

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN



TRABAJO MONOGRÁFICO

"INDUSTRIA ARTESANAL DEL CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ"

PARTE COMPLEMENTARIA DE LA MODALIDAD "D"
EXAMEN DE HABILITACIÓN PROFESIONAL MEDIANTE
CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por el Bachiller:

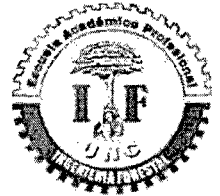
CESAR HUMBERTO CASAS VILLANUEVA

JAÉN - PERÚ

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN




"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962
Bolivar N° 1342 – Plaza de Armas – Telfs. 431907 - 431080
JAÉN – PERÚ


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFIA

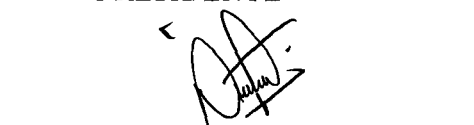
En la ciudad de Jaén, a los veinticuatro días del mes de Abril del año dos mil catorce, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 026-2014-FCA-UNC, de fecha 18 de Marzo del 2014, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Monografía titulado: "LA INDUSTRIA FORESTAL DEL CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ", del Bachiller en Ciencias Forestales don CÉSAR HUMBERTO CASAS VILLANUEVA, para optar el Título Profesional de INGENIERO FORESTAL.


A las diecisiete horas y trece minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto, invitando al sustentante a exponer su trabajo monográfico y luego de concluida la exposición, se procedió a la formulación de las preguntas correspondientes y a la deliberación del Jurado. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la APROBACIÓN por UNANIMIDAD, con el calificativo de CATORCE (14) por lo tanto, el graduando queda expedito para que inicie los trámites para que se le expida el Título Profesional de Ingeniero Forestal correspondiente.

A las diecinueve horas y tres minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE


Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


Ing. Sigilberto A. Pastor Ordinola
VOCAL


Ing. M.Sc. Germán Pérez Hurtado
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN



TRABAJO MONOGRÁFICO

“INDUSTRIA ARTESANAL DEL CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ”

**PARTE COMPLEMENTARIA DE LA MODALIDAD “D”
EXAMEN DE HABILITACIÓN PROFESIONAL MEDIANTE
CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

Presentado por el Bachiller:
CESAR HUMBERTO CASAS VILLANUEVA

**JAÉN –PERÚ
2014**

DEDICATORIA

A mi madre, por brindarme el apoyo incondicional durante el desarrollo de mi carrera universitaria; a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo, a mis hijos Sergio y Héctor, por ser el motor en busca de la felicidad al lado de ellos.

AGRADECIMIENTO

“A mi asesor y todos mis profesores (as) por brindarme todos los conocimientos necesarios para alcanzar una sólida formación profesional”

A mis amigos, Paul, Carolina, Helder y Eva, quienes se sumaron a mi vida para hacerme compañía, brindándome el ánimo necesario, porque a lo largo de este trabajo aprendí que nuestras diferencias se convierten en riqueza cuando existe respeto y verdadera amistad.

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
Introducción	10
Objetivos	10
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL.....	11
1.1. Conceptos del carbón vegetal.....	11
1.2. Propiedades del carbón.....	12
1.3. Propiedades de la madera	17
1.4. Características anatómicas de la madera de algunas especies utilizadas para hacer carbón vegetal.....	19
1.5. Calidad del carbón vegetal.....	21
1.6. Procesos de medición de las propiedades Seleccionadas.....	23
1.7. Uso eficiente del carbón vegetal.....	24
1.8. Recuperación de subproductos de la carbonización de latifoliadas	26
1.9. Comparativa de los sistemas de carbonización	28
CAPÍTULO II: PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA EL CARBÓN VEGETAL.....	31
2.1. Introducción	31
2.2. Bosque seco de sabanas verdes en épocas de lluvia	31
2.3. Bosques secos	32
2.4. El algarrobal	33
2.5. Ecosistemas boscosos en la selva baja	36
2.6. Condiciones de la materia prima	38
2.7. Procedencia y abastecimiento de la materia prima	40
2.8. Especies para leña y carbón en el Perú	40
CAPÍTULO III: PROCESOS DE LA CARBONIZACIÓN.....	43
3.1. Etapas para la producción de carbón vegetal	43

3.2. El proceso de carbonización o pirolisis.....	44
3.3. Condiciones necesarias para llevarse a cabo el proceso de pirolisis	49
 CAPÍTULO IV: MÉTODOS Y CLASES DE CARBONIZACIÓN	50
 4.1. Metodología más común	50
4.2. Métodos para la elaboración de carbón vegetal en el Perú.....	50
4.3. Características económicas de la producción de carbón	58
 CAPÍTULO V: TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL.....	62
5.1. Introducción	62
5.2. Oferta del carbón vegetal en el Perú.....	62
5.3. Operaciones que componen el transporte de carbón vegetal	68
5.4. Distribución del carbón vegetal.....	71
5.5. Formación de stock	71
 CAPÍTULO VI: COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL.....	72
6.1. Producción de carbón vegetal	72
6.2. Costos de producción.....	72
6.3. Comercialización	77
 CONCLUSIONES Y APORTES.....	79
BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE TABLAS, FOTOS, GRÁFICOS Y CUADROS

Tabla 01.	Criterios de clasificación para la densidad	19
Tabla 02.	Comparación de rendimientos	29
Tabla 03.	Efecto de la temperatura de carbonización sobre rendimientos y composición del carbón vegetal	45
Tabla 04.	Estadística forestal del Perú 2000 al 2012	66
Tabla 05.	Tiempo estimado para producir mil kilos de carbón	73
Foto 01.	Bosque Seco de la Costa Norte del Perú	33
Foto 02.	El bosque seco ecuatorial	34
Foto 03.	Materia prima apilada	39
Foto 04.	Secado de leña previo a la producción de carbón	43
Foto 05.	Producción de carbón y producto final	44
Foto 06.	Diagnóstico de demanda de leña y carbón en la provincia de Chanchamayo	48
Foto 07.	Carbonera en fosa de tierra	52
Foto 08.	Fosa de tierra durante la quema, chimeneas de acero	52
Foto 09.	Esquema de fosa de tierra	53
Foto 10.	Parva de tierra durante su construcción	55
Foto 11.	Parva de tierra durante la quema	56
Foto 12.	Descarga del carbón vegetal de una carbonera de tierra	56
Foto 13.	Parva cubierta de arena y aserrín "Carbón De Aserradero"	57
Foto 14.	Carbonera dentro de un aserradero	57
Foto 15.	Uso de rastrillo para extraer el producto carbonizado	58
Foto 16.	Modelo de construcción de parvas	58
Foto 17.	Vehículo modelo camión listo para transportar sacos de carbón	69
Foto 18.	Sacos de Carbón de shihuahuaco (<i>Dipteryx micrantha</i>) y capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i>)	70
Foto 19.	Horno típico de la zona para sacar mil kilos aproximadamente de carbón vegetal	75

Gráfico 01.	Diagrama de proceso de pruebas	24
Grafico 02.	Comparación grafica del rendimiento	29
Cuadro 01.	Producción de principales especies de carbón, 2011.	41
Cuadro 02.	Producción de carbón por regiones naturales para 2008 (DGFF, 2009)	42
Cuadro 03.	Producción, número de productores y su ubicación en la actividad carbonera en Piura, Chiclayo y Pucallpa (Año 1997).	65
Cuadro 04.	Lista de trabajos que tiene la producción artesanal de carbón - Costos, precios e ingresos	73
Cuadro 05.	Costos (S/.) para la obtención de carbón vegetal en la selva central de Perú	76

RESUMEN

La elaboración de carbón vegetal puede resultar como un beneficio para el productor que dispone de materia prima, naturales o plantaciones. En nuestro país los principales consumidores de carbón vegetal son, las pollerías y parrillas, seguido de las industrias y fundiciones, comercializándose además al por menor para distintos usos domésticos. Según nuestras investigaciones en la actualidad, el Perú, abundantemente dotado de bosques, la exportación de carbón vegetal puede ser una industria provechosa. Esta monografía se orienta a describir la fabricación de carbón vegetal como industria artesanal, siguiendo métodos intensivos en el uso de la mano de obra. Su objetivo principal es el de informar y orientar a aquellos interesados en conocer y mejorar la producción y la distribución de carbón vegetal. Sus capítulos detallan el proceso de carbonización y la operación mediante métodos más usuales, su transporte, almacenamiento y distribución del producto final; del mismo modo, un análisis de los sistemas de carbonización y los costos de producción, con el fin de dar una idea de los índices del costo / utilidad.

Palabras clave: carbón vegetal, fundiciones, industria.

ABSTRACT

The production of charcoal can be a benefit to the producer that offers premium, natural or plantation area. In our country, the main consumers of charcoal are the chicken restaurants and grills, followed by industries and foundries marketed retail for various domestic uses. According to our research today, Peru, richly endowed with forests, the export of charcoal can be a profitable industry. This *paper* aims to describe the production of charcoal as a cottage industry, following intensive methods in the use of labor. Its main objective is to inform and guide those interested in learning and improving production and distribution of charcoal. Chapters detail the process of carbonization and the operation by more methods that are usual, transportation, storage and distribution of the final product; in the same way, analysis systems carbonization and production costs in order to give an idea of indices of the cost / benefit.

Keywords: charcoal, foundry, industry.

INTRODUCCIÓN

El estudio expone la situación actual de la producción del carbón vegetal en los mercados de Lima, Piura, Chiclayo y Pucallpa; así mismo, analiza cualitativa y cuantitativamente la estructura de estas actividades económicas (INRENA 1998).

El carbón vegetal se usa mayoritariamente como combustible, no solo de uso doméstico sino también industrial, especialmente en los países en vías de desarrollo. El carbón vegetal es una fuente de energía renovable, lo que aumenta su interés como combustible. Las propiedades físicas y químicas del carbón vegetal dependen de la materia prima original y de las condiciones del proceso de carbonización (Earl 1976). Por otra parte el mercado nacional de carbón es insostenible. Según MINAG-DGFF (2011), el 96% de la producción nacional del año 2010 procede de tres departamentos: Lambayeque, 74; Piura, 13; y La Libertad, 9%, más aún, el 95% de la producción es de algarrobo, especie endémica de los bosques secos del norte del Perú.

La producción de carbón en la Amazonía es una opción para recuperar los residuos que se generan en el bosque al momento de la extracción y en la transformación primaria de la madera. (Mori 1994).

La presente monografía está orientada hacia los siguientes objetivos:

- Recopilar y ordenar la información existente referente a la industria artesanal del carbón vegetal en el Perú.
- Poner a disposición de los lectores un documento actualizado sobre la industria artesanal del carbón vegetal en el Perú.
- Describir los diferentes métodos de carbonización utilizados en nuestro país.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL

1.1. CONCEPTOS DEL CARBÓN VEGETAL

CONAF (2009), considera al carbón vegetal como un producto que se obtiene de la carbonización de la madera, en condiciones controladas en un horno de carbón. Durante el proceso de carbonización se controla la entrada del aire para que la madera no se queme, como sucede en un fuego convencional, sino que se descomponga químicamente para formar el carbón vegetal. Además de ser uno de los combustibles más antiguos en la historia de la humanidad, durante la cual ha satisfecho necesidades primordiales como la calefacción y la preparación de alimentos, y la fabricación de utensilios.

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso que contiene un alto porcentaje de carbono de un orden del 80%, este es producido por el calentamiento de la madera o residuos de vegetales en ausencia de aire, la temperatura con la cual se forma el carbón se encuentra entre 400 °C a 700 °C, este proceso se denomina pirólisis o carbonización, en dicho proceso se obtienen gases y aceites que son producidos por el calentamiento del material vegetal. Alvarado (2004).

El poder calorífico del carbón vegetal oscila entre 29 000 y 35 000 kJ/kg y es muy superior al de la madera que oscila entre 12 000 y 21 000 kJ/kg (Flores y Quinteros 2008, Guardado *et al.* 2010).

Según Booth (1974), el carbón vegetal, en los países en desarrollo, se usa principalmente como un importante combustible industrial. Grandes cantidades se emplean en fundiciones y forjas; en la extracción y refinado de metales especialmente de hierro, y en otras numerosas aplicaciones metalúrgicas y químicas.

Al respecto Heijo (1981), asevera que, la elaboración de carbón de leña o vegetal puede resultar en beneficios adicionales para el productor que

dispone que montes naturales o artificiales de abrigo y que no encuentra posible vender la madera en forma de leña.

Se estima que el 60% de toda la madera extraída en el mundo, se quema como combustible, ya sea directamente, o transformándola en carbón vegetal. La proporción de leña utilizada para la fabricación de carbón vegetal, puede solo estimarse, siendo alrededor del 25% de la cantidad arriba mencionada, o sea cerca de 400 millones de metros cúbicos por año.

El carbón vegetal es una fuente de energía renovable. No obstante, la producción de carbón vegetal por métodos artesanales tiene un importante impacto ambiental que es necesario disminuir mediante el uso de métodos industriales con control de emisiones (FAO 1983).

1.2. PROPIEDADES DEL CARBÓN

El criterio de clasificación para que un carbón sea de buena calidad dependerá para que aplicación vaya destinado dicho carbón (Guardado *et al.* 2010).

1.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS. Entre las propiedades mecánicas tenemos: Según Guardado *et al.* (2010), son:

- ✓ **DUREZA.** Se mide por el tamaño y profundidad de la raya producida por un cuerpo penetrante de forma diversa (cono, esfera, pirámide) y con dureza extrema. Teniendo en cuenta esta propiedad, la antracita se comporta como un cuerpo totalmente elástico, es decir, no es rayado. Los carbones que contienen del orden de 80-85% de carbono muestran un máximo de dureza Vickers que se corresponde con un máximo también en la curva de dureza elástica.
- ✓ **ABRASIVIDAD.** Es la capacidad del carbón para desgastar elementos metálicos en contacto con él. Esta propiedad nos va a condicionar enormemente el material que se tenga que usar en la

maquinaria (molinos, trituradoras, etc.). Está relacionada con las impurezas que acompañan al carbón: sílice y pirita sobre todo.

- ✓ RESISTENCIA MECÁNICA. Tiene gran influencia en los sistemas de explotación del carbón. Esto es porque muchas veces la veta carbonífera se usa como paredes, techos y suelos de las propias galerías de la explotación. Además, hay que tener en cuenta que las vetas suelen ser heterogéneas, por lo que es importante estudiar este aspecto. Se debe medir la resistencia mecánica en el sentido normal a la estratificación, tomándose el valor medio de las mediciones. Esta propiedad va a estar directamente relacionada con la composición petrográfica del carbón.
- ✓ COHESIÓN. La cohesión es la acción y efecto que tiende a unir los componentes de la materia carbonosa. Se trata de una propiedad positiva o de resistencia.
- ✓ FRIABILIDAD. Es la capacidad que presentan los carbones de descomponerse fácilmente en granulometrías inferiores por efecto de un impacto o un rozamiento. Esta propiedad habrá que tenerla muy en cuenta en algunos procesos, puesto que nos da la tendencia del carbón a romperse durante su manipulación.
- ✓ FRAGILIDAD. Es la facilidad que presentan los carbones para romperse o quebrarse en pedazos. Es lo opuesto a la cohesión. Se trata de una propiedad negativa, que va a depender de su tenacidad y elasticidad, de las características de su fractura y de su resistencia.
- ✓ TRITURABILIDAD. Es la facilidad con la que el carbón se desmenuza sin reducirse totalmente a polvo. Es una combinación de dureza, resistencia, tenacidad y modo de fractura. Esta propiedad es cada vez más importante ya que es una propiedad mecánica del carbón, que se toma en cuenta tanto para el

empleo de técnicas novedosas de combustión y para la fabricación de cemento.

