



Plantación de *Alnus acuminata* de cinco años de edad en Finca Los Lotes, Cartago, Costa Rica. Distanciamiento 2,5 m x 2,5 m. (P. Camacho)

PRODUCTIVIDAD DE *Alnus acuminata* EN DOS SITIOS DE COSTA RICA

El jaúl (*Alnus acuminata* (HBK) O. Kuntze) de la familia Betulaceae es una especie nativa de América Central y América del Sur (4). Normalmente se le encuentra entre los 1 500 y 3 000 msnm.

La madera es utilizada en la fabricación de ataúdes, cajas para el transporte de hortalizas, hormas para zapatos, palos de escoba, fósforos, carbón, leña y muy recientemente en muebles de corte recto. Las fibras son fuertes e impregnables, con un factor Runkel de 0,32, por lo que se le considera como especie de buena calidad para fabricar papel. La madera de árboles adultos es moderadamente liviana con un peso específico de 0,36 a 0,42 (1).

En Costa Rica esta especie se está utilizando de manera intensa en programas de reforestación; sin embargo, no se cuenta con estudios de producción bajo diferentes métodos de manejo. Este trabajo tiene como objetivo

cuantificar la producción de postes y leña en rodales jóvenes de jaúl y determinar el efecto de distintas densidades de plantación en el crecimiento inicial de la especie.

La cuantificación de la producción se realizó en seis parcelas en dos sitios ubicados en la zona alta del Valle Central de Costa Rica. El primero en Haciendas Forestales, Cascajal de Coronado al oeste del Volcán Irazú, a 1750 msnm, en el bosque muy húmedo Montano Bajo (6) con una precipitación promedio anual de 2081 mm y temperatura media anual de 18°C. Los suelos son de origen volcánico y textura franco arenosa, drenaje superficial regular y pH de 5,5.

El segundo sitio corresponde a la finca Los Lotes, localizada en las estribaciones del Volcán Irazú, en Dulce Nombre de Tres Ríos, a 1 700 msnm. Se ubica también en la zona de vida bosque muy húmedo Montano

Bajo (6) con una precipitación promedio anual de 2 392 mm y una temperatura promedio de 18°C. Los suelos son de origen volcánico y presentan una capa superficial de cenizas de 5 a 10 cm. La textura predominante es arenosa con una profundidad efectiva de 70 a 100 cm y buen drenaje superficial (5).

Para efectos de cuantificación, se establecieron parcelas de 20 m x 20 m en rodales existentes: cuatro en Haciendas Forestales y dos en finca Los Lotes, con espaciamientos originales de 2,0 m x 2,0 m y 2,5 m x 2,5 m respectivamente. Se empleó la metodología desarrollada por el CATIE (3), con algunas modificaciones.

En cada parcela se seleccionó y cortó uno de cada tres árboles siguiendo las hileras, incluyendo los árboles muertos. Antes de cortar se midió en los árboles seleccionados el diámetro basal (10 cm sobre el suelo), el dap y el diámetro de copa. Después del corte se midió la altura total, altura de la copa y altura comercial para leña hasta un diámetro de 2,5 cm.

El fuste se cortó en postes de 2,10 m de largo (6 cm diámetro mínimo), leña (2,5 cm a 6,0 cm de diámetro) y el resto del material se agrupó como follaje (hojas y ramillas menores de 2,5 cm de diámetro). Luego se midió el diámetro superior e inferior de cada poste. Cada producto fue pesado (peso verde) en el campo con una precisión de 0,25 kg.

En cada parcela se seleccionó al azar cinco de los árboles cortados. Se tomó una muestra de aproximadamente 500 g de cada uno de los tres productos para determinar el peso seco al horno (105°C).

Se contó el número de árboles remanentes y se les midió el dap. Se calculó la producción de leña total (postes más leña) en metros cúbicos, además de los otros productos anteriormente mencionados, para realizar luego la cuantificación de la producción total del rodal en función del área.

En la finca Los Lotes se midió además un ensayo de espaciamiento (2,0 m x 2,0 m, 2,5 m x 2,5 m y 3,0 m x 3,0 m), con tres repeticiones y parcelas de 15 m x 15 m. La medición a los 20 meses de edad incluyó el dap, altura total y sobrevivencia.

El Cuadro 1 resume las características de crecimiento y rendimiento de *A. acuminata* en los dos sitios. Las diferencias entre sitios para los parámetros evaluados se deben a las diferencias en edad, en densidad de plantación, y en calidad de drenaje (superior en Los Lotes). En Los Lotes, donde la densidad de plantación es menor, el dap fue ligeramente mayor que en Haciendas Forestales, igual que el rendimiento promedio de leña por árbol.

