

# COLORIMETRÍA Y DENSITOMETRÍA EN MADERA DE *Guazuma crinita* COLORIMETRY AND DENSITOMETRY OF *Guazuma crinita* WOOD

**Manuel Chavesta<sup>1,\*</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-5774-6159>

**Rolando Montenegro<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-7300-856X>

**Jordan Romero<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-3542-1134>

**Mario Tomazello-Filho<sup>2</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-9814-0778>

**Mayara Carneiro<sup>3</sup>**

<https://orcid.org/0000-0001-7676-5868>

**Silvana Nisgoski<sup>3</sup>**

<https://orcid.org/0000-0001-9595-9131>

## RESUMEN

En el presente trabajo se determinaron los parámetros colorimétricos mediante el sistema CIELAB y la densidad aparente por densitometría de rayos X en madera de *Guazuma crinita* para obtener información de su calidad en el uso como madera sólida o transformada. La evaluación se realizó en tres niveles del eje axial (basal, medio y apical) de una plantación de 5 y 8 años, en la zona de Puerto Inca, departamento de Huánuco, Perú. En ambas edades, empleando el sistema CIELab, se encontró que la madera es de coloración homogénea y se clasifica como rosa grisáceo. La densidad aparente medida por densitometría de rayos X en el sentido médula - corteza fue de 520 kg/m<sup>3</sup> y 560 kg/m<sup>3</sup> para 5 y 8 años respectivamente; con promedios mayores en el nivel basal (5 años: 650 kg/m<sup>3</sup>; 8 años: 680 kg/m<sup>3</sup>) y menores en el nivel apical (5 años: 430 kg/m<sup>3</sup>; 8 años: 470 kg/m<sup>3</sup>). Los perfiles densitométricos mostraron, en general, que radialmente hay un aumento de la densidad aparente en el sentido médula - corteza. La densidad de la madera de 5 años resultó más uniforme que la de 8 años con un índice de uniformidad de 149,7 y 170,3, respectivamente.

**Palabras clave:** CIELAB, colorimetría, densidad Aparente, densitometría de rayos X, *Guazuma crinita*, índice de uniformidad.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Industrias Forestales. Laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas. Lima, Perú.

<sup>2</sup>Escola Superior de Agricultura "Luz de Queiroz" - ESALQ-USP. Departamento de Ciências Florestais (LCF). Laboratório da anatomia e identificação de madeiras. Piracicaba, Brazil.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná. Departamento de Tecnologia e Engenharia Florestal. Paraná, Brazil.

\*Autor para correspondencia: [mchavesta@lamolina.edu.pe](mailto:mchavesta@lamolina.edu.pe)

Received: 11.06.2021 Accepted: 28.03.2022

## ABSTRACT

In the present work, the colorimetric parameters were determined using the CIELAB system and the apparent density by X-ray densitometry in Guazuma crinita Mart. wood to obtain information of its quality in use as solid or transformed wood. The evaluation was carried out in three levels of the axial axis (base, medium, apical) of one plantation of 5 and 8 years old, in Puerto Inca, department of Huánuco, Peru. It was found that in both ages, according to CIELab system, the wood is of homogeneous coloration and is classified as greyish pink. The apparent density measured by X ray densitometry in the pith – bark direction was found to be 520 kg/m<sup>3</sup> and 560 kg/m<sup>3</sup> for 5 and 8 years, respectively; with higher values at the basal level (5 years old: 650 kg/m<sup>3</sup>; 8 years old: 680 kg/m<sup>3</sup>) and lower towards the apical part (5 years old: 430 kg/m<sup>3</sup>; 8 years old: 470 kg/m<sup>3</sup>). The densitometric profiles showed, in general, that there is an increase in apparent density radially in the pith-bark direction. The 5-year-old wood density was more uniform than the 8-year-old one with a uniformity index of 149,7 and 170,3, respectively.

**Keywords:** CIELAB, colorimetry, apparent density, X-ray densitometry, *Guazuma crinita*, uniformity index.

## INTRODUCCIÓN

La bolaina blanca (*Guazuma crinita*) es una de las especies comerciales con mayor demanda para el establecimiento de plantaciones en el Perú (Paredes *et al.* 2010). Esto debido a que es una especie nativa, de rápido crecimiento, buen desarrollo y fácil trabajabilidad (Reynel 2003). La información existente sobre aspectos tecnológicos para esta especie se limita al bosque nativo. Es necesario, por tanto, generar información para madera de plantaciones. Además de la caracterización tecnológica tradicional, se deben evaluar aspectos de colorimetría y densitometría ya que permiten obtener valiosa información de la calidad como la uniformidad (Índice de Uniformidad) de la madera. Se contribuye con esta información para su uso en aplicaciones específicas, como madera sólida o transformada (Silva *et al.* 2015, Vieira *et al.* 2019).