1.2.2. PROPIEDADES TÉRMICAS. Guardado *et al.* (2010), refiere que, entre las propiedades térmicas tenemos:

- ✓ **POTENCIA CALORÍFICA.** Es la propiedad más importante en esta división, ya que la potencia calorífica es el calor producido del carbón en una unidad de tiempo. Esta depende de la cantidad de humedad y de cenizas, así como de la composición de la materia orgánica.
- ✓ **CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA.** Es la capacidad que presenta el carbón para conducir el calor. Tiene importancia sobre todo en los hornos de coquización, ya que el hecho de que el calor aplicado se transmita lo más rápidamente posible permite que el proceso tenga un mayor rendimiento
- ✓ **CALOR ESPECÍFICO.** Es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1g de carbón 1 °C. También es importante esta propiedad en el proceso de coquización.
- ✓ **DILATACIÓN.** Es el aumento de volumen por efecto del incremento de temperatura. Se han hecho estudios sobre la dilatación de los carbones y se ha concluido que la antracita presenta importantes variaciones en el volumen con cambios de temperatura, pero dependiendo también de la orientación en la cual esta se encuentre.
- ✓ **GRADO DE IGNICIÓN.** Es la facilidad con la cual una muestra de carbón logra el punto de ignición esta depende de las propiedades del carbón e influye en la velocidad de combustión.

1.2.3. PROPIEDADES ELÉCTRICAS. Según Guardado *et al.* (2010), entre las propiedades eléctricas tenemos:

- ✓ **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.** Es la capacidad para conducir la corriente eléctrica a través de él. Se define en términos de resistencia específica, que es la resistencia de un bloque de carbón de 1cm de longitud y 1 cm² de sección. La unidad es el m. Esta propiedad depende de la presión, de la temperatura y del contenido en agua del carbón. El carbón es considerado en términos generales como un semiconductor.

La razón por la cual el carbón conduce la electricidad es la posesión de anillos bencénicos y radicales libres.

- ✓ **CONSTANTE DIELECTRICA.** Esta propiedad es más tenida en cuenta que la conductividad eléctrica. Se trata de una medida de la polarizabilidad electrostática del carbón dieléctrico. Esto está relacionado con la polarización de los electrones que existen en los anillos bencénicos de la estructura del carbón. Está esta propiedad muy relacionada con el contenido en agua del carbón y varía con los diferentes tipos de carbón.

1.2.4. PROPIEDADES FÍSICAS. Según Guardado *et al.* (2010), entre las propiedades físicas tenemos:

- ✓ **DENSIDAD.** La densidad del carbón no es más que la relación entre su masa y el volumen desplazado de este.
- ✓ **PESO ESPECÍFICO.** Es el peso contenido en la unidad de volumen de un trozo de carbón en su estado natural (poros, humedad y materia mineral incluida).
- ✓ **CONTENIDO EN AGUA.** El carbón contiene agua tanto por su proceso de formación en origen como por las transformaciones sufridas. En el carbón el agua se presenta de 3 diferentes formas: Agua de hidratación, agua de imbibición y agua ocluida.

- ✓ AGUA DE HIDRATACIÓN. Es la que está combinada químicamente. Forma parte de la materia mineral que acompaña al carbón.
- ✓ AGUA DE IMBIBICIÓN. Es la que contiene debido a procesos artificiales en la extracción y procesos posteriores, sobre todo procesos de lavado. Esta agua queda adsorbida en la superficie. Se elimina fácilmente calentando a 100 °C – 105 °C.
- ✓ AGUA OCLUIDA. La que queda retenida en los poros del carbón. Puede proceder del lugar donde se formó el carbón o de las reacciones posteriores a esa formación.
- ✓ CONTENIDO DE CENIZAS. Es la cantidad de ceniza que queda del carbón después de pasar por el proceso de combustión y quemarse en su totalidad.
- ✓ CONTENIDO DE VOLÁTILES Y CARBÓN FIJO. Esta propiedad se puede definir como la cantidad de combustible que el carbón posee, entre más alto el contenido de volátiles y carbón fijo más combustible tiene el carbón para quemar.
- ✓ HUMEDAD SUPERFICIAL. Es la humedad que el carbón gana gracias al medio circundante.
- ✓ HUMEDAD RESIDUAL. Es la humedad que tiene el carbón después de ser secado por convección por medio de una fuente de calor.
- ✓ HUMEDAD TOTAL. Es la suma de la humedad superficial y la humedad residual.
- ✓ TAMAÑO. Determinado por el grado de rotura que sufre en la manipulación, pero regulado por la trituración que se realiza durante el proceso.

1.3. PROPIEDADES DE LA MADERA. Guardado *et al.* (2010), afirma que, así como el carbón tiene sus propiedades, la madera también tiene tantas propiedades físicas, eléctricas, térmicas y mecánicas.

1.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS. Entre las propiedades físicas tenemos:

- a. **ANISOTROPÍA.** Sus propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado, podemos definir tres direcciones principales en que se definen y miden las propiedades de la madera, que son la axial, la radial y la tangencial. La dirección, axial es paralela a la dirección de crecimiento del árbol (dirección de las fibras). La radial es perpendicular a la axial y corta al eje del árbol. La dirección tangencial es normal a las dos anteriores.
- b. **HUMEDAD.** Puede estar contenida de tres formas: Agua de constitución, que forma parte de la materia leñosa y no puede ser eliminada más que por la destrucción de la madera por el fuego. Agua de saturación, contenida en las paredes higroscópicas de las células, puede eliminarse con calentamiento hasta 100 °C – 110 °C. Agua Libre, contenida en los vasos y traqueidas del tejido leñoso. Únicamente las dos últimas son las que constituyen la humedad de la madera. Ésta suele expresarse en porcentaje (%) en peso referido, normalmente, a la madera seca. En la madera recién cortada la humedad puede ser superior al 100%, no contienen toda el agua libre que pueden contener. Por inmersión en agua, puede llegar a tener una humedad de más del 200%. La madera contiene más agua en verano que en invierno. Como es un material higroscópico, tiende a alcanzar un equilibrio con el aire ambiente, eliminando o tomando agua, según sea la humedad relativa del mismo. La humedad influye en todas las demás propiedades de la madera.
- c. **DEFORMABILIDAD** Cambia de volumen al variar su contenido de humedad, hinchamiento y contracción, como la madera es un

material anisótropo, la variación en sentido de las fibras es casi inapreciable, siendo notable en sentido transversal. El fundamento de estos cambios dimensionales reside en la absorción de agua de las paredes de las fibras leñosas, el agua se aloja entre las células separándolas o acercándolas, el punto de saturación de las fibras corresponde al contenido de humedad, para el cual las paredes de las mismas han absorbido todo el agua que pueden absorber, es el momento de máxima separación de células, y por tanto la madera ha alcanzado el mayor volumen (30% de humedad), la madera puede seguir aumentando su contenido en agua pero no aumentará más de volumen, ya que ahora ocupará los vasos y traqueidas del tejido leñoso, se trata de agua libre. La deformación al cambiar la humedad de la madera, dependerá de la posición que la pieza ocupaba en el árbol, así nos encontramos distinta deformación radial y tangencial.

- d. **CONTENIDO DE VOLÁTILES.** Es la cantidad de combustible que tiene la madera en su estructura molecular que al ser secada esta se puede utilizar como fuente de calor. Esta propiedad varía según la especie de árbol de la cual provenga la madera.
- e. **CONTENIDO DE CENIZA.** Es la cantidad de ceniza que queda de la madera después de ser sometida a un proceso de combustión y ser calcinada en su totalidad. Esta propiedad al igual que el contenido de volátiles varía según la especie de árbol de la cual provenga la madera.
- f. **PESO ESPECÍFICO.** El peso específico aparente de la madera es de mucho interés por la influencia que tiene sobre otras propiedades, principalmente sobre las de tipo resistente. Que una madera tenga un peso aparente alto, quiere decir que en un volumen determinado habrá pocos poros y mucha materia resistente. Es importante la toma de muestras para hacer la determinación del peso específico aparente. pues en las frondosas

es máximo en la zona central del tronco mientras que en las coníferas el máximo se encuentra en la parte inferior de éste. El peso específico también varía con el contenido de humedad, tanto por el contenido de agua como por el incremento de volumen que supone, y con la edad. Éste varía de una especie a otra, dentro de una misma especie y en un mismo árbol.

1.4. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE ALGUNAS ESPECIES UTILIZADAS PARA HACER CARBÓN VEGETAL

DENSIDAD DE LA MADERA

La densidad de la madera es el parámetro físico aceptado en Ciencias, Ingeniería y Tecnología de la Madera, como la característica física que puede predecir tanto las características mecánicas de resistencia de la madera, por ejemplo, resistencia al límite elástico, módulo de ruptura y dureza (Sotomayor, 2002). La clasificación de la densidad de la madera (CTF), se realizó de acuerdo a la TABLA FITECMA (Sotomayor, 2008) tabla 01.

Tabla 01. Criterios de clasificación para la densidad

Intervalo	Clasificación	Símbolo
< 0.200 g/cm ³	Muy baja	MB
0.201 - 0.400 g/cm ³	Baja	BA
0.401 - 0.600 g/cm ³	Media	ME
0.601 - 0.800 g/cm ³	Alta	AL
> 0.800 g/cm ³	Muy alta	MA

Fuente: (Sotomayor, 2008)

Para el caso de la variación al interior de una especie, se puede estimar que el coeficiente de variación de la densidad de la madera, al interior de una especie en particular, es del 10%. El argumento anterior permite un intervalo de variación de más-menos 5% en la variación de la densidad anotada en los resultados para cada especie de la investigación. Lo que implica que los datos estimados a partir de la densidad de cada especie, permiten

igualmente una variación porcentual y proporcional a la densidad de la madera.

a) Aguano masha (*Machaerium inundatum*)

Chavesta (1996) indica entre las características generales de la madera, los anillos de crecimiento son poco diferenciados por bandas oscuras e irregulares; en promedio 10 anillos en 2.5 cm de radio. Presenta grano entrecruzado, textura fina, brillo medio olor y sabor no distintivos, veteado en arcos superpuestos, ligeramente diferenciados y en bandas paralelas. Macroscópicamente la madera presenta porosidad difusa, poros visibles con lupa de 10x. El parénquima visible con lupa de 10x; en líneas finas o bandas angostas y paratraqueal aliforme. Radios visibles con lupa de 10x. Así mismo INIA (1999), aporta que sus propiedades físicas son: Densidad básica 0.73 g/cm³; Contracción tangencial 4.90 %; Contracción radial 2.71 %; Contracción volumétrica 7.47 %; Relación T/R 1.80.

b) Quinilla colorada (*Manilkara bidentata*)

Chavesta (1996) menciona que la madera tiene a los anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma regular. El grano es entrecruzado. Textura fina y homogénea. Brillo ausente. Veteado en arcos superpuestos ligeramente diferenciados. Olor y sabor no distintivo. La madera es de porosidad difusa, visible con lupa 10x. Así mismo INIA (1999), aporta que sus propiedades físicas son: Densidad básica 0.87 g/cm³; Contracción tangencial 11.01 %; Contracción radial 6.76 %; Contracción volumétrica 15.80 %; Relación T/R 2.20.

c) Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) labill

Chavesta (1996) menciona que la madera en condición seca al aire es de color blanco amarillento. La transición de color de albura a duramen es gradual, siendo la primera de un color más claro. Los anillos de crecimiento se diferencian a simple vista y están limitados por bandas oscuras formadas por tejido fibroso y denso. El grano entrecruzado.

Textura mediana. El brillo varía de medio a elevado; no tiene olor ni sabor distintivo.

La densidad básica de muchas especies presenta valores muy inferiores a los que se encuentran en su hábitat originario. En el caso de *Eucalyptus globulus*, los valores de esta propiedad determinados en Australia fluctúan entre 0,730 y 0,800 g/cm³ (Prado y Barros, 1989).

d) Algarrobo (*Prosopis pallida*)

Hocquenghem (1999) afirma que en condición seca, la albura es de color crema y el duramen marrón oscuro. La transición de albura a duramen no se observa en la xiloteca. Anillos de crecimiento ligeramente diferenciados por bandas oscuras de forma irregular. Su madera tiene un olor ligeramente aromático. Grano entrecruzado, resistencia moderadamente dura al ser cortada por la cuchilla, textura fina y brillo medio. Veteado en arcos superpuestos causado por los anillos de decrecimiento.

Sotomayor (2014), menciona que el valor promedio de la densidad de la madera de *Prosopis* calculado es de 730 (kg/m³), es inferior a los valores de densidad encontrados para este género en la bibliografía. Lo que implica que los valores de Módulo de Elasticidad estático (MOE) calculados son inferiores pero proporcionales a los reportados en la bibliografía. Sin embargo, los datos sobre el Módulo de Elasticidad (MOE) están en un rango entre 6 y 7 GPa con un contenido de humedad de 12% densidades con valores entre 800 y 1270 kg/cm³.

1.5. CALIDAD DEL CARBÓN VEGETAL

El mercado para el carbón vegetal, menos exigente del punto de vista de la calidad, es el doméstico. Sin embargo, esto no significa que no hay motivos para el control de calidad. Siempre que no se transforme en un obstáculo o burocráticamente contra productivo.

La mayoría de las especificaciones usadas para controlar la calidad del carbón vegetal se han originado en la industria del acero o química. Cuando el carbón se exporta, los compradores tienden a usar estas mismas especificaciones de calidad aun si el principal destino pueda más bien ser para la cocina doméstica. La calidad del carbón vegetal se define según algunas de sus propiedades, a continuación se analizan estos diversos factores de calidad (FAO 1983).

SELECCIÓN DE LAS PROPIEDADES A UTILIZAR PARA LA COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS CARBONES

Al respecto Guardado et al. (2010), advierte que la selección de las propiedades que serán determinadas por medio de las pruebas de laboratorio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ EL USO QUE SE LE DARÁ AL CARBÓN. Para el carbón que se está analizando se asume que será utilizado para procesos de cocción, procesos domésticos y algunos procesos industriales que no afectan los contenidos de sulfuro, es por ello que se omiten las pruebas de propiedades de contenido de sulfuro.
- ✓ LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DISPONIBLES. La disponibilidad de instrumentos para la medición de algunas propiedades es de gran importancia. Debido a la disponibilidad de los instrumentos, hay propiedades que no se pueden medir en el laboratorio. El poder calorífico, la capacidad calorífica y temperatura de ignición son propiedades que no se medirán por no disponer con los instrumentos necesarios.
- ✓ NORMAS INTERNACIONALES PARA MEDIR LA CALIDAD DEL CARBÓN. La cantidad de aplicaciones posibles del carbón es muy importante. Citemos entre los sectores industriales: el carbón activo, la química, los explosivos, la cristalería, los pegamentos, la metalurgia, los productos farmacéuticos, los pigmentos, la industria del plástico, los alimentos para animales, el caucho, la corrección de suelos, entre otros. Además podemos mencionar el sector doméstico.

Para proteger al consumidor y por razones de higiene, gradualmente se han ido imponiendo normas para el empleo de carbón vegetal de uso doméstico. Cabe destacar que, en términos generales, estas normas se refieren a la pureza química, las propiedades físicas y el almacenamiento. Las normas internacionales para medir la calidad del carbón se tomarán estas propiedades.

