

## COSTO DE PRODUCCION DE CARBON VEGETAL CON TRES TIPOS DE HORNOS\*

Sayra Navas O\*\*  
Alejandro Meza M.\*\*\*  
Gustavo Jiménez S\*\*\*\*

**S**e presenta la experiencia del Instituto Tecnológico de Costa Rica en cuanto a la producción de carbón vegetal con hornos de colmena, transportables y de rabo caliente. Se incluyen los resultados de un estudio comparativo entre el horno de colmena y el transportable, bajo las condiciones específicas del asentamiento campesino de El Indio, en la Rita de Pococí. Además se incluye una evaluación preliminar del horno de rabo caliente, en las condiciones específicas de la Finca Los Lotes en Tres Ríos.

### INTRODUCCION

Cada día se hace más necesaria la búsqueda y utilización de nuevas fuentes de energía que vengán a sustituir el consumo de energéticos importados. En el balance energético nacional para 1985 se corrobora que el 50,5% de la energía primaria es abastecida por leña y residuos vegetales, especialmente cascarilla de café y bagazo de caña. Asimismo, se visualiza que la leña, el carbón de leña y los residuos vegetales representan un 46,5% del total de la energía consumida en el país<sup>1</sup>.

Considerando el ritmo de tala que tiene el país, junto con los rendimientos involucrados en la industrialización de la madera, se ha determinado que anualmente se desperdician cinco millones seiscientos mil toneladas de madera, que representan energéticamente más de tres millones novecientos mil toneladas

equivalentes de petróleo<sup>2</sup>, usando un valor de poder calórico promedio<sup>3</sup> de 4000 Kcal/kg. Un medio atractivo para convertir ese material lignocelulósico en combustibles agroenergéticos sólidos, líquidos y gaseosos, es la pirólisis o carbonización de la madera<sup>4</sup>; lo que explica que, entre las metas del Plan Nacional de Energía, se incluya la producción de carbón vegetal mediante la construcción de hornos para abastecer el mercado interno y realizar exportación<sup>5</sup>.

De las diferentes tecnologías de carbonización<sup>6</sup> en Costa Rica se han estudiado: las carboneras de tierra<sup>7, 8, 9</sup>, el horno de retorta o estañón<sup>6, 10</sup>, el horno de colmena<sup>11, 12</sup>, el horno de "rabo caliente"<sup>13</sup> y el horno metálico transportable<sup>6, 7, 11, 12, 14</sup>.

Tradicionalmente el carbón vegetal se ha producido y continúa produciéndose por medio de carboneras de tierra, que pueden ser en hoyos o en montículos. La Figura 1 ilustra la carbonera más comúnmente empleada en Costa Rica que es en hoyo.

El horno de retorta o estañón<sup>6, 10</sup> es una de las formas más rudimentarias de producir carbón junto con las carboneras de tierra. Estos hornos han sido diseñados para la carbonización de residuos vegetales de pequeñas dimensiones con una mínima inversión inicial y varios aserraderos usan este tipo de tecnología en el país. Es un método

\* Los resultados que aparecen en este artículo fueron presentados en el I Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Química, realizado en Costa Rica en 1989.

\*\* M.Sc. Química, profesora-investigadora en el Departamento de Química, ITCR.

\*\*\* Ingeniero Forestal, profesor investigador en el Departamento de Ingeniería Forestal, ITCR.

\*\*\*\* Ingeniero en Mantenimiento Industrial, profesor-investigador en el Departamento de Ingeniería Forestal,

