

Determinación de condiciones apropiadas de cepillado para el amarillón de plantación en Costa Rica, *Terminalia amazonia* (J.F. GMEL.) Exell.

Rafael Serrano Montero ¹
Victor Zúñiga Aguilar ²

Resumen

La especie forestal *Terminalia amazonia* (amarillón) muestra excelentes condiciones de desarrollo en la zona de Pérez Zeledón en, Costa Rica y se está realizando la industrialización de su madera, por lo que se hace necesario conocer más sobre las condiciones óptimas para su trabajabilidad, con base en la norma ASTM-D-1666-87 y sus modificaciones para ser utilizada con maderas tropicales. Se realizaron ensayos de cepillado a muestras de madera seca al 12% de contenido de humedad en dicha especie proveniente de reforestación de la zona antes indicada. Dentro de las características estudiadas, fueron considerados el área libre de defectos, el grano rugoso, el grano veloso y el grano arrancado. De acuerdo con los resultados obtenidos, la madera de esta especie demostró buenas condiciones de cepillado, con un área libre de defectos por encima del 90% para ángulos de corte de 10 y 30 ° y con velocidades de alimentación de 6, 9, 12 y 15 m/m, para 3 planos de corte: radial, tangencial y oblicuo. Se determinó el ángulo de 10° y la velocidad de 9 m/s como las condiciones óptimas de cepillado.

Palabras claves: *Terminalia amazonia*, Madera de plantación, Cepillado, Trabajabilidad, Costa Rica.

Abstract

Determination of optimum conditions of planing for amarillón from plantation in Costa Rica, *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel) Exell.

Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell has shown excellent growing rates in the Perez Zeledón zone. At this moment, industrialization of this timber is been developed, therefore it is necessary to know more about their optimum condition of planing. Testing procedures of the American Society for Testing and Materials ASTM-D-1666-87, with modifications proposed for tests of tropical woods were used. Lumber material was conditioned to 12 % moisture content. Machining characteristics of planing in this study included; the percentage of area free of defects, torn or chipped grain, raised grain and fuzzy grain. According to the results, lumber from this species demonstrated good planing characteristics, for example, the percentage of area free of defects was above 90 % for the two cutting angles (10o and 30o) applied, in combination with four feed speeds (6, 9, 12 and 15 m/min.) and three cutting planes; radial, tangential and combined one (radial and tangential). It was determined a cutting angle (rake angle) of 10o and a feed speed of 9 m/min., as the optimum conditions for planning.

Key words: *Terminalia amazonia*, Timber plantation, Planing, Workability, Costa Rica.

¹Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, email: rserrano2@gmail.com

²Consultor privado en tecnología de madera. email: vzuniga@costaricense.co.cr

Introducción

Tradicionalmente, las especies de reforestación en el país han sido *Gmelina arborea* (melina), *Tectona grandis* (teca), *Eucaliptus* s.p (eucalipto), *Pinus* s.p. (pino), *Cupressus lusitánica* (ciprés) y algunas nativas como *Cordia alliodora* (laurel), *Terminalia amazonia* (amarillón), *Bombocopsis quinata* (pochote), *Hyeronima alchornooides* (pilón) y *Alnus acuminata* (jaúl), que crecen en zonas bajas, medias y altas.

La reforestación con estas especies ha permitido disminuir, parcialmente, la presión sobre el bosque natural (Barrantes *et al.* 2009), pues las maderas provenientes de estas plantaciones compiten y satisfacen a un buen sector de la demanda local, convirtiéndose poco a poco en una opción ante la escasez de madera de bosque natural. Los esfuerzos realizados en Costa Rica en esta actividad, se deben recompensar con un uso racional del recurso y un retorno del capital que justifique e incentive el continuar en dicha actividad después de la cosecha. En este sentido, es importante dotar a los usuarios con información y conocimientos de las características y propiedades de las maderas, con miras a obtener productos de mayor valor agregado y así contribuir con el mercado futuro (Zúñiga 2006).

En un mercado tan competitivo con maderas importadas, la industrialización, transformación y elaboración de productos de maderas provenientes de plantaciones, es la mejor carta de presentación para su adecuada utilización. Después del aserrío y el secado, el cepillado es la operación más importante en la transformación de la madera. En la industria secundaria, usualmente se exige una alta calidad de la superficie, por lo que este requerimiento influye de forma significativa en la calidad de tratamientos y acabados finales que se le apliquen al producto (Sáenz 2001). Los principales consumidores de las maderas cepilladas se ubican en los sectores de la construcción civil y de la elaboración de productos finales. Por lo tanto, la calidad del cepillado viene a ser la primera impresión hacia el consumidor.

