

Influencia del contenido de humedad sobre los procesos de cepillado y lijado en el maquinado de la madera de *Vitex gaumeri* en Quintana Roo, México.

Influence of moisture content on planing and sanding processes in the machining of *Vitex gaumeri* wood in Quintana Roo, Mexico.

Juan José Hernández-Solís^{1*}, Julio César Ríos Saucedo², Víctor Manuel Interián-Ku¹, José Cruz-de-León³, Roberto Calderón-Muñoz³, Raúl Espinoza-Herrera³ y Luis Manuel Valenzuela Núñez⁴

¹ Instituto Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Carretera Chetumal – Escárcega, km 21.5, Apartado Postal 207 Ejido Juan Sarabia, 77965. Quintana Roo, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carr. Durango-El Mezquital, 34170. Durango, México.

³ División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio D, Planta Alta, Ciudad Universitaria, 58000 Morelia, Michoacán.

⁴ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Biología y Ecología Forestal. Av. Universidad S/N Fracc. Filadelfia, 35010. Gómez Palacio, México.

*Autor para correspondencia: luisvn70@hotmail.com

RESUMEN

La Selva de Quintana Roo, es uno de los bosques tropicales con gran diversidad florística. La madera tropical por lo consiguiente, es el elemento que juega el papel más importante para el desarrollo de la industria forestal local, nacional e internacional. Basándose en los reportes de la SEMARNAT (2007), se encuentra que *Vitex gaumeri* Greenm conocido como Ya'axnik, es una especie de gran expansión territorial y con grandes volúmenes maderables aprovechables. Por lo que se evaluaron dos procesos principales del maquinado: el cepillado y el lijado, con humedades del 10 y 15 %, aplicando una gama de herramientas de corte para cada proceso basadas en las tablas de evaluación de maquinado emitida por la Norma ASTM-D 1666-87. Como resultado principal se encontró que para el cepillado el mejor contenido de humedad es al 10 %, con un ángulo de 20 ° en la cuchilla y a favor del hilo, con una clasificación de excelente (más del 90 % de las probetas), mientras que para el lijado no se encontró efecto del contenido de humedad de la madera. Como principal conclusión se puede mencionar que la madera de *V. gaumeri* se debe trabajar con el 10 % de contenido de humedad, con cuchilla a 20 ° y a favor del hilo. Por lo que se recomienda especialmente para: duela, parquet, muebles con ángulo de 90 ° en sus piezas, cocinas integrales, lambrín y chambranas para marcos de puertas y ventanas.

Palabras clave: madera, maquinado, cepillado, lijado, *Vitex gaumeri* Greenm.

ABSTRACT

The jungle of Quintana Roo, is one of the tropical forests with great floristic diversity. Therefore, tropical wood is the element that plays the most important role for the development of the local, national and international forest industry. Based on the reports of SEMARNAT (2007), it is found that *Vitex gaumeri* Greenm, known as Ya'axnik, is a species of great territorial expansion and with large usable timber volumes. Therefore, two main machining processes were evaluated: brushing and sanding, with humidity of 10 and 15%, applying a range of cutting tools for each process based on the machining evaluation tables issued by the ASTM-D Standard. 1666-87. As the main result, it was found that for brushing the best moisture content is at 10%, with an angle of 20 ° on the blade and in favor of the thread, with a classification of excellent (more than 90% of the specimens), while For sanding, no effect was found on the moisture content of the wood. As the main conclusion, it can be mentioned that *V. gaumeri* wood should be worked with 10% moisture content, with a blade at 20 ° and in favor of the thread. For this reason, it is especially recommended for: floorboards, parquet, furniture with a 90 ° angle in its pieces, fitted kitchens, lambrín and chambranas for door and window frames.

