

## CARACTERISTICAS DEL CARBON VEGETAL EN ALGUNAS ESPECIES MADERERAS DEL NORESTE DE MEXICO

Franz WOLF\*  
Enrique VOGEL\*\*

### RESUMEN

Se produjo carbón vegetal en ensayos de laboratorio a partir de 12 especies madereras provenientes del noreste de México y se determinaron las siguientes propiedades: densidad de la madera y del carbón, rendimiento, carbón fijo, materia volátil, cenizas, poder calorífico y área específica. En la mayoría de las propiedades hubo poca diferencia entre las especies. Excepciones fueron el contenido de cenizas y el área específica, donde algunas especies mostraron valores elevados.

### INTRODUCCION

El carbón vegetal es un producto con una amplia variedad de aplicaciones que van desde su utilización como fuente de energía hasta el uso en industrias químicas para diversos fines (Santana y Assumção, 1971). Su obtención se puede lograr de una manera sencilla, aprovechando como materia prima clases y calidades de madera que normalmente no tienen mercado.

La presente investigación se realizó teniendo en mente la gran cantidad de especies madereras del noreste de México que por sus características específicas carecen de importancia para la explotación comercial. El objetivo principal del estudio fue la obtención de conocimientos sobre las propiedades del carbón proveniente de algunas especies seleccionadas con respecto a un posible aprovechamiento de las mismas.

---

\*Asesor en Tecnología y Utilización de Productos Forestales.

\*\*Investigador en Tecnología Química de la Madera. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, UANL.

## MATERIALES Y METODOS

Las especies investigadas se aprecian en el cuadro 1. Se estudio la madera y el carbón obtenido de nueve especies de matorral, una de la región citrícola y cinco de la Sierra Madre Oriental. Las primeras fueron escogidas por su alta densidad, la segunda por su amplia disponibilidad después de las heladas de 1983, y las últimas por ser representativas de las especies de encino, poco aprovechadas de la sierra. Se investigó madera de albura proveniente de la parte inferior del fuste de tres árboles por especie. En el número de repeticiones y las diferencias permitidas entre ellas se siguieron las especificaciones de la ASTM D 1762-64.

## CUADRO 1

Especies investigadas.

Lugar de crecimiento	Nombre científico	Nombre común
Planicie costera	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
	<i>Acacia wrightii</i>	Uña de gato
Matorral	<i>Bumelia celastrina</i>	Coma
	<i>Celtis laevigata</i>	Palo blanco
	<i>Condalia hookeri</i>	Brasil
	<i>Diospyros texana</i>	Chapote prieto
	<i>Pithecellobium ebano*</i>	Ebano
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite colorado
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite rocío
Región citrícola	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja
Sierra Madre Oriental	<i>Quercus affinis</i>	Encino blanco
	<i>Quercus microlepis</i>	Encino blanco
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino roble (blanco)
	<i>Quercus prinopsis</i>	Encino corazón negro (blanco)
	<i>Quercus rysophylla</i>	Encino de asta (rojo)

\*Synonimo: *P. flexicaule*.

El procedimiento de los trabajos fue en el siguiente orden:

- Peso específico de la madera. Se determinó en cubos de 2x2x2 cm en estado anhidro por el método de inmersión en agua (Kollmann, 1952; ASTM D 143-52).
- Aclimatación. Se aclimatizaron los cubos de madera en un desecador sobre una solución saturada del NaCl hasta alcanzar peso constante. La humedad de equilibrio de madera resultante fue de aproximadamente 15%.
- Carbonización. Se carbonizaron los cubos en un pequeño reactor, dentro de una mufla (fig. 1). Las condiciones de carbonización fueron 30 minutos a 400°C.