Ofrecer una madera bien cepillada disminuye los costos de labores posteriores de lijado, sellado y barnizado o pintado. Además incrementa su valor agregado y justifica un precio adicional en el mercado. Actualmente no solo las maderas molduradas sino otros productos tradicionales se están ofreciendo cepillados, las piezas llamadas de “cuadro” o de construcción en forma de listones también se están ofreciendo cepilladas y con las aristas o filos redondeados, para una mejor presentación y seguridad en su manejo.

En el procesamiento de la madera existen diversas variables que deben considerarse para lograr una optimización de las operaciones de trabajabilidad. Con base en el estudio de dichas variables, es posible

recomendar la combinación apropiada de parámetros para el adecuado cepillado de la madera (Leandro y Serrano 2004).

La presente investigación tiene como propósito determinar las condiciones óptimas de trabajo para el cepillado de la madera de *Terminalia amazonia*, para ello se determinó la calidad superficial, los tipos de defectos y su frecuencia en pruebas con diferentes planos de corte, velocidades de avance y ángulos de corte de la cuchilla.

Materiales y Métodos

Procedencia del material, muestreo de árboles y aserrío de troza

Para este estudio, se muestrearon tres árboles de *Terminalia amazonia* de 25 a 30 cms de dap (diámetro a la altura de pecho). Los árboles fueron seleccionados de una plantación de 10 años con manejo básicamente de raleos, de la finca de Coopeagri, Pérez Zeledón (figura 1, finca La Presa, Peñas Blancas).

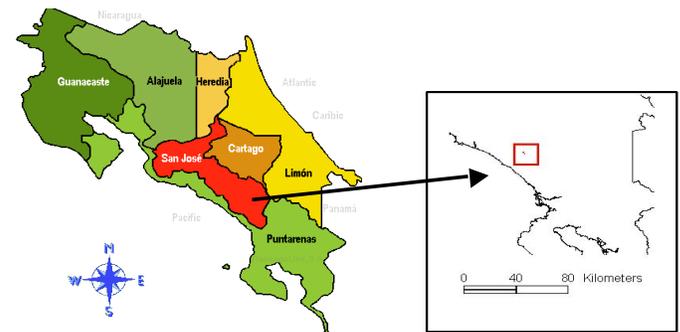


Figura 1. Ubicación de la plantación de *Terminalia amazonia*, de la cual se obtuvo la madera para este estudio, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

Después de cortado, cada árbol fue medido y pintado con un color específico, luego se midió, se marcó y se cortó el fuste en forma ascendente cada 1,3 m, hasta obtener cuatro secciones de igual longitud. Cada sección se pintó con diferente color para indicar su procedencia a lo largo del fuste. Estas trozas se transportaron a Buenos Aires de Pérez Zeledón, para someterlas a un proceso de aserrío con un aserradero de cinta de 1200 mm de diámetro de volantes, con carretón mecánico; propiedad de Coopemadereros. Mediante este proceso, se obtuvieron semibloques de 100 mm (4”) de lado, los cuales fueron pintados de nuevo. Posteriormente con una sierra circular múltiple marca Paúl modelo KME2 (figuras 2) se prepararon listones de 37 mm (1 7/16”) de espesor.



figura 2-A



figura 2-B

Figura 2. Semibloques identificados por color de acuerdo al árbol y a la posición en el fuste. Listones antes de ser seccionados (2-A) y clasificados por plano, sean de corte radial, tangencial y/o oblicuo (2-B).

Obtención de muestras para ensayos

Los listones fueron fumigados con una solución a base de boratos con funguicida comercial, para evitar el ataque de hongos y el pique de alfiler (perforaciones causado por insectos). Luego fueron puestos entre separadores, en apilado plano, para un pre-secado al aire bajo techo. Posteriormente, se procedió al secado convencional al horno, llevándose la madera a un contenido de humedad del $12\% \pm 1\%$.

Para obtener las muestras requeridas, los listones fueron identificados según fueran de la parte externa del semibloque como tangenciales, de la parte intermedia como oblicuos o como radiales los cercanos al centro y/o que contenían la médula.