- ❖ Densidad.
- ❖ Humedad.
- ❖ Contenido de volátiles y carbón fijo.
- ❖ Contenido de cenizas.

1.6. PROCESOS DE MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES SELECCIONADAS

Al respecto Guardado *et al.* (2010), indica que, con los análisis siguientes se podrán comparar las propiedades de cada uno de los carbones obtenidos y poder determinar cuál es el de mejor calidad. Cada muestra de carbón se dividió en dos partes:

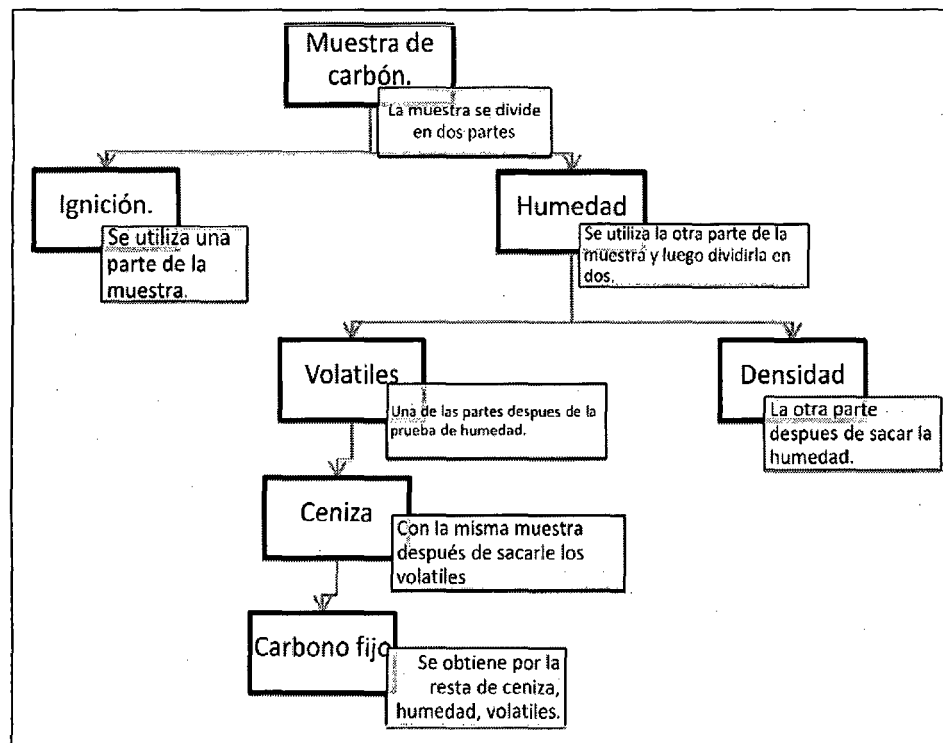
- ✓ Una parte se utilizó para medir el tiempo de ignición con el procedimiento que se especifica en las marchas.
- ✓ La otra parte se utilizó para encontrar la humedad.

Después de determinar la humedad dicho trozo seco se dividió en dos partes, cada parte por separado sirvió medir diferentes propiedades como se detalla a continuación:

- ✓ Una parte se utilizó para medir el tiempo de ignición en el caso del carbón.
- ✓ La otra parte se utilizó para encontrar primero el contenido de volátiles, luego el contenido de ceniza y por último la cantidad de carbono fijo.

El siguiente diagrama muestra la secuencia que se siguió con una muestra de carbón.

Gráfico 01. Diagrama de proceso de pruebas



Fuente: Guardado *et al.* (2010)

1.7. USO EFICIENTE DE CARBÓN VEGETAL

La eficiencia en el uso significa normalmente la transferencia de la cantidad máxima del contenido calórico del carbón vegetal al objeto que será adelantado, sea el agua para cocinar, el aire de un cuarto, o la carga de un alto horno. La eficiencia depende del uso de equipos de diseño adecuado para quemar el carbón vegetal (FAO 1983).

USOS DEL CARBÓN VEGETAL

Según Guardado *et al.* (2010), el carbón vegetal se usa como:

- ✓ Combustible, el carbón vegetal se utiliza mayormente como combustible, no solo para uso doméstico sino que también para uso industrial, usualmente en países en vías de desarrollo.

- ✓ Metalurgia, este es uno de los usos más antiguos del carbón vegetal. La metalurgia del hierro, data de alrededor de 1,200 años a.C. la cual fue desarrollada en Europa durante la "Edad de Hierro" (700 a.C. hasta 68 d.C.) este avance tecnológico de la época no hubiese sido posible sin las temperaturas que el carbón vegetal logra alcanzar para poder fundir los minerales, ya que la madera tiene un poder calorífico bajo a comparación del carbón, no logra alcanzar las temperaturas requeridas que el carbón vegetal cumple.

El carbono contenido en el carbón vegetal actúa como reductor de los óxidos del metal que forman los minerales de tal manera que si se aplica técnicas especiales puede lograrse que un cierto porcentaje de carbono al alearse con el hierro dando paso así a la creación del acero, lo cual fue importante para el desarrollo de armamento y herramientas más resistentes al impacto y oxidación.

- ✓ Absorbente, el carbón vegetal por ser un material con porosidades y cavidades pequeñas ha sido aplicado como material absorbente. Hay datos históricos que revelan el uso del carbón como material absorbente, este se utilizaba en su mayoría como absorbente médico.

El carbón vegetal no tiene una textura porosa tan fina como la de los carbones activados. Sin embargo, resulta más barata y sencilla de producir, por lo que a pesar de ser un absorbente relativamente de baja eficiencia, se pueden utilizar en determinadas aplicaciones que no necesitan de una gran capacidad de absorción, como por ejemplo, para absorber moléculas de tamaño relativamente grandes que se encuentren en un rango menor a 50 nm, una de las aplicaciones de este tipo es la clarificación de bebidas alcohólicas como el vino, cerveza, whisky, etc.

- ✓ Fabricación de pólvora negra, la pólvora negra es uno de los explosivos más usados, desde explosivo para minería hasta detonante para armamento militar, se compone de un 75% de salitre (nitrato de potasio), un 12% de azufre y un 13% de carbón vegetal. Estos ingredientes al quemarse producen un gas que tiende a ocupar un volumen 400 veces

mayor que la mezcla original, produciendo una fuerte presión en las paredes del recipiente que los contiene.

BENEFICIOS

- Es un recurso proveniente de un recurso natural renovable.
- Bajo costo de producción.
- Es muy eficiente para calefacción.
- Es una buena fuente calorífica.
- Puede ayudar a reducir el consumo de combustible fósil.
- Puede obtenerse a partir de cultivos forestales propios de una región, permitiendo la producción local.
- De la venta se obtiene un ingreso monetario en forma permanente.

1.8. RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE LA CARBONIZACIÓN DE LATIFOLIADAS

PRODUCTOS FINALES

Al respecto Flores y Quinteros (2008), nos manifiestan que cuando la madera está seca y calentada alrededor de 280 °C, comienza espontáneamente a fraccionarse, produciendo carbón más vapor de agua, ácido acético y compuestos químicos más complejos, fundamentalmente en la forma de alquitranes y gases no condensables, que consisten principalmente en hidrógeno, monóxido y dióxido de carbono, así como:

- Gases (combustible gaseoso de bajo o medio poder calorífico).

La corriente de gas que contienen básicamente hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros varios gases, dependiendo de las características orgánicas del material que es pirolizado y de las condiciones de operación.

- Líquidos (Bio-aceite combustible, Bio-oil).
- Sólidos (carbón vegetal) Un coque o char residual consiste en carbono casi puro mezclado con el material inerte que entra en el proceso.

MANEJO DE LOS PRODUCTOS DEL PROCESO DE LA PIRÓLISIS

En tal sentido FAO (1983), manifiesta que el horno original manejaba los productos de la siguiente manera:

- Los sólidos eran capturados en cubetas y luego usados para sanar madera.
- Los gaseosos eran usados para terminar de preparar el carbón y el exceso se quemaba en hornillas-especiales.
- Los líquidos eran capturados en botellas.

RESIDUOS SÓLIDOS

Alquitrán. Sustancia de consistencia semisólida a temperatura ambiente.

Uso: en el campo es utilizado para sanar madera que será utilizada de armazón para hogares, esta evita el ataque provocado por las termitas y alarga el tiempo de vida de ese material.

Cenizas. Residuos de la leña de alimentación de la hornilla, es tipo polvo.

Uso: puede ser un agregado de fertilizante.

RESIDUOS LÍQUIDOS

Bio-aceite combustible, Bio-oil. La fracción condensable, líquida a temperatura ambiente, integrada por un conjunto heterogéneo de aceites que contienen agentes químicos tales como ácido acético, acetona y metanol. Estas sustancias pueden ser utilizadas como combustible, ya que su comportamiento se asemeja al del alcohol.

GASES DE COMBUSTIÓN

La corriente de gas que contienen básicamente hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros varios gases son altamente volátiles. Por ello son considerados gases inflamables, productos gaseosos que despiden la madera durante el proceso de pirólisis.

Uso: Sirve para alimentar al fuego de la hornilla, además de esto el sobrante se puede utilizar para cocinar alimentos en paralelo o mientras se está produciendo el carbón. Además se limita mientras el horno está en operación, creando un sistema de distribución por medio de tuberías y válvulas que regulen el suministro a la (s) cocina (as).

1.9. COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE CARBONIZACIÓN

RENDIMIENTOS

Guardado *et al.* (2010), señala que el rendimiento del proceso de carbonización puede variar por diversas razones, por ejemplo, dependerá del tipo de madera a carbonizar, de su contenido de humedad, de las condiciones ambientales, del tipo de horno y de los parámetros de tiempo y temperatura de operación del horno.

El bajo rendimiento de los métodos tradicionales implica un mayor uso de leña para la producción de carbón, quemándose más leña que pudiera ser aprovechada como carbón.

Al respecto Flores y Quinteros (2008), afirman que para el rendimiento de cada uno de los tipos de horno presentados es en base a la cantidad de carbón vegetal obtenido, entre la cantidad de leña real útil:

$$R = (\text{Carbón vegetal obtenido} / \text{Leña útil}) * 100$$

✓ Horno de fosa	: (6 Toneladas/27 Toneladas)*100	=22.27%
✓ Horno de parva	: (Carbón/Leña)*100=(1/6)*100	=16.66%

✓ Horno de ladrillo : $(\text{Carbón/Leña}) * 100 = (1/2.1) * 100 = 47.61\%$

✓ Horno de cilindro metálico:

$(1083\text{kg}/3285\text{kg}) * 100 = 28.12\%$

"Con valor máximo alcanzado de 31.4%"

✓ Horno tipo retorta : $(\text{Carbón/Leña}) * 100 = (4/6) * 100 = 83.33\%$

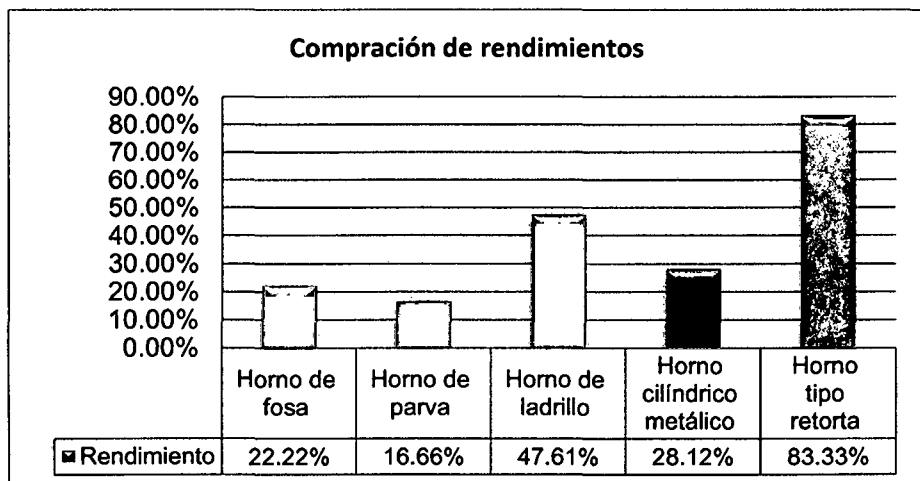
Tabla 02. Comparación de rendimientos

Tipo de Horno	Rendimiento
Horno de fosa	22.22%
Horno de parva	16.66%
Horno de ladrillo	47.61%
Horno cilíndrico metálico	28.12%
Horno tipo retorta	83.33%

Fuente: Flores y Quinteros (2008)

Como puede observarse en el gráfico 02 el horno tipo retorta presenta el mayor rendimiento entre los hornos utilizados.

Gráfico 02. Comparación gráfica del rendimiento



Fuente: Flores y Quinteros (2008)

Por lo que la cantidad de leña utilizada para carbonizar se aprovecha en gran parte por el horno, haciéndolo más rentable a comparación de los demás hornos.

Así mismo Guardado *et al.* (2010), concluye que las ventajas de los hornos metálicos comparados con los métodos tradicionales como el de fosas y de parvas son:

- La materia prima y el producto están dentro de un recipiente cerrado, permitiendo el máximo control de la entrada de aire y de la corriente de gases, durante el proceso de carbonización.
- El personal inexperto puede ser entrenado en poco tiempo y hacer funcionar con facilidad estas unidades.
- Se requiere menos supervisión del proceso, mientras que para la fosa o la parva, es necesario el cuidado constante.
- Puede obtenerse una eficiencia consistente a lo largo del tiempo.
- Puede aprovecharse todo el carbón obtenido en el proceso.
- Los hornos metálicos, pueden funcionar en áreas con mucha lluvia, siempre que el sitio tenga un drenaje correcto.
- Una mayor variedad de materias primas pueden ser carbonizadas con el máximo control del proceso, incluyendo coníferas, madera de deshechos, madera de palma de coco y cáscaras de coco.
- El ciclo total de producción, cuando se usan hornos metálicos, es mucho menor que el de los métodos tradicionales.

CAPÍTULO II

PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA CARBÓN VEGETAL

2.1. INTRODUCCIÓN

El bosque ofrece variados productos maderables (madera para construcción, carpintería, postes, parquet, carbón y leña) y no maderables (productos medicinales, esencias para perfumería, fibras, semillas, resinas, carne de animales silvestres, elementos para artesanía, recursos hidrobiológicos, entre otros). Es, asimismo, fuente de diversos servicios ambientales que tienen que ver con la biodiversidad y la belleza escénica, la fijación del carbono y la regulación del ciclo hidrológico, entre otros. El bosque es riqueza. Y aunque aún no sabemos aprovecharlo de la mejor manera, los negocios que surgen a su alrededor generan cada vez más dinero (INRENA 1998).

2.2. BOSQUE SECO DE SABANAS VERDES EN ÉPOCA DE LLUVIA

Resende (1980), manifiesta que, el estudio de las prácticas tradicionales de fabricación de carbón vegetal en todo el mundo, el tipo forestal preferido para producir carbón es el bosque seco de sabana bien dotado, con preferencia sobre el bosque pluvial denso húmedo; los bosques de sabana se prefieren por diversos motivos, la madera es generalmente densa, de crecimiento lento y altamente lignificada, lo que produce un buen rendimiento de carbón vegetal una vez carbonizada.

Brack y Mendiola (2000), señalan que, se denomina sabanas a las formaciones vegetales en terrenos planos con vegetación herbácea y árboles dispersos. En el norte del Perú (Piura, Tumbes, Lambayeque) se encuentran extensas formaciones de este tipo.

