

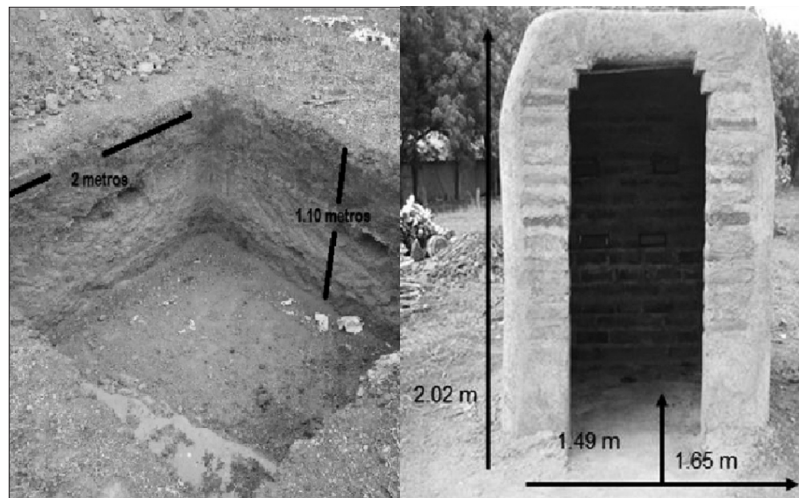
COMPARACIÓN DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA
FINCA EL PLANTEL, MASAYA

COMPARISON OF QUALITY FOR WOOD CHARCOAL PRODUCTION AT THE
EXPERIMENTAL FARM EL PLANTEL, MASAYA

Reyes Flores Francisco Giovanni¹, Rodríguez Malespín Elí Concepción².

¹ Docente de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

² Graduado de la Carrera de Ingeniería Forestal



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la producción de calidad de carbón vegetal entre la fosa de tierra y el horno de ladrillo utilizando *Eucalyptus camaldulensis*, se seleccionaron árboles con diámetros entre 20-30 cm y mayores de 30 cm. Por cada categoría diamétrica se emplearon cinco árboles para un total de diez individuos, se tumbaron los árboles con la técnica de tala dirigida, con hacha a partir de 30 cm del suelo. Se procedió a medir la longitud de la troza en metros empleando una cinta métrica para la medición del diámetro medio. Se calculó el volumen del fuste limpio utilizando la fórmula de Smalian, posteriormente se trasladó trozas y ramas al sitio de carbonización, se depositaron por clase diamétrica donde se calculó el volumen empleando la fórmula de Huber, para la cubicación de las ramas se empleó el método de metro estéreo. Para la clase diamétrica de 20 a 30 cm se utilizó un volumen de 4.48 m³ y para mayor de 30 cm, 6.55 m³. Finalizado el proceso de carbonización se obtuvieron ocho sacos en la fosa de tierra, equivalente a 0.217 m³, en el horno de ladrillo se obtuvieron 18 sacos lo que representa 0.496 m³. Comparando los estándares de calidad de la FAO, con los obtenidos en este estudio, son aceptables, se concluye que el método de producción de horno de ladrillos usando arboles mayores de 30 cm es el mejor método para la producción de carbón vegetal.

ABSTRACT

The present investigation aimed to compare the quality production of charcoal from the pit of earth and brick oven using *Eucalyptus camaldulensis*, using two diametric categories, we selected trees with diameters ranging from 20 to 30 cm and over 30 cm. For each diameter category five trees were used for a total of ten individuals, felled trees with directional felling technique, with an ax from 30 cm soil. We proceeded to measure the length of the log in meters using a tape measure to measure the average diameter. Then we proceeded to calculate the volume of clean bole using the Smalian's formula, then were moved logs and branches to the site of carbonization and deposited by diameter class, where volume was calculated using Huber's formula for the scaling of the branches use the traditional method of stereo meters. For diameter class of 20 to 30 cm it used a volume of 4.48 m³ and for category greater than 30 cm diameter it was 6.55 m³. After the carbonization process were collected eight sacks in the pit of land, equivalent to 0.217 m³, in the brick oven were obtained 18 sacks representing 0.496 m³. Comparing the quality standards of the FAO, with those obtained in this study are acceptable, it is concluded that the method of production of brick oven using trees over 30 cm diameter is the best method for the production of charcoal.

