PN-ABJ-887

ISA-NOTA TÉCNICA No. 21 74562

ANALISIS QUIMICO DEL CARBON VEGETAL: EVALUACION DE HORNOS

JOSÉ ROSADO
CÉSAR RAMÍREZ
PEDRO FERRER

1986

PROGRAMA DE DESARROLLO DE MADERA COMO COMBUSTIBLE

Ejecutado por el Instituto Superior de Agricultura como encargo de la Comisión Nacional de Política Energética (COENER) y apoyado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID)

/

ANALISIS QUIMICO DEL CARBON VEGETAL
EVALUACION DE HORNOS

José Rosado
César Ramírez
Pedro A Ferrer

RESUMEN

Esta investigación comparó cuatro tipos de hornos diferentes para el análisis de 12 carbonizaciones realizadas con la madera de una única especie, baitoa (Phyllostylon brasiliensis), realizándose tres carbonizaciones en cada tipo de unidad

El contenido de carbono fijo en el producto final resultó similar en todas las unidades estudiadas, pero los hornos de ladrillo produjeron significativamente más carbón por metro cúbico de leña que los métodos tradicionales.

Los hornos que obtuvieron mayores medias fueron los de ladrillos, con un 40.1 y 34.4 porciento en rendimiento gravimétrico para el de barranco y colmena respectivamente, comparado con 23.0 porciento para los dos tipos de hornos tradicionales. En rendimiento en carbono fijo, los hornos de ladrillos volvieron a obtener las mayores medias con un 28.1 y 23.6 porciento en Rcf para el horno de barranco y colmena respectivamente, comparado con 16 5 porciento para los hornos tradicionales

ABSTRACT

This study compared four types of charcoal kilns by analysis of 12 charges with wood of baitoa (Phyllostylon brasiliensis), three charges for each type of kiln.

The fixed carbon content in the final product was similar in all the units studied, but the brick kilns produced significantly more charcoal per cubic meter of wood than the traditional methods.

Brick kilns produced the highest gravimetric yield, with the bank and beehive producing 40 1% and 34 4%, respectively, compared to an average of 23 0% for the two types of traditional kilns. Yield of fixed carbon was also the highest from the brick kilns, with 28 1 and 23 6 per cent for bank kiln and beehive kiln, respectively, as compared to the 16 5 per cent for the traditional kilns

INTRODUCCION

La necesidad de producir eficientemente carbón vegetal ha motivado la búsqueda de nuevos y mejores tipos de hornos para la carbonización. En el

Instituto Superior de Agricultura (ISA) dentro del Programa de Desarrollo de Madera como Combustible, en el sub-programa de conversión, se ha introducido la tecnología para la construcción de los hornos experimentales de ladrillo

En este estudio se hace una comparación de los hornos tradicionales, comúnmente usados en el país, con los hornos introducidos de ladrillo, usando una sola especie, Phyllostylon brasiliensis (baitoa), para determinar la eficiencia de los hornos en base a carbono fijo, rendimiento gravimétrico y rendimiento en carbono fijo

Descripción de Hornos

Los hornos tradicionales son usados comúnmente en el país por largos años Son construidos de forma sencilla con tierra suelta cubriendo una pila de madera en el lugar donde se hace el corte No requiere inversión inicial Una vez que ha cumplido su propósito, el horno se destruye Los hay de dos tipos

a Tradicional parado construido al colocar la leña de forma inclinada alrededor de una estaca clavada verticalmente en el suelo, tapado con hojas, hierba o ramas verdes y luego cubierto con tierra para sellar o evitar la entrada en exceso de oxígeno

b Tradicional acostado este método usa el procedimiento de colocar la leña en forma horizontal, cubriéndola con hierba y ramas verdes y luego tapándola con tierra para controlar la entrada de aire