El color de la madera tiene importancia porque la clasifica estéticamente como aceptable o no. El éxito o fracaso de un nuevo producto está influenciado por la impresión visual que el consumidor tenga de este (Delucis *et al.* 2016). El color natural de la madera está dado, principalmente, por la composición química, especialmente por los compuestos fenólicos. Otros factores que ocasionan su variabilidad son: la parte usada (duramen o albura), el plano de corte, el contenido de humedad y la edad (Valverde y Moya 2010). Influye también, el manejo silvicultural y las condiciones edáficas y climáticas de las plantaciones forestales (Derkyi *et al.* 2009).

La colorimetría cuantitativa ha mostrado potencialidad para evaluar especies amazónicas, pues es una metodología objetiva y eficaz para la medición del color de la madera (Dos Santos *et al.* 2021, Barros *et al.* 2014). Es una técnica no destructiva, que evalúa de forma precisa el color para dar un uso final adecuado y rentable en su comercialización (Moya y Marín 2011). A menudo los clientes buscan productos basados solo en la apariencia estética (De Melo *et al.* 2019). La determinación del color en maderas amazónicas es de gran importancia para obtener lotes uniformes de madera aserrada según la conveniencia del mercado (Stangerlin *et al.* 2013, Martins *et al.* 2015).

Diversos trabajos se han realizado en colorimetría para caracterizar el color natural de la madera (Souza *et al.* 2019, Barros *et al.* 2014); determinar el color de la madera al aplicar tratamientos térmicos (Griebeler 2013, Freitas *et al.* 2016, Lazarotto *et al.* 2016, Cademartori *et al.* 2013, Pincelli *et al.* 2012); evaluar la variación del color debido al intemperismo (Delucis *et al.* 2016, Mattos *et al.* 2013, Pastore *et al.* 2008); y medir el color de la madera por podredumbre marrón (Vidholdova y Reinprecht 2019).

La densitometría de rayos X es una técnica precisa y práctica para la evaluación cuantitativa de propiedades de la madera y de productos a base de madera. Posee ventajas como la posibilidad del registro radiográfico de la madera, con alta sensibilidad y resolución. Así mismo, es una técnica rápida en el análisis y la interpretación de los perfiles radiales de densidad (Belini *et al.* 2011).

Según Surdi *et al.* (2014), la densitometría de rayos X tiene como aplicaciones evaluar la calidad del leño de árboles de bosque natural y de plantaciones. Permite determinar la producción anual de biomasa del leño y su relación con la estructura anatómica. Así mismo, señalan que permite evaluar las variaciones de la estructura anatómica a través de los perfiles de densidad aparente del leño considerando la heterogeneidad de la madera para su aplicación tecnológica en productos de mayor valor agregado.

Entre otros usos, la densitometría de rayos X, permite la demarcación de los anillos de crecimiento como auxilio en estudios de dendrocronología (Cahuana *et al.* 2019); en delimitar madera adulta y juvenil (Castro *et al.* 2017, Lobao *et al.* 2012); en producción de biomasa de plantaciones (Knapic *et al.* 2014); en prácticas silviculturales (De Oliveira *et al.* 2017); así como en evaluación radial de la densidad aparente y calidad de madera (Boschiero 2013, Oliveira *et al.* 2012).

Por lo antes expuesto, y para conocer con mayor detalle la calidad de la madera de *Guazuma crinita*, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el color y la uniformidad en madera proveniente de plantaciones de 5 y 8 años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La madera de árboles de *Guazuma crinita* Mart. proviene de una plantación forestal de la Empresa Re-forestadora Amazonica S.A, sector Maquizapallo localizada en la ciudad de Puerto Inca, Huánuco – Perú. Se ubica geográficamente a 9° 37' 43", latitud S y 74° 58' 28" longitud W y altitud de 145 m.s.n.m. La zona tiene una precipitación media anual de 2482 mm y temperatura mínima de 22° y máxima de 35°. Los suelos de la plantación son de tipo aluvial de textura franco y franco-limoso. El espaciamiento de los árboles en la plantación fue de 3,0 m x 3,0 m (1111 árboles/ha). Las muestras de madera fueron colectadas en noviembre del 2016 y al momento del corte tenían cinco años (63 meses) y ocho años (103 meses). La madera no presentó diferencias en la coloración entre albura y duramen. Las características de los 10 árboles muestreados para las dos edades se presentan en la Tabla 1.

Se seleccionaron aleatoriamente cinco arboles por edad, conforme a la NTP 251.008:2016 (INACAL 2016). Se midió la altura comercial y diámetro a la altura del pecho de cada árbol previo al tumbado y trozado en tres partes iguales (basal, media y apical) conforme a la metodología utilizada por Valente *et al.* (2013). Se tomó una rodaja de 5,0 cm de espesor de la parte inferior de cada nivel de altura. Las rodajas fueron codificadas y transportadas al laboratorio de Anatomía de la madera, del Departamento Académico de Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Perú).

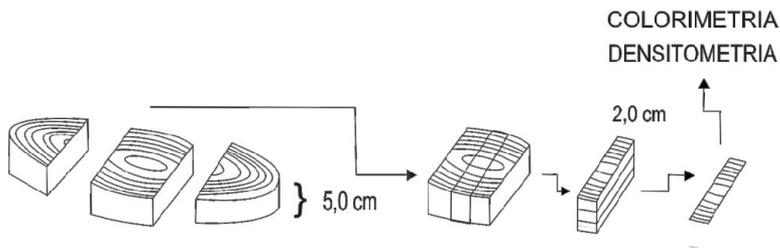
**Tabla 1:** Características dasométricas de los individuos muestreados.

