

Plantación de Eucalyptus saligna de 30 meses de edad en Piedades Norte, San Ramón, Costa Rica. (R. Salazar).

PRODUCCIÓN DE LEÑA DE EUCALYPTUS SALIGNA EN SAN RAMÓN, COSTA RICA

San Ramón es una zona dedicada básicamente al cultivo de caña de azúcar y café. Parte de la producción de caña se emplea en la elaboración de azúcar, y parte se utiliza para hacer dulce (panela) a nivel de finca, para cuyo procesamiento se usa leña. La leña es uno de los factores limitantes en el desarrollo de la pequeña industria productora de dulce, razón por la que el Proyecto Leña desde 1980 ha venido estudiando el potencial de varias especies forestales para la producción de leña.

En este artículo se analiza el crecimiento y rendimiento de un rodal de *Eucalyptus saligna* Smith para suplir las necesidades de leña de un trapiche

en Piedades Norte de San Ramón, Alajuela, Costa Rica. La finca en estudio está casi totalmente cultivada con caña de azúcar; sólo posee algunas áreas de bosque secundario de donde se extrae la leña que se usa en la cocción del jugo de caña para producir el dulce.

El trapiche es manejado por nueve operarios que trabajan en turnos de 13 horas/día, 104 días/año y produce aproximadamente 1500 atados de dulce por día (156 000 atados/año); cada atado tiene un peso aproximado de 1 kg. Para alcanzar esta producción el trapiche procesa 17 tm de caña por día de trabajo (45 atados/tm/día). El proceso de molienda se realiza con fuerza hidráulica y la coc-

PROYECTO CULTIVO DE ARBOLES DE USO MULTIPLE

CATIE - ROGAP 596-0117 Turrialba, Costa Rica

ción del jugo con el bagazo de la caña, el cual debe ser complementado con aproximadamente 2,9 estéreos de leña/día (300 estéreos/año). La leña se extrae de los bosquetes secundarios de la misma finca, los que están siendo fuertemente diezmadados, por lo que en los próximos años habrá problemas de abastecimiento si no se establecen plantaciones para producir leña. En igual o peor situación se encuentran los otros trapiches de la región.

CARACTERISTICAS DEL SITIO

En 1982 se estableció en Piedades Norte de San Ramón una plantación de 0,55 ha. de *E. saligna* para estudiar el potencial de la especie como fuente de leña para el trapiche. Antes de establecer la plantación el sitio estuvo como potrero y luego fue plantado con plátano. Simultáneamente se establecieron pequeños rodales en otras fincas de la zona, principalmente en suelos de potreros con problemas de compactación, tres de estos rodales son considerados en este estudio para comparar crecimientos.

Para reducir los costos de mantenimiento del eucalipto en la plantación de Piedades Norte, primero se sembró maíz (*Zea Mayz*) a un espaciamiento de 2,00 m x 0,84 m (18 000 plantas/ha); una vez germinado el maíz se plantó el eucalipto a 2,00 m x 2,00 m (2 500 árboles/ha) y se fertilizó con 40 g/árbol de la fórmula completa 10-30-10 (N-P-K) al fondo. Este tratamiento también se aplicó a las otras plantaciones. Los rodales se establecieron a elevaciones entre 1 000 y 1 800 msnm, con una precipitación media anual aproximada de 1926 mm, 22°C de temperatura media anual y cinco meses con menos de 50 mm de precipitación. Sólo en el caso de Piedades Norte el suelo estaba sometido a labores agrícolas antes de establecer la plantación, era relativamente fértil y con características físicas buenas, los otros tres sitios comparativos eran potreros con problemas de compactación y competencia de gramíneas.

CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO

Para evaluar el crecimiento de la especie, en los cuatro rodales se establecieron parcelas de crecimiento que fueron evaluadas cada seis meses durante los primeros 24 meses. El Cuadro 1 resume el crecimiento durante este período.

A los dos años la parcela del sitio 1 mostró una tasa de crecimiento anual de 4,0 cm en dap y 4,8

Cuadro 1. Crecimiento del *Eucalyptus saligna* durante los primeros 24 meses en cuatro sitios. San Ramón, Costa Rica.

