

Determinación en campo de la madurez de culmos de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia

José Alexander Rodríguez¹;
Juan Carlos Camargo García²;
Juan David Suárez Franco¹

La selección del método de marcado debe formar parte del manejo silvicultural de los guaduales; por lo tanto, se recomienda que las personas que realizarán el aprovechamiento sean quienes lo escojan, según su conveniencia y las posibilidades de implementación.



Foto: Grupo de Investigación GATA.

¹ Investigador, Universidad Tecnológica de Pereira. Grupo de Investigación en Agroecosistemas Tropicales Andinos. Facultad de Ciencias Ambientales. pauloalejo@uto.edu.co; jdsuarez@utp.edu.co

² Profesor Titular, Universidad Tecnológica de Pereira. Grupo de Investigación en Agroecosistemas Tropicales Andinos. Facultad de Ciencias Ambientales. jupipe@utp.edu.co

Resumen

Con el propósito de contribuir a la determinación de la madurez de los culmos de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), se evaluaron tres formas de marcado (pintura, marcador y láminas de aluminio) en bosques naturales de guadua localizados en dos sitios del Eje Cafetero de Colombia. Se identificaron y marcaron 574 culmos recientemente emergidos. La mejor opción en términos de tiempo empleado y costos requeridos resultó ser el uso de pintura (2 minutos y US\$0,08 por culmo). Esta opción no requiere un punto específico de marcado en el culmo y es fácilmente identificable desde la distancia, lo que facilita las labores de monitoreo y planificación de la cosecha. La práctica de marcado de culmos debe incorporarse a las prácticas de manejo silvicultural como una forma de garantizar no sólo el nivel idóneo de madurez para la cosecha, sino además la información requerida en el inventario de variables, como el diámetro y los culmos nuevos. Adicionalmente, la marcación de culmos ofrece a los productores mejores posibilidades de cosechar culmos de calidad apropiada, teniendo en cuenta la asociación que existe entre madurez, propiedades físico-mecánicas y contenido de lignina.

Palabras claves: *Guadua angustifolia*; bambúes; bosques; culmo; métodos; identificación; zona cafetera; Colombia.

Summary

On-field determination of *Guadua angustifolia* maturity in the Colombian coffee eco-region.

In order to contribute to on-field determination of *Guadua angustifolia* Kunth culms maturity, three different approaches of labelling were assessed (painting, fel-pen marking and aluminium tags). The study was carried out within natural guadua stands located in two sites of the coffee region in Colombia. A total of 574 culms were identified and labelled. In terms of time and costs, the best option was the labelling with paint (2 minutes and US\$0.08/culm). This option does not require a specific point for labelling and it can be easily identified in the distance, therefore monitoring and harvest planning might be also simplified. Culm labelling should be part of the silvicultural management practices to guarantee not only the ideal maturity level for cropping, but also the necessary information on variables such as diameter or culm dynamics. Culm labelling provides farmers with an excellent tool for harvesting mature culms because of the association among culm maturity, physical and mechanics properties and lignin content.

Keywords: *Guadua angustifolia*; bamboos; forests; culms; methods; identification; coffee zone; Colombia.

Introducción

La calidad de la materia prima del recurso guadua depende en gran parte del estado de madurez de los culmos, ya que las propiedades físico-mecánicas y las características químicas de los mismos cambian con el tiempo (Correal y Arbeláez 2010, Duque y Lara 2010, Moreno 2006a). Por esta razón, es necesario definir el tiempo en el cual un culmo alcanza

las condiciones óptimas de madurez para la cosecha. Por la forma de crecimiento de la guadua, no es factible asociar la madurez con sus dimensiones (diámetro y longitud del culmo), ya que los valores máximos de estas variables se alcanzan en promedio seis meses después de que el culmo haya emergido (Camargo 2006, Judziewicz et ál. 1999, Moreno 2006b). El proceso de maduración se expresa inicialmente

con el cambio de los meristemos dentro de los internudos (Liese y Weiner 1996) hasta lograr el desarrollo de las fibras y la lignificación (Liese y Weiner 1997, Liese y Weiner 1996, Liese 1995). En consecuencia, la resistencia de los culmos cambia con el estado de madurez (Gritsch et ál. 2004, Ortega y Zuluaga 2006, Correal y Arbeláez 2010, Duque y Lara 2010, Camargo et ál. 2011).