Edad	N° individuo	DAP (cm)	Hc (m)
5 años (63 meses)	1	18,8	12,0
	2	21,6	13,0
	3	21,6	13,0
	4	22,0	13,0
	5	21,3	12,0
8 años (103 meses)	1	26,4	18,0
	2	27,7	20,0
	3	27,1	20,0
	4	26,1	21,0
	5	26,1	19,0

DAP = Diámetro a la altura de pecho; Hc = Altura comercial.

Para el análisis de colorimetría y densitometría se obtuvo una muestra central de cada rodaja. Cada muestra contenía la medula conforme a la Figura 1. Las muestras poseían 2,0 mm de espesor x 2,0 cm de ancho. Para este fin se empleó el equipo DENDROCUT 2003. El ensayo de colorimetría se realizó en el Laboratorio de Anatomía y Calidad de Madera - LANAQM, de la Universidad Federal de Paraná (UFPR, Brasil) y la den-

sitometría, en el Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidad de Sao Paulo (Brasil).



**Figura 1:** Preparación de muestras para ensayos de colorimetría y densitometría.

En las pruebas de colorimetría se realizó una exploración de forma aleatoria. Se tomaron un total de 10 lecturas en la cara transversal de cada muestra. Se evaluaron 15 muestras por edad; que comprende las tres posiciones axiales de la troza (Basal, Intermedio, Apical); totalizando 300 lecturas para las 2 edades. El contenido de humedad de las muestras evaluadas fue de 12 %.

Para la determinación del color se empleó la técnica de reflectancia difusa en el intervalo visible del espectro electromagnético, metodología adoptada por Griebeler (2013), utilizando un espectrofotómetro KONICA MINOLTA CM-5, acoplado a una microcomputadora. Este espectrofotómetro hace una exploración en la superficie de la muestra, de la cual se obtienen los parámetros de color de la madera. El iluminante utilizado fue de luz difusa D65, una lámpara de xenón que simula la radiación solar diurna. El ángulo de observación fue de 10°, estándar de la CIE. Las lecturas se realizaron con una apertura de diámetro de 3 mm, a temperatura ambiente de 22 °C y humedad relativa del aire del 60 %.

Las mediciones de color se realizaron en la cara transversal de la muestra, conforme al sistema CIE  $L^*a^*b^*$ ; los parámetros colorimétricos obtenidos fueron:

$L^*$  : claridad.

$a^*$  : matices del eje rojo (+a) - verde (-a).

$b^*$  : matices del eje amarillo (+b) - azul (-b).

El parámetro  $C^*$  (saturación) se calculó a partir de la Ecuación 1:

$$C^* = \left( a^{*2} + b^{*2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Dónde:

$C^*$  = saturación (sin unidades)

$a^*$  = coordenada cromática sobre el eje verde-rojo (sin unidades)

$b^*$  = coordenada cromática sobre el eje azul-amarillo (sin unidades)

El parámetro  $h$  (ángulo de tinta) fue determinado por la ecuación (Ecuación 2):

$$h = \arctang \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

Donde:

$h$  = ángulo de tinta en medición polar ( $^{\circ}$ ).

Los datos colorimétricos de las muestras fueron tomados a contenido de humedad de 12% en condición natural. Los parámetros de color fueron procesados en el programa R y en el análisis final se calcularon valores medios de las lecturas de cada parámetro colorimétrico.

Para los ensayos de densitometría las muestras fueron acondicionadas en una cámara climatizada a 20  $^{\circ}$ C y 65 % de HR para alcanzar 12% de contenido de humedad. Se obtuvieron 150 lecturas por cada edad. Las muestras de madera se analizaron en el equipo QTRS-01X (Quintek Measurement Systems), que realiza una exploración radial continua y genera valores de densidad en el monitor y la respectiva imagen de la sección transversal de la muestra. Los valores de rayos X que atraviesan la muestra de la madera son transformados en densidad aparente por el software QMS, originando un archivo DAT (con los valores puntuales de densidad aparente del leño cada 40  $\mu$ m). Con el software R se construyeron los perfiles radiales de densidad aparente. Igualmente, las secciones transversales fueron digitalizadas en un equipo digitalizador de imágenes densitométricas FAXITRON X RAY.