Los hornos de ladrillo fueron introducidos al país desde Brasil por el Programa de Desarrollo de Madera como Combustible, para comparar su eficiencia con los tradicionales y aumentar, de este modo, según los resultados, la eficiencia en la producción de carbón Los tipos comparados fueron

a De ladrillo tipo colmena es de construcción simple y bajo costo, hecho de ladrillo y en forma de una media naranja La leña es introducida y colocada en forma vertical llenando al máximo la cavidad del horno Posee entradas de aire que van cerrando a medida que avanza el proceso de carbonización El fuego es iniciado por la parte superior de la puerta, la cual es sellada inmediatamente el fuego se ha extendido El modelo usado tiene volumen interno de 16 metros cúbicos

b De ladrillo tipo barranco construido aprovechando la ladera de una pendiente para reducir el uso de ladrillos en la construcción de las paredes del horno Posee una cubierta con orificios en forma de cúpula y chimeneas que sirven de entrada y salida de los gases de la combustión La carga o entrada de la leña se efectúa por la puerta, la cual es sellada después teniendo, en algunos casos, una entrada de aire en la base El encendido se realiza por uno de los orificios de la cúpula El modelo usado posee un volumen interno de 25 metros cúbicos

METODOLOGIA

Para los parámetros rendimiento gravimétrico, carbono fijo y rendimiento en carbono fijo, se usó la norma de análisis de la ASTM 1762-84 Standard Methods for Chemical Analysis of Wood Charcoal (2) Los detalles están presentados en el Anexo 1

En la evaluación se incluyeron cinco tipos diferentes de hornos, éstos fueron

- Hornos de ladrillo tipo barranco
- Hornos de ladrillo tipo colmena
- Hornos tradicionales acostados
- Hornos tradicionales parados

La unidad experimental en la cual se llevó a cabo el experimento fue el área de conversión del Programa de Desarrollo de Madera como Combustible en Mao, Valverde, República Dominicana A fin de disminuir el error experimental y aumentar, por ende, la confiabilidad de los resultados, se utilizó la leña de una sola especie de madera, baitoa (Phyllostylon brasiliensis), especie característica del bosque seco y que posee una madera durísima, grano fino y con una densidad específica de 0 77 (3).

Selección de las muestras

Las muestras fueron seleccionadas atendiendo a las investigaciones que ha desarrollado CETEC (4), las cuales muestran una variación significativa entre el carbón producido en los diferentes estratos de un horno (superior, medio e inferior), en cuanto a su contenido de carbono fijo, usualmente el de la parte superior, donde el horno alcanza su mayor temperatura, tiene un contenido más alto de carbono fijo.

A fin de determinar el rendimiento gravimétrico se muestreaba la pila de leña a ser introducida al horno previamente pesada (peso húmedo). Se utilizó una balanza de tracción de 100 kg de capacidad para determinar el peso de leña y carbón L ego se determinaba el contenido medio de humedad para la carga completa de horno, con ésto se encontraba el peso seco de la leña y con el peso de carbón se determinaba el rendimiento gravimétrico con la siguiente fórmula

$$\% \text{ rg} = \frac{\text{Peso del carbón}}{\text{Peso de leña seca}} \times 100$$

Con el porcentaje de carbono fijo (cf) y el rendimiento gravimétrico se hayaba el rendimiento en carbono fijo (rcf), según la fórmula

$$\text{rcf} = \frac{\text{rg\% x cf\%}}{100}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

El total de madera procesada fue 33,439 9 kg con una humedad promedio de 16 08%

Un carbón de calidad aceptable posee (5)

- 2 a 4% de humedad
- 18 a 23% de volátiles
- 1 a 4% de cenizas
- 74 a 81% de carbono fijo

El carbón producido de la especie baitoa (Phyllostylon brasiliensis) es de calidad moderada, en comparación con estos patrones La humedad promedio era 2 38, los gases volátiles eran 21 8 porciento, las cenizas, 6 8 porciento, el carbono fijo promedio era 70 7 porciento El alto porcentaje de cenizas puede estar relacionado al grosor de la corteza u otras cualidades de la madera (Cuadro 1)