Para los procesos de industrialización de la guadua se requiere información precisa en varios campos como el inventario (Camargo et ál. 2007a, b), el buen manejo forestal (Camargo 2006) y la calidad de los culmos (Camargo 2006, García 2004). Dicha información permite obtener materia prima con mejores posibilidades para la elaboración de productos de calidad. Por lo anterior, es factible definir el tiempo que tarda el culmo en desarrollar las mejores condiciones para ser cosechado. Estas condiciones -o el proceso de madurez- pueden variar con las características de sitio (García 2004, Camargo et ál. 2011). En guaduales naturales de la zona cafetera de Colombia, la madurez se alcanza entre los 4 y 5 años después de que los culmos han emergido (Correal y Arbeláez 2010, Duque y Lara 2010, Camargo et ál. 2011). No obstante, en la región la madurez se define por características externas como el color del culmo o la presencia de líquenes u hongos sobre la superficie de mismo (Londoño 1998, Camargo et ál. 2006, Camargo et ál. 2008, Morales 2004, Moreno 2006b). Por lo general estas características son, efectivamente, signos de madurez debido al tiempo de

exposición de los culmos a las condiciones ambientales. Sin embargo, se dan variaciones importantes debido a las condiciones de humedad del sitio, por lo que en ocasiones resulta complicada la unificación de criterios para hacer una determinación precisa de la madurez de los culmos.

Una forma práctica de aproximarse a la definición de la madurez de los culmos es marcarlos cuando recién emergen para llevar el control de su período de vida y planear la cosecha de los mismos cuando alcancen la edad apropiada. Esta práctica, sin embargo, aun no ha sido incorporada por los productores debido a que no se tiene un método estandarizado para hacerla. Por esta razón, en este trabajo evaluamos tres posibilidades de marcación de culmos, teniendo en cuenta los costos, el tiempo de ejecución y la posibilidad de generar información adicional útil para la toma de decisiones de manejo de los guaduales.

Área de estudio

El estudio se realizó en dos sitios del Eje Cafetero de Colombia, uno en el municipio de Pereira (Risaralda), en los bosques de guadua del Jardín Botánico de la

Universidad Tecnológica de Pereira. Este sitio tiene una extensión de 5 ha, se encuentra a 1430 msnm, tiene una precipitación promedio de 2500 mm al año y temperatura media de 21°C. Los suelos se originaron a partir de cenizas volcánicas y están en pendientes fuertes que oscilan entre 50% y 75%. Para el estudio se evaluó un área aproximada de 1,4 ha (Fig. 1). El segundo sitio se ubica en el municipio de Montenegro (Quindío), en los guaduales del Núcleo Forestal de Guadua La Esmeralda, a una altura de 1100 msnm, temperatura media anual de 24°C y una precipitación media anual de 1600 mm. La evaluación se hizo en un área aproximada de 1 ha dentro de guaduales naturales que en total ocupan 11,3 ha (Fig. 2).