Key words: wood, machined, brushed, sanded, *Vitex gaumeri* Greenm

INTRODUCCIÓN

Las características de maquinado de la madera, se refiere particularmente a su comportamiento al momento de ser procesada con maquinaria o herramientas cortantes de cepillado, torneado, moldurado, taladrado o lijado, y se evalúa de acuerdo a la calidad de la superficie labrada mediante variables como: grano astillado, grano apelsado, grano levantado, grano rasgado, marcas de astillas y rayones provocados por los equipos utilizados (Zavala-Zavala y Vázquez-Rodríguez, 2001; ASTM-D-1666-64; Flores, Rangel, Quintanar, Fuentes y Vázquez, 2007; Flores, Fuentes, Quintanar y Tamarit, 2013). Estas características son de gran importancia para las propiedades tecnológicas de la madera, ya que ofrecen conocimiento sobre la dificultad o facilidad de su procesamiento durante su labrado con los diferentes equipos (Flores-Vázquez, Rangel-Piñón, Quintanar-Olguín, Fuentes-López y Vázquez-Silva, 2007; Flores, Fuentes, Quintanar y Tamarit, 2013).

En las regiones tropicales de México, existe una gran diversidad de especies arbóreas (Pennington y Sarukhan, 2012) poco aprovechadas de manera comercial, debido a la falta de información sobre sus características anatómicas y propiedades físico-tecnológicas, y tradicionalmente se ha aprovechado y posiblemente sobreexplotadas solo las especies

consideradas como preciosas, dejando así en segundo o tercer término el uso de las especies conocidas como comunes tropicales, una de estas especies es *Vitex gaumeri* Greenm.

V. gaumeri pertenece a la familia Verbenaceae y se le conoce en la península de Yucatán como Ya'axnik (maya yucateco), se distribuye desde la vertiente del golfo de México en el extremo este del estado de Tabasco, la selva Lacandona, la ribera del río Suchiate, la Península de Yucatán (Pennington y Sarukhan, 2012), hasta las zonas tropicales bajas de Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua (Tropicos.org, 2018). Localmente su uso se restringe a cercos o vigas para la construcción, a pesar del color y veteado de su madera, su calidad anatómica y propiedades físicas que se describirán más adelante.

Es un árbol que puede alcanzar hasta 30 m de altura y diámetros de 80 cm. El fuste es cilíndrico, con curvaturas constantes. La corteza es ligeramente fisurada de color café amarillenta y con manchas blancas en algunas secciones del fuste. Las hojas son decusadas digito-compuestas, verde oscuro y pubescente en el haz, el envés es grisáceo con apariencia lanosa. La inflorescencia es azul tendiendo a morado, muy aromática con flores individuales de uno a dos cm de largo. Los frutos son drupas carnosas con color verde oscuro de uno a dos cm de diámetro (Hernández y Cruz-de-León, 2013; Pennington y Sarukhan, 2012).



El color de la madera tardía es el 10YR 6/3 (marrón) y la temprana es 10YR 8/2 (crema claro) según las tablas de Munsell, presenta vetas castaño oscuro, sin olor ni sabor característico, brillo bajo, veteado suave, textura mediana heterogénea, hilo entrecruzado y zonas de crecimiento marcado, pero con circunferencia irregular y muchas veces entrecruzado (Hernández y Cruz-de-León, 2013). Los rayos y el parénquima son visibles sólo con lupa; los poros se distinguen a simple vista, son difusas, solitarios y múltiples radiales de dos a cuatro con diámetro tangencial pequeño ($89\ \mu$); la longitud de los elementos vasculares es mediana ($417\ \mu$); presenta puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. El parénquima leñoso es paratraqueal vasicéntrico, los rayos son uniseriados y poliseriados heterogéneos, son numerosos (8 por mm). Los rayos poliseriados son bajos en cuanto a su altura ($344\ \mu$). Las fibras son de tipo libriforme la mayoría y fibrotraqueida algunas, clasificadas como de longitud larga ($1\ 742\ \mu$), de diámetro tangencial mediano ($25\ \mu$) y el grosor de las paredes es clasificado como delgado ($5\ \mu$), el parénquima presenta sílice (Pérez et al., 1980).