No había diferencia entre los tipos de hornos en términos de porciento de carbono fijo en el carbón producido Esto indica que la calidad del carbón no es una función del tipo del horno, aunque podría estar relacionado a la especie utilizada y el manejo del horno

Por otro lado, la cantidad de carbón resultó ser variable, conforme el tipo de horno Se midió la cantidad producida en términos gravimétricos y el rendimiento de carbono fijo Esas mediciones son indicadoras de la proporción de la materia prima (leña) que se convierte en recurso energético

Los hornos de ladrillo resultaron ser los más eficientes en rendimiento en peso (rendimiento gravimétrico), produciendo 34-40 kg de carbón por cada 100 kg de leña seca procesada El rendimiento de los tradicionales fueron más bajo, con 22-23 kg por cada 100 kg de leña seca para las variantes acostado y parado respectivamente La diferencia es significativa entre los hornos tradicionales y los de ladrillo (Cuadro 2)

Las diferencias se mantienen cuando se comparan los hornos de ladrillo y tradicionales, en términos de su rendimiento en carbono fijo (cantidad de leña que se transforma a carbono elemental) Para el horno de barranco y colmena el %Rcf es de 28 1 y 23 6% respectivamente, frente a 16 1 y 16 8%, obtenidos por el tradicional parado y acostado

Almeida (1), a través de un estudio evaluando los hornos tradicionales, concluyó que "los hornos no presentan diferencias significativas entre si", lo cual corrobora la absoluta paridad que mostraron ambos tipos de unidades a todo lo largo de esta investigación Aunque las medias obtenidas por el horno tradicional parado resultaron ser ligeramente inferiores, no es diferente al acostado estadísticamente

Cuadro 1 Resúmenes de Resultados

Tipo de hornos	Número de carbonización	Humedad de madera (%)	Peso madera seca (kg)	Peso tizos (kg)	Peso carbón (kg)	Rend gravim (%)	Humedad del carbón (%)	Materias volátiles (%)	Cenizas (%)	Carbono fijo (%)	Rend carbono fijo (%)
Barranco	1	15 4	5,195 4	175 0	2,171 0	41 8	2 2	21 8	7 8	70 4	29 4
	2	18 6	6,317 5	431 0	2,545 0	40 3	2 3	22 1	7 0	70 9	28 6
	3	18 6	6,747 6	569 0	2,571 0	38 1	2 8	24 3	6 9	69 0	26 3
Colmena	1	15 4	3,055 2	124 0	1,013 0	33 2	1 9	26 2	6 6	67 2	22 3
	2	15 4	3,063 9	176 0	1,152 0	37 6	1 5	21 9	9 0	69 1	26 0
	3	15 4	3,390 5	36 0	1,104 0	32 6	2 0	22 4	8 2	69 4	22 6
Tradicional parado	1	15 4	890 7	64 0	168 0	18 9	1 4	16 5	7 8	75 6	14 3
	2	15 4	915 9	90 0	222 0	24 2	2 1	24 7	7 4	67 8	16.4
	3	16 3	986 1	15 0	239 0	24 2	3 4	19 0	7 3	73 7	17 8
Tradicional acostado	1	15 4	876 9	40 0	184 0	21 0	2 7	22 4	8 9	68 6	14 4
	2	15 4	1,052 8	25 0	249 0	23 7	1 8	21 7	7 9	70 4	16 7
	3	16 3	947 4	15 0	246 0	26 0	4 4	18 5	7 5	74 4	19 3

Cuadro 2 Comparación de medias por tratamientos para los parámetros de carbono fijo y rendimientos

Tipos de hornos	% cf	% rg*	% Rcf*
Barranco	70.1 a	40.1 a	28.1 a
Colmena	68.6 a	34.5 a	23.6 a
Tradicional acostado	72 4 a	23 6 b	16.8 b
Tradicional parado	71 1 a	22 4 b	16.1 b