Cuadro 1 Crecimiento y producción en plantaciones jóvenes de *Alnus acuminata* en dos sitios en Costa Rica

Variables	Sitio	
	Haciendas Forestales	Los Lotes
edad (meses)	42	34
espaciamiento original (m)	2,0x2,0	2,5x2,5
sobrevivencia (%)	89	89
número de árboles remanentes/ha	2225	1425
dap promedio (cm)	7,5	8,0
altura total promedio (m)	10,8	9,5
número de postes/ha *	3392	2225
leña total (m ³ /ha) **	53,0	39,7
leña total (estéreos/ha) **	99,2	74,2
biomasa aérea total (tm/ha)	27,2	17,9

* de 2,1 m de largo y 6 cm de diámetro mínimo
 ** incluyendo los postes

La determinación del peso de los postes mostró ajustes estadísticos satisfactorios (Cuadro 2); esta información puede ser útil para estudios de extracción de los productos de la plantación, y para tratar de obtener algunas relaciones con volumen u otras variables de crecimiento. Sin embargo, no fue posible predecir el número de postes por árbol a partir del dap, ya que la cantidad obtenida por clase diamétrica varió bastante de acuerdo con las alturas de los árboles. Por consiguiente, los datos sobre la leña parcial (la parte del fuste no útil para postes) presentaron grandes variaciones también. Dos factores pueden haber contribuido en la dificultad del ajuste de estos datos, uno de ellos tiene que ver con las densidades iniciales de la plantación (número de árboles por hectárea). Plantaciones más densas presentan árboles más

uniformes o cilíndricos y lo contrario sucede en plantaciones menos densas (árboles más cónicos). El otro factor puede ser debido a las dimensiones de los postes. Dos árboles con un mismo dap pueden producir diferente número de postes dependiendo del factor de forma del mismo. Como se puede observar los dos factores antes mencionados también pueden tener un efecto de interacción que viene a redundar en los resultados.

La predicción del peso seco del follaje (hasta 2,5 cm de diámetro) se obtuvo con resultados aceptables. Esta variable es de difícil determinación porque el tamaño de la copa del árbol es afectado por el espaciamiento; además, *A. acuminata* es una especie subcaducifolia y por tanto el contenido de follaje varía durante el año.

Cuadro 2 Modelos de predicción ajustados para el peso seco por árbol de diferentes productos de *Alnus acuminata* en plantaciones de casi cuatro años en dos sitios de Costa Rica (Nivel de significancia 99,9%)

Peso seco (kg/árbol)	Modelo	R ² (%)	DEE
Postes	$P = -5,8725 + 0,0366 dh + 0,1385 d^2$	60	0,017
Leña parcial (sin postes)	$P = 0,261 + 0,1592 h + 0,035 d^2 - 0,0010 d^2 h$	98	0,002
Leña total (con postes)	$\ln P = -2,8024 + -2,2910 \ln d + 0,0991 \ln h$	93	0,185
Follaje	$P = 0,23 + 0,0686 d^2 + 0,0218 h - 0,0029 d^2 h$	96	0,002
Biomasa total	$P = -0,6792 + 0,0446 h + 0,2084 d^2 - 0,0026 d^2 h$	99	0,003

P = Peso seco (kg)
d = dap (cm) (1,30 m sobre el suelo)
h = Altura total (m)

Lq = Logaritmo natural (base e)
R² = Coeficiente de determinación
DEE = Desviación estándar del error

Para predecir la leña total por árbol se desarrolló un modelo logarítmico con base en altura total y dap. Los modelos de este tipo son de gran utilidad para la toma de decisiones en el manejo de futuras plantaciones, ya que son de fácil utilización y por lo general, estadísticamente confiables. Lo conveniente será que un número mucho mayor de sitios y condiciones de crecimiento se incluyan en futuros análisis para poder aplicar estos modelos a condiciones más amplias del ámbito de distribución de la especie en el país.

Para completar las características de crecimiento y rendimiento del jaúl se hizo un análisis de algunas propiedades energéticas. El Cuadro 3 compara los datos de este análisis con datos de árboles más viejos, los cuales evidencian una aceptable capacidad energética para leña y un alto poder energético para carbón. Es necesario realizar estudios más amplios que incluyan diferentes edades y zonas, para obtener datos más representativos de la especie.

Los rendimientos de los productos en el ensayo de espaciamiento en la finca Los Lotes (Cuadro 4) se estimaron utilizando los modelos de predicción desarrollados en la etapa anterior.

En general, el distanciamiento 2,0 m x 2,0 m supera a los otros dos espaciamientos; con menos árboles por ha, los niveles de producción para todos los productos de la plantación son más altos, a pesar de sacrificar el crecimiento diamétrico. Resultados similares se obtuvieron con el porcentaje de biomasa que puede utilizarse como leña, ya que a mayor dimensión de copa (propia de densidades bajas) mayor es el porcentaje de biomasa en follaje y ramillas que no califica como leña. Esas variaciones quizás obedezcan a las características propias de la especie más que a los tratamientos, pero por la corta edad del ensayo no se pudo determinar con exactitud.