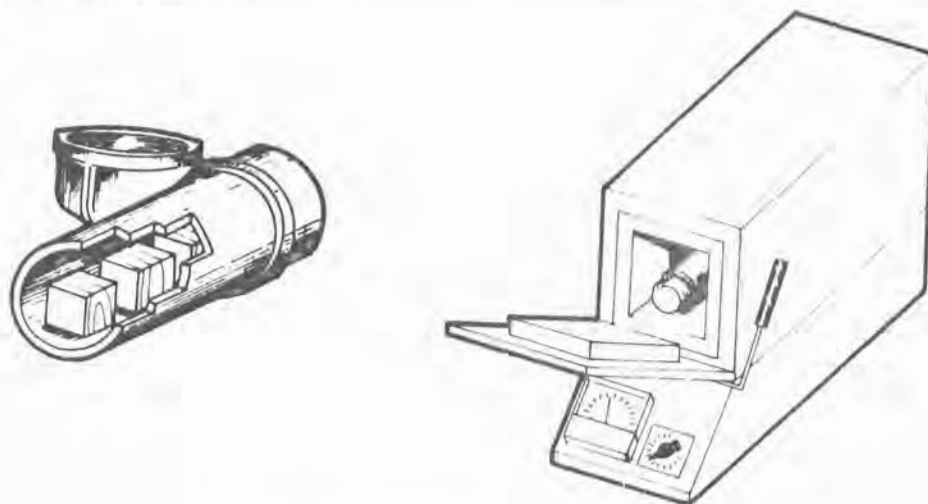


Fig. 1. Esquema de la carbonización de los cubos de madera.

- Rendimiento. Se determinó el rendimiento con el siguiente cálculo: peso de carbón/peso de madera seca x 100.
- Peso específico del carbón. Se determinó en los cubos carbonizados por el método de inmersión en agua (Kollmann, 1952; ASTM D 143-52).
- Molido y cribado. Se molió el carbón en un mortero y se utilizó la fracción que quedó entre las mallas No. 20 (850 micras) y 100 (150 micras).

- Humedad, materia volátil, cenizas y carbón fijo. Se determinaron según especificaciones de ASTM D 1762-64.
- Área específica. Se determinó (Dunizc, 1961), midiendo la adsorción de ácido acético, de concentración conocida, por una determinada cantidad de carbón.
- Poder calorífico. Se determinó con un calorímetro bomba de oxígeno, en el cual se quema la sustancia de oxígeno puro bajo una presión de 20 atm, calculando el calor de combustión mediante el aumento de temperatura de una determinada cantidad de agua.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Densidad.

La densidad (peso específico anhidro) de la mayoría de las especies investigadas es relativamente alta, como se puede apreciar en el cuadro 2. Dos especies (*Condalia hookeri* y *Diospyros texana*) tienen los pesos específicos más altos con índices superiores a uno. Si se compara la densidad del carbón con la de la madera se nota en casi todas las especies una diferencia aproximada de un 50%. La densidad del carbón muestra una buena correlación con la de la madera ( $r=0.92$ ). Esto corrobora los resultados que Doat y Petroff (1975) obtuvieron con una serie de maderas tropicales.

### Rendimiento, carbón fijo, materia volátil.

Los más altos rendimientos de carbón, con aproximadamente 40% o más se encontraron en las especies del matorral (cuadro 3). Los más bajos (20-30%) corresponden a las especies de *Quercus* y *Citrus*.

El promedio de carbón fijo se encuentra en la mayoría de los casos entre un 60 y 70%. El de materia volátil se ubica más frecuentemente en aproximadamente 30%.

Los valores de las tres propiedades antes mencionadas pueden ser considerados como resultado de las condiciones de carbonización empleadas (30 min, 400°C). Según estudios (Humphreys e Ironside, 1974), con un aumento en la temperatura de carbonización de 200 a 1 000 C se incrementa la canti-

## CUADRO 2

Peso específico de la madera y el carbón de las especies investigadas.

Especie	Peso específico madera g/cm <sup>3</sup>	Anhidro carbón g/cm <sup>3</sup>	Diferencia °/°
<i>Acacia farnesiana</i>	0.99	0.49	51
<i>Acacia wrightii</i>	0.89	0.40	55
<i>Bumelia celastrina</i>	0.72	0.32	56
<i>Celtis laevigata</i>	0.53	0.27	49
<i>Citrus sinensis</i>	0.75	0.46	39
<i>Condalia hookeri</i>	1.29	0.68	47
<i>Diospyros texana</i>	0.81	0.45	44
<i>Pithecellobium ebanum</i>	1.17	0.65	44
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.88	0.41	53
<i>Prosopis laevigata</i>	0.83	0.40	52
<i>Quercus affinis</i>	0.69	0.30	57
<i>Quercus microlepis</i>	0.90	0.38	58
<i>Quercus polymorpha</i>	0.89	0.38	57
<i>Quercus prinopsis</i>	0.66	0.31	53
<i>Quercus rysophylla</i>	0.84	0.37	56

