

EVALUACIÓN DEL CARBÓN VEGETAL OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS MADERABLES DE PINO

M.Sc. MARÍA ANTONIA GUYAT DUPUY, ING. DIGNA VELÁZQUEZ VIERA,
DR. ALBERTO VIDAL CORONA, M.Sc. JESÚS RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, DRA. KATIA
MANZANARES AYALA, ING. F. MORALES HERNÁNDEZ Y TÉC. VILMA CAPOTE PÉREZ

Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723
e/ 17 B y 17 C, reparto Siboney, Playa, La Habana,
mguyat@forestales.co.cu; digna@forestales.co.cu

RESUMEN

El objetivo del trabajo es evaluar el carbón vegetal obtenido a partir de residuos maderables de copa e industriales de manera que posibilite dar un uso productivo a los desechos. Se presentan las características del carbón vegetal derivado de residuos maderables procedentes de áreas de tala y de la industria de las especies Pinus caribaea Morelet Barri y Golfari (var. caribaea), Pinus tropicalis Morelet y una mezcla de ambas especies mediante el empleo de hornos metálicos y horno tradicional.

Se realiza la caracterización del producto final según las normas establecidas y se comparan los parámetros obtenidos con la literatura. Se encontró que los carbones analizados presentan buena calidad, por lo que pueden ser empleados tanto para uso doméstico como en la industria. Se comprobó que es posible la utilización del horno metálico para la carbonización de residuos de tala y aserradero, ya que resulta una operación eficiente desde el punto de vista del rendimiento de carbón y de la humanización del trabajo. Presenta además ventajas con el horno tradicional en lo relacionado con funciones técnicas, sociales, económicas y ambientales.

Palabras claves: carbón vegetal, calidad, hornos metálicos, combustible, residuos maderables.

ABSTRACT

The objective of the work is to evaluate the obtained charcoal starting from wood-derived wastes and industrial so that it facilitates to give a productive use to the waste. The characteristics of the obtained charcoal of wood-derived wastes coming from pruning areas are presented and of the industry of the species Pinus caribaea Morelet Barri and Golfari (var. caribaea), Pinus tropicalis Morelet and a mixture of both species by means of the employment of metallic ovens and traditional oven.

It is carried out the characterization of the end product according to the established norms and the obtained parameters are compared with the literature. It was found that the analyzed charcoal present good quality, for what they can be employees as much for domestic use as in the industry. It was proven that it is possible the use of the metallic oven for the carbonization of pruning wastes and sawmill, since is an efficient operation from the point of view of the yield of charcoal and of the humanization of the work. It also presents advantages in relation to the traditional oven in the related with technical, social, economic and environmental functions.

Key words: charcoal, quality, metallic oven, fuel, wood-derived wastes.

INTRODUCCIÓN

Un conocimiento del potencial de residuos de las áreas completamente taladas es frecuentemente esencial para su supervisión adecuada, control y planificación [Bailey, 1970].

El desarrollo de un proyecto de aprovechamiento de los desechos generados por los principales transformadores primarios de la madera debe comenzar por realizar una evaluación de los residuos forestales que ofrezcan mayores perspectivas de utilización [Batista, Amparo y Gutiérrez, 1995; Bequette, 1996; Padilla *et al.*, 2000; Alonso, 2001].

Según la FAO (1979), la biomasa podría proveer alrededor de un quinto de la energía eléctrica y dos quintos del uso directo de combustibles alrededor del 2050, principalmente en los países en desarrollo.

Vidal *et al.* (1992), en el estudio del pronóstico de la biomasa aprovechable de copa de las especies *Pinus caribaea* Morelet Barri y Golfari (var. *caribaea*) y *Pinus tropicalis* Morelet, efectuado en la provincia de Pinar del Río, encontraron que no se aprovechan 90,6 kg de esta materia prima por metro cúbico de madera acopiada, y en el caso de plantaciones de *P. caribaea* es de 87 kg. De estos valores se desprende que existe un potencial de biomasa económicamente aprovechable, el cual hasta la fecha no está comprometido comercialmente y que puede sustituir un por ciento de leña combustible o ser utilizado para la producción de carbón.

