

Determinación del color de la madera de especies forestales tropicales con aplicaciones móviles

Guadalupe Pinacho Ruiz¹* & Juana Laura Rivera Nava²

Resumen

El aspecto de la madera es una de las propiedades más importantes que se consideran cuando es utilizada para decoración, revestimiento y fabricación de muebles. Específicamente, el color es una de las características preferidas que influye en la decisión de comprar un producto de madera. El objetivo de este trabajo fue determinar el color principal de muestras de madera de once especies forestales tropicales con dos aplicaciones móviles (Color Grab y Color Picker) y comparar los resultados con lo reportado en la literatura. Las especies fueron: *Lysiloma divaricata*, *Swietenia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Maclura tinctoria*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Swartzia cubensis*, *Cosmocalyx spectabilis*, *Pithecellobium dulce*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia platyloba* y *Apoplanesia paniculata*. Color Grab y Color Picker son aplicaciones que permiten capturar el color a través de la cámara del Android, guardarlo y el nombre del color se muestra en inglés. La identificación del color se hizo tanto del duramen como de la albura. Todas las tablillas se lijaron con lija de grano fino (No. 220) en dirección de la fibra para tener superficies limpias. Los colores determinados por ambas aplicaciones son similares y cercanos a los colores reportados en la literatura. Es importante destacar que la diferencia entre ambas aplicaciones es el nombre que cada una le asigna al color identificado. Color Grab y Color Picker pueden utilizarse como auxiliares en la determinación del color principal de diferentes tipos de maderas.

Palabras clave: albura, color, duramen, muestras de madera.

Recibido: 22 de mayo de 2023.

Abstract

The wood appearance is one of most important properties considered when is used for decoration, cladding and furniture manufacturing. Specifically, color is one of the preferred characteristics that influences at one wood product buy decision. The objective of this work was to determine the main color of wood samples from eleven tropical forest species with two mobile applications (Color Grab and Color Picker) and to compare the results with those reported in the literature. The species were: *Lysiloma divaricata*, *Swietenia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Maclura tinctoria*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Swartzia cubensis*, *Cosmocalyx spectabilis*, *Pithecellobium dulce*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia platyloba* and *Apoplanesia paniculata*. Color Grab and Color Picker are applications that allow to capture color through the Android camera, save it and the color name is displayed in English. The color identification was made of both heartwood and sapwood. All wood samples were sanded with fine grit sandpaper (No. 220) in the grain direction to have clean surfaces. The determined colors by both applications are similar and close to reported colors in the literature. It is important to note that the difference between both applications is in the name that each one assigns to the identified color. Color Grab and Color Picker can be used as auxiliaries in the main color determination of different woods types.

Key words: sapwood, color, heartwood, wood samples.

Aceptado: 10 de agosto de 2023.

¹ Jardín Botánico, Universidad del Mar. Km. 10.5 Carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 70981, Oaxaca, México.

² Instituto de Genética, Universidad del Mar - campus Puerto Escondido, Universidad del Mar. Km. 2.5 Carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 70981, Oaxaca, México.

* Autor de correspondencia: pinacho.ruizg12@gmail.com (GPR)

Introducción

Los bosques tropicales proveen de una gran variedad de bienes y servicios a la sociedad y el propio ambiente, además tienen gran importancia como hábitat porque protegen gran parte de la biodiversidad que existe (James *et al.* 2001, Groombridge & Jenkis 2002). En ese sentido, la madera es uno de los bienes naturales abundante y renovable que se obtiene de los bosques, selvas y de las plantaciones forestales.

La madera es ampliamente utilizada para la fabricación de todo tipo de muebles y el aspecto de la misma es una de las propiedades más importantes que se toma en cuenta cuando es utilizada para decoración, revestimiento y fabricación de muebles (García 2009). Las propiedades organolépticas de la madera forman parte de su apariencia, características generales que se relacionan con su estructura anatómica y con aspectos estéticos y que se pueden determinar a través de los órganos de los sentidos del ser humano (Rodríguez & Sibille 1996), dentro de las que se pueden mencionar el olor, brillo, veteado, textura, grano y el color, este último la característica más evidente que permite diferenciar los distintos tipos de madera (Aguilar & Guzowski 2011).