La madera presenta una densidad básica de $0.67\ \text{g cm}^{-3}$ y se clasifica como alta a un 12% de contenido de humedad (Torelli, 1982 y Hernández et al., 2013). La dureza Janka longitudinal es de $929\ \text{kg cm}^{-2}$ y la lateral es alta con $801\ \text{kg cm}^{-2}$. La resistencia a la flexión (MOR) es media con $1026\ \text{kg cm}^{-2}$, y una resistencia a la compresión paralela a la fibra media de $563\ \text{kg cm}^{-2}$ como promedio (Hernández et al., 2013).

Dada la falta de información sobre el comportamiento de la madera de *Vitex gaumeri* ante el cepillado y lijado, así como la necesidad de incorporar un mayor número de especies maderables al proceso de industrialización, se propone en el presente trabajo, evaluar la influencia del contenido de humedad sobre los procesos de cepillado y lijado de la madera de esta especie que crece en el estado de Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las tablas patrón y deshidratado. Para realizar el estudio del proceso de cepillado y lijado, se derribaron cuatro árboles en edad de aprovechamiento, de los cuales se obtuvo trozas de 1.25 m de longitud, se trasladaron al aserradero del Ejido Caobas ubicado al sur del municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, para fabricar 102 tablas patrón longitudinales, preferentemente de la albura con ayuda de una plantilla de aserrío conocida como "Plain Sawn". Estas tablas con las siguientes dimensiones y características: 1.25 metros de largo por 15 centímetros de ancho por una pulgada de espesor, piezas libres de defectos; se trasladaron al parque industrial de Huay Pix, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo para su deshidratación en una estufa de secado (con cámara herméticamente cerrada de la marca NOVA DRY KILN LLC., con capacidad de 23,000 pies/tabla, con calefacción a base de vapor de agua que recircula entre la cámara y la caldera que lo suministra), hasta obtener el 10 % de contenido de humedad (CH) final, determinado mediante un xilohigrómetro marca DELMHORST. Una vez deshidratadas (las tablas patrón) se dividieron en dos lotes de 51 piezas, el primero se protegió del ambiente exterior envolviéndolas con película plástica adherente para evitar el intercambio de humedad. El segundo lote se expuso al ambiente sin protección para propiciar el intercambio de humedad y se acondicionaron sus fibras, las cuales alcanzaron un CH del 15 %, determinado con un xilohigrómetro marca DELMHORST.

Obtención de las probetas. Las tablas patrón, se trasladaron al Centro de Articulación Productiva del Mueble y la Madera (CAPMM) del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, ubicado en la carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, para el dimensionado de las probetas de prueba de acuerdo a las medidas establecidas por la Norma ASTM-D 1666-86 (Re-aprobada en 1999). Se obtuvo 96 probetas con las siguientes dimensiones: 91.4 cm de largo por 10.16 de

ancho y dos cm de grueso (48 con 10 % de humedad y 48 con 15 % de humedad), mediante el uso de una sierra circular de la marca Invicta-RT 314881, las probetas con 10 % de humedad fueron envueltas con película plástica adherente para evitar la absorción de humedad.

Prueba de cepillado. Esta prueba se realizó en el CAPMM del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, con una cepilladora marca Silverline,

DG401043, a una velocidad de 2890 r.p.m.; se usaron todas las probetas obtenidas con dos contenidos de humedad (10 % y 15 %), con dos ángulos de cuchilla (30 ° y 20 °) y dos posiciones del hilo (a favor y en contra), distribuyéndose como se muestra en el Cuadro 1. La penetración de la cuchilla fue de 2 mm de grosor.

Cuadro 1. Contenido de humedad, ángulo de la cuchilla, posición del hilo y número de probetas utilizadas para la prueba de cepillado en madera de *Vitex gaumeri*.