Aplicación de las opciones de marcado

Los tratamientos (opciones de marcado) se aplicaron en enero del año 2011 en el área seleccionada de los dos sitios evaluados. El área correspondió a una porción completa del guadual, con el fin de tener las condiciones más cercanas a la realidad, tanto de forma del guadual como de topografía (Fig. 3). Se identificaron

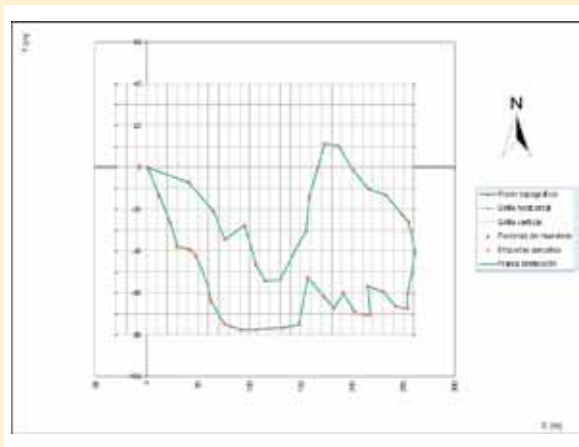


Figura 1. Delimitación del área de estudio 1: Jardín Botánico Universidad Tecnológica de Pereira

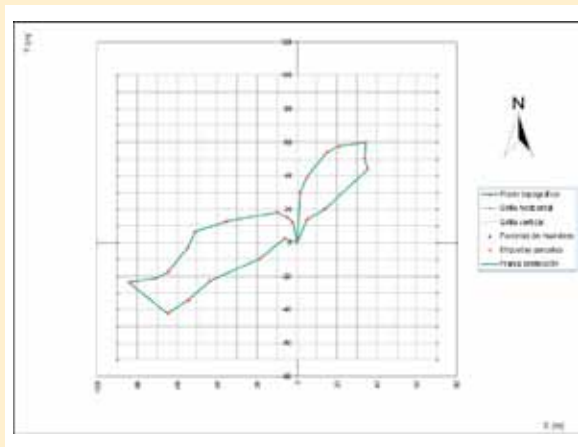


Figura 2. Delimitación del área de estudio 2: Núcleo Forestal de Guadua La Esmeralda



Figura 3. Condiciones de desplazamiento en el área de estudio



Figura 4. Identificación de renuevos con longitud mayor a 3 metros

Fotos: Grupo de Investigación GATA.

350 y 224 culmos emergido en los últimos seis meses en las áreas 1 y 2, respectivamente. Estos culmos tenían aún sus hojas caulinares y más de 3 m de longitud para no tener que quitar estas hojas al momento de hacer el marcado (Fig. 4).

Definición de las opciones de marcado de culmos

Marcación con pintura a la altura del pecho (1,3 m). Alrededor de un

internudo, con una brocha se marca una franja de aproximadamente 8 cm de ancho para facilitar su observación en la distancia. Como medida adicional de seguimiento, se registra la fecha de marcado y el color de la pintura usada. Se sugiere asignar un color diferente para cada semestre, para un total de 8 colores. Luego del octavo color, los culmos marcados con el primer color ya deben haber sido cosechados (Fig. 5).

Uso de un marcador de punta ancha. La marca también se hace sobre el culmo a 1,3 m dap, sobre el lado de más fácil observación. Se usa un marcador de color negro con punta de aproximadamente 2 cm de ancho (Fig. 6). La marca consiste en escribir sobre el culmo, en un área limpia, la fecha del día en que se marca (Fig. 7).

Uso de una lámina de aluminio. En una placa de aluminio se anota la



Figura 5. Marcación con pintura sobre el renuevo a la altura del pecho (1,3 m)



Figura 6. Marcador industrial negro de punta ancha (aproximadamente 2 cm)

Fotos: Grupo de Investigación GATA.

fecha de marcación y luego se amarra con cuerda de nylon al culmo a 1,3 m dap. En este caso, también se busca ubicar la lámina hacia el costado de mayor visibilidad del culmo (Fig. 8).

Mediciones y análisis de la información

El tiempo y el costo de marcado fueron las variables de respuesta usadas para comparar los tratamientos de marcado. Para la medición del tiempo, se tuvo en cuenta el desplazamiento que hace un operario a través del guadual para identificar los culmos nuevos y marcarlos. Para tal fin, se utilizó un cronometro de precisión de marca Casio.