Sitio Site	d a p (cm) b h d			Altura total (m) Total height			
	12 meses	18 meses	24 meses	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
1. Piedades Norte	2,8	6,3	8,1	1,3	3,7	7,3	9,7
2. Coopecafira	1,1	2,1	3,2	0,9	2,2	2,9	4,1
3. La Paz	—	0,5	1,5	0,7	1,3	1,5	2,3
4. San Ramón	—	0,2	1,2	—	1,5	—	2,1

m de altura total, este crecimiento en términos generales fue de dos a cuatro veces superior al que presentaron las otras tres plantaciones (Cuadro 1). Las Figuras 1 y 2 muestran las tasas de crecimiento diferentes tanto en dap como en altura total. En promedio, los tres sitios con crecimiento pobre mostraron un incremento medio anual (IMA) de 1,0 cm en dap y 1,4 m en altura total.

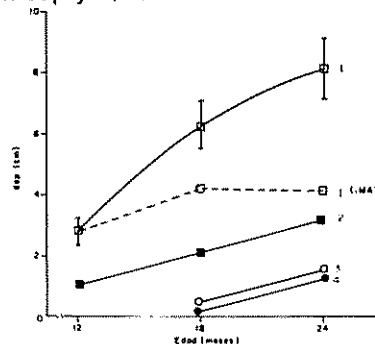


Fig. 1. Crecimiento en dap (cm) de *E. saligna* en San Ramón, Costa Rica.

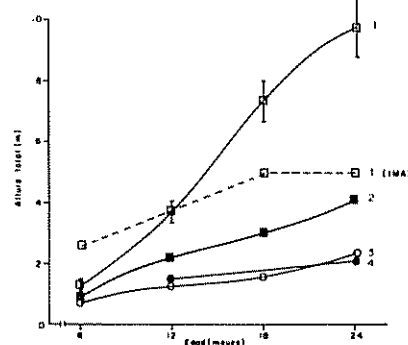


Fig. 2. Crecimiento en altura total (m) de *E. saligna* en San Ramón, Costa Rica.

Los incrementos de los tres sitios más malos, son inferiores a los reportados en Hawaii en plantaciones energéticas de 2,5 y 4,5 años sobre suelos pobres y con densidades similares, donde también se detectó una respuesta significativa, tanto en crecimiento en dap como en altura a aplicaciones periódicas de fertilizante (NPK) durante los primeros meses de crecimiento (4). El crecimiento inferior que mostraron los sitios 2, 3 y 4 es posible que se deba al efecto combinado de suelos arcillosos compactados, con problemas de mantenimiento, competencia de las gramíneas y calidad de plántulas utilizadas.

En todos los sitios a excepción del sitio 4, se observó una correlación altamente significativa ($p \leq 0,001$) entre dap y altura total a los 12, 18 y 24 meses. Los siguientes modelos de regresión simple permiten estimar los crecimientos en dap y altura total para plantaciones de 24 meses de

Table 1. *Eucalyptus saligna* growth during the first 24 months in four sites. San Ramón, Costa Rica.

edad, en suelos relativamente fértiles y no pastoreados en San Ramón.

Para calcular dap y altura total se usaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{dap (mm)} &= -6,804 + 2,915 \times x \\ x &= \text{edad (meses)} \\ R^2 &= 65\% \\ \text{Ln } h &= \text{altura total (dm)} \\ h &= 4,212 - 10,858 \cdot 1/x + 0,022 \times x \\ x &= \text{edad (meses)} \\ R^2 &= 65\% \end{aligned}$$

El crecimiento en sitio 1 es similar al reportado en Medellín y Popayán, Colombia, donde se encontró un IMA en altura total de 4,2 m y 3,2 m en plantaciones de dos años, a 1900 msnm y 1700 msnm, con precipitaciones de 1600 mm y 1950 mm respectivamente. En Popayán a 2400 msnm la especie muestra un IMA de 0,5 m a los tres años, menor que los incrementos de 1,4 m y 0,8 m alcanzados por *E. globulus* y *E. grandis* (1,2).

