

La producción de carbón de *Eucalyptus camaldulensis* cultivado en sistemas agroforestales en Rosario de Mora, El Salvador¹

Giovanni Martínez², Héctor Morales, Saúl Hernández, Celia A. Harvey³, Luis Fernando Castaneda⁴, Modesto Juárez⁵

Palabras claves: comercialización, demanda carbón, leña, proceso carbonización

Resumen

Se documentó la experiencia de producir carbón a partir de *Eucalyptus camaldulensis*, cultivado en sistemas agroforestales (SAF) y se evaluaron los rendimientos, costos y limitantes de la producción en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, El Salvador. Los árboles en SAF son utilizados para leña (consumo directo o para producir carbón) y madera rolliza. Los productores hacen carbón utilizando un horno artesanal rústico. La producción de carbón no es rentable debido al alto requerimiento de mano de obra que ocasiona altos costos. Las principales limitantes para la producción de carbón son los bajos rendimientos obtenidos en el proceso de carbonización empleando métodos tradicionales utilizados (en invierno, 136 m³ de leña), los altos costos de producción y los bajos precios de venta (US\$ 4.55 a 7.88 por saco de 46 kg). La actividad de carbón podría ser rentable si se mejorara el manejo de los SAF, la eficiencia del método de carbonización y la comercialización del producto.

Charcoal production from *Eucalyptus camaldulensis* cultivated in agroforestry systems of Rosario de Mora, El Salvador

Abstract

The production of charcoal from *Eucalyptus camaldulensis* planted in agroforestry systems was documented, and the costs, yields and limitations of charcoal production were evaluated in the community of Las Margaritas, Rosario de Mora, El Salvador. The trees in agroforestry systems are used as firewood (for direct consumption or to produce charcoal) and as timber. The farmers produce charcoal using a simple home made. Charcoal production is not a profitable activity because it demands high labor, which is costly. The principal limitations for producing charcoal are the low yields obtained using traditional production methods (in the rainy season, 136 kg per cubic meter of firewood), the high production costs and low sale prices (US\$ 4.55-7.88 per 46 kg sack). Charcoal production could be made profitable by improving the management of the agroforestry systems, the efficiency of charcoal production and the marketing of the charcoal.

INTRODUCCIÓN

El Salvador enfrenta un deterioro acelerado de los recursos naturales, especialmente el bosque natural, que en 1992, solo alcanzaba una cobertura de 3% del territorio nacional (Current y Juárez 1992). El uso de leña y carbón juega un papel importante en este deterioro; el consumo *per capita* de leña a nivel nacional es de 2 kg

diarios, de los cuales el 89% se consume en áreas rurales. En cuanto a carbón, el consumo *per capita* nacional para 1992 fue de 8.82 kg anuales, concentrándose mayormente en el sector del área metropolitana de San Salvador (Current y Juárez 1992).

Una posible solución para satisfacer la demanda por le-

¹ Basado en: Morales Rico, HF; Martínez Baires GL; Hernández Ordoñez, SA. 2001. Evaluación y documentación de la producción de carbón de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) plantado en sistemas agroforestales en Rosario de Mora, El Salvador. Tesis de Ing Agrónomo Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad de El Salvador, 121 p.

² Alumnos de la orientación Generalista de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador E-mail: giovanni252002@yahoo.com, hfmori@yahoo.com

³ Profesora Investigadora. Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales, CATIE, Costa Rica E-mail: charvey@catie.ac.cr

⁴ Unidad de Postgrado, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

⁵ PAES/Consortio IICA - CATIE - CRS - UCA, El Salvador.

ña y carbón sin destruir el bosque natural es establecer sistemas agroforestales (SAF) que pueden suplir esas necesidades y además producir madera. A través del Proyecto MADELEÑA (1984-1992), se establecieron árboles de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) en diferentes SAF (cortinas rompevientos, linderos, árboles en asocio con maíz y otros) en 30 fincas en la comunidad Las Margaritas, con la finalidad de incorporar árboles de uso múltiple en la comunidad y así aliviar la presión sobre los bosques naturales del área. Aunque los productores de la zona tienen más de ocho años de utilizar eucalipto de SAF para elaborar carbón, no se han documentado sus experiencias ni se ha evaluado la rentabilidad de esta actividad.