El color de la madera representa la presencia de diversos compuestos orgánicos (gomas, resinas, taninos, colorantes, entre otros) denominados en conjunto como extractivos, así como algunos componentes de la pared celular (Rendón *et al.* 2021). Algo interesante es que, en la fabricación de un mueble, la elección de la madera es una etapa importante en la cual además de otros elementos hay que tomar en cuenta el color, ya que quedará a la vista del usuario y dará la elegancia y atractivo en la conformación de los materiales correctos (Nutsch 2000); además, es uno de los factores preferentes que influye

en la decisión de comprar un producto de madera (Malik *et al.* 2018). Por tanto, las características de la madera y la uniformidad del color desempeñan un papel importante en el establecimiento de los precios de las maderas (Mononen *et al.* 2002).

Cuando se describe la madera es necesario determinar los parámetros de color para poder caracterizar de forma más completa y significativa su apariencia visual (Forsskåhl 1999) y de esta manera utilizar la información con fines didácticos, de investigación y divulgación y en la fabricación de muebles, decoración de interiores y/o exteriores, etc.

Existen diversos trabajos en donde se ha determinado el color de la madera mediante métodos como: el sistema de Notación Munsell y el sistema Espectrofotométrico CIELab (Rendón *et al.* 2021, Cisneros *et al.* 2019, Crespo *et al.* 2013, Villegas & Area 2009). Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones no se dispone de la tabla de color Munsell completa con todos los matices o el equipo a utilizar es muy costoso, es por ello que se deben buscar alternativas tales como las aplicaciones móviles que permitan determinar el color principal de la madera de forma confiable, rápida y sencilla.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el color principal de muestras de madera de once especies forestales tropicales a través del uso de dos aplicaciones móviles: Color Grab y Color Picker, y comparar los resultados con lo reportado en la literatura.

Material y métodos

Se utilizaron muestras de madera de once especies forestales de clima tropical (Tabla I) en estado seco, específicamente una

tablilla por cada especie. Las tablillas proceden de tres madererías ubicadas en diferente lugar: Santa María Colotepec, Santa Lucía del Camino, en Oaxaca y ejido Noh Bec en Quintana Roo, y corresponden a pedacería que fue donada a estudiantes de la Universidad del Mar. Por ello las medidas de las tablillas son variables: de ± 10 cm de largo, ± 8 cm de ancho y ± 1 cm de grosor aproximadamente, a excepción de las tablillas de dos especies (huamuche y palo mulato) que miden $6 \times 4 \times 2$ cm de largo, ancho y grosor, respectivamente.

Aunque todas las tablillas estaban previamente lijadas por las madererías donatarias (Fig. 1), fue necesario volver a lijarlas en dirección de la fibra con lija de grano fino (No. 220) para resaltar el color natural, tener superficies limpias y homogéneas, eliminando de esta manera pequeños fragmentos de madera (astillas) y así disminuir el error en el momento de la determinación del color.

Para la determinación del color se buscaron las mejores condiciones de luminosidad y a 25 cm de distancia se realizaron 10 tomas fotográficas (repeticiones) de cada tablilla mediante un teléfono celular inteligente con una resolución de 12 megapíxeles. En el caso de que las tablillas presentaran albura y duramen, se intentó capturarlas en las fotografías, ya que generalmente ambas presentan diferencias significativas en su coloración.

En la figura 2 se describe el proceso en la determinación del color de la madera. Posteriormente se realizó una revisión de la colección fotográfica y para cada especie se seleccionaron dos imágenes (albura y duramen) que representaran el color lo más real posible, evitando aquellas que presentaran sombras o tonos que entorpecieran al color original. El color enfocado y capturado representa el color principal o dominante de la muestra, no se consideraron las tonalidades ni líneas más claras.