*Medias unidas por la misma letra son significativamente iguales al nivel de 0 05 (Prueba de rango múltiple de Duncan)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los hornos de ladrillo son significativamente más eficientes en rendimiento que los tradicionales, siendo la calidad del carbón obtenido similar en todas las unidades (70 7% carbono fijo)

Las unidades construidas de ladrillo son 162 2% más eficientes en rendimiento gravimétrico y rendimiento en carbono fijo respectivamente, indicando claramente sus ventajas frente a la técnica tradicional de construir los hornos de tierra Estos economizan considerables cantidades de leña en el proceso de conversión madera-carbón, produciendo casi 60% más carbón por metro cúbico

El uso intensivo de los hornos de ladrillos, dentro de un plan de conservación en las zonas productoras, es un punto que merece consideración. Esto haría posible que se maximize el uso del recurso bosque, especialmente en las zonas áridas, puntos críticos de la problemática forestal-energética

Se ameritan estudios de factibilidad económica a fin de implementar el uso de esta nueva tecnología al nivel del pequeño y mediano productor

BIBLIOGRAFIA

1 Almeida, J M. 1984 Resultados preliminares de evaluación de rendimiento de los hornos tradicionales dominicanos para cuatro especies nativas Santiago ISA-Nota Técnica No 4 Programa de Desarrollo de Madera como Combustible.

2. American Society for testing and Materials. 1984 Chemical analysis of wood charcoal Volumen O 4.09 Philadelphia ASTM D 1762-84.

3. Chudnoff, M. 1984 Tropical timbers of the world Washington, D C U S Dept. Agriculture, Agric Handbook 107

4 Penedo, Waldir R 1982 Producão e utilizacão de carvao vegetal Belo Horizonte Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), publicação tecnica No 6

5 U S FOREST SERVICE 1961 Charcoal production, marketing and use Washington, D C U S Dept. Agriculture Report No 2213

ANEXO 1

STANDARD METHODS FOR CHEMICAL ANALYSIS OF WOOD CHARCOAL

1 Scope

1 1 This method covers the determination of moisture, volatile matter, and ash in charcoal made from wood. The method is applicable to lumps and briquets and is designed for the evaluation of charcoal quality. The method employs apparatus that is found in most laboratories and is adapted to routine analyses of a large number of samples.

1 2 This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use

2 Applicable Documents

2 1 ASTM Standards.
D346 Method of Collection and Preparation of Coke Samples for Laboratory Analysis
D410 Method of Sieve Analysis of Coal
D3176 Method for Ultimate Analysis of Coal and Coke
D3180 Method for Calculating Coal and Coke Analysis From As-Determined to Different Bases

3 Summary of Method

3 1 The sample is ground in a specified manner and the moisture determined as loss in weight in a drying oven at 105°C Volatile matter is determined as loss in weight at 950°C under specified conditions. Ash is determined as the residue after burning to constant weight at 750°C.

4. Significance and Use

4 1 Low quality wood and wood residues are used for wood charcoal This method is used for evaluating the charcoal to assess the methods of production and assist in developing new methods.

5 Apparatus

5 1 Mill, for grinding samples
5 2 Oven, with automatic temperature control at 105 ± 1°C

5 3 Muffle Furnace, to control temperatures at 750 ± 5°C and 950 ± 5°C.
5 4 Analytical Balance, with a capacity of at least 100 g and a sensitivity of 0.1 mg
5 5 Containers, airtight, such as screw-top bottles for storage of ground samples
5 6 Sieves, as specified in Method D 410
5 7 Crucibles, porcelain, 41 by 37 mm with porcelain lids
5 8 Desiccator, containing calcium chloride as drying agent.