El carbón vegetal es un material combustible sólido negro, frágil y poroso con un alto contenido en carbono y quizás el primer material de carbón utilizado por el hombre y su uso data probablemente desde el mismo momento en que comienza a utilizarse el fuego; dado que los trozos de madera carbonizada que quedarían en algunas hogueras pueden considerarse un carbón vegetal rudimentario. La importancia del carbón vegetal es que constituye una fuente de energía doméstica aplicable a los sectores residenciales, artesanales e industriales, es una fuente de energía alternativa muy importante (INAFOR, 2011). Una forma de aprovechar los recursos forestales con fines de desarrollo, es promoviendo y fomentando la producción de carbón vegetal para el consumo doméstico e industrial. Este tipo de industria tiene ventajas económicas y sociales, porque genera empleo, crea un flujo de dinero del sector urbano al sector rural, se economiza y se obtiene divisas de la exportación de carbón (Reyes, 1990).

El eucalipto es una especie de rápido crecimiento, de usos múltiples, lo que la hace una especie deseable para su establecimiento. La madera de eucalipto cuando está completamente seca constituye un combustible excelente, produciendo leña y carbón de óptima calidad, el carbón de esta madera es catalogado como bueno, pues arde bien y es duradero, su poder calorífico es de 4 800 kcal/kg (MARENA/INAFOR/MAGFOR, 2002).

En este estudio se pretende hacer una comparación de la calidad del carbón vegetal obtenido en fosa de tierra y el horno de ladrillos utilizando *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y se juzgará cuál de estos métodos es el más eficiente, también se desea conocer el rendimiento de la producción y la calidad lo que permitirá un mejor aprovechamiento de la especie.

INAFOR (2011), está impulsando la estrategia nacional para leña y carbón vegetal que visiona el manejo ordenado del bosque, la reforestación, el mejoramiento de la eficiencia energética y así lograr un uso eficiente de la leña y carbón vegetal, ofrecer al mercado nacional un producto forestal certificado que garantice su origen, calidad y legalidad. Entre sus objetivos están: promover la producción de manera sostenible incentivando la reposición forestal, la investigación y gestión del conocimiento sobre la producción de leña y carbón vegetal y la eficiencia en la transformación energética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio. Ubicada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa – Masaya, en el municipio de Nindirí, departamento de Masaya, contiguo a la empresa Avícola Estrella, se localiza La finca el Plantel, es la unidad de experimentación y evaluación, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, posee un área de 270 manzanas, entre las coordenadas 12° 06' 24" y 12° 07' 30" latitud norte, y 86° 04' 46" y 86° 05' 87" longitud oeste (Somarriba, 1989). La finca

El Plantel es de fácil acceso debido a que está ubicada a orilla de la carretera pavimentada (figura 1).

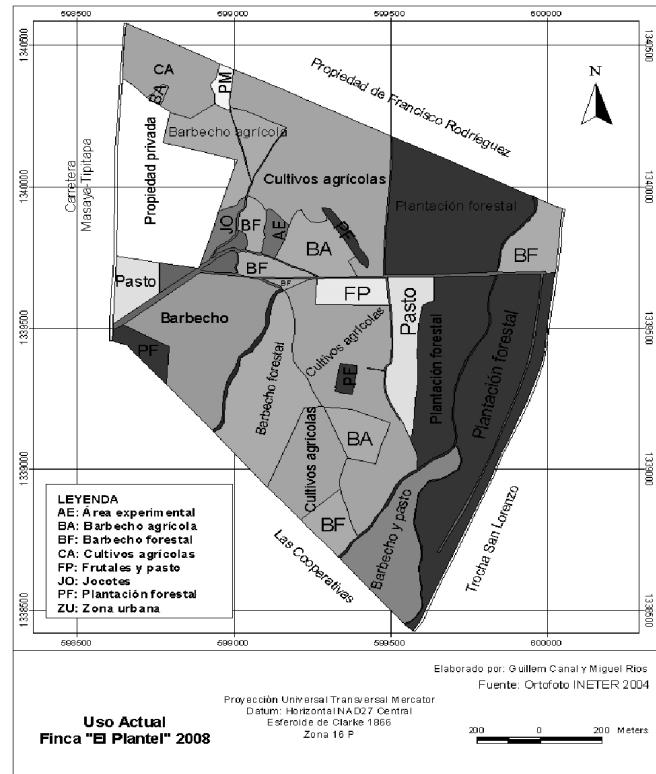


Figura 1. Ubicación de la unidad experimental finca El Plantel, de Universidad Nacional Agraria.