El objetivo de esta investigación fue evaluar y documentar el proceso de producción de carbón a partir de *E. camaldulensis* plantado en SAF en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, El Salvador. Los objetivos específicos fueron: 1) caracterizar el estado de los SAF y su potencial de producción de carbón; 2) documentar el manejo y uso de los SAF por los productores, la producción de carbón y el impacto del proyecto sobre la comunidad; y 3) documentar el proceso de comercialización del carbón y su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de mayo a octubre del 2000, en la comunidad Las Margaritas del municipio de Rosario de Mora, departamento de San Salvador, El Salvador (250 msnm, temperatura promedio de 24 °C, 1500 mm de precipitación anual, suelos Regosoles y en menor proporción Leptosoles, con sitios de pendiente fuerte; MAG, 1992). Los productores se dedican al cultivo de granos básicos, hortalizas y la producción de carbón. Las fincas son pequeñas (en promedio 3 ha), y la mayor cantidad de terreno está destinado para pastos (promedio de 0.93 ha) y granos básicos (en promedio 0.47 ha por finca). Los SAF con *E. camaldulensis* fueron establecidos en 1984 y 1992 y ocupan actualmente un promedio de 0.15 ha (rango de 0.08-0.17 ha) por finca.

Para documentar las experiencias del uso de eucalipto de SAF para la producción de carbón, se realizaron: 1) una encuesta con 17 productores sobre el manejo y uso de los SAF; 2) un inventario y evaluación de 19 plantaciones (544 árboles medidos); 3) una encuesta orientada al proceso y comercialización de carbón (a 12 agricultores) y 4) observaciones directas sobre el proceso de producir carbón con cinco productores para evaluar la rentabilidad. Para obtener datos sobre los rendimientos,

costos y ganancias del proceso, se acompañaron a cinco productores (seis quemas) en la elaboración de carbón (durante un mes). En cuatro de las quemas se utilizaron árboles de eucalipto, provenientes de los SAF; en otras dos quemas, se utilizaron especies nativas como: guayacán (*Guajacum officinale*), chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*), Güiligiüste (*Rhamnus humboldtiana*) y madrecaao (*Gliricidia sepium*) que provenían de bosques secundarios. Debido a que no hubo diferencias significativas entre métodos de producción ni en los rendimientos de carbón utilizando especies nativas y eucalipto, se reportaron todas las quemas juntas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los SAF y su manejo

Los SAF con eucalipto ocupan, en promedio, un área promedio de 0.16 ha y representan el 5% del total de la finca. La mayoría de los productores establecieron sus árboles en bosquetes (8), cortinas rompevientos (7); pocos lo establecieron en asocio con cultivos (4) o al contorno (2); algunos establecieron varias parcelas en sus fincas. Los agricultores prefieren plantar los árboles en bosques o cortinas rompevientos porque además de proteger los suelos contra la erosión, los árboles engruesan más rápido en cortina y los árboles plantados en bosque mejoran el paisaje.

El manejo que los agricultores han dado a sus parcelas fue muy variable. Por ejemplo, el 83% efectuó limpiezas en los primeros dos años, mientras que el otro 17% ha seguido limpiando sus parcelas cada año. El 77% de los productores maneja los rebrotes cuando tienen una altura mayor de 1.5 m, seleccionando 2-3 brotes más rectos y vigorosos y eliminando los demás. Los árboles de eucalipto en las parcelas presentaron diferencias en cuanto a sus diámetros, alturas y número de ejes. El diámetro promedio de los árboles fue 15.1 cm; la altura promedio fue de 13.6 m. Estas diferencias reflejan los diferentes manejos dados a las plantaciones y diferentes historias de aprovechamiento. La mayoría de las plantaciones (14 de 18) han sido aprovechadas para leña, madera rolliza o para carbón y tienen diámetros pequeños (menores de 30 cm)

Los productores han utilizado los árboles de eucalipto para leña (12%), madera para techo (23%) y para producción de carbón (18%). Para leña utilizan restos del raleo, de materiales de construcción y de la producción de carbón. El aprovechamiento para madera rolliza, al igual que para leña, lo realizan únicamente cuando se necesita, extrayendo solamente algunos árboles de la

plantación. En cambio cuando aprovechan la madera para carbón realizan cortes totales de los árboles con diámetros mayores de 6 cm.

