

## Costos y rendimientos de ocho tipos de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica

Mario Guevara<sup>1</sup>  
Olman Murillo<sup>1</sup>

### Resumen

Se evaluaron ocho tipos de operaciones de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium*, plantadas a 2,5 m x 2,5m. en la zona norte de Costa Rica. Mediante un estudio de tiempos y movimientos se determinó la productividad de todos los tipos de poda. Se encontró una relación inversamente proporcional entre la altura y el rendimiento de la poda. El rendimiento de la poda registró una variación desde 98 árboles/hora, en la poda baja de ramas delgadas, hasta poco más de 20 árboles/hora en la poda alta de ramas gruesas. El rendimiento real general de poda registró valores desde 230 árboles/jornal (poda alta), hasta 784 árboles/jornal (poda baja de rama delgada). Los costos de poda oscilaron desde los ₡ 17 (poda baja) hasta los ₡ 105 colones en la poda de rama gruesa. La eficiencia de poda registró valores desde un 66% con poda de ramas gruesas y a mayor altura, hasta un 83% en la poda baja y de ramas delgadas. La calidad de la poda fue muy alta, con una variación desde un 93% hasta un 99%, con excepción de la poda alta de rama gruesa, con valores de un 66%. La labor de poda de ramas gruesas en esta especie merece especial capacitación y planeamiento.

**Palabras clave:** *Acacia mangium*, Poda, Tiempos y movimientos, Productividad, Costos, Costa Rica.

### Abstract

Eight pruning types in young *Acacia mangium* plantations, established at 2.5 x 2.5 m in northern Costa Rica, were assessed. Through a series of time and movement observations pruning productivity in all cases was determined. Pruning yield varied from 98 trees/hour, in low pruning with small branches, until less than 20 trees/hour in high pruning with thick branches. General real pruning yield registered values from 230 trees/labor day (high pruning) to 784 trees/labor day in low pruning of small branches. Similarly, pruning costs varied from ₡17 (low pruning) to ₡105 in high pruning with thick branches. Efficiency as a relation between effective time vs total time, oscilated between 66% to 83% in low pruning. Finally, pruning quality was high (over 93%) in all types with the exception of high pruning with 66%. Pruning of thick branches in this tree species is a very special and difficult task that requires special training and planning.

**Key words:** *Acacia mangium*; pruning, costs, productivity, Costa Rica.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica. [magbo10@gmail.com](mailto:magbo10@gmail.com); [omurillo@itcr.ac.cr](mailto:omurillo@itcr.ac.cr)

## INTRODUCCIÓN

La poda en plantaciones forestales es una actividad de alto costo, pero imprescindible en la mayoría de las especies, tiene un gran impacto en la calidad y valoración del producto final (Murillo y Badilla 2004). Se define como la remoción de ramas presentes a cierta altura del fuste del árbol con el propósito de producir madera libre de nudos (Rojas 2001).

A manera de síntesis, se tienen dos escuelas de pensamiento con respecto a la aplicación de las podas. Aquella que promulga la poda en función de la altura total del árbol o de su copa, que como regla utiliza la norma límite de poda hasta no más de un 50% de la copa viva (Rojas 2001). Esta práctica tiene el inconveniente de que cada árbol tendrá una altura de poda diferente. La otra escuela se basa en la definición de tres tipos de poda a una altura definida: baja (hasta 2,5m), media (hasta 5m) y alta (hasta 7,5 m), que se fundamenta en la longitud de las primeras tres trozas comerciales del árbol, basado en el principio de que el comercio de la madera se define en largos de troza conocidos (Murillo y Camacho 1997; Murillo y Badilla 2004).

Cualquiera que sea el tipo de poda aplicado, será imprescindible conocer su costo y rendimiento para poder planificar su ejecución, control o contratación externa. Esto será determinante para especies como *Acacia mangium*, especie de muy rápido crecimiento que posee abundantes y persistentes ramas (CATIE 1992).

Para la determinación de los costos y rendimientos en faenas forestales, se conocen tres métodos básicos para la generación de la información (Reiche 1989; Louman *et al* 2006): a) estudio de tiempos y movimientos; b) estudio de faenas y c) la recuperación de rendimientos a partir de operaciones concluidas o producción por jornada. El primer método es el más detallado y el de mayor confiabilidad. Asimismo, el más utilizado en estudios técnicos y científicos, por lo que es costoso y requiere de cierto nivel de entrenamiento.