Suelo. La textura que presentan dichos suelos es diversa entre arenosa a franco, en términos generales se considera que el suelo es bien drenado y con fertilidad aceptable (Somarriba, 1989).

Clima. De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima es tropical de sabana con transición a sub tropical, semi-húmedo. La precipitación varía de 600 mm a 1 800 mm al año. Existe una marcada época seca durante seis meses, noviembre-abril, promedio de 0–3 mm. Los meses de mayor precipitación son septiembre y octubre en que hay un promedio de 200 a 250 mm de lluvia. La temperatura mínima media corresponde al mes de diciembre con valores que varían entre 24.7°C y 25.2°C. La evaporación media anual es de 2 044 mm al mes con mayores evaporaciones en abril (Somarriba, 1989).

Vegetación. La finca El Plantel se ubica en la región ecológica I, donde la vegetación y la composición florística de esta comprende diferentes categorías de vegetación y una gran diversidad de especies y de asociaciones vegetales (Salas, 1993) Actualmente se usa con cultivos de granos básicos

como maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), además de frutales como cítricos, limón (*Citrus latifolia*) y mandarina (*Citrus nobilis*), frutos como mangos (*Manguifera indica*), aguacates (*Persea americana* Mill), (Somarriba, 1989).

Proceso metodológico

Selección del material vegetal para la producción de carbón. Se seleccionaron árboles con diámetros entre 20-30 cm y mayores de 30 cm, los cuales se marcaron con cintas biodegradables de distintos colores para diferenciar las clases diamétricas (figura 1). Por cada categoría diamétrica se seleccionaron cinco árboles para un total de diez individuos que posteriormente fueron extraídos para emplearlo en la producción de carbón vegetal.

Medición de árboles tumbados. Para la medición de los árboles tumbados se procedió a medir la longitud del fuste en metros empleando una cinta métrica, se considera la longitud del fuste desde la base del árbol hasta la primera rama (Figura 2), utilizando la fórmula de Smalian. En el mismo fuste se realizó la medición del diámetro medio utilizando la cinta diamétrica el cual se expresa en centímetro, se utilizó la fórmula de Huber.



Figura 1. Selección y marcación de árboles de *Eucalyptus camaldulensis* en la Finca El Plantel, 2011.



Figura 2. Medición de diámetros y longitud del fuste limpio de los árboles tumbados de *Eucalyptus camaldulensis* en la Finca El Plantel, 2011.

Con los datos recolectados anteriormente, se procedió a calcular el volumen del fuste limpio tumbado, utilizando la fórmula de Smalian (Husch *et al.*, 1982).

$$V = (D \text{ Mayor} + D \text{ Menor})/2 * 3.1416 * L$$

Donde:

- V: Volumen en metros cúbicos (m³)
- D Mayor: Diámetro mayor expresado en cm
- D Menor: Diámetro menor expresado en cm
- L: Longitud de la troza expresado en metros
- 3.1416: Valor de π

Traslado y medición de fustes y ramas al sitio de carbonización. Una vez ubicados los fustes del aprovechamiento forestal en el área de producción de carbón vegetal, se calculó el volumen empleando la fórmula de Huber, que consistió en medir cada fuste tomando las medidas de diámetro medio y longitud (Husch *et al.*, 1982), (figura 3)

$$V = (D \text{ medio})^2/4 * 3.1416 * L$$

Dónde:

- V: Volumen en metros cúbicos (m³)
- D medio: Diámetro medio expresado en cm
- L: Longitud de la troza expresado en metros
- 3.1416: Valor de π

Para la cubicación de las ramas de *Eucalyptus camaldulensis* donde se determina su volumen, se empleó el método tradicional de metro estéreo que consiste en medir 1 metro de ancho por 1 metro de largo por un metro de alto. Las ramas deben tener una longitud de un metro para poder utilizar dicha técnica. Se empleó la fórmula para la medición y cubicación de leña.