dad de carbón fijo de 52 a 97°/° y se disminuye el rendimiento de 92 a 27°/°. Con 400°C se obtuvo un rendimiento de 41 y 78°/° de carbón fijo. Esto demuestra que con respecto al rendimiento, los valores de la presente investigación son congruentes y en el caso del carbón fijo un poco inferior. Hay que anotar que los rendimientos obtenidos en la práctica se encuentran generalmente abajo de los valores de laboratorio. Así, se alcanzan con hornos de tierra rendimientos entre 10 y 20°/°, con hornos de mampostería aproximadamente 25°/° y con retortas un promedio de 30°/° (Fruehwald *et al*, 1981).

**Cenizas.**

El contenido de cenizas de los carbones investigados se puede apreciar en el cuadro 3. Algunas especies muestran valores relativamente altos; como por

## CUADRO 3

Rendimiento, carbón fijo, materia volátil y contenido de cenizas del carbón de las especies investigadas.

Especie	Rendimiento °/°	Carbón fijo °/°	Materia volátil °/°	Cenizas °/°
<i>Acacia farnesiana</i>	39	66.0	29.5	2.6
<i>Acacia wrightii</i>	36	64.3	32.5	1.1
<i>Bumelia celastrina</i>	30	67.8	28.8	1.7
<i>Celtis laevigata</i>	29	76.3	20.8	1.7
<i>Citrus sinensis</i>	29	64.4	29.6	5.6
<i>Condalia hookeri</i>	42	64.2	27.4	8.0
<i>Diospyros texana</i>	36	62.1	26.8	6.5
<i>Pithecellobium ebano</i>	44	68.6	26.1	3.4
<i>Prosopis glandulosa</i>	46	66.2	28.7	3.1
<i>Prosopis laevigata</i>	43	58.7	37.1	1.7
<i>Quercus affinis</i>	23	67.7	23.0	1.1
<i>Quercus microlepis</i>	26	55.2	37.4	4.6
<i>Quercus polymorpha</i>	23	62.5	32.1	4.3
<i>Quercus prinopsis</i>	27	61.4	33.3	3.0
<i>Quercus rysophylla</i>	24	73.1	23.9	1.3

ejemplo *Condalia hookeri* (8°/°), *Diospyros texana* (6.5°/°) o *Citrus sinensis* (5.6°/°). Lo anterior puede limitar la utilización de estos carbones en ciertas áreas de aplicación industrial. Sin embargo, existen contradicciones con respecto a limitaciones máximas permisibles. Como referencia, Humphreys e Ironside (1974) citan valores máximos de cenizas para la producción de carbón activado de 2°/°, para ferro-silicio 2°/°, para hierro 0.5°/° y para sulfuro de carbono 3°/°. Por otro lado, consultando las especificaciones de productores de carbón activado se anota que el contenido de cenizas llega en algunos casos hasta un 12°/°. Para fines siderúrgicos (Lex, 1952; citado en Santana y Assumpcao, 1971), da 7°/° como valor máximo aceptable. Según las amplias experiencias brasileñas en la producción de hierro con carbón vegetal el contenido de cenizas normalmente no se menciona como factor limitante. Para la producción de cemento se tolera hasta un 4°/° (Doat y Petroff, 1975). Lo anterior significa que para el mismo fin de aplicación puede existir distintas especificaciones.

### Poder calorífico.

Los resultados del poder calorífico están resumidos en el cuadro 4. Las diferencias entre las especies son mínimas. La mayoría de los valores están con aproximadamente 30 kJ/g, coincidiendo así con los datos de Kollmann (1951) menciona para latifoliadas. Una excepción la representa *Condalia hookeri* con un índice más bajo. La explicación de esto se encuentra probablemente en el alto contenido de cenizas de esta especie. En comparación con el poder calorífico de la madera que está entre 18 y 19 kJ/g el del carbón es aproximadamente el doble.

### Area específica.

El área específica representa un indicador general para el poder de adsorción de un carbón. Para el activado se dan valores de 300 a 1 800 m<sup>2</sup>/g.

#### CUADRO 4

Poder calorífico y área específica del carbón de las especies investigadas.