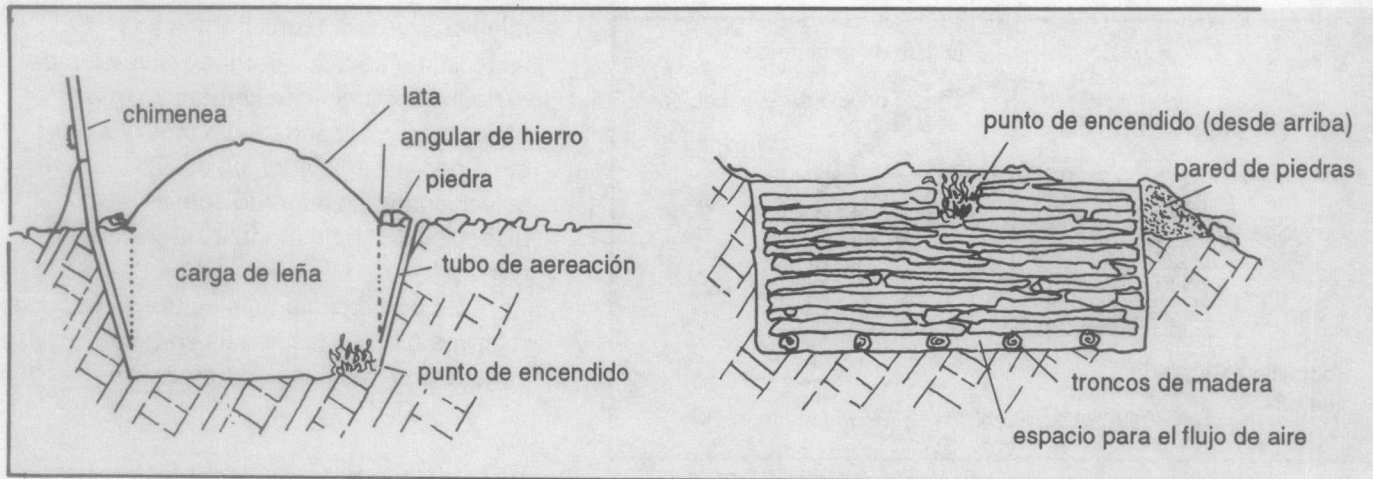


FIGURA 1. Carbonera de tierra en hoyo (6).

sencillo con el que se puede obtener carbón de buena calidad, y se adapta bien a una producción temporal como en el caso del aprovechamiento de desechos debido a su corta vida útil (1 a 2 años), (Figura 2).

Los hornos de colmena (Figura 3) y

de "rabo caliente"<sup>13</sup> (Figura 4) se construyen con ladrillos comunes, tienen forma cilíndrica y están cerrados en la parte superior, por una bóveda de ladrillos también. En Costa Rica estos hornos se contruyen con ladrillos ordinarios de construcción y una mezcla de arcilla,

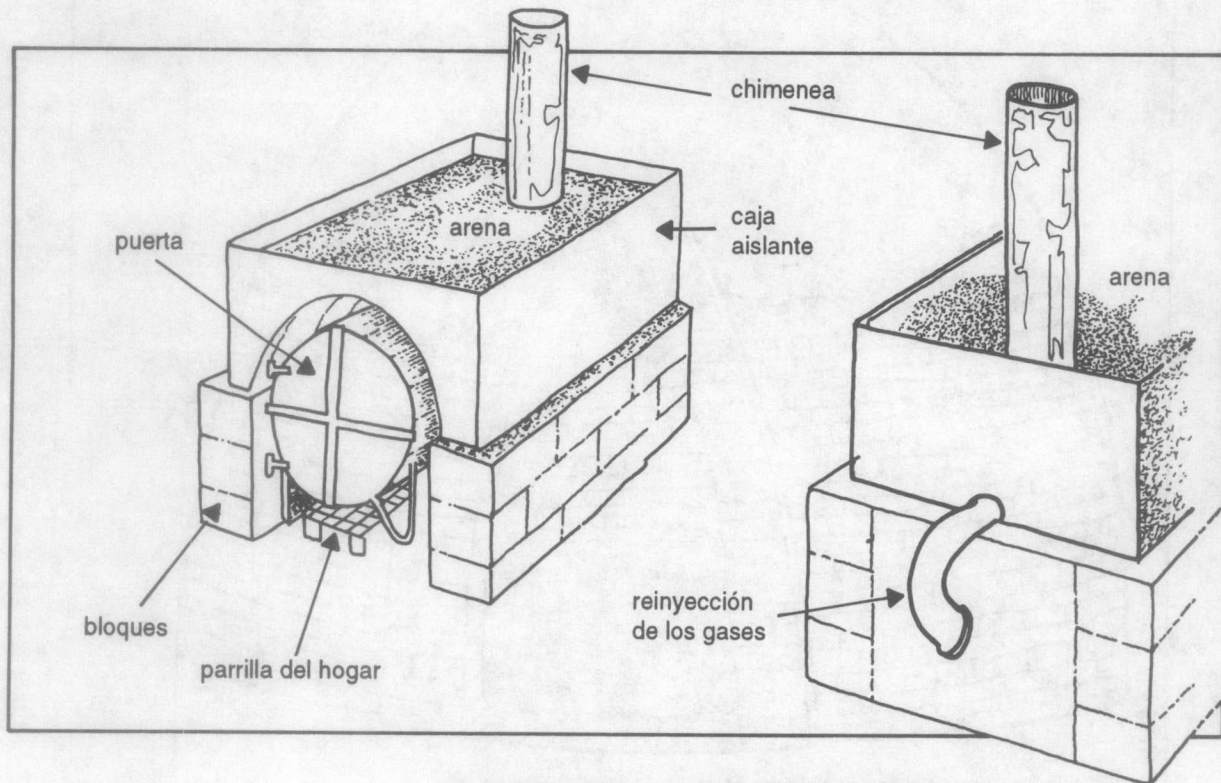


FIGURA 2. Horno de retorta o estañón (6).