En madera de Vitec guatem.			
Contenido de humedad	Ángulo de la cuchilla	Posición del hilo	Cantidad de probetas
10%	30 °	A favor	12
		En contra	12
	20 °	A favor	12
		En contra	12
15%	30 °	A favor	12
		En contra	12
	20 °	A favor	12
		En contra	12
Total de probetas			96

Para calcular el número de marcas por centímetro cuadrado se utilizó la fórmula siguiente sugerido por la Norma ASTM-D 1666-86 (Re-aprobada en 1999).

$$Nm = \frac{(Vc)(Nc)}{(Va)(100)}$$

Dónde:

Nm= Número de marcas de cuchillas por centímetro cuadrado.

Vc= Velocidad del cabezal portacuchillas o revoluciones por minuto

Nc =Número de cuchillas en el cabezal

Va= Velocidad de alimentación metros por minuto.



Prueba de lijado. Las probetas cepilladas se trasladaron para su lijado en lotes de acuerdo a su contenido de humedad y se utilizó una lijadora de banda marca Invicta, modelo delta con salida de aserrín, 5 HP, 220 v, con una velocidad de 20.24 metros por segundo, la lija es de 7.2 m de largo por seis pulgadas de ancho. Se probó lijas de grano 80 y 100 en ambos contenidos de humedad, de acuerdo a lo señalado en el cuadro 2. El proceso consistió en tres pasadas constantes a lo largo de la pieza.

Cuadro 2. Contenido de humedad, grano de lija y número de probetas utilizadas para el lijado.

Contenido de humedad	Grano de la lija	Cantidad de probetas	
10%	80	12	
		12	
	100	12	
		12	
	15%	80	12
			12
100		12	
		12	
Total de probetas		96	

Para calcular la velocidad lineal del lijado se aplicó la fórmula siguiente:

$$VL = \frac{1}{(TEls)}$$

Donde:

VL= Velocidad lineal.

l =Longitud en metros.

TEls=Tiempo efectivo de lijado en segundos.

Evaluación de los defectos. La evaluación visual se basó en la presencia y severidad de los defectos en el cepillado, consideradas por la Norma ASTM D 1666-87 (reaprobada en 1999) los cuales son: sin defectos, grano astillado, grano apelmusado y grano levantado; y para el lijado se consideró: sin defectos, rayones, grano velloso y grano levantado. Las marcas de cepillado y lijado registradas en las probetas se clasificaron en cinco categorías de acuerdo a la Norma ASTM D 1666-87 (reaprobada en 1999) en: excelente (E, libre de defectos), buena (B, con defectos superficiales



que pueden ser eliminadas con lija del número 100), regular (R, con defectos marcados que pueden ser eliminados utilizando una lija gruesa 60 y después una del número 100), pobre (P, con defectos severos que para eliminarse se requiere cepillarse de nuevo) y muy pobre (MP, con defectos muy severos los cuales para eliminarlo se requiere sanear la pieza de madera).

Para otorgar la calificación final de las cinco categorías antes descrita, se utilizó el porcentaje de defectos sugerido por la Norma ASTM 1666-87 (Reaprobada en 1999) en las probetas evaluados de acuerdo al porcentaje descrito en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación del porcentaje de defectos presentes en las probetas evaluadas en *Vitex gaumeri* Greenm de Quintana Roo.

E+B (%)	Clasificación	Grado
90 -100	Excelente	1
80 – 89	Bueno	2
60 – 79	Regular	3
40 – 59	Pobre	4
0 – 39	Muy pobre	5

E = porcentaje de probetas consideradas como excelentes. B = porcentaje de probetas consideradas como buenas.

Análisis de datos. Los datos obtenidos tales como defectos, clasificación y calificación se presentan en cuadros y gráficas para conocer la tendencia de acuerdo al contenido de humedad de la madera, el ángulo de la cuchilla para el cepillado y del grano de la lija.

RESULTADOS

Cepillado. Los mejores resultados, se obtuvo con el contenido de humedad al 10 %, la cantidad de probetas clasificadas como excelente (suma de excelente con bueno) fue de 92 %, cepilladas a favor del hilo, con cuchilla a 20 °. Con el contenido de humedad al 15 %, sólo grado 3 con clasificación regular.