Las principales especies arbóreas son el ceibo, el hualtaco, el faique, el algarrobo y el sapote. Entre ellos crecen diferentes plantas herbáceas, especialmente gramíneas. Durante la época de lluvias la sabana reverdece y se forma una alfombra verde debajo de los árboles. En algunos lugares

predominan los matorrales caducifolios, con pocos árboles y que reverdecen durante la época de lluvias.

2.3. BOSQUE SECOS

Según INRENA (1998), refiere que los bosques secos constituyen ecosistemas sumamente valiosos para la humanidad y además cumplen un papel importante en el control del desierto, por lo que la conservación viene a formar parte de la lucha global contra la desertificación, los bosques secos de la costa del norte del Perú se caracterizan por:

- Ser ecosistemas frágiles del bosque seco tropical, sometidos a estados de estrés hídrico y lenta capacidad de regeneración natural.
- Soporta una precipitación anual que oscila entre 60 mm y 120 mm.
- La temperatura fluctúa entre los 24 °C y 27 °C.
- La napa freática fluctúa entre los 15 y 60 m de profundidad.
- Con una composición florística reducida, en donde predominan las siguientes especies forestales: algarrobo (*Prosopis pallida*), sapote (*Capparis angulata*), palo santo (*Bursera graveolens*) y vichayo (*Capparis ovalifolia*).
- Están ubicados principalmente en los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque.

Foto 01. Bosque Seco de la Costa Norte del Perú



Fuente: Brack y Mendiola (2000) "Ecología del Perú"

En Sudamérica, específicamente en Perú, se ejecutan trabajos de carbonización con el algarrobo (*Prosopis pallida*), esta especie es propia de los bosques secos de la costa norte (Lambayeque, Piura y Tumbes). Los rendimientos que presentan estos bosques están entre los 55 m³/ha, para poblaciones densas y 13 m³/ha, para bosque ralo (INRENA 1998).

2.4. EL ALGARROBAL

En la costa norte (Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad) son muy características las formaciones de bosques de algarrobo a lo largo de los ríos y quebradas, que penetran en forma más rala hasta los semi-desiertos de Sechura. La formación vegetal con predominancia de este árbol se conoce como algarrobal. El algarrobo (*Prosopis* spp) crece en lugares donde puede llegar a aguas subterráneas con sus raíces, hasta decenas de metros de profundidad.

Foto 02. El bosque seco ecuatorial



Fuente: Brack y Mendiola (2000) "Ecología del Perú"

Entre los árboles de algarrobo se encuentran otras especies como el sapote (*Capparis angulata*), el palo verde (*Parkinsonia aculeata*) y el faique (*Acacia macracantha*). Durante la época de lluvias proliferan en el suelo varias gramíneas, papas silvestres (*Solanum* sp) y plantas trepadoras (*Luffa operculata* y *Sicyos* spp.), que pueden cubrir totalmente los árboles y hasta ahogarlos (Brack y Mendiola 2000).

Al respecto Brack y Mendiola (2000), detallan que, el algarrobo es un árbol muy útil y de múltiples usos, por lo que tiene una gran importancia económica. Los principales beneficios que brinda son:

1. Controla el avance de los desiertos y de las dunas, pues modera los vientos.
2. Produce sombra y modera el calor del clima tropical. En las zonas rurales se le suele tener junto a las casas.
3. Produce madera muy dura y resistente. En los sitios arqueológicos se han encontrado vigas de algarrobo que han resistido miles de años. En la actualidad se usa su madera para construcciones rurales de casas, cercos y establos.
4. Produce excelente leña y carbón de leña, muy utilizados en las zonas rurales. La famosa chicha de Catacaos, en Piura, se cocina con rajitas de algarrobo.
5. Las vainas, conocidas como algarroba, son utilizadas para:
 - Forraje de los animales, tanto silvestres (venados, ardillas) como domésticos (caprinos, vacunos, ovinos, equinos) por su alto contenido de proteínas y carbohidratos.
 - Obtención de una bebida ampliamente comercializada, conocida como algarrobina, a partir del cocimiento de la algarroba con chancaca o azúcar de caña.
 - Alimento humano. Durante las épocas de escasez, en las zonas rurales se hace una sopa de algarroba. De las semillas tostadas se hace un sustituto del café.
6. Las hojas que caen al suelo se usan como abono orgánico y reciben el nombre de "puño".
7. Es una excelente especie melífera, o sea, para la cría de abejas y la obtención de miel.
8. Es muy apreciado como planta ornamental, tanto en las ciudades (parques y avenidas) como en las zonas rurales.

9. Su madera se usa en la confección de muebles, utensilios y artesanías.

2.5. ECOSISTEMAS BOSCOSOS EN SELVA BAJA

Cruzan, de este modo, los departamentos de Loreto, Ucayali, Cusco y Madre de Dios, principalmente. Y se extienden hasta una altitud que no supera los 800 msnm, desde el nororiente peruano, acompañando el nacimiento del Amazonas, el río más largo y caudaloso del mundo, hasta el suroccidente.

Sus árboles son grandes. Los mayores tienen un diámetro de entre 2 y 3 metros y pueden superar los 40 metros de altura. Y sus bosques, cuando se encuentran en la naciente del río Amazonas, sufren inundaciones periódicas durante la estación de creciente de los ríos que crean zonas pantanosas con aguas empozadas llamadas cochas (lagunas abandonadas creadas por la dinámica de los ríos), cuyos árboles tienen un tamaño que oscila entre los 5 y los 25 metros en los que encontramos multitud de especies de flora y fauna (MINAM & MINAG 2011).

2.5.1. BOSQUE HÚMEDO– CÁLIDO

A. COBERTURA VEGETAL

De acuerdo con DGFFS – SNIFFS (2012), informan que, la vegetación característica es un bosque alto, siempre verde, exuberante, tupido y muy heterogéneo cargado de epífitas como las bromelias, toda clase de orquídeas, lianas y bejucos. Los tallos o fustes de casi todos los árboles están tapizados y envueltos por abundantes trepadoras, helechos, líquenes y musgos.

Sociológicamente, los árboles de este bosque primario se distribuyen hasta en cuatro estratos, sobre los cuales sobresalen los Emergentes de más de 50 metros de altura y también más o menos 3 metros de diámetro. **El primer estrato**, por debajo de los árboles Emergentes, está constituido por árboles grandes de 35 a 40 metros de altura y más o menos 2 metros de diámetro, grandes copas que se unen entre sí conformando una masa cerrada que impide el paso

de los rayos solares. **El segundo estrato** está constituido por árboles de 25 a 30 metros de altura y diámetro entre 1 y 1.5 metros. **El tercer estrato** conformado por árboles de más o menos 20 metros de altura y diámetro variable entre 0.5 y 0.8 metros. **El cuarto estrato** está representado por árboles relativamente pequeños de 15 a 18 metros de altura y diámetros menores de 0.5 metros.

Las principales especies forestales que se encuentran en el Bosque Húmedo Cálido son las siguientes: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), lupuna (*Chorisia integrifolia*), cumala (*Virola* sp.), lagarto caspi (*Calophyllum brasiliense*), capirona (*Calycophyllum spruceanum*), bolaina (*Guazuma* sp.), topa (*Ochroma lagopus*), manchinga (*Brosimum* sp.), pashaco (*Schyzolobium amazonicum*), sapote (*Matisia cordata*), catahua (*Hura crepitans*), marupa (*Simarouba amara*), tangarana (*Triplaris* sp.), estoraque (*Miroxylon balsamum*), quillobordon (*Aspidosperma* sp.), maquizapa ñaccha (*Apeiba* sp.), paujiluro (*Pterygota amazonica*), pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpa*), moena amarilla (*Aniba* sp.), oropel o amasisa (*Erythrina* sp.), sangre de grado (*Brosimum* sp.), moena negra (*Nectandra* sp.), alcanfor (*Zanthoxylum* sp.), canela moena (*Ocotea* sp.), tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), copal (*Protium* sp.), huayruro (*Ormosia* sp.), shihuahuaco (*Coumarouna* sp.), copaiba (*Copaifera* sp.), camitillo (*Lucuma caimito*), machimango (*Eschweilera* sp.), yacushapana (*Terminalia oblonga*), tulpay o mashonaste (*Clarisia racemosa*), cetico (*Cecropia* sp.), palmeras como shapaja, shebon (*Schelea* sp.), yarina (*Phytelephas* sp.), huicungo y Chambira (*Astrocarium* sp.), ungurahui (*Jessenia* sp.), etc.

B. POTENCIAL FORESTAL

En su informe DGFFS – SNIFFS (2012), asevera que, el Bosque Húmedo Cálido es lo más valioso de toda la región de la selva.

Contiene un elevado volumen de maderas en árboles de gran y mediana parte perteneciente a una gran variedad de espacios diferentes, con una tasa de crecimiento, igualmente, de lo más alto respecto a cualquier bosque del mundo. La selva en general debe mirarse, como una región industrial forestal, y solamente en términos secundarios, como una región agropecuaria que solo puede desarrollarse sobre las limitadas áreas de tierra con verdadera vocación agropecuaria.

2.6. CONDICIONES DE LA MATERIA PRIMA

Heijo (1981), indica que, las maderas más adecuadas para la elaboración de carbón vegetal son las maderas duras de frondosas. Las maderas resinosas de coníferas pueden también ser utilizadas pero obteniendo rendimientos menores y carbones de densidad baja. Por otra parte, la madera de pino tiene en general aplicaciones más interesantes que la elaboración de carbón.

En nuestro país por lo tanto las maderas más adecuadas disponibles son las de montes naturales y de eucaliptus. Las especies de eucaliptus plantadas comúnmente producen carbones de distintas calidades, siendo las mejores las de *E. grandis*, *E. saligna*, y *E. globulus*. Los carbones de *E. rostrata* y *E. terecomis* producen carbones muy quebradizos, que se desmenuzan fácilmente.

Un metro cúbico de madera de eucaliptus produce entre 140 y 180 kg de carbón según la especie y las características de la madera, pudiendo el rendimiento ser mayor con leña de monte natural (Heijo 1981).

Según Guardado *et al.* (2010), para obtener carbón vegetal como materia prima de uso comercial se utiliza en la actualidad varias fuentes:

- Partes leñosas de árboles y arbustos.
- Desechos de la industria de la madera.

- Partes orgánicas de los desechos urbanos (basura)

Los carbones fabricados de partes leñosas de las plantas son trozos más o menos sólidos de carbón que se pueden envasar y comercializar directamente, mientras que los obtenidos de desechos hay que aglutinarlos en briquetas ya que quedan muy desmenuzados. Estas briquetas son muy comunes en el mercado y en general son de peor calidad en cuanto a valor calórico que los trozos de carbón naturales.

Así mismo Flores y Quinteros (2008), indican que las mejores maderas son las de corteza dura, debido a su estructura y composición, entre las más utilizadas y de buen producto se tiene la madera de Eucalipto. Así mismo Durante el secado, la madera puede podrirse y ser atacada por insectos; esto se da en los bosques tropicales húmedos. Por lo tanto, debe controlarse el tiempo del secado para asegurar que se llegue al mínimo y rápidamente, antes que la madera se deteriore.

Foto 03. Materia prima apilada



Fuente: Brack y Mendiola (2000) "Ecología del Perú"

El porcentaje de humedad en la leña influye mucho sobre el rendimiento que tendrá el carbón vegetal. Cuanto más seca esté la madera a carbonizar menos combustible será necesario para calentar el horno de retorta y evaporar la humedad remanente. Una técnica fácil y económica para el secado de leña es cortarla en bloques cortos y dejarla expuesta al sol, esto ayudará a evaporar parte del agua contenida en la madera (foto 03).

El contenido de humedad en el momento de la tala podría ser, del 60% y después del apilado de la madera durante tres meses el contenido de humedad puede reducirse al 30-35% (Flores y Quinteros 2008).

2.7. PROCEDENCIA Y ABASTECIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Solís (2006), afirma que, los productores de carbón se proveen de materia prima de sus propias chacras, ya sea mediante el rozo o saca total de madera de lo que ellos denominan monte real o chacra; para la posterior instalación de cultivos agrícolas; en algunos casos también compran árboles.

La carbonización se realiza en lugares cercanos a las zonas de donde han extraído la madera, y después de ahí es trasladada a los puntos de venta por ellos mismos, al borde de la carretera o vendidos a los revendedores.

La producción es destinada para el mercado local y nacional, para las zonas de Tarma, Villa Rica, Lima, Oxapampa, especialmente en zonas donde no hay Producción de Carbón.

El estado seco o verde en que se encuentre la madera no significa un problema para ellos ya que ambos estados en el que se encuentre la madera es aceptado por los productores.

2.8. ESPECIES PARA LEÑA Y CARBÓN EN EL PERÚ

Según Solís (2006), nos afirma que, las especies usadas para este fin son corrientes, dependiendo de la existencia en las chacras o monte real. Entre estas tenemos: paca (*Inga* sp.), matapalo blanco (*Ficus killipii*), matapalo rosado (*Ficus* sp.), roble corriente, piri piri (*Cyperus articulatus*), palo espina (Pashaco con espinas) (*Piptadenia* sp.), mango (*Mangifera indica*), palta (*Persea americana*), yungol. En tal sentido Brack (2003), informa que, el Perú es uno de los centros de origen de aproximadamente 132 especies para ser utilizadas en leña y elaborar carbón vegetal en diferentes calidades, tales como:

Cuadro 01. Producción de principales especies de carbón, 2011

Nombre común	Nombre técnico
Aguano masha	<i>Paramacherum ormosoide</i>
Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>
Ana caspi	<i>Apuleia</i> sp.
Azúcar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>
Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>
Catahua	<i>Hura crepitans</i>
Copaiba	<i>Copaifera reticulata</i>
Estoraque	<i>Myroxylon balsamun</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.
Faique	<i>Acacia macracantha</i> .b.l.
Huarango	<i>Acacia macracantha</i> .b.l.
Huayruro	<i>Ormosia sunkei</i>
Huimba	<i>Ceiba summa</i>
Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>
Romerillo	<i>Podocarpus rospigliosi</i>
Shihuahuaco	<i>Coumarouna odorata</i>
Tahuari	<i>Tabebuia</i> sp.
Tara	<i>Caesalpineia spinosa</i>
Tulpay o mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i>
Otras especies	
Desechos industriales	
Aserrín	

Fuente: MINAG-DGFFS (2012) "Perú forestal en números"

Así mismo Barrena *et al.* (2010), mencionan que, La especie representativa del bosque seco tipo sabana es el *Prosopis pallida* (algarrobo), que en muchos sectores se encuentra asociado a especies resistentes a las sequías, principalmente con el *Capparis angulata* (zapote) y en menor proporción con *Capparis ovalifolia* (bichayo), *Acacia macracantha* (Faique), *Parkinsonia aculeata* (espina de cristo), *Cercidium praecox* (palo verde) y *Vallesia glabra* (cun cun).

En la actualidad se extrae madera para leña y para producir carbón vegetal, principalmente de los algarrobos, para uso doméstico a restaurantes y pollerías así como para utilizarlo en las parrilladas que se realizan en los hogares.

Las estadísticas de producción de leña y carbón son producidas anualmente por la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre.

