativos sobre las variables en estudio.

Al verificar los resultados en la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) fue constatado que para el MoE y MoR (MPa) todas las especies de bambú presentaron en media 11454.35 MPa y 39,50 MPa, respectivamente. Los datos se encuentran próximos al rango de los valores de MoE (10020.00 a 1380.00 MPa) reportados por Molina (2020) estudiando las propiedades mecánicas de *Guadua angustifolia* en probetas sin nudo. Ardila (2013) indica que, los valores del MoE se incrementan del nivel cepa hasta el nivel sobrepasa porque la zona apical posee mayor porcentaje de fibras y menor contenido de parénquima. En este estudio no fue verificado dichos cambios, por tanto, se recomienda realizar estudios posteriores.



En relación al MoR en compresión paralela, resultados diferentes fueron determinados por Ardila (2013), el autor determinó que los mejores valores de 50,01 MPa fueron registrados en el nivel basa de *Guadua angustifolia*. Sin embargo, en los niveles cepa y sobrebasa los resultados fueron similares a los determinados en este estudio.

De acuerdo con Ortiz (1998) los resultados de MoE para la madera varían entre 11000.00 y 14000.00 MPa, esto es un indicador de que las especies de bambú se pueden utilizar para edificaciones rurales, pues, los valores determinados se encuentran dentro de lo indicado, no obstante, no podría sustituir al concreto dado que su MoE varía desde 25000.00 a 30000.00 MPa y de la misma manera al acero que posee 200000.00 MPa. Ahora bien, para ser usado eficientemente el bambú en edificaciones complejas se recomienda aumentar su rigidez y resistencia por medio de la mezcla con fibras sintéticas para que su densidad no se vea afectada (SPERANZINI y AGNETTI, 2012).

3.2.3 Compresión perpendicular

Fue determinado efectos significativos de los factores especie y nivel de culmo y de la interacción de ambos tratamientos sobre el esfuerzo último a compresión perpendicular (EUCP) en probetas de bambú sin nudo al 5% de probabilidad según la prueba de F.

En la Tabla 5 se observa que, los mejores resultados de EUCP fueron determinados en la especie *Guadua weberbaueri*, tanto en los niveles cepa, basa y sobrebasa. Por otro lado, los menores resultados fueron constatados en *Guadua lynnclarkiae* en los niveles cepa y basa con 7,79 MPa y 6,06 MPa, respectivamente. Ahora bien, el EUCP en *Guadua superba* disminuyó de la base hacia el ápice del culmo, obteniendo en media 19,33; 13,71 y 10,15 MPa en los niveles cepa, basa y sobrebasa, respectivamente.



Tabla 5 – Prueba de Tukey para esfuerzo último a comprensión perpendicular (EUCP) por efecto de diferentes especies y niveles del culmo de bambú

Especies	EUCP (MPa)			Promedio
	Nivel del culmo			
	cepa	basa	sobrebasa	
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	7,79 Bc	6,06 Cc	19,20 Ab	11,02
<i>Guadua weberbaueri</i>	20,76 Ba	19,21 Ca	34,47 Aa	24,81
<i>Guadua superba</i>	19,33 Ab	13,71 Bb	10,15 Cc	14,40
Promedio	15,96	12,99	21,27	

Fuente: Autores (2021)

En que: Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Resultados similares a los determinados en este estudio fueron determinados (7,79) por Sánchez *et al.* (2019) estudiando las propiedades de *Guadua angustifolia* en Colombia. Entre tanto, los valores de *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* superaron a los determinados por el autor. Estos resultados probablemente se deben a las características anatómicas gobernadas por el factor genético de cada especie. Al respecto, Luis *et al.* (2017) refieren que las características químicas, físicas y mecánicas del bambú están definidas por la estructura anatómica de cada especie.

3.2.4 Cizallamiento

Para cizallamiento fue observado que el factor especie (E) provocó diferencias estadísticas significativas sobre las variables resistencia última al corte con nudo y sin nudo (RuC). Por otra parte, tanto el factor nivel de culmo (N) y la interacción de los factores no causaron efectos significativos sobre las variables en estudio. En la Tabla 6, se observa que los mayores valores de RuC con nudo y sin nudo fueron determinados en *Guadua weberbaueri* con 9,01 MPa y 9,85 MPa, respectivamente, difiriendo estadísticamente de los valores de *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua superba*, que en media obtuvieron 5,69 MPa y 5,44 MPa, con nudo y sin nudo, respectivamente.