El tipo de defecto observado en el proceso de cepillado, con una humedad al 10 % y un ángulo de cuchilla de 30 °, fue el astillado a favor del hilo y apelusado contra el hilo, mientras que con un ángulo de 20 ° fue el astillado tanto a favor

se alcanzó la clasificación de regular, puesto que la suma de probetas consideradas como excelente y bueno fue de 68 a 76 %, tanto para ángulos de cuchilla de 30 como de 20 ° (Cuadro 4). Para ambas humedades, con cuchilla a 20 ° y al hilo de la probeta, se obtuvieron piezas de madera con clasificación excelente y grado 1; a una velocidad de alimentación de 6 metros por minuto.

De la cantidad porcentual de probetas clasificadas como excelentes para ambos contenidos de humedad, el resultado porcentual más bajo se presentó en la cuchilla de 30 °, al contra hilo de la probeta alcanzando solo el 40 % de las piezas en el

como en contra del hilo. Con humedad de 15 % y ángulo de 30 ° de la cuchilla fue apelusado a favor del hilo y levantado contra el hilo, y para una cuchilla de 20 ° tanto a favor como en contra del hilo fue apelusado (Cuadro 4 y Figura 1).

Cuadro 4. Calidad de cepillado de *Vitex gaumeri* Greenm (Ya'axnik) con diferentes porcentajes de humedad y ángulo de cuchilla.

CH (%) 10												
AC (°) 30							20					
Orientación probeta	Al hilo			Contra hilo			Al hilo			Contra hilo		
Cantidad de probetas (No)	12	10	2	10	6	5	3	22	2	12	6	6
E+B (%)	48	40	12	40	24	20	16	92	8	48	28	24
Grado	2	1	3	3	4	1	2	1	3	3	1	2
Clasificación	B	E	R	R	P	E	B	E	R	R	E	B
DMFG	Astillado	SD	Astillado	Apelusado	Apelusado	SD	Apelusado	Astillado	Astillado	Astillado	SD	Astillado
15												
AC (°) 30							20					
Orientación probeta	Al hilo			Contra hilo			Al hilo			Contra hilo		
Cantidad de probetas (No)	18	6	15	8	1	16	6	2	16	8		
E+B (%)	76	24	64	32	4	68	24	8	68	32		
Grado	2	3	2	3	1	1	2	1	2	3		
Clasificación	B	R	B	R	E	E	B	R	B	R		
DMFG	Apelusado	Apelusado	Levantado	Levantado	SD	SD	Apelusado	Apelusado	Apelusado	Apelusado		

CH = Contenido de humedad; AC = Ángulo de la cuchilla; SD= Sin Defecto; E = Excelente; B = Bueno; R = regular; P = Pobre; DMFG = Defecto más frecuente del grano.