Se prepararon probetas de 3,2 cm de espesor por 10 cm de ancho y 120 cm de largo (3,2 x 10 x 120 cm). Se identificaron por cara según el número de árbol y la posición en el fuste del que provienen. Se seleccionaron las que tuvieran representatividad de la población y no manifestaran defectos severos en la superficie, que sesgaran los resultados experimentales de cepillado. Estas fueron rotuladas nuevamente por los extremos o cabeza y cantos de cada pieza después de secado, para no perder su identidad. En total, fueron seleccionadas 30 probetas: diez (repeticiones) del plano radial, diez

del plano tangencial y diez probetas del plano de corte oblicuo. Estas probetas son la base del diseño experimental que incluye los factores evaluados.

Los ensayos se realizaron con madera seca al horno al 12 % de contenido de humedad. Se utilizó la norma de la "American Society for Testing and Materials ASTM-D-1666-87; (ASTM 1999), y la Norma del Acuerdo de Cartagena (JUNAC 1976) conteniendo modificaciones a la norma ASTM-D-1666-87 propuestas para ensayos con maderas tropicales y adaptada para los ensayos en Costa Rica.

Ensayo de cepillado

Para este ensayo se utilizó una cepilladora molduradora, marca Weinig, modelo Profimat 22 N, con las funciones de cepillado, moldurado y machihembrado. Después de cada pasada de cepillado (profundidad de corte de 1,5 mm), se calificaron los defectos midiendo el área que representa cada uno de los mismos: grano arrancado (GA), grano rugoso (GR) y grano veloso (GV) en tres diferentes grados: grado 1 (leve), grado 2 (moderado), grado 3 (severo), y por diferencia de áreas, se determinó también el área libre de defectos. La calificación de los defectos de cepillado se hizo sobre la base de la reexaminación visual usando una regla cuadrículada de acrílico transparente, de 10 cm de ancho x 30 cm de largo; rotulada con cuadrículas de 2 x 2 cm. Esta plantilla fue sobrepuesta sobre la cara de cada pieza cepillada, lo que permitió medir el área afectada por los defectos después de cada salida de la máquina. Para la clasificación de cepillado se usó la siguiente escala (Martínez y Martínez 1996):

- ✓ excelente: entre 90 y 100% del área libre de defectos
- ✓ bueno: entre 70 y 90% del área libre de defectos
- ✓ Regular: entre 50 – 70 del área libre de defectos
- ✓ Pobre: entre 30 – 50 del área libre de defectos
- ✓ Muy pobre: 0 - 30 del área libre de defectos

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó un diseño factorial cruzado, es decir, la combinación de todos los factores estudiados. Se evaluaron tres planos de corte: tangencial, radial y oblicuo (tres niveles), y dos ángulos de corte en las cuchillas; 10° y 30° (dos niveles). Combinado con esto se ensayaron cuatro velocidades: 6, 9, 12 y 15 m minuto⁻¹ de avance (cuatro niveles) por lo que se probaron 24 condiciones experimentales con diez repeticiones cada una, para un total de 240 pruebas.

Como variables de respuesta, se midieron tres tipos de defecto de cepillado: grano arrancado, grano rugoso y grano veloso y por diferencia de áreas (con defectos y sin defectos) se obtuvo el área libre de defectos, para un total de 980 datos procesados. A partir de la base de datos fueron obtenidos los promedios. Para el análisis

estadístico se empleó el paquete MINITAB 11® (Minitab 1996). Los datos permitieron determinar el análisis de varianza y se obtuvieron los valores p, estadístico que permite determinar la existencia de diferencias significativas.

Resultados y discusión

Valoración general

Los valores obtenidos demuestran que el amarillón presenta un excelente cepillado, con el 96,14 % de área libre de defectos. Esta especie presentó pequeñas magnitudes de grano arrancado (2,12 %) y grano veloso (1,33 %), siendo usual el grano arrancado en maderas semiduras y duras, como es el caso del amarillón (Serrano 2000). Se observaron indicios muy leves de presencia de grano rugoso (0,41 %), que confirma lo expuesto por Mitchell (1998), en el sentido de que este defecto es poco frecuente en la madera de raleos.