Los costos incluyeron las actividades (su equivalente en mano de obra) y los materiales requeridos para realizar el proceso de marcado. En el costo de la mano de obra se consideró el tiempo de desplazamiento por el guadual para ubicar los culmos nuevos que tengan una longitud aproximada de 3 metros. Para el proceso específico de mar-

cado (cada método evaluado) se consideraron las tareas de registro de la fecha y medición del diámetro del culmo a la altura del pecho. El valor de los materiales para realizar el marcado depende del método (pintura, marcador negro industrial de punta ancha o lámina de aluminio y cuerda de nylon). Teniendo en cuenta que el número de culmos varía entre guaduales, los costos y el tiempo fueron llevados a un valor de referencia por culmo.

Resultados

Para el tiempo de marcación, se presentaron diferencias entre los tratamientos. El menor tiempo promedio de ejecución fue para la marcación con pintura: 1,8 minutos por culmo. Con el marcador, el tiempo promedio se incrementó en 19% y con la lámina de aluminio grabada, en un 43% (Fig. 9). Las diferencias con la lámina se explican debido al tiempo requerido para hacer la marca sobre lámina y luego sujetarla al culmo. Con el marcador, la mayor parte del tiempo se emplea en la limpieza del culmo.

En el Cuadro 1 se detallan los costos de cada tratamiento. Los costos de medición, desplazamiento e identificación son constantes para las tres opciones de marcado pues tales tareas son independientes del método de marcado. Teniendo en cuenta los materiales y el tiempo específico empleado con cada tratamiento, la marcación con pintura tuvo el menor costo de marcado: US\$0,032 por culmo, seguido del marcador con un incremento de US\$0,017 y la lámina de aluminio con un incremento de US\$0,030. El marcado con el método de lámina de aluminio presentó el costo total más bajo: US\$0,14/culmo, seguido por la pintura que se incrementa en US\$0,03 y el marcado con marcador, con un incremento de US\$0,14 respecto del costo total más bajo.

El incremento de los costos tiene que ver con el costo de materiales, especialmente. Un marcador industrial cuesta US\$19,66 y alcanza para marcar 100 culmos, un litro de pintura de aceite cuesta US\$44,94 y alcanza para 500 culmos y una lámina



Figura 7. Marcación con marcador en un renuevo a la altura del pecho (1,3 m)



Figura 8. Instalación de una placa de aluminio sobre un renuevo a la altura del pecho (1,3 m)

Fotos: Grupo de Investigación GATA.

Cuadro 1. Costos de las diferentes opciones de marcado evaluadas en culmos nuevos de *Guadua angustifolia*

Opciones de marcado	Costos US\$					
	Materiales	Marcado	Medición	Desplazamiento	Identificación	Total
Pintura	0,09	0,032	0,035	0,01	0,01	0,17
Marcador	0,19	0,049	0,035	0,01	0,01	0,28
Lámina	0,04	0,062	0,035	0,01	0,01	0,14

de aluminio completa y un rollo de *nylon* cuestan US\$2,8 y US\$14 respectivamente y alcanzan para 100 culmos. Debido al peso de los materiales dentro de la estructura de costos, estos se incrementan en más del 100% para el uso de marcador y de pintura, en donde representan el 65% y 51%, respectivamente (Fig. 10). La mayor variación en los costos se asocia con la mano de obra considerada como el tiempo que tarda un operario en realizar la marcación. Este costo representa el 17% para el uso marcador, 18% para la pintura y 40% para la lámina de aluminio (Fig. 10).

El marcado de culmos permite conocer la edad de los mismos después de haber emergido. Debido a la asociación entre madurez del culmo y calidad expresada por las propiedades físico-mecánicas, el marcado significa una importante contribución a la definición de la calidad de la materia prima que sale de los guaduales (Correal y Arbeláez 2010, Duque y Lara 2010, Camargo et ál. 2011). Si en la información colectada se incluye además el diámetro, se tendría una base de información de gran utilidad para los diferentes sectores del mercado que requieren materia prima de diversas calidades y dimensiones (García 2004). Por lo tanto, al realizar el marcado de los culmos, se puede recolectar información adicional para la planificación y el manejo del guadual y para la toma decisiones. Esta práctica puede ser incorporada por los productores junto con las que ya se realizan convencionalmente para el manejo de los bosques de guadua.