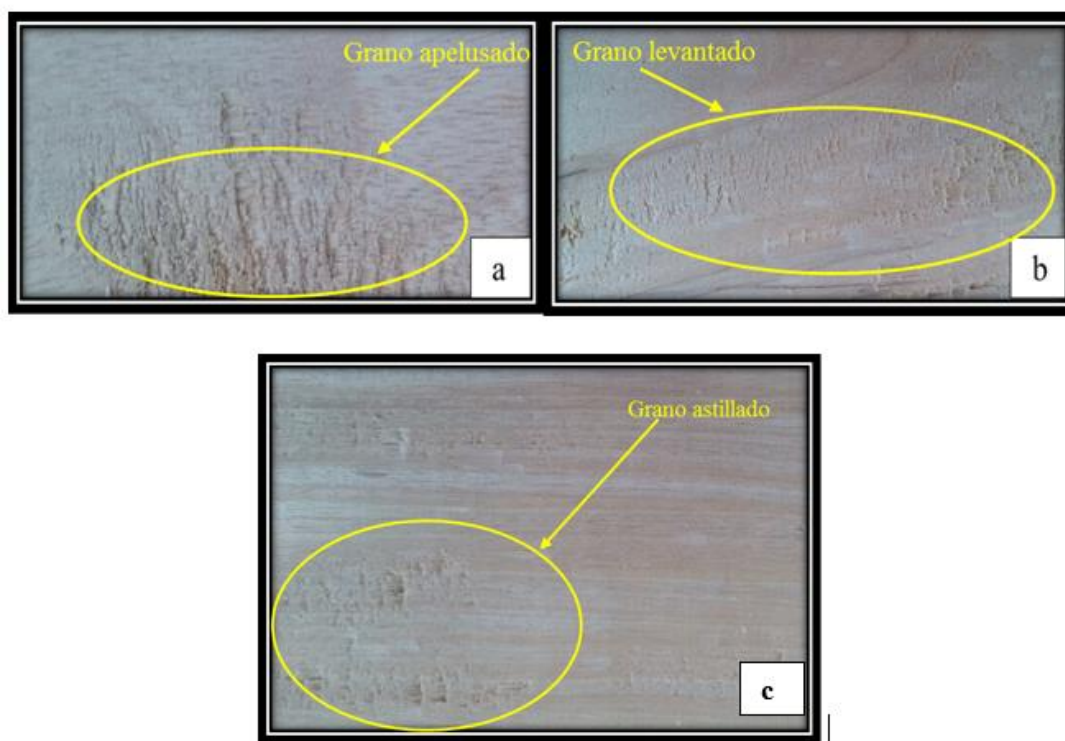


Figura 1. Defectos encontrados en la prueba de cepillado: a) Grano apelusado, b) Grano levantado y c) Grano astillado.

Lijado. La calidad del lijado fue de bueno a excelente, para el número de lija usada (Cuadro 5), siendo los rayones el defecto observado en su mayoría (Figura 2).

Cuadro 5. Calidad de lijado del *Vitex gaumeri* Greenm (Ya'axnik), al 10 y 15 % de contenido de humedad y dos tipos de lija.

CH (%)	No. Lija	TEL (s)	VL (m/seg)	E+B (%)	No. Probetas	Grado	Clasificación	DMFG
	80			72	17	2	Bueno	Rayones
10		30	2	28	7	3	Regular	Rayones
	100			76	18	1	Excelente	*****
				24	6	2	Bueno	G. Velloso
	80			60	15	1	Excelente	*****
15		30	2	40	9	2	Bueno	Rayones
	100			84	20	1	Excelente	*****
				16	4	2	Bueno	Rayones

CH = Contenido de Humedad; TEL = Tiempo efectivo de lijado en segundos; VL = Velocidad de lijado en metros por segundo; E = Excelente; B = Bueno; DMFG = Defecto más frecuente del grano.