En el cuadro 1 se muestra el nivel de severidad de los defectos encontrados. El grado 1 (leve) presentó el mayor porcentaje. El grano arrancado se presentó como grado moderado y severo en aproximadamente 15 % cada uno, sumando en conjunto entre moderado y severo un tercio de severidad de este defecto (31.40 %). Cabe mencionar que aunque pequeño (2,12 %), el defecto de grano arrancado es considerado perjudicial para la calidad de cepillado, dado que se presenta como pequeños huecos ubicados por debajo de la superficie cepillada, y que para eliminarlos, se requiere de una laboriosa operación posterior de lijado (Serrano 2000). En caso de encontrarse este defecto en grado 3 (severo), resulta casi imposible de eliminarlo, sin causar un daño considerable a la superficie plana que se procura obtener.

Cuadro 1. Severidad de los defectos (en %) manifestados en el ensayo de cepillado, en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón) procedente de una plantación de 10 años de edad.

Tipo de defecto	Grado 1: Leve	Grado 2: Moderado	Grado 3: Severo
Grano veloso	100,0	-	-
Grano arrancado	68,6	15,5	15,9
Grano rugoso	100,0	-	-

Área libre de defectos de cepillado (ALD)

El área libre de defectos (ALD) depende del plano de corte y la velocidad de avance de la madera. En la figura 3 se aprecia esta interacción significativa ($p= 0.035$): el plano tangencial presenta una mayor ALD, seguido por el plano oblicuo y por último el plano radial. El plano de corte radial generalmente presenta un menor ALD, dado que tiene expuestos los radios (parénquima) y por lo tanto se dan mayores puntos de falla (Serrano 2000). De acuerdo con Flores-Vindas y Obando-Vargas (2003), la madera de amarillón presenta características de trabajabilidad moderadas y es difícil obtener buenos acabados en el plano radial. Consecuentemente, para la obtención de madera de mayor calidad en cepillado, es preferible tener material de cortes tangenciales.

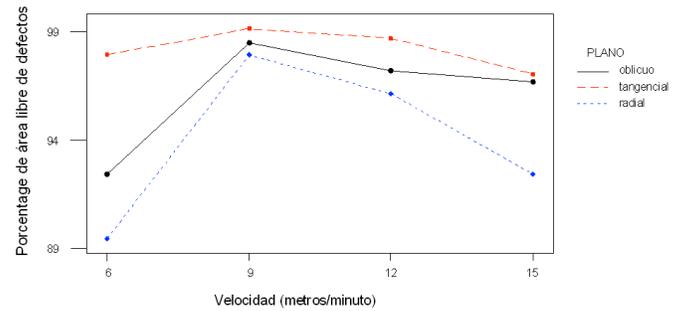


Figura 3. Interacción entre el plano de corte y velocidad de avance (m/min) sobre el área libre de defectos, en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón) procedente de una plantación de 10 años de edad.

En la figura 3 se observa además, que el mayor valor de ADL se presentó alrededor del punto de inflexión de la velocidad de 9 m/minuto para los tres planos de corte y disminuye a partir de este punto conforme aumenta la velocidad. Este comportamiento es congruente con resultados de otros estudios en maderas semiduras de plantación como teca (Canessa *et al*, 2002; Serrano-Montero y Rodríguez-Lizano 2008).

En la figura 4 se puede observar la interacción del ángulo de corte y la velocidad de avance ($p= 0.000$) sobre el porcentaje de área libre de defectos. Es interesante destacar que hay una coincidencia de los dos ángulos de corte con la velocidad de 9 m/minuto, lo cual implica que a esta velocidad (9 m/min) y para cualquiera de los dos ángulos analizados, se tiene un porcentaje de ALD similar. Con el ángulo de 30°, el ALD comienza a disminuir conforme aumenta la velocidad, resultado similar a lo encontrado por Canessa *et al* (2002) y Mitchell (1998). El punto óptimo para un mayor porcentaje de ADL, se obtiene con 10° de ángulo de corte y 9 m/minuto de velocidad de avance, siendo este el principal resultado del presente estudio. De acuerdo con Serrano (2000), la velocidad de avance de la madera y el ángulo de corte representan las variables que más influencia tienen sobre el ADL.