A partir de los perfiles densitométricos, se determinó el Índice de Uniformidad de la madera según la metodología establecida por Echols (1973), para las dos edades. Para esto se multiplicó por un factor de uno, el porcentaje de la frecuencia o porcentaje de madera en los tres valores centrales (intervalo de densidad media, e intervalos superior e inferior). En los niveles sucesivos, por encima y por debajo del valor medio se aplicó un factor de multiplicación de dos hasta 'n', de acuerdo al número de incrementos de 50 kg/m<sup>3</sup> en la densidad. Los valores de índice de uniformidad cercanos a 100 son indicadores de mayor uniformidad en el sentido médula-corteza. Así, cuanto mayor es el índice, mayor es la heterogeneidad (Ecuación 3).

$$IU = \sum_{i=1}^n X_i * K_i \quad (3)$$

Donde:

IU = índice de uniformidad (%);

K = coeficiente de ponderación (50 kg/m<sup>3</sup>) de aumento o disminución de la densidad relativa con respecto a la media;

X = frecuencia en porcentaje (o porcentaje de madera) en cada clase de variación de la densidad (%)

i = número de clases establecidas

Se compararon los valores medios de colorimetría y densidad aparente por posición longitudinal a través de un análisis de variancia (ANOVA), previo análisis de supuestos de normalidad y homocedasticidad. En caso de significancia, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05. Así mismo, para comparar dichos valores por edad se realizó una prueba de t-Student con un nivel de significancia de 0,05. Los datos fueron analizados en el programa R.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Colorimetría de *Guazuma crinita*

En la Tabla 2 se observa valores de L\* que van de 65 a 66; y bajos valores en las coordenadas a\* y b\*. Las muestras de *G. crinita* presentan luminosidad similar a la madera de *Jacaranda copaia* (66,97) conforme a lo reportado por De Melo *et al.* (2019). Según los valores de las variables colorimétricas, la madera de *Guazuma crinita* es clasificada como rosa grisáceo, de acuerdo con la clasificación de colores propuesta por Camargos y González (2001). Además, se observa que no existen diferencias significativas para las variables colorimétricas entre ambas edades; es decir, tienen una coloración homogénea entre ambas edades.

**Tabla 2:** Valores medios de variables colorimétricas en *Guazuma crinita* de dos edades.

Edad	L*	a*	b*	C*	h
5 años	65,399a (3,853)	6,764a (10,056)	15,082a (9,396)	16,910a (9,526)	65,845a (1,267)
8 años	66,397a (2,949)	7,152a (8,979)	15,794a (5,674)	17,401a (5,942)	65,638a (1,889)

L\* = claridad; a\* y b\* = coordenadas cromáticas; C\* = saturación; h = ángulo de tinta.

Medias seguidas de la misma letra dentro de una misma columna, no difieren estadísticamente entre sí ( $p > 0,05$ ). Los valores entre paréntesis indican el coeficiente de variabilidad expresado porcentualmente.

Asimismo, en ambas edades hay bajos valores de saturación que no difieren estadísticamente entre ellos y considerando el valor máximo de 60 para las coordenadas a\* y b\*; se encuentra una baja predominancia del pigmento rojo (a\*) con valores de 6,7 a 7,1. La variable h, que determina el ángulo de tinta de la madera, muestra una influencia del pigmento amarillo en las muestras, colocándolas próximas al eje b\*, seguida por la coordenada C\*, que también registra esa influencia en la región del ángulo.

En la Tabla 3 se presentan las medias de las variables colorimétricas, según edad y posición axial. No se evidenció diferencias estadísticas para las variables L\*, a\*, b\* y h para 8 años por lo que existe mayor uniformidad en el color de la madera. En 5 años para las variables a\*, b\* y C\* son mayores en el nivel basal; sin embargo, existe interacción entre la zona apical y basal. Este mismo comportamiento se encontró para la variable saturación (C\*) de la edad de 8 años. Dichas variaciones, en árboles de la misma especie, se deben a la edad y la posición de donde se tomaron las muestras del tronco conforme lo indica Vieira *et al.* (2019).

**Tabla 3:** Valores medios de variables de colorimetría para *G. crinita* según edad y posición longitudinal.

Edad	Posición	L*	a*	b*	C*	h
5 años	Apical	67,157a	6,661ab	14,776a	16,741ab	65,734a
	Central	64,266a	6,302a	13,954a	15,731a	65,695a
	Basal	64,773a	7,328b	16,516b	18,257b	66,074a
8 años	Apical	67,742a	6,713a	15,215a	16,601a	66,192a
	Central	65,902a	7,150a	15,779a	17,332ab	65,623a
	Basal	65,547a	7,592a	16,387a	18,269b	65,842a

L\* = claridad; a\* y b\* = coordenadas cromáticas; C\* = saturación; h = ángulo de tinta.