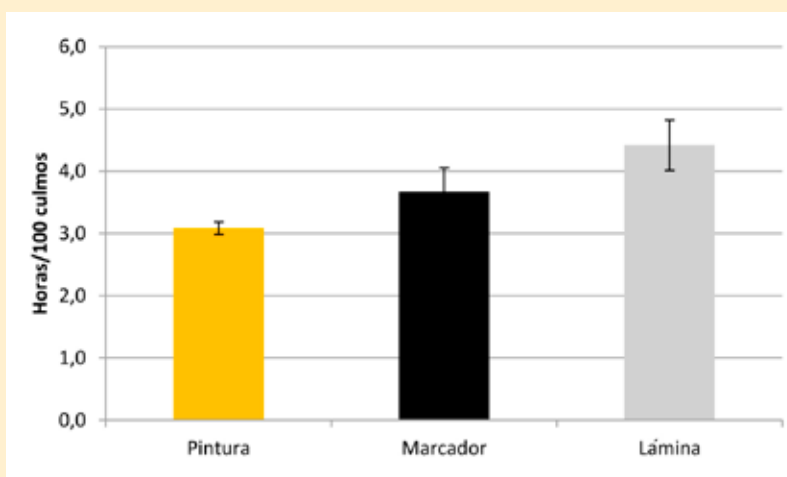


Figura 9. Tiempo de marcación empleado con cada una de las opciones evaluadas en culmos nuevos de *Guadua angustifolia*. Líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar.

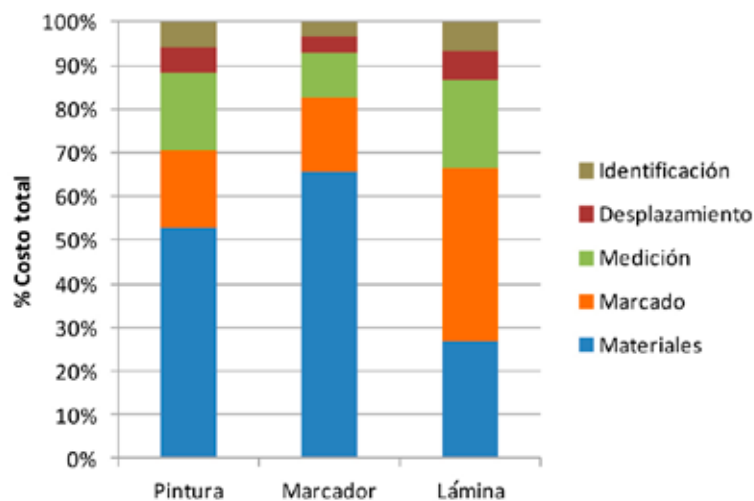


Figura 10. Estructura de costos de las opciones de marcado evaluadas en culmos nuevos de *Guadua angustifolia*

Conclusiones y recomendaciones

- Estrategias como la marcación de los culmos en su estado juvenil (6 meses después de haber emergido) permiten garantizar que el aprovechamiento se haga en el momento más adecuado y que el material cosechado sea de la mejor calidad.
- La marcación con pintura se evidenció como el método más ade-

cuado, ya que el costo es más bajo que el de los otros métodos evaluados; además, ofrece una ventaja importante: la marca se puede observar fácilmente desde distintos puntos, al estar dispuesta sobre toda la circunferencia del culmo. Puesto que el color de la pintura indica la fecha de la medición, no es necesario acercarse al culmo para conocer su estado o definir si ya podría ser cosechado.