Actualmente el volumen potencial (total) de leña de las 18 fincas estudiadas es de 284 m³. La mayor cantidad de leña se obtendría de los bosquetes (187 m³) y de las cortinas rompevientos (57 m³), ya que son estos sistemas los que ocupan mayor área (Figura 1). Aunque hay un menor número de árboles en las cortinas rompevientos, los árboles son más altos y de mayor diámetro comparado con otros sistemas. Si los productores decidieron aprovechar las plantaciones para carbón (incluyendo únicamente árboles con dap > 6 cm), obtendrían un total potencial de 204 m³ de leña. Sin embargo, mediciones en el campo con los productores indican que sólo el 40% de la leña es apta para hacer carbón (Cuadro 1).

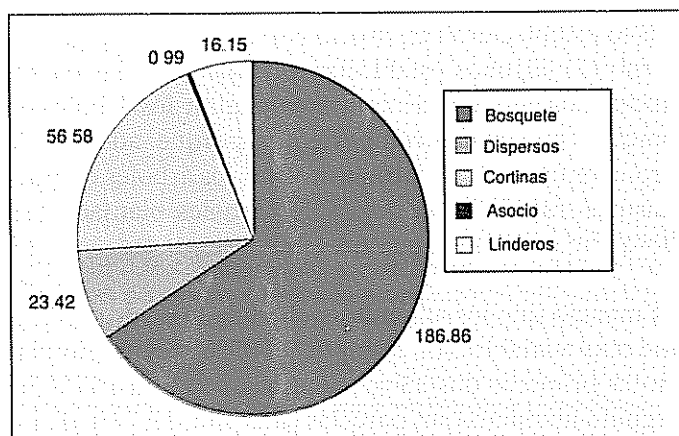


Figura 1. Volumen potencial de leña (m³) por sistemas existentes asumiendo un aprovechamiento total de las plantaciones en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, El Salvador, 2000.

Producción de carbón

Los productores fabrican carbón utilizando un horno artesanal⁶, fabricado de tierra y hojas. La leña utilizada para producir carbón, es cortada por lo menos con dos meses de anticipación en trozos de 1.4 m de longitud para lograr secarla. Antes de la introducción de eucalipto, los productores utilizaban el 100% de especies nativas para producir carbón. Después del establecimiento de los SAF con *Eucalyptus camadulensis*, el 24% de la producción proviene del eucalipto y 76% de especies nativas. Las especies más usadas antes del proyecto eran el chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*), guayabillo (*Psidium sartorianum*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*); en la actualidad estas especies se continúan utilizando, pero en menor escala (Cuadro 2).

Comercialización de carbón

De los productores que han fabricado carbón (n=12), el 58% prefieren venderlo en el mercado central de San Salvador, el 25% lo venden en la comunidad Las Margaritas y el restante (17%) lo venden en el mercado de Ciudad Delgado. La mayoría venden el carbón a mayoristas de los mercados (5 personas), aunque algunos lo han vendido al detalle (4 personas) o al transportista (3 personas). El 83% de los encuestados dijeron que es mejor venderlo al minorista ya que hay más beneficio económico; mientras que el 17% dice que es mejor venderlo al mayorista, por la facilidad de comercialización. Los meses en que venden el carbón son principalmente diciembre, enero y abril; aunque algunos productores lo comercializan también en noviembre y febrero. Los meses en los que el carbón tiene menos precio son de febrero a julio, que es cuando los productores no realizan labores agrícolas, y disponen de más tiempo para su fabricación.

Cuadro 1. Volumen real y potencial de carbón y leña por parcela de eucalipto (*Eucalyptus camadulensis*), según el número de árboles presentes en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, San Salvador, 2000 (18 plantaciones).