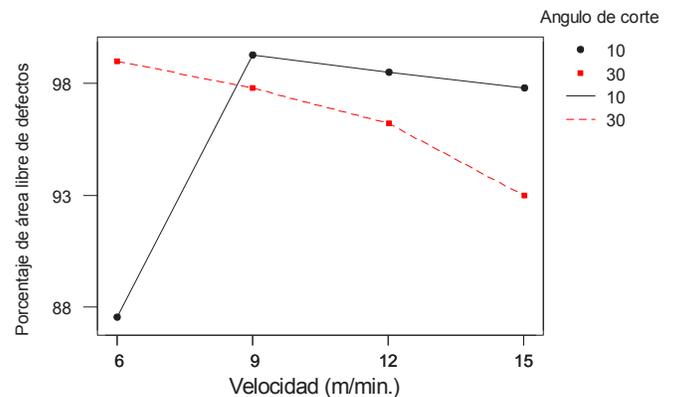


Figura 4. Interacción del ángulo de corte y la velocidad de avance sobre el porcentaje de área libre de defectos en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón), procedente de una plantación de 10 años de edad.

Grano arrancado (GA)

El defecto de grano arrancado, que es el más difícil de eliminar, se presentó en mayor cantidad en el plano radial (figura 5, $p= 0.005$) y menor en el plano tangencial. Se deduce que este hecho se debe a la presencia de nudos, que aumentan la aparición de grano arrancado; por ejemplo, ramas incrustadas que producen desviaciones del grano y que posteriormente se manifiestan como defectos de cepillado (Serrano 2000), debido fundamentalmente a la ausencia de podas oportunas durante el manejo de la plantación.

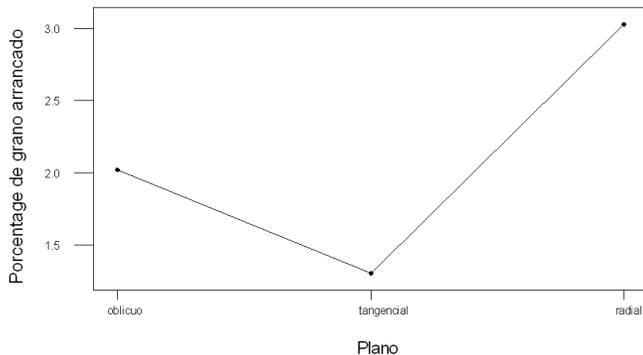


Figura 5. Efecto del plano de corte sobre el porcentaje de grano arrancado en la *Terminalia amazonia* (amarillón).

Para esta especie en particular, y para madera proveniente de árboles de pequeños diámetros, se recomienda separar las calidades de trozas para optimizar su procesamiento: las trozas nudosas de inferior calidad se pueden destinar a la fabricación de productos que no requieran cepillado, mientras que la madera de aserrío de tipo tangencial se preferiría para esta labor, puesto que produce menor grano arrancado.

En la figura 6 se ilustra la interacción significativa del ángulo de corte y la velocidad de avance sobre el porcentaje de grano arrancado ($p= 0.000$). El grano arrancado aumenta conforme aumenta la velocidad de alimentación, lo cual es congruente con lo indicado por Serrano (2000). La pendiente de la curva es mayor con el ángulo de 30° en comparación con el ángulo de 10° . El intervalo de velocidad entre 6 y 12 m/minuto con un ángulo de corte de 10° produce menos grano arrancado, sin embargo velocidades menores (por ejemplo 6 m/min) producirán una disminución de la productividad, o sea menos metros lineales cepillados, por lo que deben evitarse. La generación de GA se incrementa conforme aumenta la velocidad de avance y el ángulo de corte. Por lo tanto, en una línea de producción industrial se debe encontrar un balance entre la calidad que se quiera obtener (bajo porcentaje de GA) y una mayor producción por hora.

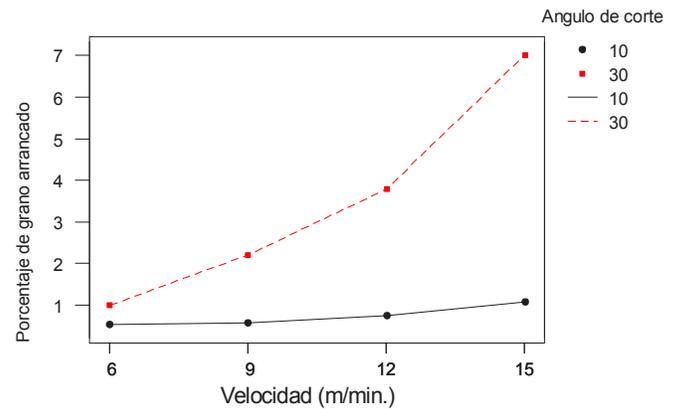


Figura 6. Interacción del ángulo de corte y la velocidad de avance (m/min) sobre el porcentaje de grano arrancado, en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón), procedente de una plantación de 10 años de edad.