Tabla I. Lista de especies tropicales forestales a las que se les determinó el color de la madera. Albura (A) y Duramen (D)

Nombre científico	Nombre común	Muestra	Procedencia
<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr., 1919	Cacho de toro	D-A	Santa María Colotepec, Oax.
<i>Swietenia macrophylla</i> King, 1886	Caoba	D	Ejido Noh Bec, Q. Roo.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp., 1842	Cacahuanano	D-A	Santa María Colotepec, Oax.
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud., 1841	Palo de mora	D-A	Santa María Colotepec, Oax.
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb., 1860	Huanacastle	D-A	Santa Lucía del Camino, Oax.
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P. Wilson) Standl., 1935	Huanacastle	D	Santa Lucía del Camino, Oax.
<i>Cosmocalyx spectabilis</i> Standl., 1930	Chacte-cok	D	Ejido Noh Bec, Q. Roo.
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth., 1844	Huamuche	D-A	Santa María Colotepec, Oax.
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg., 1890	Palo mulato	D	Santa María Colotepec, Oax.
<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson, 1886	Chacte-viga	D	Ejido Noh Bec, Q. Roo.
<i>Apoplanesia paniculata</i> C. Presl. 1831	Palo de arco	D-A	Santa María Colotepec, Oax.

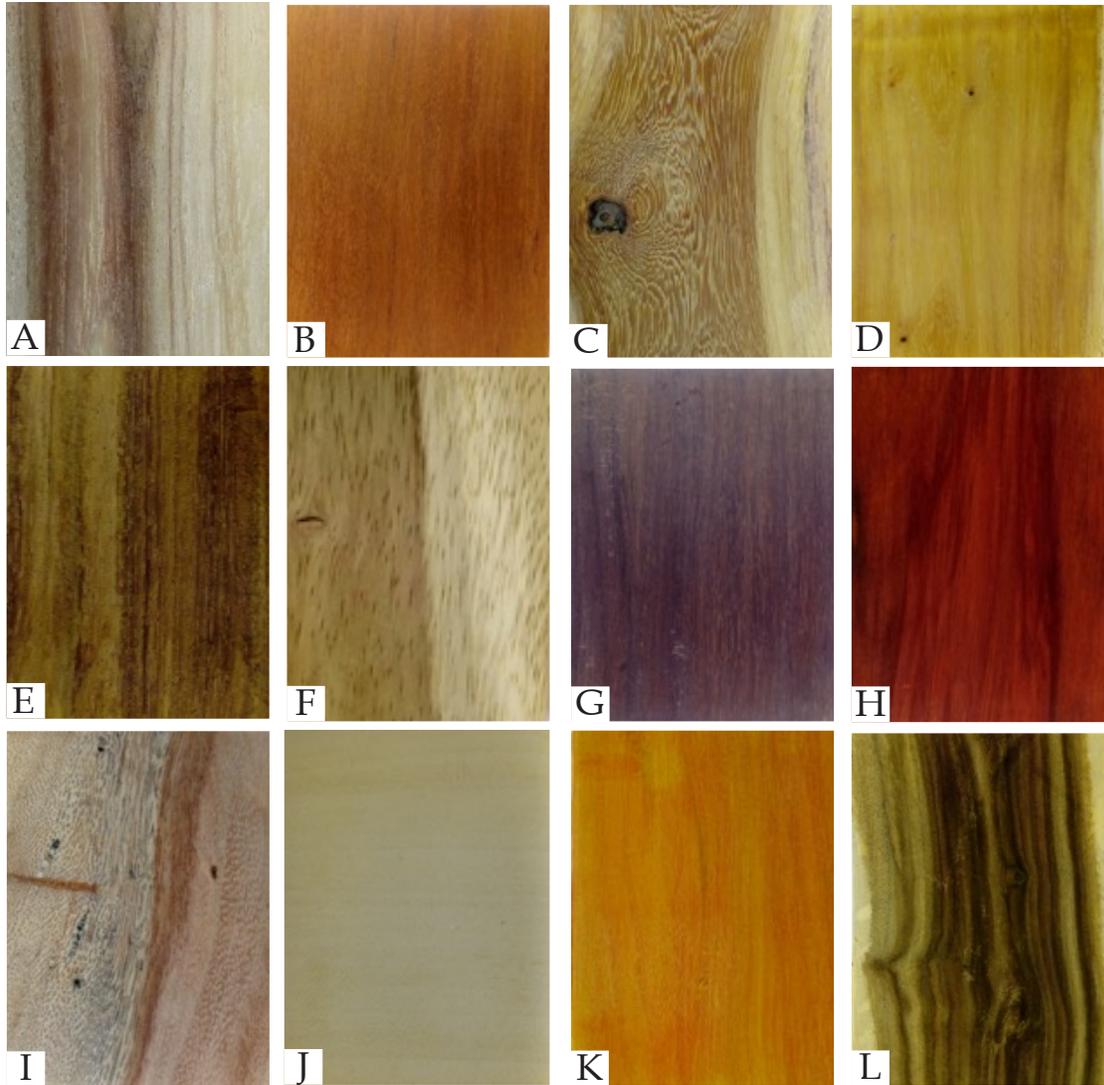


Figura 1. Tablillas de madera de las especies a las que se les determinó el color. A) *Lysiloma divaricata*, B) *Swietenia macrophylla*, C) *Gliricidia sepium*, D) *Maclura tinctoria*, E y F) *Enterolobium cyclocarpum*, G) *Swartzia cubensis*, H) *Cosmocalyx spectabilis*, I) *Pithecellobium dulce*, J) *Bursera simaruba*, K) *Caesalpinia platyloba* y L) *Apoplanesia paniculata*.

En la tabla I se especifica el nombre científico de las especies, nombre común, se indica qué muestras presentan albura y duramen y la procedencia de las muestras de madera.