6 Sample

6 1 Sample Selection-The sample shall be selected so as to be representative of all of the material contained in a lot. Sample selection shall be carried out in accordance with Methods D 346, D 3176 and D 3180

6 2 Sample Preparation-Samples will normally be air-dry charcoal lumps or briquets Rainsoaked or wet samples shall be spread out to air-dry before carrying out the analysis For purchase specifications, the moisture content of the charcoal, as received, shall be determined on samples ground to pass a No 20 (850-um) sieve since excessive grinding will result in loss of moisture due to the generation of heat For laboratory evaluation, moisture, ash, and volatile matter shall be determined on a sample ground as follows

6 2 1 All of the selected sample shall be ground, no part of the sample shall be rejected The sample shall be pulverized rapidly in a mill Long grinding times shall be avoided because of generated heat which will cause loss of volatile material Excessive grinding will produce a large amount of fine particles smaller than a No 100 (150-um)) sieve. These fine particles contribute to errors of being swept out of the crucible during the rapid evolution of gases in the determination of volatile matter. Particles that will be retained on a No 20 (850-um) sieve shall no be used Samples with the following sieve analysis have been found satisfactory

Passing Sieve	Retained on Sieve	Sample, %
	No 20 (850-um)	0
No 20 (850-um)	No 40 (425-um)	14 5
No 40 (425-um)	No 60 (250-um)	18 7
No 60 (250-um)	No 80 (180-um)	7 0
No 80 (180-um)	No 100 (150-um)	3 4
No 100 (150-um)		56.4

6 2 2 The ground sample shall be well mixed and stored in an airtight container

7 Procedure

7 1 Make duplicate determinations

7 2 Moisture-Heat the muffle furnace to 750°C and place previously ignited porcelain crucibles (Note 1) and covers in the furnace for 10 min Cool the crucibles in a desiccator for 1 h Weigh the crucibles and add to each approximately 1 g, weighed to the nearest 0 1 mg, of the ground sample Place the samples in the oven at 105°C for 2 h Place the dried samples in a desiccator for 1 h and weigh (Note 2)

Note 1-In practice, a crucible from a previous determination is used.

Note 2-The sample shall be considered oven-dry when the decrease in weight of consecutive weighings is 0 00005 g or less Succeeding drying periods shall be not less than 1 h

7.3 Volatile Matter-Heat the muffle furnace to 950°C Preheat the crucibles used for the moisture determination, with lids in place and containing the sample, as follows with the furnace door open, for 2 min on the outer ledge of the furnace (300°C) and then for 3 min on the edge of the furnace (500°C) (Note 3) Then move the samples to the rear of the furnace for 6 min with the muffle door closed Watch the samples through a small peep-hole in the muffle door If sparking occurs, results will be in error (Note 4) Cool the samples in a desiccator for 1 h and weigh

Note 3-Individual michrome wire baskets to hold the crucibles are convenient

Note 4-If the sparking sample does not check the results of its nonsparking duplicate within ± 0.5%, the analysis shall be repeated.

7 4 Ash-Place the lids and the uncovered crucible used for the volatile matter determination, and containing the sample in the muffle furnace at 750°C for 6 h Cool the crucibles with lids in place in a desiccator for 1 h and weigh Repeat burning of the sample until a succeeding 1-h period of heating results in a loss of less than 0.0005 g.

8. Calculation and Report

8.1 Calculate the percentage of moisture in the sample as follows

Moisture, %=[(A - B) / A)]x 100

Where

A= grams of air-dry sample used, and
B= grams of sample after drying at 105°C (7 2)

8 2 Calculate the percentage of volatile matter in the sample as follows

Volatile matter, %= [(B - C)/B] x 100

Where·

C= grams of sample after drying at 950°C (7.3).

8 3 Calculate the percentage of ash in the sample as follows

Ash, %= (D/B) x 100

Where

D= grams of residue (7.4)

8 4 Report all results to the first decimal place Values for duplicate determinations should agree within the following

Constituent Determined	Persmissible Differences Between Duplicates, %
Moisture	0 1
Volatile matter	0 5
Ash	0 1

9. Precision and Bias

9 1 There is currently no data available with which to develop a precision and bias statement