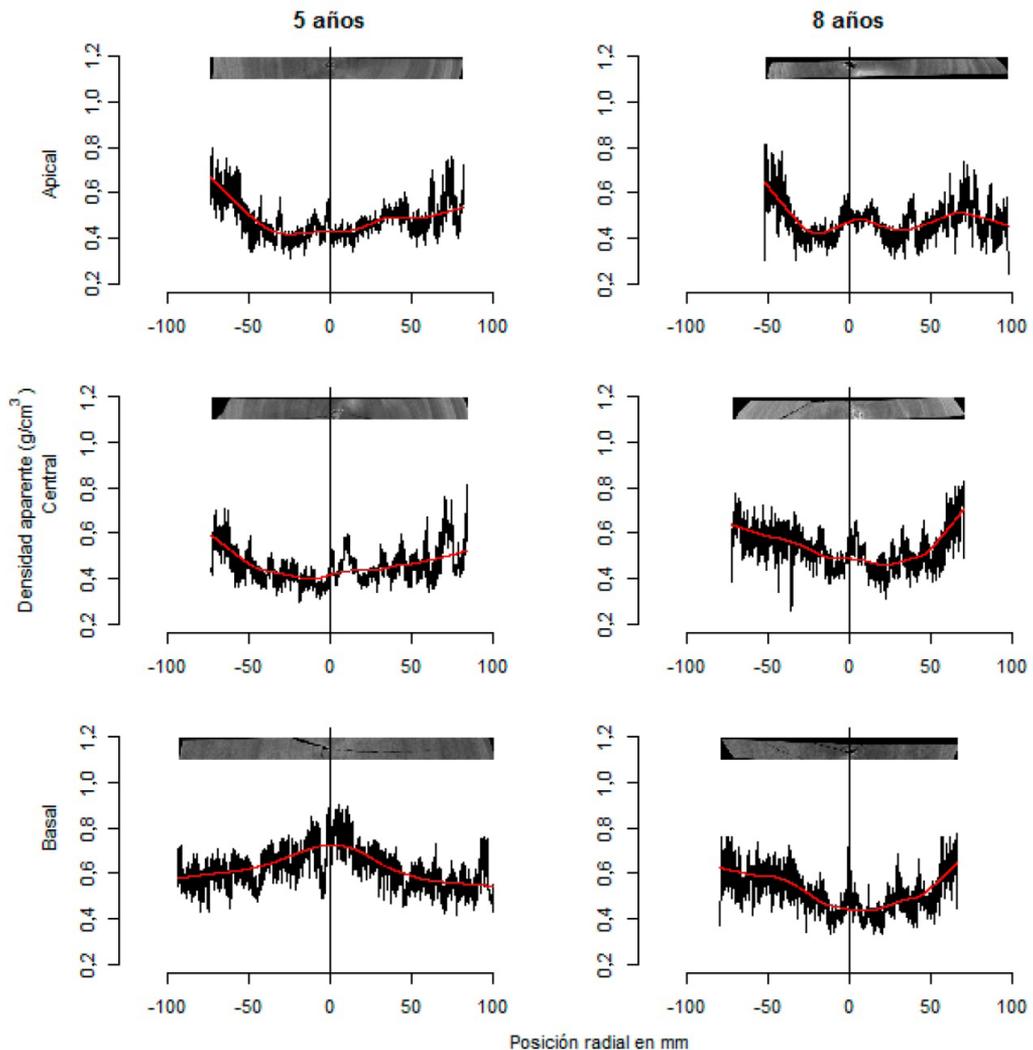
Medias seguidas de la misma letra dentro de una misma columna, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

En general, dado que las variables colorimétricas no difieren entre las dos edades ni posiciones axiales. Se puede afirmar que esta madera se puede emplear en usos donde se requiera productos de color homogéneo, tal como lo afirman Martins *et al.* (2015). Además, según lo señalado por Sotelo-Montes *et al.* (2008) la uniformidad encontrada mejora el valor estético de la madera en algunos mercados de muebles, por lo que se podría emplear *Guazuma crinita* para este fin.

## Densitometría de *Guazuma crinita*

En la Figura 2 se presenta el perfil densitométrico radial para árboles de *G. crinita* de 5 y 8 años según posición axial. En la Tabla 4, se observa como tendencia general mayores valores de densidad aparente en la base y menores hacia la parte apical. Dicha tendencia sigue uno de los patrones de variación presentado por Panshin y De Zeeuw (1980). Zobel y Van Buijtenen (1989) presentan el mismo patrón; sin embargo, señalan que es más común que, en latifoliadas, las diferencias axiales sean mínimas.

También se observa como tendencia general que los perfiles radiales de densidad aparente aumentan de la médula hacia la corteza para la zona intermedia y apical de los árboles en ambas edades. En la parte basal de los árboles de 5 años se encontró un comportamiento inverso; donde, la densidad aparente disminuye de la médula hacia la corteza. Este comportamiento es similar al encontrado en otras latifoliadas como *Anadenanthera peregrina* (Valente *et al.* 2013).



**Figura 2:** Variación radial de la densidad aparente por densitometría de rayos x en *Guazuma crinita*.

Los valores medios de densidad aparente y los índices de uniformidad obtenidos de los perfiles densitométricos para las dos edades se presentan en la Tabla 4. La densidad aparente media para 5 y 8 años es de 520 kg/m<sup>3</sup> y 560 kg/m<sup>3</sup> respectivamente; donde se verifica que la densidad aparente para ocho años es mayor que para cinco años. El árbol 5 de cinco años presentó mayores valores de densidad aparente y es el árbol que presenta la mayor variabilidad en ambas edades. Se debe señalar que este individuo se encontraba en un lindero de la plantación.

**Tabla 4:** Valores medios de densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>) e índice de uniformidad (%) por árbol y nivel longitudinal en *Guazuma crinita* para dos edades.