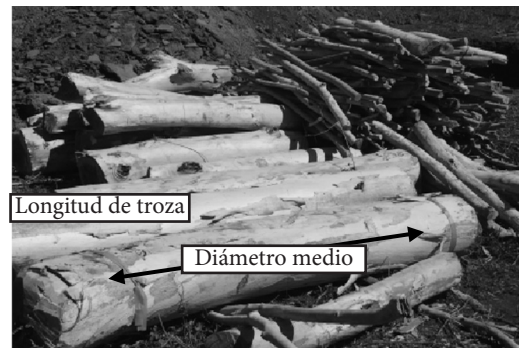


Figura 3. Medición de longitud y diámetro medio de troza de la especie *Eucalyptus camaldulensis* en la finca El Plantel.

$$V = L * A * H * 0.784$$

Dónde:

L: Longitud de las ramas expresado en metros

A: Ancho de la pila expresado en metros

H: Altura de la pila de madera expresada en metro

0.784: Constante

Diseño de la producción de carbón vegetal. Para la producción de carbón vegetal a partir de la especie de *E. camaldulensis* se emplearon dos diseños de producción: fosa de tierra y horno de ladrillos.

Fosa de tierra. Las dimensiones de la fosa son de 1.10 metros de profundidad y los lados de dos metros que multiplicados resultan 4.4 m³ en capacidad de volumen. En cada extremo de la fosa, se abrieron los respiraderos para que entre y circule cierta cantidad de aire necesario para iniciar la combustión (figura 4).

Primero se disponen varios fustes en los extremos de la fosa, cada uno de igual longitud como la de la fosa, luego se coloca una cama de ramas hasta llegar a un espesor de aproximadamente 10 cm, seguido se colocan trozas de mayor volumen en sentido opuesto a la cama de ramas y así sucesivamente.

Horno de ladrillos. La ubicación de este tipo de horno es en un lugar plano y compactado hasta tener un nivel casi plano y que el agua drene fácilmente lejos del horno. Este se construye totalmente de ladrillo con barro, cal y arena. El horno tiene una puerta ubicada en dirección perpendicular al viento; en su contorno tiene varias hileras de agujeros pequeños llamados "tatus" que permiten la salida de humo y se van sellando con lodo (figura 5). Este sistema puede controlar la temperatura mediante el cierre o apertura de los tatus (CE-MAPIF- PROCAFOR, 1999), las medidas del horno en la finca son 1.49 metros de ancho por 1.65 metros de largo, la altura es de 2.02 metros, el volumen de madera que alcanza resulta de 4.97 m³.

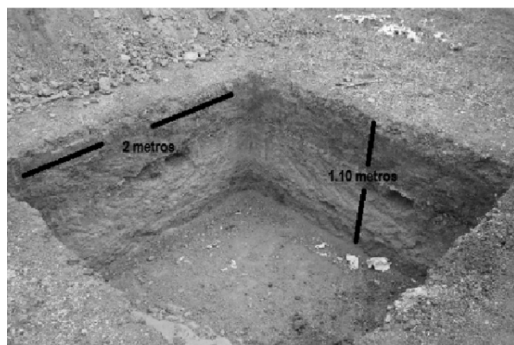


Figura 4. Diseño de la Fosa de Tierra para la producción de carbón vegetal de la especie *Eucalyptus camaldulensis* en la finca El Plantel, 2011.

Conversión de medidas de kilogramo a volumen métrico del carbón vegetal.

El pesaje se realizó con una pesa digital (Crane Scale) en la cual se colgaron los sacos con el carbón vegetal, obteniendo dicho peso en kilogramos, tanto para el horno de ladrillos como el de la fosa de tierra. Los valores del peso en kilogramos fueron convertidos a volumen por la fórmula $V = M/D$, partiendo de la densidad media de la madera de eucalipto que es de 0.591 gr. /cm³ (MARENA/INAFOR/MAGFOR 2002), de la cual los gramos se convirtieron a kilogramos y los centímetros cúbicos a metros cúbicos para obtener kg / m³ (Husch *et al.*, 1982).