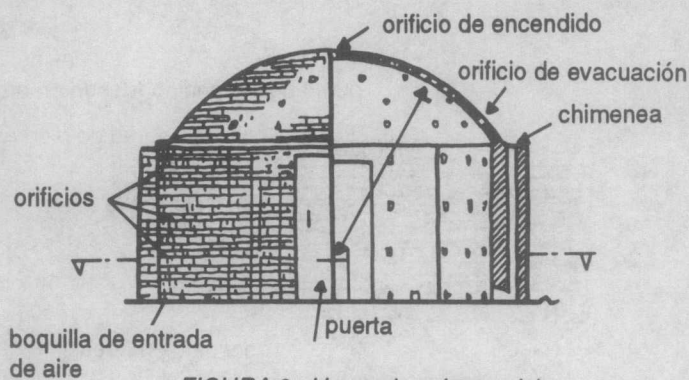


FIGURA 3. Horno de colmena (6).

arena fina y agua.

Los hornos metálicos transportables pueden ser rectangulares o cilíndricos, los cilíndricos son los más comúnmente usados en Costa Rica.

Los hornos metálicos cilíndricos<sup>6</sup> se construyen en tres o cuatro secciones que pueden ser transportadas y montadas con

relativa facilidad. Estos hornos son especialmente útiles para la conversión de residuos forestales en carbón, ya que pueden ser transportados o movidos para ser luego ensamblados en el sitio seleccionado de acuerdo con la disponibilidad de material carbonizable (Figura 5).

Se presentan aquí algunos datos relativos a la producción de carbón vegetal con tres tipos de horno.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Horno metálico transportable versus horno de "rabo caliente"<sup>14</sup>

A finales de 1988 en la Finca Forestal Los Lotes, se hizo un estudio preliminar sobre costos y rendimientos