	Número de árboles/ parcela	Número de árboles aptos para carbón	Volumen potencial (m ³)	Volumen transformado (m ³)	Número potencial de sacos de carbón ¹
Rangos	9 - 359	9 - 278	0.8 - 31.4	0.3 - 12.5	1 - 38
Promedio	68.8	53	10.7	4.3	12.8
Desv. estándar	88.5	68	9.0	3.6	10.8
Total	1307	1006	204	81	243

¹ 1 saco= 100 lbs o 46 kg

⁶ Para construir el horno artesanal, los productores trazan un círculo con un radio adecuado a la cantidad de leña a prensar por ejemplo, para tres pantes (unidad utilizada en la producción de carbón equivalente a 2.37 m³ estereos, o 476 kg) de 1.92 x 1.92 x 0.73 m c/u, se hace un círculo con radio de 2 m con esta medida el horno tendrá una altura promedio de 1.27 m). Luego se prensa o apila la leña (en forma vertical u horizontal), procurando no dejar espacios vacíos porque en estos el fuego aumenta debido a que existe mayor cantidad de oxígeno, produciendo ceniza en lugar de carbón. En la cima del horno y al centro, se deja el agujero de encendido, el cual debe tener una profundidad de 60 cm y un diámetro de 13 cm. Para permitir y controlar la entrada del aire en el horno se colocan trozos gruesos alrededor de su base del horno (cabeceras) procurando dejar espacios donde circule el aire. Por último se tapa el horno con tierra seca y suelta con el objetivo de sellarlo y permitir que el proceso de carbonización se puede llevar a cabo

Cuadro 2. Especies utilizadas para leña y carbón antes y después del establecimiento de SAF con el proyecto MADELEÑA, Rosario de Mora, El Salvador, 2000

ESPECIES	Nombre Científico	% de productores que utilizaron esta especie antes del proyecto*	% de productores que utilizaron esta especie después del proyecto
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	82	41
Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	53	35
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0	24
Quebracho	<i>Lypsiloma divaricatum</i>	29	24
Almendro de río	<i>Andira inermis</i>	24	18
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	29	18
Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	47	18
Guayacán	<i>Guajacum officinale</i>	12	6

* Los porcentajes no suman 100% porque la mayoría de los productores utilizan varias especies.

Rentabilidad de la producción de carbón

En las seis quemas documentadas, la cantidad promedio de leña utilizada en cada carbonera fue de 4.87 m³, de la cual se obtuvo un promedio de 14.6 sacos de carbón (un rendimiento aproximado de tres sacos por m³, Cuadro 3). Este rendimiento supera ligeramente al obtenido por carboneros costarricenses (quienes obtuvieron 2.86 sacos de 46 kg por m³ de leña, utilizando *Quercus copeyensis* (aus der Beek *et al.* 1993). En Las Margaritas el proceso demoró en promedio 10 días y se utilizaron un promedio de 13 jornales (Cuadro 3).

En el 50% (3) de los casos estudiados, los ingresos totales fueron positivos, con ganancias netas de ¢ 48 a ¢ 210 colones por quema (\$1=¢8.75; Cuadro 3). En estos casos, la productividad del horno fue alta, utilizaron poca mano de obra y vendieron a buen precio o al detalle. En

los otros tres casos, los productores tuvieron pérdidas (de ¢ 90 a ¢ 740 colones por quema) debido a los bajos rendimientos, los altos costos y los bajos precios del producto.

En general, la producción de carbón no fue rentable principalmente debido a los altos costos de producción. El costo de la leña es relativamente bajo (¢ 120 por parte= 476 kg.) y representa el 40% del gasto total. El factor más importante para aumentar los costos de producción es la cantidad de mano de obra que se requiere para el cuidado del horno, mientras se termina el proceso (en promedio 13.2 jornales). La mano de obra representa entre 51- 68% del gasto total. La baja rentabilidad del carbón también se debió a la fluctuación de sus precios, ya que el precio del saco de carbón puede variar según la persona, el sitio y la época de venta (varía desde ¢ 40-

Cuadro 3. Detalles sobre la producción de carbón: volúmenes, rendimientos, duración, jornales e ingreso en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, San Salvador, 2000