Velázquez *et al.* (2006), en investigaciones en el aserrío Álvaro Barba de

la empresa forestal integral Minas de Matahambre, encontraron que el rendimiento de madera aserrada no supera el 50%, por lo que se genera un volumen de residuos industriales que puede ser empleado en diferentes objetivos. Guyat *et al.* (2005) estudiaron alternativas para la utilización de los desechos en la fabricación de biocombustibles.

La mayoría de las especificaciones usadas para controlar la calidad del carbón vegetal se ha originado en la industria del acero o química. La calidad del carbón vegetal puede especificarse y medirse de varias formas, derivado generalmente de los requisitos para las diversas aplicaciones finales. La calidad del carbón vegetal se define según algunas de sus propiedades, y si bien todos en cierto modo están interrelacionadas, se mide y evalúan por separado [FAO, 1983].

El objetivo del trabajo es evaluar el carbón vegetal obtenido a partir de residuos maderables de copa y de la industria en hornos metálicos y tradicionales, de manera que posibilite dar un uso productivo a los desechos y elevar el valor agregado del bosque.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó como materia prima residuos maderables de tala de bosques naturales de *P. caribaea* Morelet Barri y Golfari (var. *caribaea*) y *P. tropicalis* Morelet, y una mezcla de costaneras y recorterías de ambas especies procedentes del aserrío La Baría, en la

empresa forestal integral La Palma, en Pinar del Río.

Por una parte, se procedió a la carbonización de los residuos maderables de copa secos ($H < 30\%$) y verdes de *P. caribaea* y *P. tropicalis* por separado en un horno metálico de $0,2 \text{ m}^3$ de capacidad, con un tiempo de carbonización de 8 h, en el polígono de prueba de la estación experimental forestal Viñales, en Pinar del Río (Fig. 1).

De igual forma se realizó la carbonización con los residuos indus-

triales procedentes del aserrío La Baría, en el plan carbonero de la unidad silvícola La Jagua, perteneciente a la empresa forestal integral La Palma. Para esta carbonización se empleó también la tecnología de horno metálico (Mark V) de 7 m^3 de capacidad, con un tiempo de carbonización de 72 h, con dos cargas semanales. Al mismo tiempo se realizó la carbonización con igual tipo de residuo con un horno tradicional de los que generalmente producen carbón en la empresa (Figs. 2 y 3).

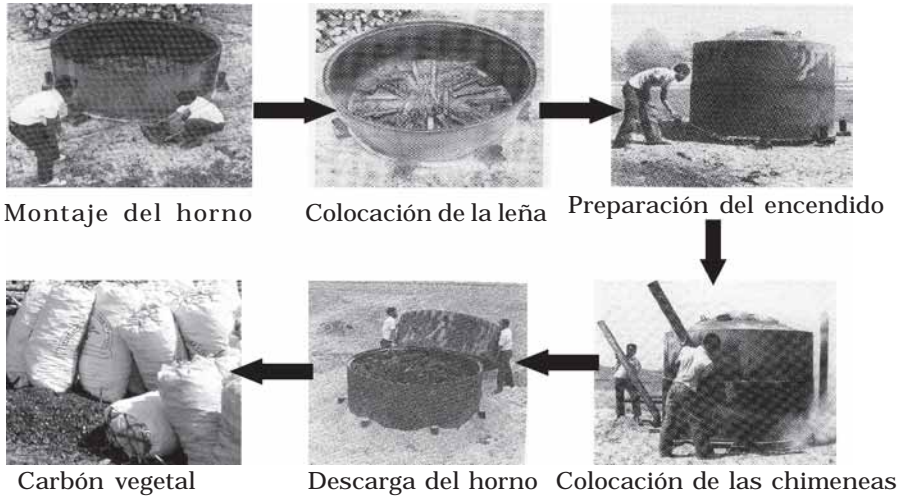


Fig. 1. Flujo de la preparación de la materia prima para carbón.

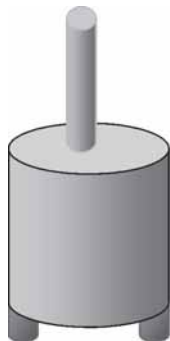


Fig. 2. Horno metálico de $0,2 \text{ m}^3$.



Fig. 3. Horno tradicional.