PRODUCCION DE LEÑA

En una parcela de 196 m² (27 árboles), representativa del rodal del sitio 1 se cuantificó la producción de leña y biomasa área total a los 30 meses siguiendo la metodología desarrollada por el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía (3). El Cuadro 2 presenta los valores de las variables evaluadas en la parcela de rendimiento y el grado de correlación detectado entre los distintos parámetros. Con una sobrevivencia de 95 por ciento se encontró a los 30 meses un rendimiento de leña seca de 41,3 tm/ha (16,5 tm/ha/año), y una producción de biomasa seca total de 53,9 tm/ha (21,7 tm/ha/año). En Sao Paulo, Brasil en plantaciones

de *E. saligna* con ocho años de edad y 1 966 árboles/ha en suelos arenosos de baja fertilidad, se reportan rendimientos de 11,3 tm/ha/año de leña seca y 13,3 tm/ha/año de biomasa seca total (5).

El rendimiento en términos de leña verde apilada fue de 150 estéreos/ha a los 30 meses (64 estéreos/ha/año). Si el trapiche de la finca requiere aproximadamente 300 estéreos de leña al año para satisfacer las necesidades de producción de dulce, deberá establecer anualmente durante tres años plantaciones de 1,6 hectáreas y manejarlas en turnos de tres años. Esto quiere decir que si se alcanza la misma tasa de rendimiento anual de leña apilada, el trapiche deberá mantener bajo producción forestal un área de aproximadamente cinco hectáreas, siempre y cuando se logre el mismo rendimiento y se dé un manejo adecuado a los rebrotos.

El estudio de las características de la madera de *E. saligna* determinó que la leña a los 30 meses tiene un contenido de humedad de 57 por ciento y 61 por ciento en el follaje. La gravedad específica de la madera fue de 0,42 y el contenido de cenizas de 0,73 por ciento. Se determinó que la madera tiene un poder calórico de 18 390 kJ/kg, lo que equivale a una producción de energía de 30,3 x 10⁷ kJ/kg/ha/año. El Cuadro 3 muestra la tabla de rendimiento de leña seca al horno para *E. saligna* a los 30 meses, desarrollada con base en un modelo logarítmico de predicción.

$$\begin{aligned} \text{Ln } pl &= -3,8835 + 1,9107 \text{ Ln } \text{dap} + 0,9508 \text{ Ln } h \\ pl &: \text{ peso leña seca (kg)} \\ h &: \text{ altura total (m)} \\ \text{Ln} &: \text{ Log. natural} \\ R^2 &: 99\% \end{aligned}$$

Cuadro 2. Variables cuantificadas y su correlación en un rodal de *Eucalyptus saligna* en San Ramón, Costa Rica.

Table 2. Quantified variables and their correlation in an *Eucalyptus saligna* plantation. San Ramón, Costa Rica

Variables	Prom./árb. Ave/tree (x)	CV (%)	Val. máx. max.val.	Val. mín. min.val.	Correlaciones Correlations (— 0,001)		
					Alt. tot. Tot. height	dap bhd	diám. basal basal diam.
Altura total (m) Total height	11,0	19	14,0	7,0	—	—	—
dap (cm) bhd	9,6	29	15,0	5,2	***	—	—
Diámetro basal (cm) Basal diameter	12,0	27	18,0	6,0	***	—	—
Peso seco fuste (kg)* Dry wood weight	17,4	65	45,0	3,0	***	***	***
Peso seco follaje (kg)* Dry foliage weight	5,3	64	12,0	1,0	***	***	***
Peso seco total (kg)* Total dry weight	22,7	64	57,0	3,0	***	***	***

* Peso seco a 80°C/Dry weight 80°C.