Tabla 6 – Prueba de Tukey para resistencia última al corte con nudo y sin nudo (RuC) con nudo y sin nudo por efecto de diferentes especies y niveles del culmo de bambú

Especies	RuC (con nudo-MPa)	RuC (sin nudo-MPa)
<i>Guadua lynnclarkiae</i>	5,25 b	5,18 b
<i>Guadua weberbaueri</i>	9,01 a	9,85 a
<i>Guadua superba</i>	6,12 b	5,69 b
Promedio	6,79	6,91

Fuente: Autores (2021)

En que: Letras minúsculas iguales en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Resultados similares de 6,21 MPa y 8,59 MPa fueron reportados por Medina (2019) trabajando en las propiedades mecánicas de *Guadua angustifolia* y *Guadua dendrocalamus* utilizando probetas con nudo.

Bustos (2013) indica que, el cizallamiento estudia la capacidad de un material a la resistencia a fuerzas que tienden a causar el deslizamiento de una sección adyacente en estructuras de construcción civil. En ese sentido, Spavento y Keil (2008), señalan que, maderas que poseen valores < 40 Muy bajo; de 40-85 Bajo; de 86 -120 Medio; de 121-175 Alto y > 175 Muy alto. De acuerdo a los resultados en esta investigación y haciendo una comparación con lo señalado por Spavento y Keil (2008), las especies *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua superba* se clasifican en el nivel bajo y *Guadua weberbaueri* en nivel medio.

4 CONCLUSIONES

Guadua lynnclarkiae y *Guadua weberbaueri* poseen propiedades físicas y mecánicas adecuadas, por tanto, pueden ser utilizadas en diferentes usos incluyendo la construcción civil. No obstante, *Guadua superba*, para que sea utilizada en estructuras complejas se recomienda realizar investigaciones para aumentar su rigidez y resistencia.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (ProCiencia) y al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por el financiamiento económico del proyecto de investigación “Determinación del comportamiento a la propagación clonal, industrialización y captura de carbono de tres especies de bambú nativo en la amazonia peruana”.

REFERENCIAS

ARDILA, C. L. **Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia.** 2013, 106 p. Tesis (Maestría en construcción)-Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Bogotá – Colombia, 2013.

ARÓSTEGUI, A. **Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas.** 1982. 57 p. Documento de trabajo n. 2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Lima, Perú, 1982.

BUSTOS, C. **Informe propiedades mecánicas de la Madera.** 2013. 23 p. Módulo 1: Ciencia y Tecnología de la Madera, 2013.

CASTIBLANCO, F.; TORRES, H.; VANEGAS, O.; DÍAZ, F. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth en la construcción, **Investigación Formativa En Ingeniería**, v.4 n.1, p. 164-172, 2020. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4031253>

CATPO, J. **Etnobotánica, caracterización morfológica y distribución ecológica de especies de bambú en la Región Selva Central del Perú.** 2019, 128 p. Tesis (Maestría en Conservación de Recursos Forestales)-Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 2019.

CHAOWANA, P.; BARBU, M. C. Lignocellulosic Fibre and Biomass-Based Composite Materials. **Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering**, p. 259-289, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100959-8.00013-5>

CORREAL, J.F.; ARBELÁEZ, J. Influencia de la posición de la edad y la altura en las propiedades mecánicas del bambú de la *Guadua angustifolia* colombiana. **Maderas, Ciencia y tecnología**, v. 12, n. 2, p. 105-113, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2010000200005>

DE LA ROSA, W. J.; VARGAS, W. X. **Identificación y análisis de patologías en la *Guadua angustifolia* Kunt utilizada en la construcción.** 2019, 60 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería civil)-Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldao.262.26205>

ESTACIO, C. D. **Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del bambú- Bagua- Amazonas.** 2013. 161 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería civil)-Universidad Nacional de Cajamarca - Perú, 2013.