Quema	Especie utilizada	Volumen de leña (m ³)	Carbón (sacos de 46 kg)	Relación Carbón/leña	Duración proceso (días)	Número jornales*	Costos totales (¢)	Ingresos totales (¢)	Ingresos netos (¢)	Ingresos netos sin incluir jornales (¢)
1	Eucalipto	5.14	18	1 : 3.50	10	14	990	900	-90	540
2	Nativas	4.30	15	1 : 3.48	8	12	840	900	60	540
3	Nativas	6.08	20	1 : 3.29	9	11	990	1200	210	720
4	Eucalipto	4.34	12	1 : 2.76	7	10	380	828	48	468
5	Eucalipto	5.08	13	1 : 2.56	11	15	1020	585	-435	225
6	Eucalipto	4.26	10	1 : 2.35	13	17	1140	400	-740	40
Promedio	4.87	14.67	1 : 2.99	9.67	13.2	960	802.17	158		

1US\$ = ¢8.75colones de El Salvador



En la construcción del horno artesanal, la madera se va colocando en forma piramidal; luego se cubre con hojas y tierra (Foto: G Martínez).

70 el saco), dependiendo de la persona, el sitio y la época de venta.

Aunque el análisis muestra que la producción de carbón no deja muchas ganancias, el hecho de que se utiliza mano de obra familiar aumenta el ingreso en efectivo entre ¢40 a ¢720 por quema. Estos ingresos en efectivo son mayores a los que obtendrían si venden los árboles como leña, ya que en caso que se venda la leña se obtendrían solamente ¢360 por los tres pantes, mientras que al transformarlos en carbón se pueden obtener en condiciones de época lluviosa hasta ¢720. Aunque la producción de carbón no es tan rentable y exige mucho esfuerzo, los productores fabrican carbón cuando necesitan dinero para la compra de los insumos agrícolas y para gastos domésticos, principalmente en la época seca, cuando no existen otras oportunidades de trabajo. Además, como el carbón es un producto que se puede almacenar y no se deteriora, pueden venderlo en cualquier época del año.

Los ingresos de la producción de carbón podrían ser mayores y la actividad podría llegar a ser rentable si se mejora el rendimiento a través de un método más eficiente de producción, un mejor manejo de las plantaciones de eucalipto y una mejor comercialización.

CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales con *E. camaldulensis* son una fuente alternativa de leña y madera de alta calidad

para el productor. Debido a la presencia de árboles de eucalipto, los productores han disminuido el uso de especies nativas para elaborar carbón y aunque la deforestación en la comunidad continúa, la presencia del eucalipto ha evitado que siga aumentando. Los SAF han sido manejados de manera esporádica y no organizada, sin cosechas ni manejo regular. Los productores producen carbón utilizando hornos artesanales, en un proceso que demora en promedio 10 días y requiere un promedio 13 días por hombre. La producción de carbón del eucalipto en condiciones de época lluviosa es de aproximadamente tres sacos (46 kg/m³) de leña quemada. En Las Margaritas, el proceso no es rentable ya que hay poca eficiencia, el precio es muy variable y los costos de mano de obra son muy altos. Sin embargo, los productores continúan haciéndolo porque utilizan mano de obra familiar y es un proceso más eficiente que vender la leña.

RECOMENDACIONES

Para mejorar la rentabilidad de la producción de carbón, se recomienda mejorar el manejo de las plantaciones, realizando turnos de aprovechamiento escalonada (cada tres años) y dando un manejo más intensivo a los SAF (limpias, control de plagas, resiembras, raleos y manejo oportuno de rebrotes). También se recomienda concentrar el procesamiento de hacer carbón en la estación seca para reducir los costos de mano de obra y facilitar el manejo. Se deben hacer estudios con hornos más eficientes (por ejemplo hornos metálicos transportables) para ver si son rentables y mejoran la producción. Para mejorar la comercialización del carbón, las comunidades deben crear una asociación de productores de carbón y así lograr una producción más organizada y continua, buscando nuevos mercados para su carbón.

LITERATURA CITADA

- Beek, R aus der; Navas, S. 1993. Técnicas de producción y calidad del carbón vegetal en los robledales de altura de Costa Rica Turrialba, CR, CATIE. 42 p (Serie técnica Informe técnico No. 211).
- Current, D; Juárez, M. 1992. Estado presente y futuro de la producción y consumo de leña en El Salvador. San Salvador, CATIE/ROCAP. 137 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 1992. Almanaque salvadoreño. Soyapango, San Salvador. Centro de Recursos Naturales y Servicio Meteorológico e Hidrología. 98 p.