Las aplicaciones que se utilizaron para determinar el color de las tablillas fueron:

- *Color Grab* (Loomatix Ltd. 2017), la cual es una aplicación que permite capturar cualquier color que se enfoque a través de la cámara del sistema *Android*, guardarlo y el nombre del color se muestra

en inglés. También permite calcular el color a partir de una fotografía que se tenga guardada en el mismo sistema. Esta aplicación es confiable y sencilla de utilizar en versión libre.

- *Color Picker* (Gribanov 2016) es una aplicación para determinar el color a través de la cámara del sistema *Android* o de fotografías guardadas, con muchas características adicionales. Calcula el color promedio de toda el área seleccionada con diferentes enfoques en forma

de cuadrado, círculo o punto y, además, muestra en porcentaje la intensidad del color identificado y el color se muestra en inglés.

Finalmente se realizó una revisión de literatura para comparar el color obtenido con el reportado para la madera de las especies estudiadas y de esta manera analizar y definir la confiabilidad sobre el uso de las aplicaciones móviles *Color Grab* y *Color Picker* en la determinación del color de la madera.

Resultados y Discusión

En la tabla II se muestran los colores obtenidos por ambas aplicaciones y también se anexa el color reportado para cada una de las especies forestales. Se determinó el color del duramen en once especies y en seis el color de la albura y se encontró que los colores determinados por ambas aplicaciones son similares entre ellas y cercanos a los colores reportados en la literatura; sin embargo, es importante destacar que los colores obtenidos



Figura 1. Procedimiento para la determinación del color principal de la madera de once especies forestales tropicales.

Tabla II. Colores obtenidos con las aplicaciones y los colores reportados para cada una de las especies.