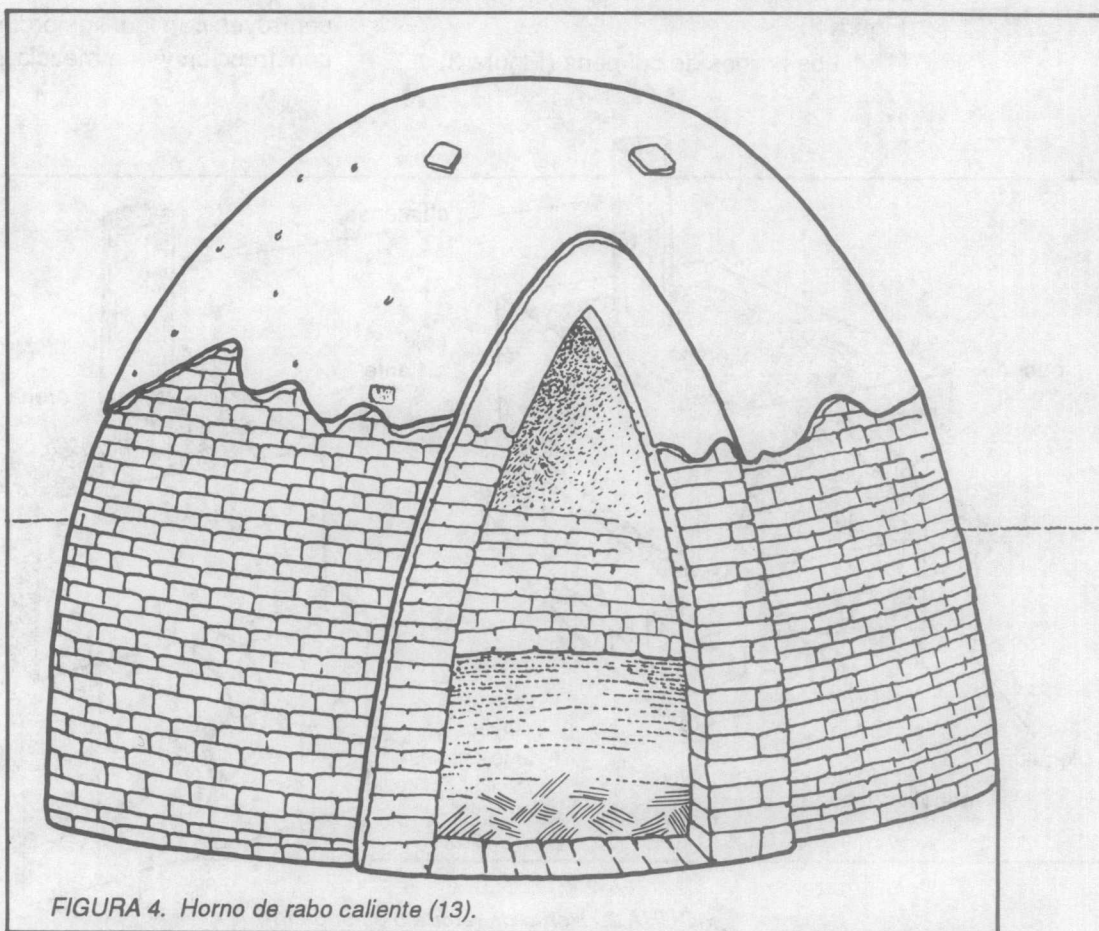


FIGURA 4. Horno de rabo caliente (13).

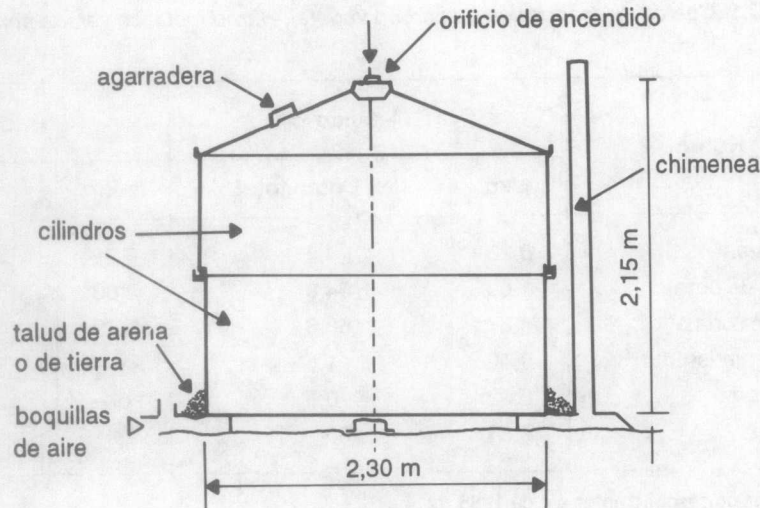
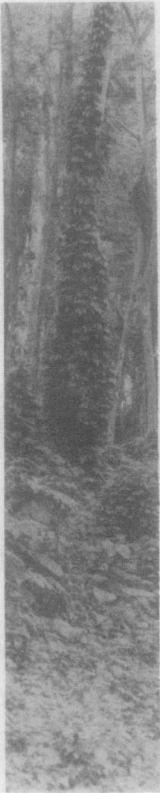


FIGURA 5. Horno metálico transportable cilíndrico (6).

comparativos para un horno metálico transportable y un horno de "rabo caliente", utilizando como muestra cinco procesos completos con cada tipo de horno.

Los datos de costos de producción así como los datos de rendimiento, se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Como se aprecia en los resultados, el horno metálico transportable presenta un mayor rendimiento por metro cúbico de leña (20%) y un costo menor que el obtenido con el horno de "rabo caliente". La diferencia en cuanto a costo (24%) se debe a la menor cantidad de mano de obra utilizada con el horno metálico, y al mayor costo de la materia prima en el caso del horno de "rabo caliente". La leña, a pesar de tener el mismo costo en el sitio de preparación para ambos hornos, aumenta su valor para el horno de "rabo caliente" debido al costo de transportarla hasta el sitio de carbonización. Otra ventaja del horno transportable es su operabilidad tanto en la carga, (pues se puede dismantelar fácilmente), como en la descarga (pues existe la posibilidad de quitarle la tapa al horno). Asimismo el control del proceso no requiere la permanencia constante del personal en el sitio, sino que se lleva a cabo en una o dos

visitas diarias.

#### Horno metálico transportable versus horno de colmena<sup>12</sup>

A finales de 1986 se realizó un estudio de costos comparativos entre el horno de colmena y el metálico transportable, bajo las condiciones específicas del asentamiento campesino de El Indio, en la Rita de Pococí, obteniéndose los resultados que aparecen en el Cuadro 3.