Cuadro 02. Producción de carbón por regiones naturales para 2008
(DGFF, 2009)

Región Natural	Peso neto (kg)	%
Costa	50 056 433,50	97,35
Sierra	179 228,00	0,35
Selva	1 183 008,12	2,30
TOTAL	51 418 669,60	100,00

Fuente: Barrena *et al.* (2010)

En la Sierra, donde se produce la menor cantidad de carbón, las regiones de Arequipa y Huancavelica son las importantes. El eucalipto es la especie con la que se produce la mayor cantidad de carbón lo que representa 55,19 por ciento de la producción total de la Sierra, el carbón de esta especie no presenta buen poder calórico. En Ucayali es la región donde se produce la mayor cantidad de carbón (662 116,83 kg), le siguen Madre de Dios (440 438,29 kg) y Huánuco (80 453 kg). Loreto, la región más grande, no está conectada a ningún mercado y produce carbón en Iquitos que es básicamente para las pollerías locales.

El carbón que se consume en Lima proviene del Pucallpa y de los aserraderos grandes, ellos cuentan con hornos para producir carbón a partir de los residuos. Esto se confirma con las estadísticas presentadas por DGFF (2009) pues las especies de las que se produce la mayor cantidad de carbón son shihuahuaco, quinilla y capirona, especies de las que se produce parquet y que producen un carbón de buen poder calórico.

CAPÍTULO III

PROCESOS DE LA CARBONIZACIÓN

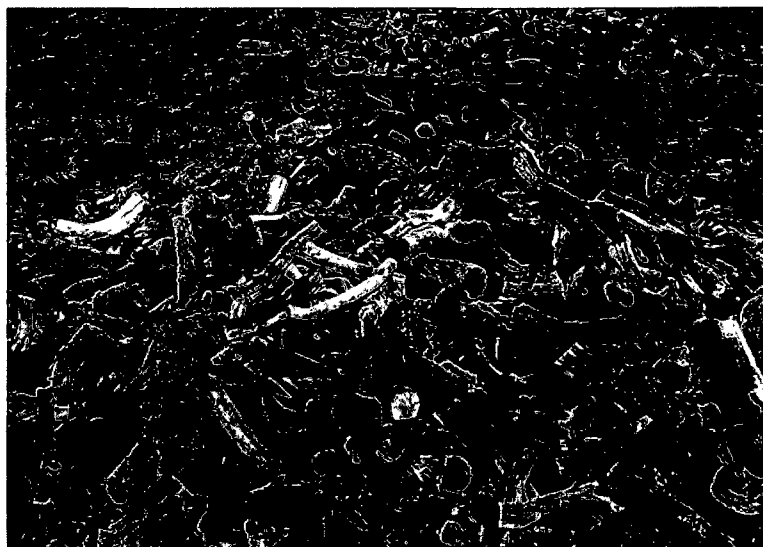
3.1. ETAPAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL

Al respecto CONAF (2009), ha publicado que, la fabricación del carbón comprende varias etapas, la cuales se pueden ser.

3.1.1. COSECHA DE LA MADERA. Considerando siempre que, la distancia de transporte de la madera debe ser la menor posible.

3.1.2. SECADO Y PREPARACIÓN DE LA MADERA. El secado de la leña influye mucho sobre el rendimiento del carbón vegetal. Si la madera ha sido cortada en bloques cortos, el agua de la madera se pierde en el aire rápidamente. Apilada durante tres meses el contenido de humedad puede reducirse al 30–35% (figura 04). La pérdida de agua de la madera produce también una pérdida de peso, que hace más barato y más fácil el transporte.

Foto 04. Secado de leña previo a la producción de carbón



Fuente: "Ecología del Perú" (2000).

Durante el secado, algunas especies pueden deshacerse de la corteza, lo que es una ventaja, puesto que la corteza sólo produce

un carbón frágil, con elevado contenido de cenizas y de bajo valor comercial.

3.1.3. CARBONIZACIÓN DE LA MADERA PARA OBTENER EL CARBÓN VEGETAL

Una vez iniciado el proceso, éste continúa por sí solo y libera una gran cantidad de calor; sin embargo, aquí se comienza a carbonizar la madera cuando llega a una temperatura de alrededor de 300 °C.

En la carbonera, parte de la madera puesta en el horno se quema y se pierde para secar y aumentar la temperatura de la carga total. Cuando termina el proceso, habiendo llegado a la temperatura de aproximadamente 500 °C, el residuo sólido resultante es el carbón, el cual se deja enfriar sin acceso de aire. Luego puede ser descargado sin peligro, listo para su empleo (figura 05).

Foto 05. Producción de carbón y producto final



Fuente: CONAF (2009)

3.1.4. TAMIZADO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE A DEPÓSITO O PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN

Una vez descargado el horno se clasifica las partículas de carbón por tamaño, usando un tamiz con las dimensiones requeridas, se envasa en sacos u otro. Debe ser almacenado en un lugar protegido y seco para su posterior comercialización

3.2. EL PROCESO DE CARBONIZACIÓN O PIROLISIS

La madera consiste de tres componentes principales: celulosa, lignina y agua. La celulosa, la lignina y algunas otras materias están fuertemente

ligadas entre sí y constituyen el material denominado madera. El agua es absorbida o retenida como Moléculas de agua en la estructura celulosa/lignina. La madera secada al aire o "estacionada" contiene todavía 12-18% de agua absorbida. La madera en crecimiento, recientemente cortada o "no estacionada", contiene además agua líquida, llevando el contenido total de agua a alrededor del 40 -100 %, expresado en porcentaje del peso de la madera seca al horno.

Antes de que la carbonización ocurra, el agua en la madera tiene que ser totalmente eliminada como vapor. Se necesita una gran cantidad de energía para evaporar el agua, por lo que, si se usa lo más posible al sol para el pre-secado de la madera antes de la carbonización, se mejora mucho la eficiencia. El agua que queda en la madera que tiene que ser carbonizada, deberá ser evaporada o en la fosa o en el horno, y esta energía deberá proporcionarse quemando parte de la misma madera, que podría ser en vez transformada en carbón vegetal aprovechable (FAO 1983).

Tabla 03. Efecto de la temperatura de carbonización sobre rendimientos y composición del carbón vegetal

Temperatura de carbonización (°C)	Análisis Químico del Carbón		Rendimiento de carbón sobre masa seca al horno (0% de humedad)
	% Carbono fijo	% Material volátil	
300	68	31	42 %
500	86	13	33 %
700	92	7	30 %

Fuente: FAO (1983).

Flores y Quinteros (2008), nos indican que existen varios métodos para obtener carbón vegetal, estos métodos varían según sea el tipo de horno utilizado. El proceso se puede dar de forma directa e indirecta, esto se refiere a las condiciones a las que estará expuesta la leña a la hora de convertirse en carbón.

En el caso de un "proceso directo" podemos poner como ejemplo el método de parva; acá la leña a carbonizar está en contacto con el fuego. Por lo que

tendrá propiedades específicas debido a este proceso, las cuales son: porcentaje de carbono fijo, porcentaje de humedad, poder calorífico, porcentaje de cenizas, contenido de azufre y peso específico. En un “proceso indirecto” las propiedades antes mencionadas serán las mismas pero con mejores valores. Dentro de este grupo se encuentra el método de retorta, el cual se basa en el calentamiento de la leña a carbonizar a través de recamaras que por lo general son cilíndricas y de metal, teniendo como principio la transferencia de calor por parte de un agente externo.

Durante todo el proceso la leña no tiene contacto directo con el fuego ni otro elemento externo, lo cual da lugar a un fenómeno llamado “PIRÓLISIS”. Este fenómeno brinda a la leña un efecto tal, que las propiedades ya mencionadas resultan ser aptas para el consumo del carbón como agente combustible.

Según Guardado *et al.* (2010), durante el proceso de carbonización de la madera se produce una variedad de cambios químicos que pasa por tres fases:

- **Fase 1.** La deshidratación de la madera se produce hasta alcanzar los 170 °C donde se destilan algunos gases y se degrada la madera.
- **Fase 2.** Cuando el proceso de producción de carbón alcanza los 270 °C, se desprenden gases, constituidos en su mayor parte por CO² y CO, en esta fase se observa también el desprendimiento de líquidos acuosos.
- **Fase 3.** En esta fase se alcanza la mayor temperatura del proceso, la que usualmente es cercana a los 600 °C. A esta temperatura ocurre la carbonización, observándose el desprendimiento de sustancias volátiles en abundancia. Cuando cesa la liberación de sustancias volátiles el carbón vegetal se encuentra listo.

Este proceso de calentamiento de la madera es primero endotérmico y luego de alrededor de 250 °C a 300 °C se vuelve exotérmico y comienza a generar calor propio hasta que la carbonización se ha completado. De esta forma

durante el proceso de carbonización se producen dos fracciones que son carbón fijo (carbón) y gases.

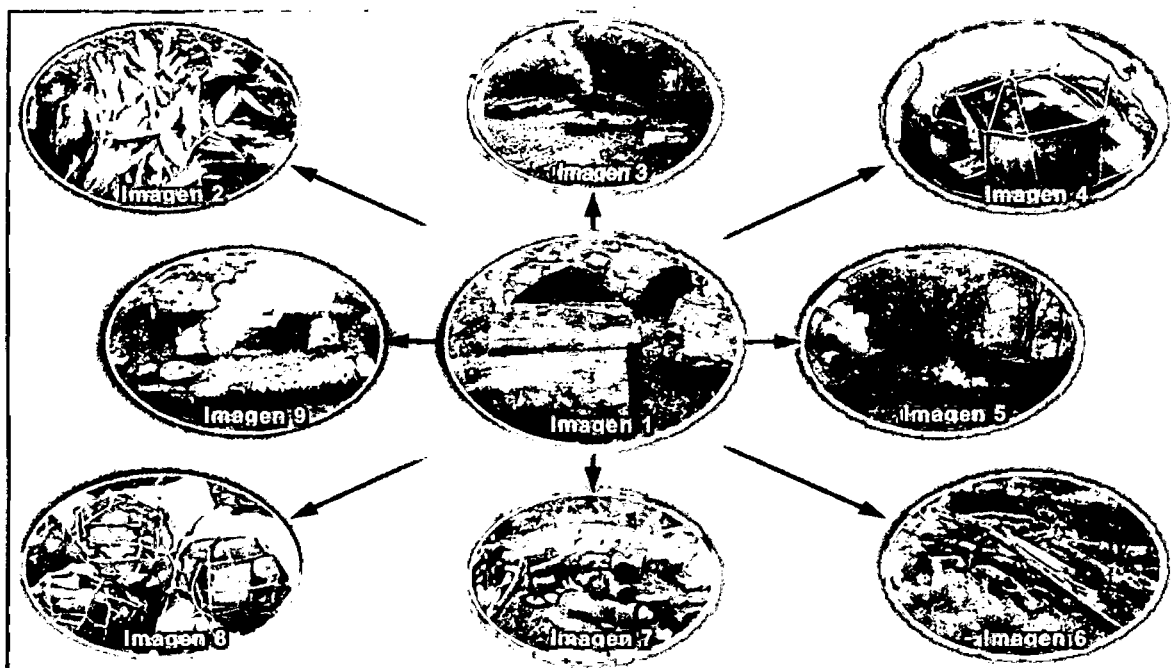
Para la obtención del carbón vegetal, los productores crean una barrera física que aisle la madera del exterior, con el fin de evitar que el oxígeno entre en contacto con la madera caliente y esta se incendie. Esta barrera puede ser creada por diversos métodos utilizando capas protectoras de tierra o ladrillo, una fosa en el suelo, paredes de cemento armado o metal.

3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Según Flores y Quinteros (2008), nos exponen que, el término de pirólisis consiste en el cambio químico de los componentes de la madera por medio de calor, en ausencia de oxígeno y dicho proceso es enfocado a la obtención de los gases y aceites que se producen. Se considera que dicho proceso químico se inicia a temperaturas del orden de 250 °C – 300 °C. La pirólisis desde un punto de vista macro se puede esquematizar de la siguiente manera:

Biomasa + Calor → Carbono + Líquido + Gases

Foto 06. Diagnóstico de demanda de leña y carbón en la provincia de Chanchamayo



Fuente: Solís (2006)

LEYENDA

- ✓ Imagen 1: Trozas de madera debidamente seccionadas antes de ingresar a la poza de procesamiento para la obtención de carbón vegetal.
- ✓ Imagen 2: Vegetación usada para el tapado de las trozas de madera depositadas dentro del horno, evitando así el contacto de la madera con la tierra.
- ✓ Imagen 3: Horno en pleno funcionamiento, con una salida de humo principal a uno de los extremos y otras más pequeñas a los extremos.
- ✓ Imagen 4: Carbón embolsado y listo para ser comprado de la zona de San Félix.
- ✓ Imagen 5: Vista más específica de las salidas laterales de humo del horno de carbonización.
- ✓ Imagen 6: Trozas obtenidas de las orillas del río, que también son utilizadas para el proceso de carbonización.

- ✓ Imagen 7: Otro tipo de horno artesanal con dos salidas extremas de humo ubicadas a cada extremo.
- ✓ Imagen 8: Carbón producido en la Zona de Puntayacu.
- ✓ Imagen 9: Vista más cercana de la salida frontal del segundo modelo de horno artesanal para la obtención de carbón. El cual cumple con la función de eliminación de agua y otros componentes en forma de humo.

3.3. CONDICIONES NECESARIAS PARA LLEVARSE A CABO EL PROCESO DE PIRÓLISIS

Al respecto Flores y Quinteros (2008), aseveran que en primer lugar es deseable que el contenido en humedad de la madera sea lo más bajo posible y, en cualquier caso, no superior al 15% - 20%. Si se parte de madera seca puede obtenerse un rendimiento entre el 25% y 33% de carbón vegetal.

Debido al requerimiento de ausencia de aire, tanto el reactor de pirólisis como las válvulas de entrada y salida de materia deben ser perfectamente herméticos y estancados. Esto acelera las reacciones de termo reducción. En la pirólisis convencional, el prolongado tiempo de residencia de los sólidos, asegura la homogeneidad de la transformación de manera ordenada, completa y homogénea.

La combinación de ausencia de oxígeno y temperatura moderada consigue que los componentes inorgánicos presentes, en particular los metales pesados, no se puedan volatilizar y pasen a la fracción residual carbonosa.

CAPÍTULO IV

MÉTODOS Y CLASES DE CARBONIZACION

4.1. METODOLOGÍA MÁS COMÚN

Las diferentes tecnologías que se utilizan se basan en:

- ✓ En las distintas formas de crear esta barrera física. Puede ser de ladrillos refractarios, cemento armado, la superficie de la tierra y de metal.
- ✓ En las distintas formas de secar y calentar la madera. Si el calor empleado es originado por la propia madera de la carga o por algún combustible (gas, madera, fuel) que se separa de la carga de madera que va a ser carbonizada.
- ✓ En función de la continuidad del proceso de producción. En los procesos continuos, el carbón se obtiene sin interrupción como el horno tipo retorta. Y frente a los procesos discontinuos o por lotes, en los que transcurren varios días para la elaboración de carbón vegetal como el horno tipo parva.

Las tecnologías continuas o indirectas y de alta producción, con sistemas de control más o menos sofisticados, se denominan industriales tal como es el horno tipo torta. Y a diferencia de las artesanales como la parva tradicional que es un proceso por lotes (Flores y Quinteros 2008).

4.2. MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ

Los métodos usualmente más utilizados para el proceso de carbonización son: el método de fosas y método de parvas (Guardado et al. 2010).

MÉTODO DE FOSA DE TIERRA

Flores y Quinteros (2008), afirman que se usa la barrera de tierra en la fabricación de carbón vegetal, excavar una fosa, rellenarla de madera y taparla con tierra escavada para aislar la cámara.