Se evaluó el rendimiento de carbón producido en cada tecnología. En el Laboratorio de Tecnología y Productos Naturales del Instituto de Investigaciones Forestales se determinó la calidad del carbón obtenido mediante la evaluación de los parámetros humedad, contenido de cenizas, materias volátiles y carbono fijo, para los cuales se emplearon las normas UNE-32001:81, UNE: 32004-84, y UNE: 32019-84. Se evaluó el índice de inflamabilidad (C/H) y de combustibilidad (C/O). Los resultados fueron contrastados con los reportados por la FAO (1983) para carbones excelentes, y los obtenidos por Guyat (1991) para madera de fuste de pino en hornos tradicionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que en la carbonización de residuos maderables de tala, el rendimiento de ambas especies fue similar en madera verde de 1,2 sacos/m³ (48 kg/m³) y seca al 30% de humedad de 1,4 sacos/m³ (58 kg/m³).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Guyat (1991) para estas especies con el empleo de hornos tradicionales. Tal respuesta brinda la posibilidad de proponer el aprovechamiento de un residuo que queda en el bosque para la producción de carbón y que puede sustituir combustible convencional.

Estos carbones presentan bajo contenido de cenizas (0,8 y 1,3%) para *P. caribaea* y *P. tropicalis* respectivamente, a pesar del alto volumen de corteza que presenta este tipo de residuo, valores muy inferiores a los rangos propuestos por la FAO (1983) para carbones excelentes (3-4%) y los obtenidos por Guyat (1991) para madera de fuste. El porcentaje de carbono fijo fue de 76,9 y 83,1% para las respectivas especies. Estos se encuentran también en los rangos descritos por la FAO (1983). El carbón tiene además buena calidad en cuanto a las propiedades de inflamabilidad y combustibilidad con valores inferiores a los obtenidos por Guyat (1991) (Tab. 1).

TABLA 1
Características del carbón vegetal a partir de residuos maderables de tala con empleo de horno tambor

Especies	Cenizas (%)	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)	Densidad (kg/m ³)	Inflamabilidad	Combustibilidad
<i>P. caribaea</i>	0,8	22,3	76,9	167,0	3,4	0,8
<i>P. tropicalis</i>	1,3	15,6	83,1	175,2	5,3	0,8
<i>P. caribaea</i> (Guyat, 1991)	0,9	6,0	93,1	328,0	15,5	0,9
Carbón vegetal bueno-excelente [FAO, 1983]	3-4	20-25	75-80	250-300	-	-

La reactividad es buena, la que está beneficiada por la porosidad que pre-

sentan estas especies. Estos resultados indican que los carbones de

residuos maderables que quedan en el bosque después de la tala pueden ser empleados tanto para uso doméstico como en la industria.

La densidad aparente del carbón obtenido de *P. caribaea* y *P. tropicalis* es baja (167,0 y 175,2 kg/m³) respectivamente. Guyat (1991) encontró valores de (328 kg/m³) en carbón vegetal elaborado a partir del fuste de ambas especies. Si compara la densidad del carbón con la madera de los residuos de talas de las especies estudiadas se nota diferencias, ya que estas son de menor densidad con respecto a la madera de fuste. Estos resultados corroboran los que obtuvieron Wolf (1986) en especies madereras en México, y Doat y Petroff (1975) con una serie de maderas tropicales.

Al comparar los resultados en los diferentes parámetros estudiados en ambas especies se observa que *P. tropicalis* presenta mayores valores en la densidad aparente, contenido de cenizas, carbono fijo e inflamabilidad, mientras que *P. caribaea* lo supera en materia volátil. La combustibilidad en ambas especies presenta igual valor. A pesar de las pequeñas diferencias en los valores absolutos de los parámetros mencionados, la calidad de ambos carbones clasifica como *bueno*, teniendo en cuenta las normas establecidas (NC 580-2008), y ambos pueden ser empleados en iguales objetivos.