Edad	Árbol	Basal	Central	Apical	Promedio	CV%	IU
5 años	1	500	480	380	460	24,07	160,4
	2	630	440	430	510	28,75	156,9
	3	620	460	480	530	20,79	148,4
	4	580	510	470	520	16,31	140,2
	5	920	450	390	620	45,33	142,8
	<b>Promedio</b>	<b>650a<sup>1</sup></b>	<b>470b</b>	<b>430b</b>	<b>520b</b>	<b>32,01</b>	<b>149,7B</b>
8 años	1	710	490	460	560	29,47	167,4
	2	550	530	480	510	17,57	158,5
	3	610	560	460	550	18,17	165,6
	4	710	-	460	600	32,06	183,6
	5	790	490	480	600	31,15	180,6
	<b>Promedio</b>	<b>680<sup>a</sup></b>	<b>520b</b>	<b>470b</b>	<b>560a</b>	<b>27,43</b>	<b>170,3A</b>

CV: Coeficiente de variación. IU: índice de uniformidad.

Medias indicadas de la misma letra minúscula, dentro de una misma columna, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ). Medias indicadas de la misma letra mayúscula, no difieren entre sí, por la prueba de t de Student ( $p > 0,05$ ).

Los valores medios de coeficientes de variación de 32,01 % y 27,43 % para 5 y 8 años, son mayores comparados con otros estudios que usaron la misma técnica; donde el coeficiente de variación fue de 20 % para *Eucalyptus grandis* de 28 años de edad (Tomazello-Filho 2006); y de 13,1 % a 15,4 % en madera de *Eucalyptus grandis x urophylla* de 7 años de edad (Tomazello-Filho *et al.* 2008). En ambas edades los valores medios de densidad aparente en la parte basal son significativamente mayores cuando comparados con la parte media y apical.

Los índices de Uniformidad de la madera de *Guazuma crinita*; resultaron ser estadísticamente diferentes con valores medios de 149,7 y 170,3 para 5 y 8 años respectivamente. Los índices obtenidos para *G. crinita* muestran la madera es más uniforme que en los clones de *Eucalyptus grandis x urophylla* cuyos valores van de 180 a 202 (Arango y Tamayo 2008).

Para 5 años los valores de índice de Uniformidad varían de 140 a 160 que reflejan índices más bajos que para 8 años con índices de 159 a 184; dado que el rango de índice de uniformidad para 5 años es más cercano a 100, se puede afirmar que es más uniforme.

Los bajos valores de Índice de Uniformidad hallados en la especie son importantes para calificar su uso en distintos productos de madera como afirman Lobao *et al.* (2012). Así mismo, la uniformidad en esta especie podría aprovecharse mejor en materiales compuestos de madera, donde la homogeneidad influye directamente en la calidad del producto final (Cherelli *et al.* 2018).

## CONCLUSIONES

Se cataloga la madera de *G. crinita* de color “rosa grisáceo”. La madera posee altos valores de claridad ( $L^*$ ) y bajos valores en sus coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$ . En ambas edades la madera es de coloración similar: sin variación en sus variables colorimétricas. Por ello podría emplearse en productos que requieran de coloración homogénea. La densidad aparente de la madera varía de 520 kg/m<sup>3</sup> a 560 kg/m<sup>3</sup> para 5 y 8 años. Los valores mayores se encuentran en la parte basal. En general, hay una tendencia de aumento de la densidad aparente en el sentido médula corteza. Los índices de Uniformidad de la madera son bajos en ambas edades: 149,7 y 170,3 para 5 y 8 años respectivamente. Por la uniformidad hallada se propone su uso en productos que requieran madera uniforme y se propone estudiar la especie para usos en materiales compuestos de madera.