Grano veloso (GV)

En la figura 7 se presenta la interacción del ángulo de corte y la velocidad de avance ($p=0.000$) sobre el porcentaje de grano veloso. Con el ángulo de corte de 30° no se manifiesta este defecto, mientras que con el ángulo de 10° y 6 m/minuto de velocidad de avance, se nota una mayor incidencia del grano veloso, lo que confirma los estudios realizados por Serrano (2000). Para este ángulo de ataque, la incidencia del defecto disminuye notablemente a una velocidad de avance de 9 m/minuto, manteniendo una leve tendencia al aumento conforme se incrementa la velocidad.

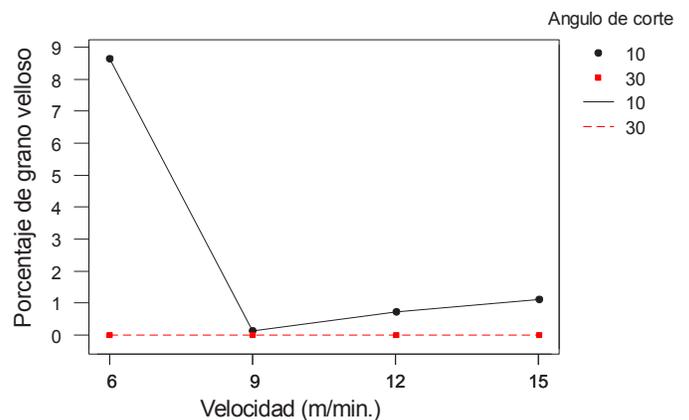


Figura 7. Interacción del ángulo de corte y la velocidad de avance sobre el porcentaje de grano veloso en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón), procedente de una plantación de 10 años de edad.

En la figura 8 se observa la interacción significativa del ángulo de corte y el plano de corte ($p=0.0017$). Se confirma que con un ángulo de 30° no se observó GV en ninguno de los tres planos. Con el ángulo de 10° y en el plano tangencial hubo menor incidencia del grano veloso, seguido por el plano oblicuo y su mayor manifestación se da en el plano radial. Esto explica en gran medida lo que ocurre en la industria, donde las piezas se obtienen en diferentes calidades.

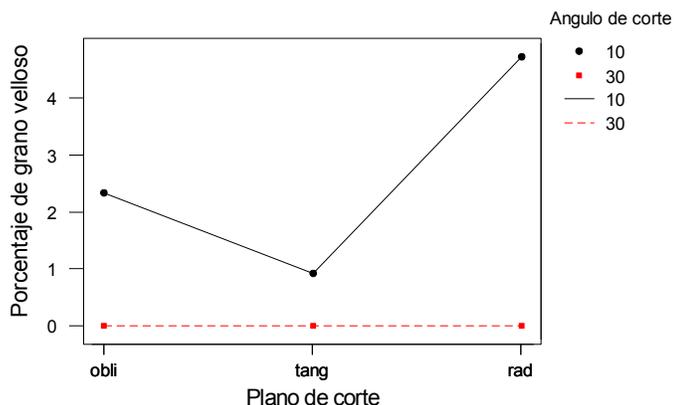


Figura 8. Interacción del ángulo de corte y el plano sobre el porcentaje de grano velloso en madera de *Terminalia amazonia* (amarillón), procedente de una plantación de 10 años de edad.

El mayor porcentaje de grano velloso se dio con la velocidad de 6 m/ minuto en el plano radial. Se debe tener presente que el grano velloso es característico de maderas relativamente suaves, que han sido cepilladas con ángulos de corte pequeños (Serrano 2000).

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los resultados del presente estudio, la madera de amarillón procedente de una plantación de 10 años de edad, puede calificarse como de excelente calidad de cepillado ya que presentó un área libre de defectos del 96,14 %.

El mayor porcentaje del área libre de defectos en los tres planos de corte estudiados (radial, tangencial y oblicuo) fue con una velocidad de 9 m/minuto y con un ángulo de corte de 10°. El plano de corte más afectado fue el plano radial, dado que presenta el mayor porcentaje de grano arrancado que es el defecto más perjudicial, a su vez el plano de corte con menor porcentaje de este defecto fue el tangencial y usualmente es el tipo de corte más común.