En la carbonización de los residuos de la industria se realizaron dos cargas semanales en el horno Mark V con una producción de 25 sacos por horneada y un rendimiento de 1,85 sacos/m³, equivalente a 74 kg/m³. En el horno tradicional con estos residuos los rendimientos fueron de seis sacos por horno en una sema-

na (1,4 sacos/m³ o 56 kg/m³), comportamiento similar al de la producción. Se alcanzó en el horno metálico un rendimiento de 1,3 veces más kilogramos por metro cúbico de carbón que lo obtenido en el tradicional. En la producción con madera rolliza Guyat (1991) encontró resultados semejantes.

En los resultados del análisis químico inmediato del carbón vegetal de *P. caribaea* y *P. tropicalis* obtenido de la mezcla de desechos de la industria en el horno metálico Mark V y horno tradicional, se observa que el porcentaje de humedad es de 4,28 y 6,00% respectivamente, valores por debajo del límite máximo (10%) permisible para un carbón de buena calidad según la FAO (1983) (Tab. 2).

El contenido de cenizas para ambos métodos también está por debajo (0,3 y 1,1%) de los parámetros máximos establecidos (3-4), aspecto este que favorece la calidad del carbón obtenido. Guyat y Barrio (1991) reportan valores semejantes para las mismas especies en hornos tradicionales con madera de fuste.

Las sustancias volátiles de los carbones de residuos industriales evaluados también se encuentra entre las características de un buen carbón, con un valor muy inferior a lo reportado por la FAO (1983) (20 y 25%), lo que presentará dificultades al encenderse, y la combustión será limpia para su encendido.

El carbón analizado tiene alto porcentaje de carbono fijo, siendo este uno de los indicadores que más favorecen su calidad. Semejantes resultados reporta Guyat y Sánchez (1991) para esta especie (Tab. 2).

TABLA 2
Análisis químico inmediato del carbón vegetal a partir de residuos de la industria (b.s.)

Especies	Métodos	Humedad (%)	Cenizas (%)	Materia volátil (%)	Carbón fijo (%)	Inflamabilidad	Combustibilidad
Mezcla Pc y Pt	Tradicional	4,28	0,3	12,4	87,3	7,0	0,9
Mezcla Pc y Pt	Metálico	6,00	1,1	18,9	80,0	4,2	0,8
C. vegetal bueno-excelente [FAO, 1983]		≤ 10	3-4	20-25	75-80	-	-

" "

Las propiedades de inflamabilidad y combustibilidad son buenas. Estos atributos están relacionados con la porosidad que presenta la madera de pino. Se alcanzó un valor del primer indicador ligeramente superior al carbón obtenido con residuo de tala de *P. caribaea* (3-4), mientras que la combustibilidad es muy similar en todos los casos, oscilando entre 0,8 y 0,9.

En la carbonización de residuos en el horno metálico y tradicional se encontraron resultados similares. Se obtuvo un carbón con buenos parámetros de calidad según NC 580-2008 y la FAO (1983). Con el empleo de horno metálico se logra una mayor eficiencia energética dentro del horno, ya que con la misma madera se produce más carbón, y las emisiones de gases de efecto invernadero disminuyen, se reduce la presión sobre los recursos forestales por el empleo de residuos y no de madera en bolo, el IPCC (1995). Esta tecnología constituye una alternativa para el sistema de abastecimiento energético.

La alternativa del empleo de los residuos que se propone tiene repercusión desde el punto de vista ambiental, si se tiene en cuenta que actualmente los residuos de tala se quedan en el campo y los desechos de la industria son depositados en su mayoría a la intemperie en áreas aledañas a los asentamientos poblacionales para su descomposición o para la quema posterior, lo cual influye en el deterioro del medioambiente y la salud ambiental [Velázquez *et al.*, 2006].

Se comprobó además que esta tecnología presenta ventajas con respecto

a la producción en hornos tradicionales debido a que hay más humanización en el trabajo de los operarios, los tiempos de carbonización son menores que los tradicionales, la eficiencia y calidad del producto, los rendimientos son mayores y es un horno transportable, lo que permite un fácil traslado de locación.

Estos resultados demuestran la importancia de movilizar a las empresas en la gestión ambiental del aprovechamiento integral de la biomasa mediante tecnologías de reciclaje, y que resultan un éxito cuando se organiza la participación colectiva y la materia prima está cerca del escenario productivo, tal como propone Soto (2000).