## REFERENCIAS

- Arango, B.; Tamayo, L. 2008.** Densidad de la madera en clones de *Eucalyptus* por densitometría de rayos X. *Rev Fac Ing Univ Antioquia* (45): 87-99. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/18116>
- Barros, S.; Muniz, G.; Mattos, J. 2014.** Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. *Cerne* 20(3): 337-342. <https://doi.org/10.1590/01047760201420031421>
- Belini, L.; Tomazello Filho, M.; Castro, R.; Muniz, G.; Lasso, P.; Vaz, C. 2011.** Microtomografia de raios X (micro CT) aplicada na caracterização anatômica da madeira de folhosas e coníferas. *Floresta e Ambiente* 18(1): 30-36. <http://dx.doi.org/10.4322/foram.2011.020>
- Boschiero, A. 2013.** Avaliação da estrutura anatômica e da densidade aparente do lenho e do carvão de árvores de *Eucalyptus* sp. e de *Corymbia* sp. Tesis de Doctorado, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122013-165413/publico/Angel\\_Thiane\\_Boschiero\\_Ferreira\\_versao\\_revisada.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122013-165413/publico/Angel_Thiane_Boschiero_Ferreira_versao_revisada.pdf)
- Cademartori, P.; Schneid, E.; Gatto, A.; Stangerlin, M.; Beltrame, R. 2013.** Thermal modification of *Eucalyptus grandis* Wood: Variation of colorimetric parameters. *Maderas-Cienc Tecnol* 15(1): 57-64. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2013005000005>
- Cahuana, L.; Latorraca, J.; Camargo, J.; Dos Santos, G.; Lima, D.; Ramos, L.; Do Carmo, J. 2019.** Variabilidad radial física y anatómica del leño de árboles de *Amburana cearenses* (Allemao) A.C.Sm. *Colombia Forestal* 22(1): 17-26. <https://doi.org/10.14483/2256201X.13083>
- Camargos, A.; Gonçalves, C. 2001.** A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Brasil Florestal* (71): 30-41. [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10497/1/ARTIGO\\_ColorimetriaAplicadaInstrumento.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10497/1/ARTIGO_ColorimetriaAplicadaInstrumento.pdf)
- Castro, V.; Surdi, P.G.; Sette Junior, C.R.; Tomazello Filho, M.; Chaix, G.; Laclau, J.P. 2017.** Efeito da aplicação do potássio, do sódio e da disponibilidade hídrica na densidade aparente a 12% de umidade do lenho juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*. *Ciencia Florestal* 27(3): 1017-1027. <https://doi.org/10.5902/1980509828675>
- Cherelli, S.G.; Sartori, M.M.P.; Próspero, A.G.; Ballarin, A.W. 2018.** Heartwood and sapwood in eucalyptus trees: non-conventional approach to wood quality. *Anais Acad Bras Cienc* 90(1): 425-438. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820160195>
- De Oliveira, I.; Chagas, M.; Bouillet, J.; Longui, E.; De Lima, I.; Bordron, B.; Boscheiro, A.; Toma-zello Filho, M. 2017.** Effect of tree spacing on growth and wood density of 38 year old *Cariniana legalis* trees Brazil. *South For* 80(4): 311-318. <https://doi.org/10.2989/20702620.2017.1393741>

**De Melo, R.; Stangerlin, D.; Del Menezzi, C.; De Castro, V.; De Souza, M.; De Medeiros, D. 2019.** Grouping of commercial tropical timber using wood color. *Rev Cienc Agrar* 62:1-6. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.3108>

**Delucis, R.; Herrera, R.; Labidi, J.; Gatto, A. 2016.** Color de la madera de dos eucaliptos expuestas al intemperismo natural en tres entornos ambientales diferentes. *Maderas-Cienc Tecnol* 18(1): 133 - 142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000014>

**Derkyi, N.S.A.; Bailleres, H.; Chaix, G.; Thevenon, M.F.; Oteng-Amoako, A.A.; Adu-Bredu, S. 2009.** Colour variation in teak (*Tectona grandis*) wood from plantations across the ecological zones of Ghana. *Ghana J Forestry* (25): 40-48. <https://doi.org/10.4314/gjf.v25i1.60698>

**Dos Santos, J.; Vieira, H.; Nadie, T.; Souza, V.; Bolzon De Muñoz, G.; Soffiatti, P.; Nisgoski, S. 2021.** Vis spectroscopy and CIELAB parameters of six wood species of the Fabaceae family marketed in the Brazilian Amazon. *International Wood Products Journal* (1-8): 2021. <https://doi.org/10.1080/20426445.2021.1929763>

**Echols, R. 1973.** Uniformity of wood density assessed from x-ray of increment cores. *Wood Sci Technol* 7(1): 34-44. <https://doi.org/10.1007/BF00353377>

**Freitas, A.; Gonçalves, J.; Del Menezzi, C. 2016.** Tratamento Termomecânico e seus Efeitos nas Propriedades da *Simarouba amara* (Aubl.). *Floresta e Ambient* 23(4): 565 – 572. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.144115>

**Griebeler, C. 2013.** Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden modificada termicamente. Tesis de Maestría, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. <http://hdl.handle.net/1884/31807>

**Instituto Nacional de Calidad. INACAL. 2016.** NTP 251.008:2016. Maderas. Selección y colección de muestras. Lima, PE. [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=5296](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=5296)

**Knopic, S.; Pirralho, M.; Louzada, J.; Pereira, H. 2014.** Early assessment of density features for 19 *Eucalyptus* species using X-ray microdensitometry in a perspective of potential biomass production. *Wood Sci Technol* (48): 37-49. <https://doi.org/10.1007/s00226-013-0579-y>

**Lazarotto, M.; Da Silva, Cava, S.; Beltrame, R.; Gatto, D.; Missio, A.; Gomes, L.; Mattoso, T. 2016.** Resistência biológica e colorimetria da madeira termoretificada de duas espécies de eucalipto. *Rev Arvore* 40(1): 135-145. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100015>

**Lobao, M.; Costa, D.; Almonacid, M.; Tomazello Filho, M. 2012.** Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. amazonicum, Acre, Brasil. *FLORAM* 19(3): 374-384. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.044>

**Martins, M.; Beltrame, R.; Delucis, R.; Gatto, D.; Cademartori, P.; Santos, G. 2015.** Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira* 35(84): 443-449. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.84.929>