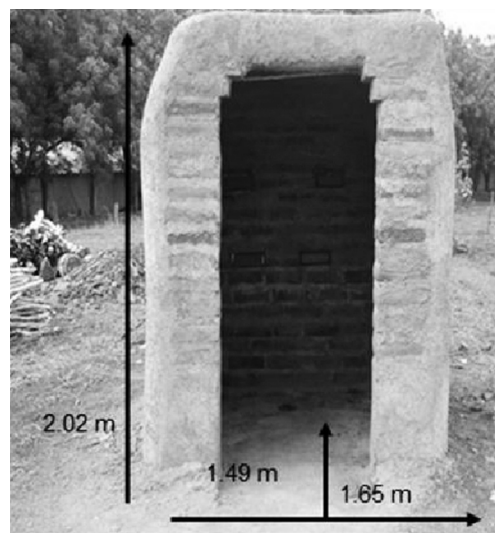


Figura 5. Diseño del horno de ladrillos para la producción de carbón vegetal de la especie *Eucalyptus camaldulensis* en la finca El Plantel.

$$V = M / D$$

Dónde:

V = volumen en metros cúbicos

D = densidad en gramos/centímetros cúbicos

M = masa en kilogramos

D = Peso seco / Volumen seco

Análisis de laboratorio. La calidad del carbón puede especificarse y medirse de varias formas, se define según algunas de sus propiedades y si bien todas en cierto modo están interrelacionadas, se miden y se evalúan por separado (FAO, 1983). Para el análisis de laboratorio se seleccionaron al azar muestras de carbón vegetal de los 26 sacos de la producción del horno de ladrillo y de la fosa de tierra, dos bolsas con un peso de dos libras cada una para su análisis en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria, con el fin de determinar porcentaje de cenizas, carbono orgánico, densidad aparente y porcentaje de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cálculo de volumen en trozas empleando la fórmula de Huber y Smalian. En la tabla 1, se muestra un resumen del volumen de cada árbol con sus respectivos fustes y ramas de la clase diamétrica de 20 a 30 cm, empleando la fórmula de Huber. En total en dicha categoría se obtuvo 4.25 m³ de madera para la producción de carbón vegetal. En la Tabla 1 se observa el cálculo de volumen de madera empleando la fórmula de Smalian, en esta medición se toma en cuenta el fuste limpio después de ser tumbado, resultando un volumen de 4.48 m³.

Tabla 1. Cálculo del volumen de fustes y ramas de *Eucalyptus camaldulensis* de la categoría de 20–30 cm, para la producción de carbón vegetal, utilizando la fórmula de Huber y la fórmula de Smalian, finca El Plantel, Masaya, 2011

Árbol	Utilizando la fórmula de Huber			Utilizando la fórmula de Smalian		
	Volumen de fuste (m ³)	Volumen de ramas (m ³)	Volumen total (m ³)	Volumen de fuste (m ³)	Volumen de ramas (m ³)	Volumen total (m ³)
1	0.12	0.58	0.70	0.13	0.58	0.71
2	0.15	0.62	0.77	0.21	0.62	0.83
3	0.25	0.76	1.01	0.30	0.76	1.06
4	0.12	0.61	0.73	0.15	0.61	0.76
5	0.14	0.90	1.04	0.22	0.90	1.12
TOTAL	0.78	3.47	4.25	1.01	3.47	4.48

Tabla 2. Calculo del volumen de fuste y ramas de *eucalyptus camaldulensis* de la categoría mayor de 30 cm., utilizando la fórmula de Huber, y la fórmula de Smalian, finca EL Plantel, Masaya

Árbol	Utilizando la fórmula de Huber			Utilizando la fórmula de Smalian		
	Volumen de fuste (m ³)	Volumen de ramas (m ³)	Volumen total (m ³)	Volumen de fuste (m ³)	Volumen de ramas (m ³)	Volumen total (m ³)
1	0.27	1.05	1.32	0.30	1.05	1.35
2	0.22	1.15	1.37	0.20	1.15	1.35
3	0.36	0.98	1.34	0.45	0.98	1.43
4	0.42	0.77	1.19	0.48	0.77	1.25
5	0.34	0.77	1.11	0.40	0.77	1.17
TOTAL	1.61	4.72	6.33	1.83	4.72	6.55

Al comparar las dos fórmulas se puede concluir que los resultados son similares, la diferencia es mínima y ambas se pueden utilizar.