A pesar de su importancia, son pocos los trabajos conocidos sobre productividad y costos aplicados en la actividad de la poda forestal (Reiche 1989; Murillo 2005; Guevara 2007). El objetivo de esta investigación fue determinar la productividad, costos y calidad de diversas operaciones de poda en plantaciones forestales de *A. mangium* el desarrollo metodológico y generación de nuevo conocimiento sobre la poda en plantaciones forestales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó entre los meses de enero a mayo del 2008, en plantaciones forestales de *A. mangium* propiedad de la empresa Ecodirecta S.A., localizadas en la región Huetar Norte de Costa Rica, provincia de Alajuela, cantón de San Carlos, distrito Pocosol. La zona de estudio se localiza a una altitud de 50 m, registra una precipitación promedio superior a los 3200 mm, una temperatura media de 28°C y un período seco de febrero a abril. Las plantaciones fueron establecidas con un diseño espacial de "tresbolillo o pata de gallo", con espaciamentos iniciales de 3 x 3 m (1111 árboles/ha). Las edades de las plantaciones incluidas en este estudio fueron de 24 a 48 meses. Estas plantaciones se encontraban en terrenos con pendientes menores al 10%.

### Descripción de la actividad

La poda consistió en la eliminación de las ramas vivas y muertas del fuste de todos los árboles de la plantación, o bien, de árboles previamente marcados (árboles meta o de cosecha final). Las actividades de poda se realizaron de forma ordenada, podando dos hileras simultáneas por operario.

La altura de poda se definió de acuerdo a las siguientes categorías:

1. Poda baja: poda que se realizó hasta 2, 5 metros de altura (1 troza comercial).
2. Poda media: poda que se realizó hasta 5 metros de altura (2 trozas comerciales).

3. Poda alta: poda que se realizó a 7,5 metros de altura (3 trozas comerciales).

Esta altura fue estimada en el campo con base en la experiencia del operario y con apoyo del instrumento de poda, que tenía un largo conocido. El instrumento de trabajo fue una pértiga de madera con un serrucho curvo conocido como "rabo de zorro", atornillado en su parte superior. El largo de la pértiga variaba de 3 a 5 m, dependiendo del operario y de la altura de poda que se ejecutó. Las labores de poda se ejecutaron como poda completa hasta la altura definida, o dejando las ramas gruesas para una segunda intervención.

La decisión de podar en una o en dos fases la tomó la empresa según una planificación previa. A continuación se detallan dichas fases.

1. Poda en una fase (completa): consistió en la eliminación de las ramas delgadas y gruesas al mismo tiempo, hasta completar la altura deseada. Se definió rama gruesa a aquella cuyo diámetro superó el 50% del diámetro del fuste del árbol. Este tipo de rama se presenta con alta frecuencia en la población de *A. mangium* existente en el país, provoca grandes nudos y le drena al fuste principal una importante cantidad de nutrimentos, agua y otros recursos.
2. Poda en dos fases: se ejecuta primero una poda baja de ramas delgadas y enseguida, una segunda poda a mayor altura, pero solamente de rama gruesa u horqueta (bifurcación), también llamada poda de formación.

### Utilización del método de tiempos y movimientos

La productividad de la labor de poda se determinó mediante un estudio de tiempos y movimientos. El método empleado fue el de tiempo continuo (Cordero 1998). Cada operación de poda fue evaluada durante cinco jornadas completas de trabajo (en días diferentes y con operarios diferentes). Como tiempos productivos se clasificaron:

- Tiempo de poda: se definió como la acción de cortar o eliminar todas las ramas presentes a lo largo del fuste (hasta la altura definida), más el tiempo de traslado hasta el siguiente árbol.
- Traslado: tiempo que tarda el operario en movilizarse de un árbol a otro (se anotó solo en los casos en que fuera superior a los 5 segundos). En los casos en que este fue inferior a los 5 segundos, este tiempo se sumó al tiempo de poda.

Los tiempos improductivos fueron los siguientes:

- Tiempo de descanso: fueron los períodos de tiempo en que el operario suspendió su trabajo para realizar actividades como tomar agua, descansar y realizar necesidades fisiológicas.
- Alimentación: tiempo dedicado por el operario para alimentarse.
- Tiempo de mantenimiento y limpieza: tiempo designado para labores de limpieza de la herramienta, afilado y revisión del rabo de zorro o de la pértiga, tiempo para apilar ramas podadas a lo largo de la hilera de árboles, tiempo para reducir en trozos más pequeños las ramas podadas.

### Productividad

Mediante muestras aleatorias con diferentes operarios y a diferentes horas de la jornada de trabajo, se determinó la productividad de la poda. Se calculó la productividad máxima (número máximo de árboles podados contabilizados) por hora y por jornal, así como la productividad real por jornada mediante la siguiente relación:

$$\text{Productividad real} = \text{Productividad efectiva promedio por jornal} \times \text{Porcentaje de eficiencia}$$

Donde:

1 jornal = 8 horas.