**Mattos, B.; Cademartori, P.; Lourençon, T.; Gatto, D. 2013.** Colour changes of Brazilian Eucalyptus wood by natural weathering. *Int Wood Prod J* 5(1): 33-38. <https://doi.org/10.1179/2042645313Y.0000000035>

**Moya, R.; Marin, J. 2011.** Grouping of *Tectona grandis* (L.f.) clones using wood color and stiffness. *New Forests* 42(3): 329-345. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9255-y>

**Oliveira, B.; Figueiredo, J.; Tomazello Filho, M.; Moura, G.; Monteiro, A.; Scaramussa, M. 2012.** Microdensitometria de Raios X aplicada na determinação da variação da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. *Scientia Forestalis* 40(93): 103-112. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr93/cap11.pdf>

**Panshin, A.; De Zeeuw, C. 1980.** *Textbook of Wood Technology*. McGraw-Hill Book Company: New York, USA. 4th ed. 722 pp.

**Paredes, O.; Soudre-Zambrano, M.; Chavez, J.; Guerra, W. 2010.** Propagación vegetativa de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) mediante injerto, bajo condiciones ambientales controladas. *Folia amazonica* 19(1-2): 69-77. <https://doi.org/10.24841/fa.v19i1-2.346>

**Pastore, T.; Oliveira, C.; Rubim, J.; Santos, K. 2008.** Efeito do intemperismo artificial em quatro madeiras tropicais monitorado por espectroscopia de infravermelho (DRIFT). *Quim Nova* 31(8): 2071-2075. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000800030>

**Pincelli, A.; Moura, L.; Brito, O. 2012.** Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. *Maderas-Cienc Tecnol* 14(2): 239-248. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2012000200010>

**Reynel, C.; Pennington, R.; Pennington, T.; Flores, D.; Daza, A. 2003.** *Árboles útiles de la Amazonía Peruana, Manual de identificación ecológica y propagación de las especies*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 509 p. 2003. ISBN: 997297331X 9789972973314.

**Silva, E.S.; Stangerlin, D.M.; Gatto, D.A.; Calegari, L.; Pariz, E. 2015.** Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Cienc Madeira* 6(1): 31-37. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v6n1p31-37>

**Sotelo-Montes, C.; Hernández, R.; Beaulieu, J.; Weber, J. 2008.** Genetic variation in wood color and its correlations with tree growth and wood density of *Calycophyllum spruceanum* at an early age in the Peruvian Amazon. *New For* 35(1):57-73. <https://doi.org/10.1007/s11056-007-9060-9>

**Souza, W.; Barbosa, L.; Soares, A.; Goulart, S.; Protasio, T. 2019.** Wood colorimetry for the characterization of Amazonian tree species: A subsidy for a more efficient classification. *Cerne* 25(4): 451-462. <https://doi.org/10.1590/01047760201925042650>

**Stangerlin, D.; Costa, A.; Gonçalves, J.; Pastore, T.; Garlet, A. 2013.** Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. *Acta Amazon* 43(4): 429-438. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400004>

**Surdi, P.; Bortoletto, G.; Resende, V.; Ferreira, N.; Farinassi, R.; Chaix, G.; Tomazello Filho, M. 2014.** Perfil de densidade do lenho utilizando métodos radiográficos. *Scientia Forestalis* 42(102): 229-236. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr102/cap07.pdf>

**Tomazello-Filho, M. 2006.** Efeito da irrigação e da fertilização nas propriedades do lenho de arvores de *Eucalyptus grandis x urophylla*. Piracicaba. Tesis de Doctorado. Universidad de Sao Paulo, Brasil. <https://repositorio.usp.br/item/001538342>

**Tomazello-Filho, M.; Brazolin, S.; Chagas, M.; Oliveira, J.; Ballarim, A.; Benjamin, C. 2008.** Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of *Eucalypt* Wood. *Maderas-Cienc Tecnol* 10(2): 139-149. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2008000200006>

**Valente, B.; Evangelista, W.; Silva, J.; Della Lucia, R. 2013.** Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatómicas da madeira de Angico-Vermelho. *Scientia Forestalis* 41(100): 485-496. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr100/cap05.pdf>

**Valverde, J.; Moya, R. 2010.** Efectos de la intemperie en el color de dos acabados aplicados en madera de *Cedrela odorata* y *Carapa guianensis*. *Maderas-Cienc Tecnol* 12(3): 171-180. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2010000300002>

**Vieira, H.; Silva, L.; Santos, J.; Muñoz, G.; Morrone, S.; Nisgoski, S. 2019.** Wood colorimetry of native species of Myrtaceae from a Araucaria forest. *Floresta* 49(2): 353-362. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v49i2.58236>

**Vidholdova, Z.; Reinprecht, L. 2019.** The colour of tropical woods influenced by brown rot. *Forest* 10(4): 322. <https://doi.org/10.3390/f10040322>

**Zobel, B. J.; Van Buijtenen, J.P. 1989.** *Wood variation and wood properties. In Wood variation* (pp. 1-32). Springer: Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-74069-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-74069-5_1)