La tabla 2 representa el volumen de la categoría diamétrica mayor de 30 cm empleando la fórmula de Huber. Esta categoría alcanzó un volumen de 6.33 m³ para la producción de carbón vegetal.

La tabla 2, representa el volumen de la categoría diamétrica mayor de 30 cm empleando la fórmula de Smalian. La categoría alcanzó un volumen de 6.55 m³ para la producción de carbón vegetal. La suma del volumen de las dos categorías empleando la fórmula de Huber es 10.58 m³ y uti-

lizando Smalian resulta 11.03 m³, con una diferencia de 0.60 m³. El volumen de ramas es mayor debido a que se aprovechó todo el árbol. La fórmula de Smalian da buenos resultados o da valores precisos para fustes de forma cilíndrica como la del árbol de eucalipto, también para trozas de diferentes longitudes.

Rendimiento de carbón vegetal fosa de tierra. La fosa de tierra, se carga con fustes que miden 1.10 metros a 1.80 metros, que se acomodan fácilmente y transversales a la fosa (figura 6). Para la carga de la fosa de tierra se emplearon aproximadamente tres horas debido

a que el modo de acomodar las ramas y fustes debía ser uniforme y bien apiladas, la fosa se llenó con un volumen de 3.68 m³ lo que representa el 82.14% del total que es de 4.48 m³ de la clase diamétrica de 20 a 30 cm.

Una vez finalizado el proceso de carbonización se obtuvieron ocho sacos (tabla 3), los cuales fueron pesados en kilogramos y convertidos posteriormente a volumen a partir de la densidad media de la madera de eucalipto que es de 0.591 gr/cm³, luego se convirtió en kg/m³ y la masa del saco de carbón se dividió por este resultado. El volumen fue de 0.217 m³ que resulta el 5.89% del volumen de madera que ocupó la fosa de tierra el cual es 3.68 m³.



Figura 6. Fosa de tierra durante la etapa de carga, finca El Plantel.

Tabla 3. Rendimiento de carbón vegetal en el sistema de producción fosa de tierra, en la finca El Plantel

Número de saco	Peso (kg)	Volumen (m ³)
1	15.10	0.025
2	17.48	0.029
3	16.15	0.027
4	17.19	0.029
5	17.91	0.030
6	16.51	0.028
7	14.74	0.025
8	12.95	0.022
Total	128.03	0.217

En un estudio realizado en El Salvador, en la comunidad Las Margaritas, Rosario de Mora, sobre la producción de carbón de *Eucalyptus camaldulensis*, los productores hacen carbón utilizando un horno artesanal rustico empleando métodos tradicionales.

El objetivo de la investigación fue evaluar y documentar el proceso de producción de carbón, se realizaron cuatro quemas de árboles provenientes de Sistemas Agroforestales, el diámetro promedio de los árboles fue de 15.1 cm.; la altura promedio fue de 13.6 m, la leña fue cortada con dos meses de anticipación en trozos de 1.4 m de longitud, la cantidad promedio de leña fue de 4.87 m³ obteniendo 14.6 sacos de carbón (un rendimiento aproximado de tres sacos por m³), estos sacos son de 46 kg (Morales *et al.*, 2001).

En el estudio en la finca El Plantel, los rendimientos obtenidos en la fosa de tierra son de 128.03 kg de carbón de carbón vegetal, el total de leña utilizada fue de 3.68 m³ y se obtuvieron ocho sacos con un promedio de 16.25 kg por saco y un rendimiento de dos sacos por m³, comparado con el estudio hecho en El Salvador estos rendimientos son menores y no los superan.

Horno de ladrillos. En el horno de ladrillos se acomodaron fustes con dimensiones de 1.70 a 1.80 metros, procurando que en el medio quedaran los fustes de mayor diámetro, alrededor van los de menor diámetro y utilizando leña para rodearlos, la carga tomo un tiempo de dos horas, el horno se llenó con un volumen de 2.57 m³ que representa el 51.71% del total que es de 4.97 m³ de la categoría mayor de 30 cm (figura 7).