Productividad máxima por jornal = productividad máxima por hora x duración del jornal.

Porcentaje de eficiencia = cociente entre el tiempo productivo y el tiempo total ( $\sum$  Tiempos productivos/Tiempo total) x 100.

### Costo de la operación

El costo por árbol para las distintas operaciones de poda se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Costo de poda} = \frac{\text{Costo invertido en un jornal}}{\text{Árboles podados en un jornal (n)}}$$

Donde:

Costo invertido en un jornal = jornal + costo de la herramienta por jornal + seguros + gastos por administración.

Costo herramienta por jornal = valor de la herramienta/vida útil de la herramienta en jornales (3 semanas o 18 jornales).

Seguros = su valor es de un 3 % del costo del jornal, de acuerdo con el Instituto Nacional de Seguros de Costa Rica (INS) para operarios de campo.

Gastos por administración = se estima en \$10 (US dol.) adicionales.

### Calidad de ejecución de poda

La evaluación de la calidad de poda se realizó siguiendo los criterios establecidos por Murillo y Camacho (1997), donde la calidad se clasificó en tres categorías:

- Cat. 1: buena ejecución, no hay daños en el fuste y los cortes fueron precisos, dejando un tocón (muñón) muy pequeño (< 0,5 cm).
- Cat. 2: ejecución de corta regular, donde es posible observar pequeñas heridas y desgarre de ramas leves, un tocón alto (entre 0,5 y 2 cm).
- Cat. 3: mala ejecución de corta, se observan heridas grandes, tirones de corteza, ramas sin podar, tocón superior a los 2-3 cm de alto.

Con los datos individuales de calidad de poda, se construyó un índice de calidad de poda para cada tipo de poda investigado, basado en el algoritmo (adaptado de Murillo, 2000):

$$\text{Índice} = (n1x1 + n2 x 2 + n3 x 3) / (n1+n2+n3)$$

Dado que este Índice de calidad de poda es cualitativo y de difícil interpretación, fue transformado a una escala de 0 a 100, mediante el algoritmo:

$$\text{Calidad transformada} = (1 + (1 - \text{Calidad})/2) x 100.$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distancia entre el trabajador y la rama a podar (altura de poda) es el principal factor que afecta el tiempo y la calidad de ejecución de la operación de poda (Apud y Valdés 1993). Además de la altura de poda, la longitud del fuste podado, el diámetro de las ramas y la habilidad del operario fueron los factores más influyentes sobre la productividad y eficiencia en la labor de poda de los árboles (cuadro1). Se pudo observar una gran variación en la productividad de la poda, con valores que oscilaron desde 35 segundos de duración por árbol (poda baja), hasta casi 120 segundos en la poda alta. La eficiencia disminuyó de un 83% a un 66% con la altura de poda y 67 % con la poda de ramas gruesas, debido al mayor tiempo de ejecución de la labor en estos casos, por aumentar el nivel de dificultad. La poda de rama gruesa demanda mayor esfuerzo físico (el operario necesita descansar más) y una mejor técnica de ejecución. Además, con este tipo de poda se requiere mayor tiempo de

mantenimiento de la herramienta cortante. Se observaron principalmente los problemas del serrucho pegado en el tronco o del serrucho quebrado por excesivo calentamiento. Estos se detectaron como una de las principales causas de la disminución en la eficiencia y rendimiento.

**Cuadro 1.** Valores promedio de productividad, eficiencia y calidad en 8 modalidades de poda en plantaciones de *Acacia mangium* de 24 a 48 meses de edad, plantada a 2,5 x 2,5m, en la zona norte de Costa Rica.

Tipo de poda	Edad (años)	Altura de poda (m)	Ramas podadas (n)	Tiempo de poda/árbol (seg.)	Eficiencia <sup>1</sup> de poda (%)	Índice de calidad de poda <sup>2</sup>
Poda baja completa	2	2,43 ± 0,15	10,0 ± 0,98	35,16 ± 4,83	83,12	97,0
Poda media completa	3	4,47 ± 0,25	9,0 ± 0,49	93,50 ± 6,89	82,89	93,0
Poda media rama delgada <sup>1</sup>	3	3,73 ± 0,36	9,0 ± 1,38	38,80 ± 8,67	83,00	99,0
Poda media rama gruesa <sup>1</sup>	3	4,10 ± 0,06	1,4 ± 0,08	44,95 ± 4,68	78,00	94,5
Poda media rama delgada	3	ND	9,0 ± 1,45	49,25 ± 8,67	73,10	96,5
Poda media rama gruesa	3	4,62 ± 0,13	1,4 ± 0,16	46,15 ± 2,57	66,10	96,5
Poda alta rama delgada	4	5,96 ± 0,12	13,0 ± 0,51	118,00 ± 10,16	75,90	96,5
Poda alta rama gruesa	4	ND	1,1 ± 0,03	96,00 ± 6,17	67,85	70,5