CONCLUSIONES

- El carbón vegetal de residuos de tala de *P. caribaea* presenta densidad aparente de 167,0 kg/m³, cenizas el 0,84%, materia volátil el 22,3% y carbono fijo del 76,9%, mientras que *P. tripicalis* alcanzó un contenido de cenizas del 1,2%, materia volátil del 15,6%, carbono fijo del 83,5% y una densidad del 175,0 kg/m³.
- Se alcanzó en el horno metálico Mark V un rendimiento de 74 kg/m³ equivalente a 1,3 veces más kilogramo por metro cúbico de carbón que lo obtenido en lo tradicional.
- Se comprobó que es posible la utilización del horno metálico para la carbonización de residuos de tala y aserradero, ya que resulta una operación eficiente desde el punto de vista técnico, y la calidad del

carbón obtenido se encuentra dentro de los rangos establecidos para un carbón vegetal de calidad.

- Se observó que el horno metálico reporta mayores ventajas con relación al horno tradicional en lo relacionado con funciones técnicas, sociales, económicas y ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, GISELA: «Entre todos podemos», periódico *Juventud Rebelde*, La Habana, 2001.
- BAILEY, G. H.: «A Simplified Method of Sampling Logging Residue», *The Choornible*, vol. 46, no. 4:1-7, Canadá, 1970.
- BATISTA, C.; D. A. AMPARO; RAISA DOMÍNGUEZ: «Disponibilidad y uso de la biomasa como fuente potencial de productos químico de la República Dominicana», *Indotecnía* 7 (3):23-26, 1995.
- BEQUETTE, F.: «Un mundo sin desechos, ¿una utopía?», revista *Correos* (49): 43-48, 1996.
- DOAT, J.; F. PETROFF: «La carbonisation des bois tropicaux», *Revue Bois et Forest des Tropiques* (159):55-72, 1975.
- FAO: *Métodos simples de carbón para fabricar carbón vegetal*, FAO, Roma, 1983.
- . *Red de cooperación en Dendroenergía*. (17):1-20, 1997.
- GUYAT, MA. ANTONIA; NIEVES BARRIOS: «Bosques energéticos. Tecnología industrial para producción de carbón vegetal», conferencia, Minag, La Habana, 1991.
- GUYAT, MA. ANTONIA; R. SÁNCHEZ: «Especies con perspectiva para la producción de carbón vegetal y activado», I Activo de Carbón Activado, La Habana, 1991.
- GUYAT, MA. ANTONIA; D. VELÁZQUEZ; V. CAPOTE; K. MANZANARES: «Valoración energética de algunos residuos en un aserradero de la provincia de Pinar del Río», *Revista Forestal Baracoa* 24 (2) 51-56, 2005.
- IPCC: Segunda evaluación cambio climático, PNUMA, 1995.
- NC 580-2008. Carbón vegetal. Especificaciones.
- PADILLA ADRIANA; JUDITH, PETIT; DELFINA PADILLA; LUCY QUINTERO: «Especies usadas como combustible en la comunidad de Villanuev», *Revista Forestal Venezolana* 44(1):11-15, 2000.
- SOTO SANDOVAL, J. A.; J. A. AGUIRRE; J. MÉNDEZ; G. PÁEZ: «Evaluación económica y ambiental de residuos maderables en aserraderos de Costa Rica», *Revista Forestal Centroamericana* 23-29, 2000.
- UNE-32001- 81. Hulla y antracita. Determinación de la humedad total.
- UNE-32004- 84. Combustibles minerales sólidos. Determinación de cenizas.
- UNE-32019-84. Combustibles minerales sólidos. Determinación de materias volátiles.
- VELÁZQUEZ, DIGNA; KATIA MANZANARES; MA. ANTONIA GUYAT: «Rendimiento de materia prima en un aserradero de la provincia de Pinar del Río, Cuba», *Revista Forestal Baracoa* 25(1):97-104, 2006.
- VIDAL, A.; J. RODRÍGUEZ; H. GRA; J. M. MONTALVO: «Modelos matemáticos de biomasa aprovechable de copa de coníferas en la provincia de Pinar del Río», IIF, La Habana, 1994.
- WOLF, F.; E. VOGEL: «Características del carbón de algunas especies maderables del noroeste de México», *Ciencia Forestal* 11(59):181-186, 1986.