- La selección del método de marcado debe formar parte del manejo silvicultural de los guaduales; por lo tanto, se recomienda que las personas que realizarán el aprovechamiento sean quienes lo escojan, según su conveniencia y las posibilidades de implementación.



Literatura citada

- Camargo, JC. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the Coffee Region of Colombia. Ph.D. Thesis. Göttingen, Deutschland, Göttingen Universität. 205 p.
- Camargo, JC; García, JH; Morales, T. 2007a. Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de guadua: una aplicación a nivel de finca en la zona cafetera de Colombia. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Colciencias, Grupo en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. 86 p.
- Camargo, JC; Morales, T; García, JH. 2007b. Mensura e inventario forestal para la planificación y manejo sostenible de bosques de guadua. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Colciencias, Grupo en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. 125 p.
- Camargo, JC; Morales, T; García, JH. 2008. Términos de referencia para la formulación de planes de manejo y aprovechamiento sostenible de guaduales. Pereira, Colombia, Proyecto Bosques FLEGT/Colombia. 70 p.
- Camargo, JC; Rodríguez, JA; Henao, E; Quintero, H; Mosquera, OM; Niño, J. 2011. Proyecto Tecnología para definir la madurez del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth: una contribución al desarrollo forestal del Eje Cafetero Colombiano [Cuarto Informe Técnico]. Proyecto Código 1110452-21121; Contrato 442-1-2008. Pereira. Colombia, Colciencias. 34 p.
- Correal, JFD; Arbeláez, JC. 2010. Influence of age and height position on Colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. *Maderas Ciencia y Tecnología* 12 (2): 105-113.
- Duque, AFH; Lara, IAC. 2010. Diseño y construcción de un dispositivo económico para medir indirectamente la madurez del culmo de guadua basado en un análisis de vibraciones. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 89 p.
- García, JH. 2004. Definición de áreas óptimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis Mag. Sc. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 110 p.
- Gritsch, C; Abranson, K; Camayo, G; Rashid, M; Murphy, R; Londoño, X; Camargo, JC. 2004. Anatomical culm analysis of *Guadua angustifolia* in relation to age, site, and physico-mechanical properties. In *Memorias Simposio internacional de Guadua [2004, Pereira, Colombia]*. p. 188-197.
- Judziewicz, EJ; Clark, LG; Londoño, X; Stern, M. 1999. *American bamboos*. Washington D.C., Smithsonian Institution Press. 392 p.
- Liese, W; Weiner, G. 1996. Ageing of bamboo culms: A review. *Wood Science and Technology* 30:77-89.
- Liese, W; Weiner, G. 1997. Modifications of bamboo culm structures due to ageing and wounding. In Chapman, G. (Ed.). *The bamboos*. London, United Kingdom, The Linnean Society. p. 313-322.
- Liese, W. 1995. Anatomy and utilization of bamboos. *European Bamboo Society Journal*: 6:5-12.
- Londoño, X. 1998. A decade of observations of *Guadua angustifolia* plantations in Colombia. *Journal of American Bamboo Society* 12: 37-43.
- Morales, T. 2004. Modelos de tratamientos silvicultural para la optimización de la rentabilidad financiera en el manejo y aprovechamiento sostenible de la guadua, Región del Eje Cafetero, Colombia. Tesis Mag. Sc. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 114 p.
- Moreno, LE. 2006a. Estudio de las propiedades mecánicas de los haces de fibra de *Guadua angustifolia*. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira/ Ingeniería y Desarrollo.
- Moreno, RDO. 2006b. Respuesta de los guaduales naturales al manejo silvicultural tradicional. Pereira, Colombia, Proyecto manejo sostenible de bosques en Colombia (área piloto Eje Cafetero, Norte del Tolima, Norte del Valle)/ Programa Ambiental GTZ. 70 p.
- Ortega, JA; Zuluaga, CA. 2006. Comprobación y comparación de las propiedades fisicomecánicas de *Guadua angustifolia* por región y por edad. Tesis de grado. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 127 p.