FERNÁNDEZ, S. A. **Estudio del bambú y su uso en la construcción. Caracterización mecánica.** Granada: Universidad de Granada, 2022. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/75423>

GALVEZ, A.; FRANCISCO, D. **Teoría, diseño y práctica con bambú, riesgo y sostenibilidad en San Antonio Suchitepéquez.** 2017. 143 p. Tesis (Pregrado-Arquitectura)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Suchitepéquez, 2017.

LUIS, Z. G. L.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. **Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae).** - Bambúes en Brasil: de la biología a la tecnología. Río de Janeiro: Instituto Ciência Hojea, p. 42-59, 2017.

HUARCAYA, L.J. **Determinación de resistencia de uniones estructurales en bambú (*Guadua angustifolia*), Bosque: Flor del Valle, Distrito/Provincia: Rioja, Departamento: San Martín.** 2010. 226 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2010.

LONDOÑO, X. Dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú (Poaceae: *Bambusoideae*: *Bambuseae*: *Guaduinae*). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v.7, n.1, p. 145-153, 2013.

LONDOÑO, X.; RUIZ-SÁNCHEZ, Y. *Guadua tuxtliensis* (Poaceae: *Bambusoideae*: *Bambuseae*: *Guaduinae*), una nueva especie inadvertida de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. **Botanical Sciences**, v.92, n.4, p. 481-488, 2014.

LONDOÑO, X.; CAMAYO, G. C.; RIAÑO, N. M.; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: *Bambusoideae*) culms. **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002.

MEDINA, C.E. **Determinación de las propiedades mecánicas en dos especies de bambúes en Tingo María.** 2019. 167 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería Forestal)-Universidad Nacional agraria de la selva. Huánuco - Perú, 2019.

MELO, E.; GOMES, D.; ARAÚJO, S. de; NEVES, J. C.; NASCIMENTO, D. do; LIMA, F. J. **Estrutura populacional e o potencial de uso de *Guadua cf. Superba* na região do Alto Acre.** Embrapa Acre-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E). Bambúes en Brasil: de la biología a la tecnología. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hojea, p. 161-178, 2017.

MOLINA, L.A. **Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico - mecánicas del tallo de bambú *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de Cajamarca, Perú.** 2020. 144 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería Forestal)-Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Académico de Industrias Forestales, 2020.

ITINTEC. **Norma Técnica Estructuras E.010.** Madera del reglamento nacional de Edificaciones, aprobada por el decreto supremo (DS) 011-2006-Vivienda, 2006. 72 p.

ORDÓÑEZ-CANDELARIA, V. R.; BÁRCENAS-PAZOS, G. M. Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de *Guadua* mexicanas (*Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia* y *Guadua velutina*). **Madera y bosques**, v.20, n.2, p. 111-125, 2014.



ORTIZ, K. **Caracterización y clave de identificación de los bambúes en la Región NorOriental (San Martín, Amazonas y Cajamarca)**. 2017. 209 p. Tesis (Pregrado-Ingeniería Forestal)-Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 2017. DOI: <https://doi.org/F70.078-T BAN UNALM>

ORTIZ, B. L. **Elasticidad**. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 3er edición. Madrid, 1998. 549 p.

SÁNCHEZ, L.; GUERRA, A.; LOZANO, J. Comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú *Guadua angustifolia* Kunth de diferentes municipios de Colombia, **Revista Ciencia**, v.22, n.1, p. 34-56, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v22i1.12899>

SORENG, R. J.; PETERSON, P. M.; ROMASCHENKO, K.; DAVIDSE, G.; TEISHER, J. K.; CLARK, L. G.; BARBERA, P.; GILLESPIE, L. J.; ZULOAGA, F. O. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. **Journal of Systematics and Evolution**, v.55, n.4. p. 259–290, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12262>

SPAVENTO, E.; KIEL, G. D. **Propiedades Físicas de la Madera**. Curso de xilotecnología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata, Argentina, 2008. 26 p.

SPERANZINI, E.; AGNETTI, S. **Structural performance of natural fibers reinforced timber beams**. In Proceedings of the 6th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Roma, Italy, 2012. 8 p.