Cuadro 3. Rendimiento de leña seca (kg/árbol) de *E. saligna* de 30 meses de edad. San Ramón, Costa Rica.

dap bhd (cm)	Altura total (m) Total height								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8
6	4,0	4,6	5,1	5,6	6,2	6,7	7,3	7,8	8,3
8	6,9	7,9	8,9	9,8	10,7	11,6	12,6	13,5	14,4
10	10,7	12,7	13,6	15,0	16,4	17,8	19,3	20,7	22,1
12	15,1	17,2	19,2	21,3	23,3	25,3	27,3	29,3	31,3
14	20,3	23,1	25,8	28,5	31,2	33,9	26,6	39,3	41,9

Table 3. *Eucalyptus saligna* dry wood production (kg/tree), 30 months age. San Ramón, Costa Rica.

El siguiente modelo puede ser utilizado para predecir la producción de biomasa seca total a los 30 meses en suelos buenos de San Ramón.

$$\ln pt = -3,3189 + 2,1504 \ln dap + 0,6018 \ln h$$

pt : peso seco total (kg)
h : altura total (m)
Ln : Log. natural
h : altura total (cm)
R² : 99%

CONCLUSIONES

El crecimiento de *E. saligna* a los dos años en un suelo fértil y con buen mantenimiento en San Ramón, Costa Rica, puede considerarse como muy bueno, en comparación con el crecimiento logrado en otros rodales de la misma región en suelos poco fértiles, con problemas de compactación y competencia de gramíneas, factores que se consideran como limitantes para el buen crecimiento de la especie.

En el sitio Piedades Norte el rendimiento de leña seca de 16,5 tm/ha/año, ó 64 st/ha/año en 30 meses es muy satisfactorio y superior al mostrado por la especie en los otros sitios. Este rendimiento permite considerar a la especie como muy promisorio y recomendable para futuras reforestaciones en la región de San Ramón, siempre y cuando el sitio a plantar sea fértil, no compactado y el mantenimiento de la plantación no permita la competencia de las malezas durante los primeros meses de crecimiento.

Ya que como norma los sitios más fértiles son dedicados a la agricultura, sería aconsejable realizar algunas investigaciones sobre preparación de terreno, uso de fertilizantes y control de malezas, con el objeto de determinar el sistema más apro-

piado que permita incorporar los suelos con factores limitantes a la producción de madera o leña de *E. saligna* para esa región, así como probar otras especies.

Para lograr una adecuada producción periódica en bosques energéticos con *E. Saligna*, es recomendable desarrollar un manejo de rebrotes que permita alcanzar la mayor producción en cantidad y calidad en un tiempo razonable.

En términos de crecimiento y producción de leña, la especie representa una excelente alternativa para establecer pequeños bosquetes energéticos, que permitan suplir las necesidades de leña, tanto para consumo doméstico como para uso de la pequeña industria rural.

LITERATURA CITADA

1. CANNON, P. G. Crecimiento de *Eucalyptus* en seis ensayos de especies y procedencias en el Valle del Cauca: resultados después de tres años. Informe de Investigación N° 81. Cartón de Colombia. 1982. 14 p.
2. CARTON DE COLOMBIA. Resultados al finalizar dos años de un ensayo de especies y procedencias de *Eucalyptus* en seis sitios en Colombia. Informe de Investigación N° 58. Colombia, 1980. 10 p.
3. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña Serie Técnica. Manual Técnico N° 1. 1984. 115 p. 6 refs.
4. *Eucalyptus* PLANTATIONS FOR ENERGY PRODUCTION IN HAWAII. Annual Report 1983. Hawaii, 1983. 121 p.
5. POGGIANI, F., COUTO, H. T. CORRADINI, L. y FAZ-ZIO, E. C. Exportação de biomasa e nutrientes a través da exploração de *E. saligna*. IPEF. 25:37-39. 1983.

Agradecimiento: A los asistentes del Proyecto Leña en Costa Rica por su apoyo en el trabajo de campo; al Ing. Valentín Jiménez por la elaboración de los análisis.

Nota: Compendio del trabajo presentado en la Reunión de Trabajo de IUFRO S1.07.09 realizada en Turrialba, Costa Rica en junio de 1985.

Este trabajo fue escrito por
Rodolfo Salazar, Ph.D. Genética Forestal
CATIE, Costa Rica

Revisión: Jan Bauer, M. Sc.
Editora: Elizabeth Mora