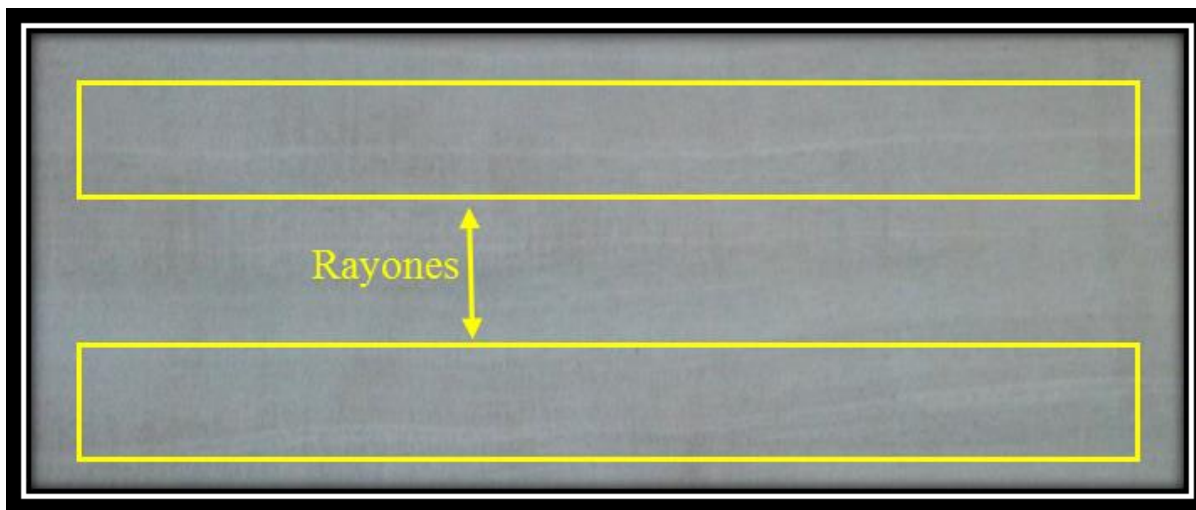


Figura 2. Defectos encontrados en la prueba de lijado en madera de *Vitex gaumeri* Greenm (Ya'axnik).

DISCUSIÓN

Cepillado. La madera de *V. gaumeri* ofrece mejor calidad en el cepillado al contener 10 % de

humedad, a favor del hilo, con uso de cuchilla con ángulo de 20 °, y con una velocidad de alimentación de seis metros por minuto, ya que más del 90 % de las probetas se clasificaron



como excelentes. Contrariamente, cuando la madera se encuentra al 15 % de humedad, los resultados del cepillado no son favorables, aun cuando el cepillado es a favor del hilo y con el uso de la cuchilla de 20 °. Al respecto, Tamarit y López (2007), indican que las maderas duras, como es el caso de *V. gaumeri*, tiene un mejor resultado en el cepillado a favor del hilo y utilizando un ángulo de corte de cuchilla igual o menor a 20°. Flores-Vázquez, Rangel-Piñón, Quintanar-Olguín, Fuentes-López y Vázquez-Silva (2007) reportan que en *Quercus affinis* presentaron mejor calidad en el cepillado al usar cuchillas con ángulo de 15 y 20 °, y no así con los de 30 °.

Con el uso de cuchillas a un ángulo de 30 °, a favor o contra el hilo y ambos contenidos de humedad (10 y 15 %), la calidad del cepillado en la madera de *V. gaumeri* es inferior, encontrándose que solo el 40 % de las probetas alcanzaron la clasificación de excelente, siendo más frecuente el apelusado con 68 %. Resultados similares fueron reportados por Trujillo (2003) en *Pithecellobium ébano* (Benth) Berlan, y por Báez (2007) en *Mangifera indica* L., para el mismo ángulo de corte de 30 °. Así como en *Quercus affinis* por Flores-Vázquez, Rangel-Piñón, Quintanar-Olguín, Fuentes-López y Vázquez-Silva (2007). Lo anterior, indica que las maderas consideradas como de densidad alta, como es el caso de *V. gaumeri*, es conveniente utilizar cuchillas de corte con ángulos de 20 °, como máximo.

El tipo de defecto registrado después del proceso de cepillado, con un contenido de humedad de 10 % en la madera, con un ángulo de cuchilla de 30 ° y a favor del hilo, fue astillado y apelusado en contra del hilo; mientras que con un ángulo de 20 ° fue el astillado tanto a favor como en contra del hilo. Con una humedad de 15 % en la madera y con ángulo de 30 ° en la cuchilla fue apelusado a favor del hilo y levantado contra el hilo, y para una cuchilla de 20 ° tanto a favor como en contra del hilo fue apelusado. Los mismos resultados fueron

encontrados en *Mangifera indica* por Báez (2007) y en *Quercus affinis* por Flores-Vázquez, Rangel-Piñón, Quintanar-Olguín, Fuentes-López y Vázquez-Silva (2007).