Especie	Color Grab		Color Picker		Color reportado
	Duramen	Albura	Duramen	Albura	
<i>Lysiloma divaricata</i>	Brown: orange	Very light orange: yellow	90% Pale brown	95% Almond	El duramen varía de café a rojizo en árboles jóvenes y vigorosos, pero es más oscuro con un tinte platinado en árboles maduros (Barrance <i>et al.</i> 2003). La albura es de color amarillo (Correa 2006).
<i>Swietenia macrophylla</i>	Dark brown: orange		90% sepia		Presenta un duramen de color variable desde rosado a café-rojizo oscuro, con matiz dorado y brillo alto, con transición gradual a la albura de color rosado o amarillento (Silva 2009). La albura es de color blanco a rosado (Pennington & Sarukhán 2005).
<i>Gliricidia septium</i>	Dark brown: orange	Yellow: orange	94% Raw umber	90% dark khaki	La madera presenta diferencia de color entre albura y duramen, la albura es de color amarillo (HUE 10YR 7/8) y el duramen es de color castaño oscuro (HUE 7.5YR 3/2) (Rebollar & Quintana 1998).
<i>Maclura tinctoria</i>	Brown: yellow	Very light yellow: green	88% Dark goldenrod	93% Gray-tea green	Albura de color crema amarillento (Pennington & Sarukhán 2005). La albura blanco cremoso y duramen castaño muy pálido a amarillo con tonalidades blancas que corresponden al parénquima y oscuras a las fibras (Pérez <i>et al.</i> 1980).
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Black > Brown: orange	Light brown: yellow	87% Bistre	95% Khaki	El duramen es castaño claro (HUE 7.5yR 6/4) y la albura es color blanco (HUE 2.5y8/2) con jaspeaduras castañas y surcos castaño fuertes (Corral 1985, Pineda-Herrera <i>et al.</i> 2012).
<i>Swarztzia cubensis</i>	Dark violet: pink		83% Bistre		El color de la albura es castaño pálido y el duramen castaño rojizo oscuro (Pérez <i>et al.</i> 1979, Huerta & Becerra 1982). El duramen en estado verde de color pardo rojizo oscuro con matiz morado, oscureciendo a casi negro morado bajo exposición (Silva 2009). La albura es de color crema amarillento (Pennington & Sarukhán 2005).

Tabla II. Continuación...

<i>Cosmocalyx spectabilis</i>	Dark brown: red	90% Maroon	Rojo amarillento (Soler 2006). La albura amarillenta a marrón rosado y el duramen de color rosa intenso cuando fresco (Richter & Schmitt 1987).
<i>Pithecellobium dulce</i>	Faded brown: orange	88% Battleship grey	La albura de color amarillento o amarillo claro con tonalidades rojizas (Navarro-Martínez & Juárez 1992, García & Linares 2013). El duramen de color crema amarillento que cambia a rosado con el tiempo, o bien café rojizo (Navarro-Martínez & Juárez 1992, Pennington & Sarukhán 2005, García & Linares 2013).
<i>Bursera simaruba</i>	Very light yellow: orange	90% Battleship grey	Color blancuzco a café claro (Francis 1990). Madera de color amarillo crema ligeramente brillante con zonas claras alternadas con zonas un poco más oscuras, sin diferencia apreciable entre duramen y albura (Silva 2009). Albura muy blanca (Pennington & Sarukhán 2005).
<i>Caesalpinia platyloba</i>	Dark brown: orange	95% Brown	El duramen es de color naranja, con transición abrupta a la albura delgada de color crema amarillento (Silva 2011). El duramen con líneas de diferentes tonalidades que van de color naranja rojizo, amarillo y grises (Pérez <i>et al.</i> 1980).
<i>Apoplansia paniculata</i>	Black > Brown: orange	89% Bistre	El duramen de color café oscuro con rayas café negruzcas y la albura de color blanco (Record & Hess 1943). En Jalisco la albura es de color amarillo verdoso (Barajas-Morales & León-Gómez 1989).

Tabla III. Muestra de los colores obtenidos por las aplicaciones, su clasificación RGB y HEX.

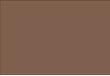
Especie	Color Grab			Color Picker		
	Duramen	Albura	Duramen	Duramen	Albura	Albura
<i>Lysiloma divaricata</i>	Brown: Orange RGB:127,95,78 HEX: #7F5F4E	Very light orange: yellow RGB: 231,220,197 HEX: #E7DCC5	90% Pale brown RGB:154,128,110 HEX: #9A806E			95% Almond RGB: 227,217,193 HEX: #E3D9C1
<i>Swietenia macrophylla</i>	Dark brown: Orange RGB: 130,61,13 HEX: #823D0D		90% Sepia RGB: 94,46,15 HEX: #5E2E0F			
<i>Gliricidia sepium</i>	Dark brown: Orange RGB: 126,89,33 HEX: #7E5921	Yellow: Orange RGB: 192,176,110 HEX: #C0B06E	94% Raw umber RGB: 130,89,32 HEX: #825920			90% Dark khaki RGB: 179,172,116 HEX: #B3AC74
<i>Maclura tinctoria</i>	Brown: yellow RGB: 157,121,33 HEX: #9D7921	Very light yellow: green RGB: 217,217,192 HEX: #D9D9C0	88% Dark goldenrod RGB: 160,126,32 HEX: #A07E20			93% Gray-tea green RGB: 211,210,185 HEX: #D3D2B9
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Black > Brown: Orange RGB: 51,23,6 HEX: #331706	Light brown: yellow RGB:212,201,165 HEX: #D4C9A5	87% Bistre RGB: 63,29,5 HEX: #3F1D05			95% Khaki RGB: 189,174,133 HEX: #BDAE85
<i>Swartzia cubensis</i>	Dark violet: Pink RGB: 53,30,45 HEX: #351E2D		83% Bistre RGB: 67,41,55 HEX: #432937			
<i>Cosmocalyx spectabilis</i>	Dark brown: red RGB: 117,26,11 HEX: #751A0B		90% Maroon RGB: 114,20,9 HEX: #721409			