Se necesita una capa de suelo profundo. Pueden hacerse fosas muy grandes y un ciclo puede abarcar hasta tres meses para completarse. La inversión de capital es mínima; no se necesita nada más que una pala, un hacha y una caja de fósforos, es muy difícil de controlar la circulación de los gases en la fosa. Mucha madera se quema quedando en cenizas, porque le llega demasiado aire. Otra parte queda sólo parcialmente carbonizada.

Según Solís (2006), indica que, el sistema consta de la apertura de un hoyo de 5m a 6 m de largo por 2m de ancho y de 0.50m a 0.60 m de profundidad, el cual es limpiado y dentro de él se colocan dos palos con el mismo largo de la poza que harán el papel de durmientes sirviendo de base a las trozas que posteriormente serán convertidas en carbón.

De acuerdo a las medidas de la poza, se puede tener una capacidad de almacenamiento de 7.2 m³, en trozas. Determinando el volumen de un árbol se obtiene 1.2 m³; por lo tanto se asume que un promedio de 6 árboles pueden ser los necesarios para la producción de una poza de carbón. Esto asumiendo que la troza tenga un diámetro de 0.58 m y 0.13 m de diámetro respectivamente a cada extremo.

El horno tiene una boca de entrada y una de salida (o varios orificios de salida que se pueden ir cerrando de acuerdo a la necesidad del proceso), la de entrada permite la salida del humo hacia fuera, eliminando el contenido de humedad de las trozas así mismo no deben de ser excesivas ya que se podría producir la quema de las trozas, malogrando el proceso.

El proceso puede durar desde 4 días hasta 30 días dependiendo de la calidad que se quiera dar al carbón, mientras más tiempo este dentro del horno mejor será la calidad.

Foto 07. Carbonera en fosa de tierra



Fuente: FAO (1983).

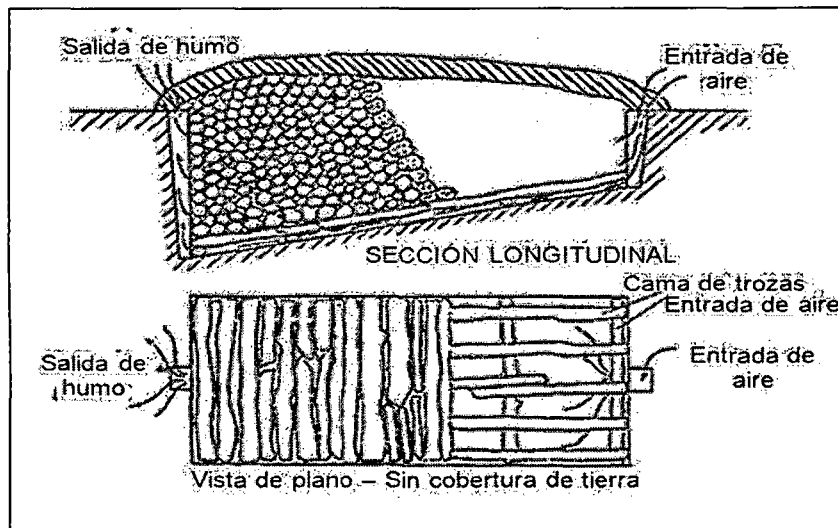
Foto 08. Fosa de tierra durante la quema Chimeneas de acero



Fuente FAO (1983)

Guardado et al. (2010), refiere que este método consiste en la utilización de tierra para aislar la leña del oxígeno. Se realizan fosas en las que se introduce la leña, posteriormente se procede a taparse con tierra, quedando la leña completamente aislada del oxígeno.

Foto 09. Esquema de fosa de tierra



Fuente: FAO (1983)

Según CONAF (2009), para lograrlo se confecciona una fosa de base inclinada, el ancho y profundidad dependen del volumen de madera a usar, en la que hace una cama de trozas como la de la figura 09 y sobre ella se ubica la madera a carbonizar. Para este método es ideal un suelo bien drenado y profundo.

Es un método que desperdicia muchos recursos, ya que es muy difícil controlar la circulación de los gases al interior de ella. Mucha madera se quema quedando en cenizas, porque le llega demasiado aire. Otra parte queda sólo parcialmente carbonizada, ya que nunca se calienta y seca correctamente. Para fines domésticos, no resulta ser un problema serio.

MÉTODO DE PARVAS O HUAYRONAS

La técnica de la parva es un horno en tierra con tiro directo lo que quiere decir que en frente de una carbonización se propaga de abajo hacia arriba y desde el centro hacia el exterior, es una de las más sencillas técnicas de carbonización, pero es también una de las más delicadas en poner en obra.

Según PROLEÑA/ESMAP/UNDP (1999), los pasos más importantes son:

- Por lo general las fosas oscilan entre 3 hasta 4 metros de longitud y 2 hasta 2.5 metros de ancho con 30 cm o 40 cm de profundidad.

- Se dejan 4 respiraderos en cada ángulo de la fosa que sirven de evacuación de los humos. Se debe abrir un quinto respiratorio situado del lado del viento por lo ancho de la fosa la cual se utilizan para el encendido.
- La longitud de la madera no debe sobrepasar los 1.5 m y un diámetro de 60 cm, debe ser lo más homogénea posible.
- Es importante no dejar un espacio entre la madera procurando la homogeneidad de la pila para circulación igual al calor dentro de esta durante la cocción. Se dispondrá la leña sobre durmientes en el suelo de manera que formen una reja. Se apilara la madera sobre la reja colocando con extremidad un punto encendido (leña menuda muy seca) la pila debe tener entre 1 a 1.5 metros de altura.
- La pila se cubre primero con ramajes, o cualquier otro tipo de materiales similares, luego se pondrá tierra de manera que la construcción sea hermética sin olvidar respiraderos y punto de encendido.

El carbonero tiene que estar revisando regularmente la parva, por general el tiempo de cocción es largo con un carbón de calidad desigual el rendimiento dependerá de la maestría de la técnica.

En tal sentido Flores y Quinteros (2008), afirman que la alternativa a excavar una fosa es la de apilar la madera sobre el suelo y cubrir la parva con tierra. Este también es un método muy antiguo y se usa ampliamente en muchos países, encontrándose con muchas variaciones al método fundamental.

El sitio de una parva puede ser usado repetidamente. La leña que será carbonizada en una parva puede también ser juntada sin apuro durante un lapso de meses, apilada en posición, haciendo que se seque bien antes de tapar y quemar. Ello va de acuerdo con la manera de vivir de un pequeño agricultor, quien puede juntar pedazos de madera, ramas y trazas y apilarlos con cuidado para formar el montón. Al cabo de algunos meses, según la estación, según los precios del carbón vegetal, etc., recubre el montón con

tierra y quema el carbón. Genera de esta manera un pequeño ingreso en efectivo, sin tener necesidad de un gasto inicial en moneda.

Guardado et al. (2010), explica que la parva es también más práctica en zonas agrícolas, donde las fuentes de leña pueden hallarse dispersas, y es deseable hacer el carbón vegetal cerca de los pueblos u otros emplazamientos permanentes.

El sistema de parvas es muy versátil y se puede adaptar tanto a la producción esporádica de carbón en pequeñas cantidades como también a la producción en gran escala.

La típica parva para la quema de carbón vegetal, es de alrededor de 4 metros de diámetro en la base y de alrededor de 1 m a 1,5 m de altura. En la base, se hacen alrededor de seis a diez tomas de aire, y una apertura arriba, de alrededor de 20 cm de diámetro, la que permite la salida del humo durante la combustión. Todas las aperturas deben ser selladas con tierra cuando se ha concluido la quema, permitiendo el enfriamiento del cúmulo.

Al igual que el método de fosas el método de parvas tiene un impacto significativo al medio ambiente Guardado et al. (2010).

Foto 10. Parva de tierra durante su construcción



Fuente ATFFS OLMOS – LAMBAYEQUE

Foto 11. Parva de tierra durante la quema



Fuente ATFFS OLMOS – LAMBAYEQUE

Foto 12. Descarga del carbón vegetal de una carbonera de tierra



Fuente ATFFS OLMOS – LAMBAYEQUE

Observar el rastrillo usado para separar el carbón mezclado en la capa de tierra durante las primeras etapas de la descarga. Olmos-Perú.

Foto 13. Parva cubierta de arena y aserrín "Carbón De Aserradero"



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

Foto 14. Carbonera dentro de un aserradero



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

Foto 15. Uso de rastrillo para extraer el producto carbonizado



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

Foto 16. Modelo de construcción de parvas



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

4.3. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN

En tal sentido INRENA (1998), indica que las principales características de la producción se describen exponiendo en primer lugar aquellas que son comunes a las tres zonas productoras que abarca el estudio, Piura, Chiclayo y Pucallpa, tienen un carácter artesanal, es decir, es realizada por pequeños empresarios, muchas veces en forma individual o apoyados por sus familias, los métodos de producción son primitivos, y la calidad del producto no es

uniforme. La producción de carbón, en las tres zonas del estudio, surge como consecuencia de los bajos ingresos que perciben los pobladores rurales dedicados a actividades agrícolas y forestales, al subempleo, y desempleo existente en las áreas rurales de las zonas involucradas en el estudio.

- **ZONA DE PIURA Y CHICLAYO**

La producción de carbón en estas dos zonas presenta características similares, debido a que las condiciones sociales y económicas en las zonas rurales son muy parecidas, la materia prima utilizada, algarrobo, es la misma comparten las mismas disposiciones legales, abastecen a los mismos mercados extrazonales y utilizan la misma técnica de producción; razón por la cual las tratamos en forma conjunta.

Parece que el poco interés de los productores por operar dentro de la legalidad se debe a las dificultades en los trámites administrativos que deben realizar y a las obligaciones económicas a que se comprometen, especialmente las relativas al pago de los derechos forestales.

La producción de carbón se realiza preferentemente en la época de escasez de trabajo en actividades agrícolas, especialmente en los meses de junio, julio y agosto.

- **ZONA DE PUCALLPA**

Para facilitar el análisis de la actividad productora de carbón en esta zona, se puede considerar a los productores en dos grandes grupos:

- a) **EMPRESARIOS DEDICADOS EXCLUSIVAMENTE A LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN.** Lo constituyen personas naturales cuya casi exclusiva actividad económica es la producción de carbón. Estos empresarios por la naturaleza de la materia prima que trabajan, pueden a su vez diferenciarse en tres subgrupos:

- Productores de carbón cuya materia prima proviene de los residuos de la industria maderera de la zona (aserraderos, parqueteras, etc.), denominados localmente productores de “carbón de aserradero” Estos productores trabajan mayormente asociados con las empresas industriales. La asociación consiste en que la fábrica proporciona sus residuos (retazos de madera) y el carbonero pone la mano de obra necesaria para todas las operaciones conducentes a la formación del horno, carbonización de la madera y posterior ensacado. El volumen de la producción se divide en 50 % para la fábrica y el otro 50% para el carbonero. Hay pocos casos en que la proporción varía a 55% para la fábrica y 45% para el carbonero.
 - Productores de carbón cuya materia prima está constituida por los residuos de los desbosques efectuados para el establecimiento de parcelas agrícolas (productores de “carbón de chacra”). Estos productores tienen por Jo general una actividad errante y van estableciendo sus hornos de carbonización cerca de los terrenos desboscados. La madera por carbonizar generalmente es comprada a los colonos. El número de estos productores ha aumentado últimamente por la gran recesión económica en la región (desempleo, etc.) y cambios motivados por la sustitución de la cultivo de la coca.
 - Productores de carbón cuya materia prima proviene de los restos del aprovechamiento del bosque para las industrias madereras y/o extracciones de madera en bosques aprovechados en los últimos años.
- b) **AGRICULTORES QUE PARA MEJORAR SUS INGRESOS PRODUCEN CARBÓN EN FORMA EVENTUAL EN SUS PREDIOS.** Algunos colonos con predios ubicados cerca a las carreteras, producen directamente su carbón y/o comercializan obteniendo ingresos adicionales a sus actividades agropecuarias.

La mayoría de los productores que se dedican en forma exclusiva o eventual, a carbonizar madera, están en esta actividad con una antigüedad reciente de 1 a 3 años.

Los productores que carbonizan madera proveniente de desbosques para fines agrícolas o la madera que queda después de una extracción para abastecer las industrias de la zona, trabajan solo parte del año (entre 5 y 9 meses). En cambio los que producen “carbón de aserradero” trabajan todo el año.

CAPÍTULO V

TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

DEL CARBÓN VEGETAL

5.1. INTRODUCCIÓN

La fase de la distribución, o sea, empaquetado, carga y transporte del carbón vegetal, desde el horno hasta el punto de distribución mayorista, o para el uso industrial en gran escala, puede representar hasta el 25% del costo total de producción desde el bosque hasta los mayoristas. Cuando el carbón se produce cerca de un mercado mayor, la fracción del costo para la distribución será mucho menor (FAO 1983).

5.2. OFERTA DEL CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ

PRINCIPALES ZONAS DE PRODUCCIÓN Y MERCADO DE CARBÓN VEGETAL EN EL PERÚ

Al respecto INRENA (1998), afirma que la producción de carbón vegetal, número de productores y su ubicación geográfica en las zonas del estudio, en el año 1997, se presentan en el cuadro 4. Se indican las cantidades registradas oficial y las estimadas en función a la información obtenida a través del trabajo de campo de este estudio.

A. ZONAS DE PIURA Y CHICLAYO

El número y ubicación de los productores de carbón en las zonas de Piura y Chiclayo (universo de oferta), es casi imposible de determinar con la precisión que requiere el estudio. Las causas de esta dificultad es que no existen registros oficiales ni particulares, debido a su vez, a que la casi totalidad de la actividad productora de carbón es ilegal por no cumplir con las normas legales emitidas para estas zonas, donde existe una veda de protección de los bosques secos.

La especie utilizada para producir carbón, en la zona, es el algarrobo, *Prosopis* sp, que se extrae de los 2.16 millones de hectáreas de bosques secos que existen en el departamento de Piura. Estos bosques se encuentran fuertemente depredados, estimándose que más del 50% de su extensión es del tipo bosque ralo a muy ralo según información de (INRENA – Proyecto algarrobo 1997).

La oferta o producción de carbón en Chiclayo, ha sido estimada en 7430 toneladas métricas para el año 1997 (cuadro 4).

La principal especie utilizada, en esta zona, es también el algarrobo y en menor proporción especies como: sapote y faique con las cuales hacen mezclas. La madera que se carboniza se extrae de 618,000 hectáreas de bosque seco que existen en el departamento de Lambayeque, estos bosques según lo observado, se encuentran más depredados que los de Piura (INRENA – Proyecto Algarrobo 1997).

B. ZONA DE PUCALLPA

En la zona de influencia de Pucallpa el número de productores y la producción se diferenció en dos grupos: “productores de carbón de aserradero” y “productores de carbón de chacra”. El número de productores puede variar grandemente con los cambios en la situación económica de la zona y variaciones de la demanda. El ingreso de nuevos productores es relativamente fácil en el corto plazo, ya que la producción de carbón no requiere de instalaciones especiales y su tecnología es sencilla. La limitación estaría solo en encontrar madera aparente para la producción de carbón.

En Pucallpa nuevas áreas de producción se están estableciendo con el aprovechamiento forestal de bosques y acondicionamiento de tierras para uso agrícola, en los nuevos asentamientos o colonizaciones abiertas a lo largo de la carretera en construcción, que parte del kilómetro 50 de la carretera Federico Basadre hacia el sur.