1. Porcentaje de eficiencia =  $(\sum \text{Tiempos productivos} / \text{Tiempo total}) \times 100$ .

2. Índice =  $(n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3) / (n_1 + n_2 + n_3)$  (Murillo, 2000).

El tiempo promedio de poda por árbol individual registrado sobrepasó el minuto de duración solamente en tres operaciones. Estos valores son menores a los reportados por Espinosa *et al* (1980) en *Pinus radiata* y Fennis (1953) citado por Cahill *et al* (1986) en pino oregón. Apud *et al* (1999) encontraron porcentajes de eficiencia cercanos al 85% para operaciones de poda baja con la herramienta "tijerón" y 90% para una poda media con sierra Lotus<sup>®</sup>. Debido a la poca experiencia referente a porcentajes de eficiencia en labores de poda en *A. mangium*, no se tiene referencia si los valores computados son bajos o altos. En otras actividades forestales donde se requiere operarios con algún tipo de herramienta mecánica o manual, se ha sugerido que porcentajes de eficiencia superiores al 60% pueden ser considerados como aceptables (Cordero 1998, Astúa 1999, Guevara 2007).

El uso de herramientas con pértigas produce que las ramas a podar queden a gran distancia del operario. Entre mayor sea la distancia de trabajo, menor es la precisión con que el operario labora, lo que puede ocasionar cortes defectuosos (Apud *et al* 1999). Los índices de calidad pueden tener gran utilidad para describir rápidamente la forma en que se está realizando una labor. El cuadro 1 muestra como la variable ejecución de poda, para todas las labores se puede expresar por medio de un índice. Valores cercanos a 100 siempre indicarán mayor calidad, mientras cercanos a 0 indicarán una menor calidad. Esta variable es de fácil calificación en el campo y de interpretación posterior. Puede observarse que todas las modalidades de poda investigadas, salvo la última modalidad de poda alta con rama gruesa, registraron valores de eficiencia de un 93 a un 99%, lo cual refleja una excelente labor y alto dominio técnico de la operación.

Los factores que afectaron la ejecución de poda fueron la altura en que se encuentra la rama, el ángulo de inserción de la rama, el peso de la rama (que implican un mayor riesgo de desgajamiento) y el filo y calidad de la herramienta.

Estos resultados son importantes para la toma de decisiones acerca de cuál es el sistema o cuáles son los operarios idóneos para realizar la labor. Los valores registrados en este estudio pueden servir de punto de referencia en futuros trabajos para el control de calidad en la ejecución de podas. Valores inferiores al registrado en este estudio, podrían considerarse como un efecto de mala técnica de poda, del equipo e instrumentos de corte, necesidad de capacitación o supervisión de las labores.

Puede observarse que en promedio, los árboles presentan poco más de 1 rama gruesa en la zona media y alta del fuste.

Los rendimientos de poda varían fundamentalmente según la altura de poda, número de ramas a podar, el diámetro de las ramas, la condición del rodal, el operario entre otros. Se registró una relación inversamente proporcional entre la productividad y la altura de poda, es decir, a mayor tiempo de poda menor rendimiento. De igual manera, el rendimiento menor y los costos mayores se atribuyen a la poda de rama gruesa.

Los rendimientos obtenidos por hora para las operaciones poda baja y poda media completa son superiores a los rendimientos reportados por otros autores como Ramírez (1998) y Albornoz (1996) para una poda de *Eucalyptus regnans* a 3,5 m de altura y distintos tipos de poda de *Pinus radiata* a tres alturas diferentes. Los rendimientos por jornal se encuentran dentro de los rangos reportados por Murillo (2005) para poda hasta 4 metros de altura (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Productividad y costos de ocho tipos de poda en plantaciones de 3 a 4 años de edad de *Acacia mangium*, establecidas a un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m en la zona norte de Costa Rica.