Tabla III. Continuación...

<i>Pithecellobium dulce</i>	Faded brown: Orange RGB:151,123,105 HEX: #977B69	Faded brown: yellow RGB:82,174,149 HEX: #B6AE95	88% Battleship grey RGB:159,136,121 HEX: #9F8879	96% Khaki RGB: 180,170,136 HEX: #B4AA88
<i>Bursera simaruba</i>	Faded brown: Orange RGB:151,123,105 HEX: #977B69		90% Battleship grey RGB:153,149,133 HEX: #999585	
<i>Caesalpinia platyloba</i>	Faded brown: Orange RGB:151,123,105 HEX: #977B69		95% Brown RGB: 160,86,1 HEX: #A05601	
<i>Apoplanesia paniculata</i>	Faded brown: Orange RGB:151,123,105 HEX: #977B69	Faded brown: yellow RGB:82,174,149 HEX: #B6AE95	89% Bistre RGB: 57,37,5 HEX: #392505	90% Dark khaki RGB: 188,178,123 HEX: #BCB27B

corresponden a los colores principales de la albura y duramen de la madera de cada especie no representan las tonalidades de las jaspeaduras, zonas o líneas más claras.

Los resultados encontrados por ambas aplicaciones difieren en el nombre que cada una le asigna al color identificado, tal como se aprecia en la tabla III. Por ejemplo, para la especie *Swartzia cubensis* en el duramen la aplicación *Color Grab* identificó el color “*Dark violet: pink*” mientras que *Color Picker* detectó el color “83% Bistre” y de acuerdo con lo encontrado por Pérez *et al.* (1979) y Huerta & Becerra (1982), el duramen es de color castaño rojizo oscuro; con lo cual podemos concluir que para esta especie ambas aplicaciones obtuvieron un color muy parecido y similar al color reportado. Por otro lado, para la especie de *Maclura tinctoria* en el duramen *Color Grab* determinó el color “*Brown: yellow*” y *Color Picker* “88% *Dark goldenrod*”, ambas con un RGB muy similar [(157,121,33) y (160,126,32) respectivamente], mientras que, de acuerdo con lo indicado por Pérez *et al.* (1980) el duramen es de color castaño muy pálido a amarillo con tonalidades blancas y oscuras. Por su parte, el color de la albura determinado con *Color Grab* fue “*Very light yellow: green*” y *Color Picker* “93% *Gray - tea green*” y de acuerdo con lo encontrado por Pennington & Sarukhán (2005) la albura es de color crema amarillento y blanco cremoso de acuerdo a Pérez *et al.* (1980).

Los resultados indican que el uso de las dos aplicaciones móviles en la determinación del color principal de la madera es una alternativa confiable, dado que, los colores son cercanos a los reportados; sin embargo, es necesario tener en cuenta que se pueden encontrar diferencias entre el color de la madera que se analiza y el reportado; esto debido a que existen diversos factores que provocan una variación

del color entre especies, dentro de una misma especie e inclusive en un mismo individuo arbóreo (Rendón *et al.* 2021). Los factores que influyen en el color de la madera son: genéticos, anatómicos, composición química, plano de corte, posición dentro del árbol, tasa de crecimiento, factores ambientales, grado de humectación y contenido de extractivos (Nishino *et al.* 1998, Villegas *et al.* 2009, Villegas & Area, 2009, Boudouaya *et al.* 2016); además, las propiedades físicas y químicas del suelo tienen la capacidad de influir en el color de la madera, generando diferencias entre sitios de crecimiento (Sotelo-Montes *et al.* 2008).