El grano arrancado se observó asociado a los nudos donde se presenta una elevada inclinación del grano, por lo que se sugiere la realización de adecuadas y oportunas prácticas de poda en las plantaciones. Esta práctica mejora la calidad de los productos cepillados, asegura una buena reputación comercial y permite obtener mejores precios por estas maderas de reforestación. En este sentido, también se recomienda separar las trozas superiores (colas) debido a su alta concentración de nudos.

El grano velloso, un defecto fácil de eliminar durante el lijado de las superficies, se presentó únicamente con el ángulo de corte de 10°, sin embargo con la velocidad de alimentación de 9 m/minuto es casi nulo. El plano de corte tangencial presentó muy bajo porcentaje de grano velloso con el ángulo de corte de 10°.

Se recomienda secar la madera antes de su cepillado para lograr un mejor precio y un mejor acabado. Desafortunadamente esta práctica ha sido poco empleada, especialmente en zonas rurales.

Se recomienda hacer nuevos ensayos con una mayor cantidad de árboles de diferentes procedencias e intensidades de manejo forestal, así como completar otros ensayos de trabajabilidad para esta especie, como por ejemplo en operaciones de lijado, taladrado y torneado.

Agradecimiento

Los autores desean agradecer a COOPEAGRI, R. L en la persona del Ingeniero Luis Salazar por la donación del material y al Ing. Gerlin Sáenz por su ayuda en la corta y extracción de los árboles.

Bibliografía

- ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 1999. Standard methods of conducting machining test of wood and wood-base materials. (CD-ROM). Designation D-1666-87; Reapproved 1999. (CD-ROM). West Conshohocken, PA, US, ASTM. 1 CD-ROM.
- Barrantes, A; Salazar, G; Salas, N. 2009. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2008. Heredia, CR, Oficina Nacional Forestal. 27 p.
- Canessa, E; Córdoba, R; Sáenz, M; Serrano, R. 2002. Evaluación de características y propiedades tecnológicas para madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) de plantación. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria, Ecos, S.A. 189 p.
- Flores Vindas, E; Obando-Vargas, G. 2003. Árboles del trópico húmedo. Importancia socioeconómica. -1ª. ed. Cartago, CR, Editorial Tecnológica de Costa Rica. 922 p.
- JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena,CO). 1976. Normas y metodología para las actividades tecnológicas. Norma de trabajabilidad de la madera. Lima, PE. JUNAC. 41 p.
- Leandro, L; Serrano, R. 2004. Trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*) proveniente de plantaciones forestales de Costa Rica. Informe # 14. Proyecto FC-0011-2000. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria, Cámara Costarricense Forestal, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Ministerio de Ciencia y Tecnología. 128 p.
- Martínez, E; Martínez, J. 1996. Características de cepillado y lijado de 33 especies de madera. Madera Bosques. 2(2);11-17.
- Minitab. 1996. User's guide. Pennsylvania, US, State College. 260 p.
- Mitchell, LA. 1998. Características de cepillado, taladrado, lijado y torneado de tres especies de plantación, de dos zonas geográficas del país y en tres ámbitos de edades. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 56 p.

- Sáenz, M. 2001. Posibilidades de trabajabilidad y diseño de productos con madera de *Terminalia ivorensis*. Informe Práctica de Especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Diseño Industrial. 116 p.
- Serrano, R. 2000. Trabajabilidad de la madera. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Nacional de Aprendizaje, Núcleo de Tecnología de los Materiales, Industria de la madera y afines. 49 p.
- Serrano-Montero, JR; Rodríguez-Lizano, RE. 2008. Ensayos de trabajabilidad de *Tectona grandis* L.f. de 11 años de edad proveniente de dos sitios de crecimiento en plantaciones del Atlántico y el Pacífico de Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal 5(14):1-14. Consultado 20 marzo 2010. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antiores/anterior14/pdf/articulo%202.pdf
- Zúñiga, V. 2006. Determinación de condiciones óptimas de cepillado para dos especies de reforestación en Costa Rica, *Pinus caribaea* (Morelet) y *Terminalia amazonia* (J.F. GMEL.) EXELL. Tesis Lic. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 80 p.