Cuadro 3 Características energéticas de *Alnus acuminata* en Costa Rica

	Leña	Carbón
Jaúl maduro (20 - 25 años)		
kcal/kg	4600	6980
kJ/kg	19255	29218
% volátiles	86,4	22,25
% cenizas	0,34	0,65
% carbono fijo	13,26	74,13
Jaúl joven (2 - 3,5 años)		
kcal/kg	---	7740
kJ/kg	---	32399
% volátiles	---	8,51
% cenizas	---	1,28
% carbono fijo	---	90,21

Fuente: (2)

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se puede considerar al jaúl como especie de uso múltiple y promisorio para la producción de postes, leña y otros productos en las zonas altas de Costa Rica. Será de sumo valor continuar con estudios similares en el manejo de esta especie.

La toma de decisiones con respecto al manejo más rentable está sujeta al conocimiento de datos de mercado actualizados para los productos a obtener, así como a diferencias de costos de establecimiento y mantenimiento en distintas condiciones de plantación.

Se recomienda continuar con estudios de espaciamientos para analizar las variables biológicas del crecimiento y producción, así como los factores económicos y de mercado.

Cuadro 4 Crecimiento y producción de biomasa de *Alnus acuminata* en distintos espaciamientos a los 20 meses de edad en Los Lotes Costa Rica

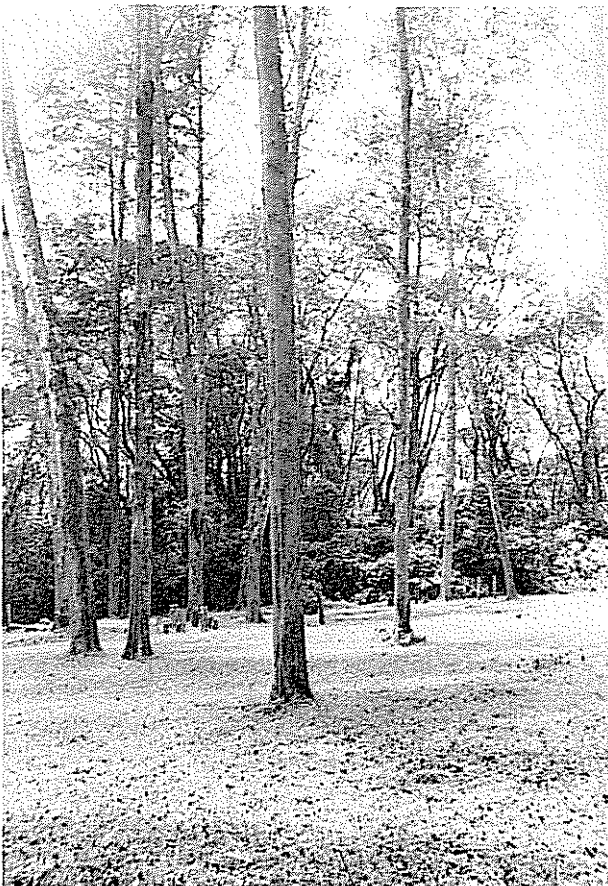
Parámetro	Espaciamiento (m)		
	2,0 x 2,0	2,5 x 2,5	3,0 x 3,0
dap medio (cm)	6,9	7,4	7,7
altura media (m)	7,8	8,1	7,9
sobrevivencia (%)	68	82	58
no. de árboles remanentes/ha	1688	1312	649
número de postes/ha *	1660	1585	1146
leña total (m ³ /ha) **	31,7	28,9	19,8
leña total (estéreos/ha) **	59,7	54,6	37,4
biomasa aérea total (tm/ha)	14,5	13,2	9,4

* de 2,1 m de largo y 6 cm de diámetro mínimo

** incluyendo los postes

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, I. 1967. Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., IICA, Turrialba, Costa Rica. 192 p.
- CALDERON, E. 1985. Informe interno. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Energía. Cartago, Costa Rica. 5 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Serie Técnica. Manual Técnico No. 1. Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- HOLDRIDGE, L. 1951. The alder (*Alnus acuminata*) as a farm timber tree in Costa Rica. Caribbean Forester: 47-57.
- ROJAS, A. 1978. Análisis de suelos de la Finca Los Lotes. Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 179 p.
- TOSI, J. 1969. República de Costa Rica. Mapa ecológico. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. Escala 1:750 000.



Regeneración natural de *Alnus acuminata* de treinta y cinco años de edad en Los Lotes, Cartago, Costa Rica. Distancia media entre árboles 10 m x 10 m. (P. Camacho)

Este artículo fue escrito por

Pablo Camacho, M Sc.
Olman Murillo, Ing. Forestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica.

Revisión

Jan Bauer
Miguel Musálem

Edición

Elizabeth Mora