Conclusiones

Las aplicaciones *Color Grab* y *Color Picker* se utilizaron satisfactoriamente para la determinación del color principal del duramen de la madera de once especies forestales tropicales y el color de la albura de seis especies, ya que los colores obtenidos por las aplicaciones son similares entre sí y a lo reportado. Por lo anterior, ambas aplicaciones se pueden utilizar como auxiliares para determinar el color principal de muestras de madera en general.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Mar campus Puerto Escondido por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación. A las madererías donatarias de las diferentes muestras utilizadas para realizar el presente trabajo. A los revisores por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar este trabajo.

Referencias

- Aguilar, P.J. & E. Guzowski. 2011.** Madera. Guía didáctica Materiales y materias primas. Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Argentina.
- Barajas-Morales, J. & C. León-Gómez. 1989.** No. 1. Anatomía de maderas de México: especies de una selva baja caducifolia. Chiang F., Delgadillo, M. C., Parasuramaiyer, R. T., Sousa, S. M. Ulloa, S. M. & Delgado-Salinas, A. (Eds.). Publicaciones especiales del Instituto de Biología. Instituto de Biología (IB) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.
- Barrance, A., J. Beer, D.H. Boshier, J. Chamberlain, J. Cordero, G. Detlefsen, B. Finegan, G. Galloway, M. Gómez, J. Gordon, M. Hands, J. Hellin, C. Hughes, M. Ibrahim, D. Kass, R. Leakey, F. Mesén, M. Montero, C. Rivas, E. Somarriba, J. Stewart & T. Pennington. 2003.** Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute (OFI) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.
- Boudouaya, M., H. Benhassaini, F.Z. Bendimered-Mouri, F. Mothe & M. Fournier. 2016.** Évaluation de la variabilité de la couleur du bois de *Pistacia atlantica* Desf. du Nord de l'Algérie. Bois et Forêts des Tropiques, 330(4): 23-35.
- Cisneros, A.B., S. Nisgoski, J.G. Moglia & M. Córdoba. 2019.** Colorimetría en la madera de *Prosopis alba*. Maderas Ciencia y tecnología, 21(3): 393-404. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2019005000311>
- Corral, L.M.G. 1985.** Características anatómicas de la madera de once especies tropicales. Boterín Técnico No. 127. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF) - Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF) - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), México.
- Correa, M.F. 2006.** Factibilidad tecnológica de aprovechamiento para tableros aglomerados de 16 especies de maderas del edo. de Tamaulipas, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Crespo, G.R., M. Torres U., L. Valenzuela H. & H. Pobleto W. 2013.** Propiedades químicas, color y humectabilidad de partículas de *Laureliopsis philippiana* (TEPA) con y sin tratamiento térmico. Maderas Ciencia y tecnología, 15(3): 337-348. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2013005000026>
- Forsskåhl, I. 1999.** Brightness reversion. Pp. 277-333 En: P. Stenius, (ed.) Forest Products Chemistry,