Lijado. El hecho de haber registrado en el presente trabajo una calidad de bueno a excelente en el lijado de madera de *V. gaumeri*, tanto para el contenido de humedad de 10 % y 15 % como para el número de lija usada y siendo los rayones el defecto observado en su mayoría. Indica que la madera de esta especie se puede lijar son ningún problema a estos contenidos de humedad, los cuales son los contenidos usados de manera generalizada. En este caso, Davis (1962), Zavala (1999), Zavala-Zavala y Vázquez-Rodríguez (2001) y Hernández y Cruz-de-León (2013), señalan que los defectos más comunes en las maderas duras durante el proceso de lijado son los rayones, caso que han demostrado en diferentes especies; y es un fenómeno atribuido a la fuerza de unión entre las fibras de la madera y la resistencia hacia la abrasión.

CONCLUSIONES

La mejor calidad de cepillado registrado en *Vitex gaumeri*, fue con un contenido de humedad al 10 %, con un ángulo de cuchilla de 20 ° y a favor del hilo, con defectos en el grano considerados como astillado, apelusado y levantado.

De acuerdo al lijado, la calidad general fue de buena a excelente y no se encontró una influencia real del contenido de humedad, siendo el defecto más común el rayado.

LITERATURA CITADA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). (1993). Standard Methods of Conducting Machining Test of Wood-Based Panels. ASTM Designation D-1666-64. pp 348-373.

Báez, T., M. I. 2006. Características anatómicas y de maquinado de *Mangifera indica* L.



- (Mango criollo). Tesis de licenciatura. Facultad de Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 92 p.
- Davis, E. 1962. Machining and related characteristics of United States hardwoods. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Madison, Wisconsin. USA. 49 p.
- Flores V., R., Rangel P., V. Quintanar O., J., Fuentes L., M. E. y Vázquez S., L. 2007. Calidad de maquinado de la madera de *Quercus affinis* y *Quercus laurina*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 13(1): 41-46. https://chapingo.mx/revistas/forestales/contenido.php?seccion=numero&id_revista_numero=35
- Flores, V. R., Fuentes L., M. E., Quintanar O., J. y J. C. Tamarit U. 2013. Maquinado de cuatro especies maderables de encino de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 4(16): 22-33. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v4n16/v4n16a3.pdf>
- Hernández S., J.J., Rivera R., J. G. y Espinoza H., R. 2013. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Vitex gaumeri* Greenm (Ya 'axnik). Resumen del IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, Octubre de 2013. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, S., J.J. y Cruz-de-León, J. 2013. Anatomía macroscópica de la madera de Ya'axnik (*Vitex gaumeri* Grenm) de 10 años de edad. Resumen del IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, Octubre de 2013. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
- Pennington, T. D. y Sarukhan, J. 2012. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Primera reimpresión. Universidad Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México.
- Pérez, O., C. P.; Carmona V., T. F. y Rogel G., M. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. Boletín Técnico No. 63. SARH. INIF. México. 276 p.
- Tamarit, U., J. C. y López T., J. L. 2007. Xilotecnología de los principales árboles tropicales de México. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIR Golfo Centro, Campo Experimental San Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. 264 p.
- Torelli, N. 1982. Estudio promocional de 43 especies forestales mexicanas. Programa de Cooperación Científica y Técnica México-Yugoslavia. SARH. SFF. México. 73 p.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 22 Nov 2018
<<http://www.tropicos.org/Name/33702470>
- Trujillo, J. U. 2003. Características de maquinado de la madera de *Pithecellobium ébano* (Benth) Berlan. Tesis de licenciatura. Facultad de Tecnología de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 73 p.
- Zavala Z. D. y Vásquez R. 1999. Determinación de las características de cepillado y lijado de la madera de 34 especies tropicales. Ciencia y Tecnología de la Madera. Época 2, 3:29-45.
- Zavala-Zavala y Vázquez-Rodríguez. 2001. Determinación de las características de maquinado de la madera de 34 especies

tropicales. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 7(2): 169-183.
https://chapingo.mx/revistas/forestales/contenido.php?seccion=numero&id_revista_numero=24

Zavala-Zavala, D. y M. Vázquez-Rodríguez. 2001. Determinación de las características de maquinado de la madera de 34 especies tropicales. Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente. 7 (2): 169-183.

United Nations [UN] (2017). Noticias. Obtenido de: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>