Puede notarse que el costo de producir un kilogramo de carbón en el horno de colmena resultó ser de 3,46 colones, mientras que, con el transportable fue de 3,10 colones por kilogramo (10% menos). Algunas de las condiciones del estudio establecen que el horno de colmena se debe emplear en grupos para reducir el costo por mano de obra y emplearlo en plantaciones o explotaciones forestales grandes; mientras que el transportable debe emplearse en pequeñas producciones, aprovechando la mano de obra asociada a la actividad agrícola y en condiciones de uso eventual para alargar la vida del

CUADRO 1. Costos de producción de carbón vegetal. Horno metálico versus horno de "Rabo caliente".

Rubro	Metálico		"Rabo caliente"	
	¢/kg	% Costo total	¢/kg	Costo total
Inversión	0,33	4,8	0,22	2,4
Mano de obra	1,69	24,8	3,00	33,3
Materia prima	4,67	68,6	5,79	64,3
Mantenimiento	0,10	1,5	—	—
Transporte	0,02	0,3	—	—
TOTAL	6,81	100	9,01	100

Nota: Datos correspondientes a ¢ de 1988.

CUADRO 2. Rendimiento de carbón. Horno metálico versus horno de "Rabo caliente".

Proceso	Rendimiento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Metálico	"Rabo caliente"
1	70,5	75,0
2	105,6	74,5
3	99,5	64,0
4	63,1	40,4
5	92,2	89,3
$\bar{X}$	86,2	68,6
S	18,5	18,2

CUADRO 3. Costos de producción de carbón vegetal. Horno metálico versus horno de colmena.

Rubro	Metálico		"Rabo caliente"	
	¢/kg	% Costo total	¢/kg	Costo total
Inversión	0,29	9,4	0,16	4,6
Mano de obra	1,33	42,9	1,39	40,0
Materia prima	1,37	44,2	1,85	53,3
Mantenimiento	0,09	2,9	0,07	2,0
Transporte	0,02	0,6	—	—
TOTAL	3,1	100	3,47	100

Nota: Datos correspondientes a ¢ de 1986.



horno. En ambos casos, si se les emplea en grupos los costos disminuirán considerablemente.

#### LITERATURA CITADA

1. Costa Rica, Dirección Sectorial de Energía. **I Seminario Nacional de Biomasa**. 1987.
2. Flores, J. G. **Diagnóstico del Sector Forestal**. Editorial UNED, 1985.
3. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Laboratorio de Investigación y Extensión del Departamento de Química. **Datos Experimentales**. 1985-1986.
4. Sjostrom, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications**. Academy Press. 1981.
5. Costa Rica. Ministerio de Industria, Energía y Minas. **Plan Nacional de Energía, 1986-2005**. 1986.
6. Proyecto Plurinacional de Cooperación Técnica, Energía y Desarrollo en el Istmo Centroamericano. **Producción de carbón vegetal en Costa Rica, situación, perspectivas**. Impreso en la Unidad de Publicaciones del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP), San José, Costa Rica (INFORAT N° 21106), 1988.
7. Pedroni, L. **Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica**. Serie Técnica Informe Técnico N° 178. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Publicación N° 3. 1991.
8. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas-FAO. Informe técnico preparado para el Gobierno de Costa Rica basado en el trabajo de Chong, P. W. Consultor. **Propuesta de manejo forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva de Térraba-Sierpe, Costa Rica**, Roma, 1988.
9. Martín Núñez, I. **Manejo integrado de Área de Manglar Reserva Forestal de Térraba-Sierpe**. Programa de Cooperación Técnica de FAO. 1988.
10. Escoto, M.; Graham, M. **Producción y características del carbón vegetal**. Serie Informativa Tecnología Apropiada N° 4.
11. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. ICAITI. **Hornos para carbón vegetal, Horno de Ladrillo tipo colmena-ICAITI. Horno metálico portátil tipo ICAITI**. Proyecto de Leña y Fuentes Alternas de Energía ICAITI-ROCAP AID N° 596-0089. 1987.
12. Calderón, E.; Jiménez, G. **Informe del proyecto evaluación de la producción de carbón vegetal**. Recomendación al Proyecto Agroenergético El Indio. 1986.
13. Navas, S. M. **Informe final proyecto transferencia de tecnología de producción de carbón vegetal para países de América Latina**. 1989.
14. Meza, A. Informe Proyecto de Investigación, ITCR. **Evaluación técnica de la producción de carbón vegetal**. Documento N° 2. Diciembre 1989.