La producción de Pucallpa ha sido estimada, según estudio, en 16254 toneladas métricas, como en el cuadro 4. De esta producción total, 2238 TM corresponden a “Carbón de aserradero”, representado el 13.8% de la producción de la zona y 14016 TM corresponden a “Carbón de chacra” equivalente a 86.2% del total.

Las diferencias entre estas cifras y la que aparecen en los registros oficiales son debidas a que existe una gran parte de la producción que no es registrada por diversos motivos, entre otros, porque los registros se hacen fundamentalmente en base a guías de transporte de carbón a los mercados extrazonales y en consecuencia no se registra la producción para consumo local, debido a distorsiones en las guías, relacionadas con los volúmenes, clase de carbón y lugar de producción.

Las áreas de Tournavista, Honoria y Cashibo, pertenecientes a la región agraria de Huánuco, son limítrofes y están íntimamente ligadas en su actividad de producción y comercialización con las áreas de la región agraria Ucayali. Debido a que existen diferencias en el pago de derechos forestales y trámites administrativos, entre las dos regiones, se producen distorsiones en los controles y registros de la producción, no pudiendo diferenciarse netamente, por esta razón y porque además la producción tiene una misma vía de salida hacia los mercados, las producciones de estas áreas se consideran dentro de la zona de Pucallpa.

Cuadro 03. Producción, número de productores y su ubicación en la actividad carbonera en Piura, Chiclayo y Pucallpa (Año 1997).

S.I. = Sin Información.

Lugares de producción	Registro oficial		Estimación del estudio	
	Nº de productores	Producción (TM)	Nº de productores	Producción (TM)
ZONA DE PIURA: <ul style="list-style-type: none"> • La Obrilla • Punta Arenas • Santa Ana • Medio Piura • Río Seco Chapaira • Terela, La Peñita • Seren, Angostura. • La Rita. Malingas • Callejón de Chuicas • Malinguitas • San Lorenzo • Alto Piura • Nomala, Paccha • Encantada 	S.I.	S.I.	S.I.	1151
ZONA DE CHICLAYO: <ul style="list-style-type: none"> • Batan Grande • Saranda • Tucume • Santa Clara, Salinas • Morrope • Olmos • Yinhuar, Licurnique. • Laucha. Tambor • San Cristóbal Grande • San Cristóbal Chico • Ficuar • Pasaje Norte y Sur, • Alto Chungo, Chuncar, • Cerro de Arena • Alto Roque. Las Pozas. • Tres Cruces, Belisario, 	S.I.	S.I.	S.I.	7430
ZONA DE PUCALLPA: <ul style="list-style-type: none"> a) Carbón de aserradero. 32 b) Carbón de chacra S.I. - Km 50 carretera F Basadre - Neshuya-Curimaná - Macuya - Río Ucayali 	S.I.	5803.4	262	16254
	32	844.8	32	2238
	S.I.	4958.6	230	14016
			60	3237
			120	6465
			50	2694
			S.I.	1620

Fuente: (INRENA 1998).

Tabla 04. ESTADÍSTICA FORESTAL DEL PERÚ 2000 al 2012 – (MINISTERIO DE AGRICULTURA – DGFFS)

Departamento	Producción de carbón por departamento (2000 – 2012) expresada en Kilos (Kg)													TOTAL Toneladas
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Amazonas			10,000.00				17,245.00	93,936.00				151,560.00	201,972.50	474.71
Ancash		10,000.00	29,900.00	123,853.00	180.51	43,168.10	173,825.00	49,225.00	63,805.00	62,928.50	43,350.00	38,209.00	12,705.00	651.15
Apurímac	16,800.00	14,855.00	17,000.00	11,500.00	28.50		32,186.00	956.00	12,200.00					105.53
Arequipa	111,070.00	205,450.00	106,930.00	239,462.00	412.26	170,418.00	291,385.00	247,234.00	358,418.00	579,981.00	437,465.00	440,861.00	317,195.00	3,506.28
Ayacucho			26,750.00				2,550.00			10,000.00	3,900.00	12,800.00		56.00
Cajamarca									6,869.00				280,339.00	287.21
Cusco						28,850.00					35,715.00		31,531.00	96.10
Huancavelica		217,660.00	329,771.00		609.18	165,345.00	127,740.00	50,350.00	61,490.00	93,490.00	24,450.00			1,070.91
Huánuco	635,468.50	27,000.00	10,270.00				621,908.20	63,295.83	80,453.00	29,922.41		6,957.00	8,394.00	1,483.67
Ica	48,049.00	290,461.00	382,213.40	308,423.00	620.55	250,952.00	92,038.24	855,034.40	1,367,934.00	2,147,360.00	470,439.59	489,810.00	437,625.00	7,140.96
Junín		28,713.71	196,413.30	147,080.00	0.06	150,264.00					225,005.00	479,746.50	111,437.13	1,338.66
La Libertad			3,500.00		41.86	33,200.00		31,440.00	317,285.00	2,353,159.00	4,513,147.00	6,492,539.75	1,337,659.00	15,081.97
Lambayeque		26,650.00	468,659.00	1,826,585.00	9,468.82	1,138,260.12	15,283,677.91	11,982,791.78	31,498,548.00	35,041,053.26	38,200,829.30	28,478,641.89	3,110,945.55	167,066.11
Loreto	62,854.00		1,025,722.00											1,088.58
Madre De Dios			21,782.00	8,356.00	49.89	587,264.50	66,883.17	61,452.00	440,438.30	955,451.00	397,501.87	1,829,871.06	2,283,022.50	6,652.07

Departamento	Producción de carbón por departamento (2000 – 2012) expresada en Kilos (Kg)													TOTAL Tonelada
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Moquegua	7,380.00	7,560.00		4,570.00	510.35	193,280.00	76,935.00	118,820.00	389,360.00	93,510.00	108,020.00	165,097.50	170,569.00	1,335.61
Pasco	36,750.00		4,776.00	4,726.00										46.25
Piura			3,208,070.00	7,873,635.00	12,621.76	10,753,425.00	13,545,184.00	16,728,193.00	13,832,000.00	8,906,812.50	6,531,030.00	3,398,775.35	3,577,424.96	88,367.17
Puno				800.00	5.66									0.81
San Martín	4,418.00	3,600.00	300.00				900,000.00							908.32
Tacna	53,260.00	26,720.00	31,670.00	19,040.00	77.38	52,350.00	1,184,990.00	76,830.00	91,957.50	120,875.00	60,385.00	25,090.00	168,351.00	1,911.60
Tumbes			704,131.00	985,985.00	1,776.91	1,910,312.00	1,981,955.00	3,430,640.00	2,235,795.00	1,300,686.30	122,810.00	15,665.00		12,689.76
Ucayali	7,516,582.00	8,519,244.00	9,359,912.00	6,592,620.00	78.70	4,601,510.50	819,000.00	663,651.37	662,116.82	685,977.64	369,599.00	24,177,610.00	34,518,736.00	98,486.64
TOTAL en Tonelada	8,492.63	9,377.91	15,937.77	18,146.64	26.48	20,078.60	35,217.50	34,453.85	51,418.67	52,381.21	51,543.65	66,203.23	46,567.91	409,846.05

Fuente: Estadística forestal del Perú 2000 – 2010, Perú forestal en números año 2011, Perú forestal en números año 2012.

5.3. OPERACIONES QUE COMPONEN EL TRANSPORTE DEL CARBÓN VEGETAL

Según FAO (1983), los costos unitarios o unidades operativas en el transporte del carbón vegetal son los siguientes:

- Carga del carbón vegetal sobre el vehículo de transporte.
- Transporte primario.
- Transporte secundario, si empleados con costos de descarga/carga.
- Operaciones de descarga y almacenamiento a puntos principales de mercadeo.

FACTORES DE RIESGO EN EL TRANSPORTE DEL CARBÓN VEGETAL

- Baja densidad bruta que requiere el transporte y manipuleo de grandes volúmenes.
- Fragilidad, que tiende a producir carbonilla "fina", en cada etapa del manipuleo y del transporte.
- Tendencia del carbón vegetal fresco a calentarse y encenderse espontáneamente, por la absorción del oxígeno del aire.

La experiencia muestra que los problemas del transporte son menores donde hay una sola etapa de carga y descarga, lo que puede obtenerse fácilmente empleando camiones. Los costos por Ton/km son generalmente los más bajos, cuando se llevan grandes unidades de carga. Resulta práctico el uso de un camión con acoplado, ambos equipados con jaulas altas, para cargas de veinte Toneladas. En este caso, el carbón vegetal se manipula suelto. La mayor parte de la carbonilla se genera en las operaciones de carga y descarga, y para reducir este problema, se recomienda el transporte del carbón vegetal en una sola operación, desde la carbonera hasta el punto principal de distribución y almacenamiento.

TRANSPORTE POR CAMIÓN. Se transporta por camión aproximadamente el 70% del carbón vegetal producido. Se trata de un medio de transporte flexible y rápido, pero caro (FAO 1983).

Foto 17. Vehículo modelo camión listo para transportar sacos de carbón



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

Muchos camioneros prefieren llevar el carbón vegetal en bolsas de arpillera o yute (alrededor de 25 kg/bolsa, o 11 bolsas/m³ de carbón). De esta manera se pueden usar camiones de carga general, que en su viaje de vuelta, pueden traer otras mercaderías. El carbón embolsado ocupa más espacio que el carbón suelto, que se asienta, durante el transporte con una pérdida del 2 - 5% del volumen (FAO 1983).

Foto 18. Sacos de carbón de shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*)
y capirona (*Calycophyllum spruceanum*)



Fuente ATFFS Pucallpa – Ucayali

CARGA CON ANIMALES DE TIRO

No hay que dejar de considerar el transporte con mulas o caballos, para distancias cortas, y para pequeñas cantidades, como han sido bien empleados durante muchos. Cada mula lleva dos sacos de 60 kg cada uno, con una velocidad de transporte de seis km/hora. La carga y descarga es a mano. Las mulas se usan ahora solamente para el transporte intermedio del carbón vegetal a los camiones, cuando las carboneras están ubicadas en lugares remotos de difícil acceso (FAO 1983).

El carbón vegetal es destinado para el mercado local y nacional, para las zonas de Tarma, Villa Rica, Lima, Oxapampa, especialmente en zonas donde no hay Producción de Carbón.

5.4. DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL

El carbón vegetal es un producto difícil de adulterar, no se deteriora en el depósito y su único defecto es su friabilidad, hecho por el cual se rompe y se hace polvo durante el manipuleo y el transporte. Hay variaciones de calidad en relación con su contenido de carbono fijo.

Un carbón vegetal que ha carbonizado a baja temperatura tiene un alto contenido de volátiles y un bajo contenido de carbono fijo; corroe los metales, el papel, las fibras y el material de empaque (pero no a las bolsas de hojas o tejido plástico), y tiende también a dar humo cuando se le quema. No se desintegra tan fácilmente, y por ello se puede transportar y manosear sin producir una excesiva cantidad de carbonilla.

El agua es el principal adulterante que se encuentra en el carbón vegetal. Es normal que un carbón vegetal de buena calidad tenga un contenido de humedad del 5-10% más del 10% resulta excesivo e indica que se ha mojado por la lluvia o adulterado para aumentar su peso (FAO 1983).

Los compradores de carbón siempre ponen los sacos o empaques en los cuales se va a trasladar hasta los mercados. Lo más común son sacos plásticos de nylon o bolsas de papel (Ignacio 2005).

5.5. FORMACIÓN DE STOCK

El carbón vegetal, puede ser almacenado por tiempo indefinido bajo techo, con lo que se pueden mantener stocks para suplir la demanda estacional. Los stocks deben iniciarse antes que comience la estación de las lluvias y que se vayan consumiendo hacia el final. A veces, los obreros de la fabricación de carbón, que no tienen trabajo durante la Estación de las lluvias, pueden ser empleados durante este período en empaquetar para el por menor (FAO 1983).

CAPÍTULO VI

COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL

6.1 PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL

El carbón vegetal se hace con la madera, y por lo general alrededor de 5 Ton de madera producen 1 ton de carbón vegetal. Si bien la madera empleada para el carbón puede a veces derivar de desperdicios de aserraderos o de operaciones de limpieza de campos, al final ello no incide a largo plazo sobre la demanda de tierra forestal o de plantaciones para leña (Solís 2006).

6.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Actualmente en la selva central se da una producción alta de carbón por la disponibilidad de materia prima, más el problema nace ante la ilegalidad que esta actividad mantiene (INRENA 2011).

PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA ZONA DE CHANCHAMAYO

La principal zona productora de carbón es el anexo de San Pedro de Puntayacu, pero en general dentro del trayecto entre el peaje a la salida de esta ciudad y el puente Yanango es que se pueden encontrar familias que producen carbón; ya sea al borde de la carretera o en zonas más distantes de ella pero también cercanas a su chacra de donde se proveen de materia prima.

La producción de carbón no es constante, es variable, pudiendo ser mensual o cada 15 días dependiendo de la venta que tengan, el tiempo que les tome el transporte y preparación de la madera (Solís 2006).

6.2.1 ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS

PROCESO TÉCNICO

Por lo consiguiente IGNACIO, A. (2005), señala que es común oír que eso tiene “varios trabajos”. Pasaremos a enumerarlos uno por uno.

Cuadro 04. Lista de trabajos que tiene la producción artesanal de carbón –
Costos, precios e ingresos

TRABAJOS DEL CARBÓN	DESCRIPCIÓN RESUMIDA
- Picar la leña	<i>Cortar los árboles o recoger la leña y picarla al tamaño adecuado</i>
- Cargar la leña	<i>Trasladar la leña hasta el lugar donde se armará el horno</i>
- Armar el horno	<i>Preparar el horno para la quema con la leña apropiada</i>
- Recoger materiales	<i>Buscar hojas, paja o papel para el manto</i>
- Taparlo	<i>Cubrir el horno con los materiales disponibles</i>
- Prenderlo	<i>Iniciar la candela para que comience la carbonización</i>
- Cuidarlo	<i>Estar pendiente del horno a fin de llevar el proceso a feliz término</i>
- Destapararlo-puyarlo	<i>Terminada la carbonización, se procede a sacar el carbón</i>
- Ensacarlo	<i>Meter el carbón en sacos para llevarlo al mercado</i>
- Venderlo	<i>Negociación del carbón con el comprador</i>

Fuente: Ignacio, A. (2005)

Cada uno de esos trabajos requiere de un cierto tiempo, mencionamos a continuación los tiempos que se estiman en la zona, partiendo del supuesto de echar un horno que va a producir aproximadamente mil kilos de carbón. La información fue recogida en 3 comunidades distintas y de allí que no hay coincidencia plena de los tiempos.

Tabla 05. Tiempo estimado para producir mil kilos de carbón

Trabajos del carbón	Número de días		
<i>Picar la leña</i>	4	3	7
<i>Cargar la leña</i>	1	1	2
<i>Armar el horno</i>	1	1	2
<i>Recoger materiales</i>	1	1	X
<i>Taparlo</i>	1	1	1
<i>Prenderlo y cuidarlo</i>	15-20	5	6
<i>Destapararlo-puyarlo</i>	3	1	2
<i>Ensacarlo</i>	1	1	1
TOTAL DIAS	27 – 32	14	21

Fuente: Ignacio, A. (2005)

PROCESO ECONÓMICO

Asimismo Ignacio (2005), nos explica cómo se podrá observar en la cuadro 04, la etapa que dura más tiempo es la de carbonización, es decir, la quema controlada de la leña en el horno. Y es la etapa en la que más difieren los datos de los tiempos recopilados. Estas diferencias posiblemente se deban a las distintas experiencias que tengan los productores de carbón en cada una de las comunidades.