Tipo de poda	Tamaño de muestra (n)	Productividad máxima (árb/hora)	Productividad máxima (árb/jornal <sup>1</sup> )	Productividad real (árb/jornal)	Costos <sup>2</sup> (\$/árbol)
Poda baja completa	14	98 ± 7,21	784	652	0,034
Poda media completa	19	37 ± 1,98	296	246	0,090
Poda media rama delgada <sup>2</sup>	14	76 ± 2,76	608	505	0,044
Poda media rama gruesa <sup>2</sup>	9	68 ± 3,76	544	425	0,052
Poda media rama delgada	14	53 ± 3,22	424	310	0,072
Poda media rama gruesa	9	20 ± 0,72	160	106	0,210
Poda alta rama delgada	10	37 ± 4,30	296	225	0,100
Poda alta rama gruesa	5	29 ± 2,25	232	158	0,142

1. Un jornal de 8 horas.

2. Un US dólar = 580 colones (octubre 2009)

## CONCLUSIONES

- Los operarios encargados de la operación tuvieron un buen desempeño en cuanto a técnica y ejecución de la labor. Es por esto que los porcentajes de eficiencia para todas las labores fueron superiores al 65 %.
- La eficiencia y los rendimientos están en función de: altura de poda, número de ramas a podar, grosor de la rama y el operario que realiza la labor. La operación de poda baja la que presentó un mayor rendimiento (98 árboles/hora) y un menor costo (17 colones/árbol).
- Los valores de calidad de ejecución de la poda registrados fueron en su mayoría superiores al 93%, con excepción de la poda alta de ramas gruesas.

## RECOMENDACIONES

- Realizar futuros trabajos donde se puedan comparar los resultados con los valores aportados en este estudio.

- Se recomienda aumentar la muestra para algunas operaciones.
- Dado el alto costo, importancia económica y destreza técnica requerida en la poda de ramas gruesas, es necesario que esta labor se planifique y se supervise con mucho detenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, C. 1996. Estudio de tiempos y rendimientos en tres alturas de poda de *Pinus radiata* D. Don con tijerón neocelandés. Memoria de Título. Concepción, CH, Universidad de Concepción, facultad de Ciencias Forestales. 48p.
- Apud, E; Gutiérrez, M; Lagos, S; Maureira, F; Meyer, F; Espinosa, J. 1999. Manual de ergonomía forestal. (en línea). Concepción, CH, FONDEF D9611108. Consultado 10 mayo 2009. Disponible en <http://www.2.udec/ergo-conce/informes>.
- Astúa, L. 1999. Evaluación de las operaciones de mantenimiento mecanizado en plantaciones forestales. Ecodirecta S.A. Los Chiles, Alajuela. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. 44 p.
- Cahill, J; Snellgrove, TA; Fahey, T. 1986. The case for pruning young-growth stands of Douglas-fir. Contribution 55. In Douglas-fir: Stand management for the future. Eds. Ch. Oliver; D. Hanley; J. Jonson. Washington, US, University of Washington. p. 123-131.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1992. *Acacia mangium* Willd. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No 196. Cartago, CR, CATIE. 55 p.
- Cordero, W. 1998. Aprovechamiento forestal (versión revisada). Serie de Apoyo Académico No. 8. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 101 p.
- Guevara, M. 2007. Costos y rendimientos de labores de mantenimiento y manejo en plantaciones de acacia (*Acacia mangium*) propiedad de la empresa Ecodirecta S.A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. 146 p.
- Louman, B., Gómez, M., Navarro, G. 2006. Determinación de costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento forestal. In Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Eds. L. Orozco, C. Brumér; D. Quirós. Cartago, CR, CATIE. p. 278-312.
- Murillo, O. y Camacho, P. 1997. Calidad de la poda en plantaciones forestales: metodología para su evaluación. Agronomía Costarricense. 21 (2):229-238.
- Murillo, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 24 (2): 41-48
- Murillo, O; Badilla, Y. 2004. Calidad y valoración de plantaciones forestales. Manual. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. 51 p.
- Murillo, O. 2005. Manejo de plantaciones de teca y melina en Costa Rica. In Programa de Actualización y Mejoramiento Forestal, (2005, Quito, EC). Quito, EC, Programa de Fomento Forestal (PROFAFOR). 25p.
- Reiche, C. 1989. Manual para determinar rendimientos y costos de faena de productos de los sistemas de árboles de uso múltiple. Cartago, CR, CATIE. 62 p.
- Ramírez, R. 1998. Estudio de tiempo y rendimiento en poda de *Eucalyptus regnans* con tijerón neozelandés y serrucho cola de zorro. Memoria de Título. Concepción, CH, Universidad de Concepción, facultad de Ciencias Forestales. 27 p.
- Rojas, F. 2001. Plantaciones forestales. San José, CR, EUNED. 2 ed. 260 p.