SUIREZS, T.; FRIEDL, R.; GUTIÉRREZ, I.; BULMAN, C.; BRAGAÑOLO, A.; VIDELA, D.; BERNIO, J.; AGUILERA, M. Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del bambú *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson nativo de el dorado, provincia de Misiones, **Revista Forestal Yvyrareta**, n. 27, p. 52-56, 2019.

SENAMHI. **Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional**, 2019, 128 p.

VELÁSQUEZ, M.; SALVADOR, I. Evaluación y utilización de la *Guadua sarcocarpa* Londoño & Peterson en el bosque de la UNU - MACUYA. **Revista Forestal de Ucayali**, v. 7, n. 1, p. 182-217. 2008.

VITAL, B. R. Variações radiais na densidade da madeira. In: PEREIRA, A. R.; DELLA, L. R. M.; ANDRADE, D. C. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivada na região do cerrado de Minas Gerais. Brasília: IBDF, 1984, cap.3, p. 41-52.

ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, I.; ORDÓÑEZ-CANDELARIA, V. R.; BÁRCENAS-PAZOS, G. M.; BORJA-DE LA ROSA, A. M.; ZAMUDIO-SÁNCHEZ, F. J. Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 17, n. 3, p. 505-516, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000045>



Contribución de los Autores

1 Jefferson Alexander Rodríguez Sotelo

Ingeniero Forestal, Investigador

<https://orcid.org/0000-0003-2746-4641> • jeffersonr535@gmail.com

Contribución: Investigación, Curación de datos, Redacción - primera redacción

2 Carlos Abanto Rodriguez

Ingeniero Forestal, Dr., Investigador

<https://orcid.org/0000-0001-7956-5482> • cabanto@iiap.gob.pe

Contribución: Redacción - primera escrita, Redacción - revisión y edición, Curación de datos, Verificación, Visualización (tablas)

3 María Angelica Flores Romayna

Ingeniera Forestal, Dra., Profesora

<https://orcid.org/0000-0001-5316-0751> • maria_flores@unu.edu.pe

Contribución: Conceptualización, Metodología, Supervisión

4 Kevin Isaac Rodriguez Vasquez

Ingeniero Forestal, Investigador

<https://orcid.org/0000-0002-8682-1410> • krodriguez@itp.gob.pe

Contribución: Adquisición de fondos, Supervisión, Metodología

5 Dennis del Castillo Torres

Ingeniero Agrónomo, PhD, Investigador

<https://orcid.org/0000-0003-0852-5197> • ddelcastillo@iiap.gob.pe

Contribución: Conceptualización, Adquisición de fondos, Supervisión

6 Wilson Francisco Guerra Arévalo

Ingeniero Forestal, Magister, Investigador

<https://orcid.org/0000-0002-2887-1436> • wguerra@iiap.gob.pe

Contribución: Metodología, Administración del proyecto, Recursos



7 Diego Gonzalo García Soria

Ingeniero Forestal, Magister, Investigador

<https://orcid.org/0000-0003-4912-9406> • dgarcia@iiap.gob.pe

Contribución: Conceptualización, Software, Supervisión

8 Héctor Guerra Arévalo

Ingeniero Forestal, Magister, Investigador

<https://orcid.org/0000-0001-5579-1995> • hguerra@iiap.gob.pe

Contribución: Validación, Verificación, Investigación

9 Jorge Manuel Revilla Chávez

Ingeniero Forestal, Doctorando, Investigador

<https://orcid.org/0000-0001-5978-5146> • jrevilla@iiap.gob.pe

Contribución: Adquisición de fondos, Supervisión, Metodología, Administración del proyecto

Cómo citar este artículo

Rodríguez-Sotelo, J. A.; Abanto-Rodríguez, C.; Flores-Romayna, M. A.; Rodríguez-Vasquez, K. I.; Castillo-Torres, D.; Guerra-Arévalo, W. F.; García-Soria, D. G.; Guerra-Arévalo, H.; Revilla-Chávez, J. M. Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 3, n. 1, e68029, p. 1-23, 2023. DOI 10.5902/1980509868029. Disponible en: <https://doi.org/10.5902/1980509868029>.