Lo más común entre los productores de carbón es que, una vez que han prendido un horno, comienzan a preparar el otro, aprovechando que la etapa de carbonización, o lo que hemos denominado Prenderlo y Cuidarlo, es la más larga y no requiere de atención permanente. De esta manera, cada productor puede echar hasta dos (2) hornos en un mes.

COSTOS, PRECIOS E INGRESOS

- **COSTOS.-** Al respecto Ignacio (2005), indica que el diagnóstico realizado permitió conocer que los productores de carbón generalmente no han hecho cálculos en relación a los costos de esa actividad, a fin de saber cuáles deben ser los precios justos. Por ello, se aprovechó la oportunidad para levantar la información necesaria a fin de poder estimar dichos costos.

Dicha información se recoge en la cuadro 04 en el cual se presenta el tiempo necesario para echar un horno de unos mil kilos promedio, bastante típico de la zona en este momento.

Foto 19. Horno típico de la zona para sacar mil kilos aproximadamente de carbón vegetal



Fuente: Ignacio, A. (2005)

Los datos que parecieran más reales, por todas las opiniones recogidas durante el trabajo de campo, son los de la columna del centro, es decir, que se lleva unos 14 días producir mil kilos de carbón. Debe considerarse además que no siempre estos 14 días son jornadas completas de trabajo. Muchas veces son jornadas de 4-6 horas, por lo cual quizás el tiempo real de trabajo es de unos 10 días u 80 horas. En caso de haber tenido que cancelar algún jornal, se incluirá también como trabajo.

Otro factor que forma parte de los costos de producción es el gasto por la depreciación de los equipos que se utilizan en el trabajo. Durante el proceso de producción de carbón se utilizan las siguientes herramientas o materiales: piedra de amolar, hacha, machete, pico, pala, escardilla, rastrillo, las latas de tapar y tobo de agua. Cada uno de estos implementos tiene un costo y su depreciación se le debe imputar al precio de venta del carbón a nivel de finca.

De la misma forma, si esa actividad exige la adquisición de la paja, papel o las hojas con las que se tapa el horno, también debería ser incluido en el costo del carbón.

En algunas ocasiones se requiere pagar por el transporte de la leña hasta el horno, lo cual igualmente afectará los costos de producción. En resumen:

Cuadro 05. Costos (S/.) para la obtención de carbón vegetal en la selva central de Perú

Rubro	U medida	Cantidad	Valor unitario S/.	Valor total S/.
Preparación de la fosa				
Operario	Jornal	1	12.00	12.00
Abastecimiento de Materia Prima				
Trozos	Tuco	54	0.74	40.00
Aserrador	Jornal	1	80.00	80.00
Proceso de carbonización				
Operario	Jornal	7	12.00	84.00
Descarga del Carbón				
Operario	Jornal	1	12.00	12.00
TOTAL				228.00 N.S.

Fuente: Solís (2006)

- **PRECIOS.-** Según Ignacio (2005), los precios que pagan por el carbón vegetal quienes lo compran (carboneros, transportistas o intermediarios), son fijados por ellos mismos, de acuerdo a sus costos, pero a su vez ellos están limitados por los precios que fijan las empresas carboneras.

Instituciones como MINAM & MINAG (2011), dan a conocer que el algarrobo es un árbol extraordinario cuyas raíces pueden crecer más que el propio tronco en busca del agua que hay en el subsuelo. Y su madera es muy dura y resistente. Tanto que los arqueólogos han encontrado vigas de algarrobo que han resistido miles de años. Y en la actualidad aún se usa para construcciones rurales de casas, cercos y establos.

El excelente carbón de leña que de él se obtiene, sin embargo, es su perdición. Los algarrobos se queman durante quince días en las llamadas huayronas (Método de Parvas), una especie de hornos que cubren de tierra para que no entre oxígeno y la madera no llegue a deshacerse, de donde salen alrededor de 30 sacos de

carbón de 60 Kg que se comercializan a 25 Nuevos Soles cada uno.

- *INGRESOS.*- Al respecto Ignacio (2005), indica que el carbón es la principal y a veces la única fuente de ingresos de muchas familias. Otras familias complementan sus ingresos con la producción caprina, el tejido de hamacas y las siembras.

A continuación se presentan las estimaciones de ingreso de una familia cuyo sustento esté basado únicamente en el carbón, y que procese 2 hornos al mes, de unos mil kilos cada uno:

Ingreso mensual promedio =

$$\frac{2\text{Hornos}}{1\text{mes}} * 1000 \text{ Kg} * 0.42 \text{ N.S} = 840.00 \text{ N.S}$$

Los algarrobos se queman durante quince días en las llamadas huayronas, de donde salen alrededor de 30 sacos de carbón que se comercializan a 25 Nuevos Soles cada uno (MINAM & MINAG 2011).

6.3 COMERCIALIZACIÓN

El carbón ya listo normalmente es adquirido en los propios hornos por vecinos que disponen de un medio de transporte y que se han dedicado a esto desde hace muchos años (a ellos les dicen “carboneros”); varios de ellos viven fuera de la zona. Una vez que compran la cantidad suficiente para cargar el vehículo, lo sacan hasta los mercados. Esta actividad se realiza durante todo el año y casi siempre es mediante camiones tipo 350 que cargan hasta 4 mil kilos por viaje. La mayor parte de las veces lo venden directamente a las empresas procesadoras y en algunas ocasiones se vende a intermediarios que luego lo llevan hasta las procesadoras.

La producción es destinada para el mercado local y nacional, para las zonas de Tarma, Villa Rica, Lima, Oxapampa, especialmente en zonas donde no hay Producción de Carbón. Los principales usuarios de este carbón vegetal

son los consumidores finales que lo usan para preparar comidas, bien sea a nivel familiar o comercial. Entre estos últimos se cuentan los restaurantes que venden pollos a la brasa y carne a la parrilla (Solís 2006).

Por lo general, los carboneros pagan de contado, aunque se han dado casos de llevarse el carbón “fiado” pagando el mismo precio. Es importante señalar que ellos, en muchos casos, cumplen el papel de financiadores del trabajo de los que echan carbón, mediante adelantos de dinero para el mantenimiento del productor y su familia. Esto se observa sobre todo en aquellos cuya única actividad es el carbón.

A simple vista se ve que quienes le sacan mayor provecho al carbón son las empresas detallistas que venden al consumidor final. De esa forma, el carbonero logra “amarrar” al productor quien se obliga a venderle su producción. Esto ayuda a estrechar aún más los lazos de dependencia que se han creado entre ambos factores de la producción y dificulta la búsqueda de soluciones alternativas que permitan trabajar con mayores niveles de equidad (Ignacio 2005).

CONCLUSIONES Y APORTES

- Según, el “Estudio sobre Producción y Mercado de Carbón Vegetal en Lima, Piura, Chiclayo y Pucallpa. INRENA (1998)” y su cuadro estadístico representado en la tabla 04 de la estadística forestal del Perú 2000 – 2012 proporcionado por el MINISTERIO DE AGRICULTURA – DGFFS. Podemos puntualizar que, los departamentos de mayor producción informada por las 8 GORES y 15 ATFFS, son: La libertad, Lambayeque, Piura, Tumbes, Ucayali, de los cuales Lambayeque, Ucayali y Piura, demuestran alta notoriedad en producción y movilización de producto carbón vegetal.
- En el Perú se fabrica carbón vegetal mayormente mediante parvas (huayronas) y en fosas de tierra, el cual presenta variaciones de rendimientos, por ello es necesario que los productores para no perjudicar a los recursos forestales y obtener mayor rendimiento de carbón y de mejor calidad, se recomienda el uso de hornos metálicos por su capacidad de manejo de residuos gaseosos aprovechando al máximo la combustión de la madera procesada y reduciendo el impacto al medio ambiente.
- La pirólisis o destilación seca de la madera, es un proceso mediante el cual la madera y otros materiales leñosos se calientan en ausencia de aire. El proceso se vuelve exotérmico y en sucesivas etapas libera gases, vapor de agua y líquidos orgánicos, quedando como residuos el carbón vegetal y aceites pesados de alquitrán. Todos los productos del proceso son combustibles, a excepción del agua.
- Las carboneras de la costa norte del Perú (Piura, Lambayeque), emplean tecnología “ancestral”, que consiste en carbonizar palos de algarrobo apilados y recubiertos de tierra y forraje.
- Se recomienda en la fabricación de carbón vegetal, tener en cuenta los diferentes factores que determinaran el método adecuado a utilizar, tales como: recurso forestal disponible, tipo de recurso forestal, mano de obra, capital, fisiográfica del lugar.

- En nuestro país se debe considerar, el uso de plantaciones forestales para fines energéticos (carbón y leña), para evitar el uso continuo de los bosques naturales.
- La utilización de un solo tipo de madera en una quema completa, esto como resultado nos dará un carbón con las propiedades iguales en toda la quema. De esta forma tener controlado el tipo de carbón que se está produciendo para poder usarse más apropiadamente de acuerdo a la necesidad.
- Mejorar las condiciones de almacenamiento de la madera para lograr una mejor homogenización de la humedad, además de tratar de reducirla al máximo en dicho almacenamiento. Esto se puede llevar a cabo almacenando la madera en un lugar cerrado en donde la humedad sea mínima y además tapar con plástico toda la leña.
- Mejorar las condiciones de almacenamiento del carbón (producto final) para que no pierda las propiedades y se deteriore.
- Promover charlas de orientación a los productores de carbón con respecto a la mejora de calidad de su producto, ampliación de mercado, incremento de producción, creación de fuentes para el abastecimiento de materia prima, y la producción legal de carbón evitando ellos salgan perjudicados.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado G; F. 2004 Rendimiento de Madera de Algarrobo (*prosopis pallida*) en la Producción de Carbón, Informe ATFFS INRENA-Lambayeque. 6 p.

Asociación para el Fomento Dendroenergético (PROLEÑA) — ESMAP — UNDP 1999 Guía técnica de la carbonización. Managua, Nicaragua. Pág.7.

Barrena Arroyo, Víctor *et al.* 2010 “bioenergía y seguridad alimentaria – BEFS – El análisis de BEFS para el Perú” Capítulo 5 – pág. (80 - 82).

Booth H; E. 1974 Abastecimiento a Largo Plazo de Carbón de Leña para Altos Hornos Zapla. UNDP. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Documento de Trabajo No.13 .Argentina. pág. (125 -140).

Brack, Antonio. MENDIOLA, Cecilia. 2000 “Ecología del Perú” – capitulo 07 - Asociación Editorial Bruño. Perú.

Brack, Antonio. 2003 “Perú: Diez mil años de domesticación” Asociación Editorial Bruño. Perú. – 160 p.

Corporación Nacional Forestal (CONAF) 2009 Ficha: Producción de carbón vegetal con residuos forestales. Ficha N° 14. 4 p. En línea: <http://alternativasquemas.conaf.cl/articulos/alternativas.html#ALTERNATIVA6> - Revisado el 15 de setiembre del 2013.

Chavesta, M. 1996. Maderas para Parquet. In Concytec. Serie Tecnologías. N°4. 101p.

DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE. 2012 - Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS) – “Memoria Descriptiva Forestal” - Publicado por SNIFFS – pág. 13.

Earl D. E. 1976 “Informe Sobre el Carbón Vegetal. Informe Técnico. N° 15” Corporación Nacional Forestal. Proyecto PNUD/FAO - Santiago, Chile, 65 p.

Edith María Pipa Cruz 2004 "Validación de una metodología de identificación del carbón vegetal del género Prosopis (algarrobo) a partir de la estructura anatómica" – Tesis Universidad Nacional Agraria la Molina 54 p.

Flores, R.E. y Quinteros H.E. 2008 Diseño de horno tipo retorta para elaborar carbón vegetal Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Salvador. 151 p.

Guardado, M.B., Rodríguez, J.A y Monge, L.E. 2010 Evaluación de la calidad del carbón vegetal producido en hornos de retorta y hornos metálicos portátiles en el Salvador. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Salvador. 151 p.

Hocquenghem A.M. 1999. Una historia del Bosque Seco. En: Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario internacional. INRENA – Proyecto Algarrobo. Lima. pág. (231-254).

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) 1998 Informe sobre "Estudio sobre Producción y Mercado de Carbón Vegetal en Lima, Piura, Chiclayo y Pucallpa. Lima, Perú.

Ignacio, A. 2005. Diagnostico participativo sobre la producción artesanal de carbón vegetal en el semiárido del Municipio Torres del estado Lara. Informe Final. Centro Para la Gestión Tecnológica Popular (CETEP). Barquisimeto – Bolivia. 50 p.

Instituto nacional de investigación agraria (INIA) 1999. Maderas del Perú – Revista de ciencias, Lima – Perú 32 p.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) - Proyecto Algarrobo. 1998 Bosques Secos y Desertificación, Memorias del Seminario Internacional, Lambayeque, 225 p.

J. L. Heijo 1981 Elaboración de carbón vegetal. Almanaque del banco de seguros del estado – Montevideo – Uruguay. - En línea:

<http://www.bse.com.uy/almanaque/Almanaque%201981/pdf/0%20-%20061.pdf>. - Visitado el 19 de Julio del 2013.

Ministerio del Ambiente & Ministerio de Agricultura 2011 El Perú de los bosques – Lima, Perú, pág. (33 – 65).

Ministerio de agricultura - Dirección general forestal y de fauna silvestre (MINAG-DGFFS) 2012. Estadística forestal del Perú 2000 – 2010 Lima, Perú

Ministerio de agricultura – Dirección general forestal y de fauna silvestre (MINAG - DGFFS) 2011. Perú forestal en números año 2011 pág. (33 - 35) Lima, Perú.

Ministerio de agricultura – Dirección general forestal y de fauna silvestre (MINAG - DGFFS) 2012. Perú forestal en números año 2012 pág. (33 - 35) Lima, Perú.

Mori 1994 “Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales”, 23 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 1983 Métodos Simples para Fabricar Carbón. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Documento de trabajo N° 41 Pág. (35 – 52).

Prado, J.; S. Barros. 1989. Eucalyptus principios de silvicultura y manejo. INFOR/CORFO. Santiago, Chile. 199 p.

Resende P; W. 1980 Uso de la Madera para Fines Energéticos. Centro Tecnológico de Minas Gerais. Brazil CETEC Publicaciones Técnicas Pág. (96 - 105).

Sofía Solís Aliaga 2006 Diagnóstico de Demanda de Leña y Carbón en la provincia de Chanchamayo. - Instituto Nacional de Recursos Naturales - Organización Internacional de las Maderas Tropicales (INRENA - OIMT) 25 p.

Sotomayor Castellanos, J.R. 2002. Características mecánicas de la madera y su aplicación en la industria de la construcción. Ciencia Nicolaita. 33:127-138.

Sotomayor Castellanos, J.R. 2008. Segunda edición. TABLA FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. FITECMA. UMSNH. Formato: 30 x 60 cm.

Sotomayor Castellanos, J.R. 2009. Variabilidad de la densidad y de las características mecánicas de 150 maderas mexicanas. Investigación e Ingeniería de la Madera. 5(1):23-32.

Sotomayor Castellanos, J.R. 2014. Caracterización mecánica de la madera con métodos no destructivos 337 p.