Una vez finalizado el proceso de carbonización se obtuvieron 18 sacos los cuales fueron pesados en kilogramos y convertido posteriormente a volumen a partir de la densidad media de la madera de eucalipto. Estos valores superan a los de la fosa de tierra debido a la naturaleza de este sistema donde las temperaturas son difíciles de controlar por lo que el material vegetativo se consumió de forma vertiginosa. Los

hornos de ladrillos, construidos y operados correctamente, representan sin duda uno de los métodos más efectivos para la producción de carbón vegetal. Para los resultados del horno de ladrillo reflejados en la tabla 6, se hizo el mismo procedimiento para obtener el volumen, el peso del saco se carbón se dividió entre la densidad media de la madera de eucalipto. El volumen fue de 0.496 m³ que representa el 19.30% del volumen de madera que ocupó el horno de ladrillo, el cual es de 2.57 m³.



Figura 7. Horno de ladrillo al finalizar la etapa de carga.

Tabla 6. Rendimiento de carbón vegetal en el sistema de producción de horno de ladrillos, en la finca El Plantel

Número de sacos	Peso (kg)	Volumen (m ³)
1	16.71	0.028
2	18.03	0.030
3	17.39	0.030
4	17.23	0.030
5	16.44	0.028
6	16.44	0.028
7	16.39	0.028
8	16.78	0.028
9	15.37	0.026
10	16.15	0.027
11	17.94	0.030
12	14.81	0.025
13	15.10	0.025
14	15.62	0.026
15	15.67	0.026
16	16.85	0.028
17	15.62	0.026
18	16.01	0.027
Total	254.56	0.496

Calidad del carbón vegetal. En Nicaragua no existen estándares de calidad para las evaluaciones del carbón. Los consumidores de Europa Occidental y de los Estados Unidos identifican la calidad del carbón en términos de propiedades como: facilidad de ignición, ligero sabor ahumado, tamaño de los trozos y duración del tiempo de quema. El carbón obtenido en la finca (tabla 7). El Plantel se le realizaron análisis de laboratorio en: contenido de humedad, densidad aparente, contenido de cenizas y carbón orgánico.

Tabla 7. Análisis de laboratorio de carbón vegetal obtenido en la finca El Plantel, 2011

Sistema de producción	Carbono orgánico (%)	Cenizas (%)	Densidad aparente	Humedad (%)
Horno de ladrillos	66.2	3.93	0.55	4.97
Fosa de tierra	49.0	10.90	0.44	7.11

Según la FAO (1983), el producto intermedio ideal, cuando seco, tiene un contenido de carbono fijo de alrededor del 75%; de cenizas desde 0.5% al 5%; y un contenido de humedad del 5–10 %. Comparando estos estándares de calidad de la FAO, con los obtenidos en este estudio, el método de producción de horno de ladrillos se acerca a lo expresado en estudios anteriores. Los resultados de la fosa de tierra, están por debajo del promedio.

CONCLUSIONES

El mejor método para la producción de carbón vegetal, eficiente desde el punto de vista del rendimiento del carbón y de la humanización del trabajo es el horno de ladrillo utilizando diámetros mayores de 30 cm en la especie de *Eucalyptus camaldulensis*.

Los mejores resultados se obtuvieron con el horno de ladrillos, dichos resultados alcanzan los parámetros de calidad establecidos por la FAO, se consideran aceptables lo que significa que el carbón vegetal obtenido de la clase diamétrica mayor de 30 cm es de mejor calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1983. Manual de fabricación de carbón vegetal. CR. 135 p.
- Husch, B; Miller, C; Beers, T. 1982. Forest mensuration. Third edition. New York, Estados Unidos de Norte America. Jhon Willey & Sons. 402 p.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2011. Estrategia nacional de leña y carbón vegetal. del 2011 al 2021. Managua, NI. 60 p.
- MARENA/INAFOR/MAGFOR (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Instituto Nacional Forestal, Ministerio Agropecuario Forestal). 2002. Guía de especies forestales de Nicaragua. Managua, NI. 316 p.
- Morales, R; Martínez, B; Hernández, O. 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 Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad de El Salvador. 121 p.
- Reyes, FF. 1990. Análisis comparativo de dos métodos de producción de carbón vegetal. Trabajo de Diploma para obtener el título de Ingeniero Agrónomo con orientación en Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Aprovechamiento Forestal. Managua, NI. 37 p.
- Somarriba, CM. 1989. Planificación conservacionista de la finca El Plantel, Masaya. (Tesis) Instituto Superior de Ciencias Agrarias ISCA. Managua, NI. 38 p.