- Papermaking Science and Technology Series. Finish Paper Engineers' Association y TAPPI, Jyväskylä Finland.
- Francis, J. K. 1990.** *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almácigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry; 5 p. (SO-ITF-SM-35), New Orleans, LA.
- García, A.J. 2009.** La madera: conocimientos generales. Consultado el 10 de septiembre de 2021: <https://www.xing.com/communities/posts/la-madera-conocimientos-generales-1002527801>
- García, R.I. & R.E. Linares. 2013.** Árboles y arbustos de la Cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano. El Colegio de Michoacán, A. C. (COLMICH) - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán, Instituto Politécnico Nacional (IPN). Michoacán, México.
- Gribanov, M. 2016.** Color Picker (4.2.2). <https://gmikhail.github.io>.
- Groombridge, B. & M. Jenkins. 2002.** World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century. University of California Press, Berkeley CA.
- Huerta, C.J. & M.J. Becerra. 1982.** Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales mexicanas. Boletín divulgativo No. 46. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), México.
- James, A., K. Gaston & A. Balmford. 2001.** Can we afford to conserve biodiversity? *BioScience*, 51(1): 43-52. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0043:cwacb\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0043:cwacb]2.0.co;2)
- Loomatix Ltd. 2017.** Color Grab (3.6.1). <http://www.loomatix.com/#colorgrab>.
- Malik, J., B. Ozarska. & A. Santoso. 2018.** Colour changes and morphological performance of impregnated jaboron wood using polymerised merbau extractives. *Maderas Ciencia y tecnología*, 20(1): 91-102.
- Mononen, K., L. Alvila. & T.T. Pakkanen. 2002.** CIEL*a*b* Measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver birch wood. *Scandinavian journal of forest research* 17(2): 179-191. <https://doi.org/10.1080/028275802753626827>
- Navarro-Martínez, M.A. & M.O. Juárez. 1992.** Estudio dendrológico de algunas especies de la Fraylesca, Chiapas. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala (ENEP-I) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.
- Nishino, Y., G. Janin, B. Chanson, P. Détienne, J. Gril, & B. Thibaut. 1998.** Colorimetry of wood specimens from French Guiana. *Journal of Wood Science*, 44: 3-8. <https://doi.org/10.1007/BF00521867>
- Nutsch, W. 2000.** Tecnología de la madera y del mueble (13 ed.). Reverté, S. A., Barcelona, España.
- Pennington, T.D. & K.J. Sarukhán. 2005.** Árboles tropicales de México. Manual de identificación de las principales especies (3ª ed.). Fondo de Cultura Económica (FCE) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.
- Pérez, O.C.P., F. Robles & A. Simental. 1979.** Determinación de las características anatómicas y físico-mecánicas de la madera de cuatro especies de leguminosas. Boletín Técnico No. 61. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), México.
- Pérez, O.C.P., V.T.F. Carmona & G.M.A. Rogel. 1980.** Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. Boletín Técnico No. 63. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), México.
- Pineda-Herrera, E., C.P. Pérez-Olvera, R. Dávalos-Sotelo & J.I. Valdez-Hernández. 2012.** Características tecnológicas de la madera de dos especies de Costa Grande, Guerrero, México. *Madera y Bosques*, 18(3): 53-71. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.183358>
- Rebollar, S. & A. Quintanar. 1998.** Anatomía y usos de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 46(4): 1047-1057.
- Record, S.J. & R.W. Hess. 1943.** *Timbers of the New World*. Yale University Press, USA.
- Rendón, C.A., H.F. Dorantes, V.S. Mejía & F.L.N. Alamilla. 2021.** Características macroscópicas, propiedades y usos de la madera de especies nativas y exóticas en México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- Richter, H.G. & U. Schmitt. 1987.** Unusual crystal formations in the secondary xylem of *Cosmocalyx*

spectabilis Standl. (Rubiaceae). IAWA Bulletin, 8(4): 323-329.

Rodríguez, R.M. & M.A.M. Sibille. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Subregión Andina (2a ed.). Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) - Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), Lima, Perú.

Silva, G.J.A. 2009. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), México.

Silva, G.J.A. 2011. Fichas de las características anatómicas y pruebas de naturaleza físico-química, (fluorescencia, saponificación y combustión de astilla) de las 11 especies de maderas tropicales del Sureste de México. Informe. Universidad de Guadalajara Departamento de Madera, Celulosa y Papel, México.

Soler, M. 2006. Mil Maderas. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Sotelo-Montes, C., R.E. Hernández, J. Beaulieu & J.C. Weber. 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 Forests* 35: 57-73. <https://doi.org/10.1007/s11056-007-9060-9>

Villegas, M.S. & M.C Area. 2009. Caracterización de la madera de *Salix* 2: Relaciones entre propiedades ópticas y otros atributos del leño. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 18(2): 204-212. <https://doi.org/10.5424/fs/2009182-01063>

Villegas, M.S., M.C. Area & R.M. Marlats. 2009. Caracterización de la madera de *Salix*. 1: Influencia del sitio, clon, edad y altura de muestreo. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 18(2): 192-203. <https://doi.org/10.5424/fs/2009182-01062>