Especie	Poder calorífico kJ/g	Area específica m <sup>2</sup> /g
<i>Acacia farnesiana</i>	28.8	13.8
<i>Acacia wrightii</i>	—	23.7
<i>Bumelia celastrina</i>	—	42.2
<i>Celtis laevigata</i>	—	12.8
<i>Citrus sinensis</i>	—	35.9
<i>Condalia hookeri</i>	26.1	51.5
<i>Diospyros texana</i>	28.7	55.2
<i>Pithecellobium ebano</i>	30.1	31.6
<i>Prosopis glandulosa</i>	29.7	22.4
<i>Prosopis laevigata</i>	30.2	14.9
<i>Quercus affinis</i>	—	26.4
<i>Quercus microlepis</i>	29.9	32.8
<i>Quercus polymorpha</i>	—	20.7
<i>Quercus prinopsis</i>	—	26.1
<i>Quercus rysophylla</i>	—	28.1

Los resultados de los carbones aquí investigados se encuentran en el cuadro 4. Hay diferencias acentuadas entre las especies con valores de 14 hasta 55 m<sup>2</sup>/g. El área específica relativamente alta de *Diospyros texana* y *Condalia hookeri* indican que se pueden utilizar estos carbones para fines de purificación sin previa activación. Sin embargo, antes de una aplicación práctica se debe probar la adsorción específica con diversas sustancias para determinar el grado de adsorción de cada una.

### CONCLUSIONES

De la presente investigación resultan las siguientes conclusiones:

- El carbón vegetal de todas las especies probadas es, con sus características, adecuado para fines generales como cocinar, calentar, etc.; las especies más densas como *Condalia hookeri*, *Pithecellobium ebano* y *Acacia farnesiana* brindan una brasa de larga duración. Aquellas con un alto contenido de sustancias volátiles como *Quercus microlepis* o *Prosopis laevigata* son fácilmente encendibles.
- El alto contenido de cenizas de algunas especies como *Condalia hookeri* o *Diospyros texana* pueden excluir estos carbones de ciertos campos de aplicación. Sin embargo, se debe probar esto en cada caso porque las exigencias de cada empresa son diferentes.
- El área específica relativamente grande de algunas especies, como por ejemplo *Diospyros texana* y *Condalia hookeri*, indica que tal vez sea posible emplear estos carbones para fines de purificación sin activación. Adicionalmente, se puede lograr un aumento del área específica mediante una optimización de las condiciones de carbonización.
- Exigencias especiales, como el alto contenido de carbón fijo, se pueden satisfacer empleando condiciones de carbonización con temperaturas más altas que las aplicadas en esta investigación.



## BIBLIOGRAFIA

- ASTM D 143-52. 1972. Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pa. 19103. pp. 34-94.
- , 1762-64. 1968. Standard Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pa. 19103. pp. 538-539.
- DOAT, J. and PETROFF, F. 1975. La carbonisation des bois tropicaux. *Revue Bois et Forets des Tropiques*, 159. pp. 55-72.
- DUNIZC, B.L. 1961. Surface Area of Activated Charcoal by Langumir Adsorption Isotherm. *J. of Chem. Education* 38. pp. 357-358.
- FRUEHWALD, A.; WELLING, J.; VON WENDORFF, G.B. and HUY, V.R. 1982. Holzkohle als Energietraeger in Entwicklungslaendern, Studie in Auftrag der Deutschen Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn. p. 196.
- HUMPHREYS, F.R. and IRONSIDE, G.E. 1974. Charcoal from N.S.W. Species of Timber. *Techn. pa. 23, Sec. Ed. For. Com. of N.S.W.*
- KOLLMAN, F. 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerksstoffe*. Erster Band. Springer Verlag: Goettingen, Heidelberg. pp. 271-288.
- PARAMESWARAN, N. y STAMM, A. 1983. Strukturelle und chemophysikalische Veraenderungen bei Verkohlung von vier tropischen Leubhoelzern. *Holzforschung* 37. pp. 309-320.
- SANTANA, M.C. y ASSUMCAO, R.M.V. 1971. Pirolise de madeiras, materias primas, productos aplicacoes. Instituto de Pesquisas Tecnologicas. Sao Paulo, Brasil. No. 940. p. 55.