

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ.**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.**

**BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN  
DE EUCALIPTO (*Eucalyptus camaldulensis*), EL CHIRÚ, ANTÓN.**

**VÍCTOR MANUEL MORENO DELGADO**

**4-752-122**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2016**

**BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN  
DE EUCALIPTO (*Eucalyptus camaldulensis*), EL CHIRÚ. ANTÓN.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**M.Sc. OVIDIO NOVOA**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**M.Sc. RAYNAH BURKE**

\_\_\_\_\_  
**ASESORA**

**M.Sc. AMILCAR BEITIA**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2016**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios ante todo por permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres por darme el impulso inicial para emprender una carrera universitaria.

Al Ing. Ovidio Novoa director de mi trabajo por la oportunidad y paciencia. A mis profesores asesores Ing. Raynah Burke e Ing. Amílcar Beitia, por sus aportes y consejos.

Al Ing. Octavio de la Cruz, Ing. Rolando Guillen y el señor Eliecer Rodríguez por su colaboración en el levantamiento de la información.

A mis compañeros de trabajo y demás colaboradores que de una u otra forma contribuyeron con la realización de este trabajo.

## **BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus camaldulensis*), EL CHIRÚ. ANTÓN.**

MORENO D, VM. 2015. Beneficios económicos de la producción de carbón de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), El Chirú. Antón. Tesis Ingeniería en Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, PA. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 69p.

### **RESUMEN**

Se estableció la rentabilidad de la producción de carbón de *Eucalyptus camaldulensis* realizada en El Chirú de Antón con la finalidad de mostrar que es posible recibir ingresos o beneficios económicos, así como es rentable establecer plantaciones de eucalipto con fines dendroenergéticos. Se estableció la comparación del carbón de eucalipto con el carbón de mangle de acuerdo a las variables cualitativas y cuantitativas como rendimiento, peso específico, comercialización, aspectos sociales y ecológicos.

Para obtener los resultados de rendimiento se utilizó el método tradicional de horno de tierra y fue necesario medir variables como circunferencia y altura del horno. Se identificaron cada una de las etapas que conforman el proceso de producción de carbón vegetal, la comercialización del producto se basó en oferta, demanda y canal de distribución, los aspectos sociales y ecológicos de acuerdo a la referencia de los productores.

Para establecer la rentabilidad se tomó como referencia el ingreso neto por venta de saco de carbón, teniendo: B/.1.04 por saco de 35lbs de carbón de mangle y B/.6.93 por saco de 35lbs de carbón de eucalipto. La diferencia refleja un margen de ganancia de B/.5.89 del saco de carbón de eucalipto que supera con creces el precio de venta del saco de carbón de mangle.

## **THE ECONOMIC BENEFITS OF THE PRODUCTION OF EUCALYPTUS CHARCOAL (*Eucalyptus camaldulensis*), EL CHIRU, ANTON.**

MORENO D, VM. 2015. The Economic Benefits of the Production of Eucalyptus Charcoal (*Eucalyptus camaldulensis*), El Chiru, Anton. Watershed Management and Environment Engineering Thesis. Chiriqui, PA. School of Agricultural Science. University of Panama. 69 pp.

### **ABSTRACT**

Profitability of the *camaldulensis* Eucalyptus Charcoal Production was established it was done in El Chiru of Anton, in order to show that it is possible to receive economic incomes or benefits, also it is profitable to establish eucalyptus plantations for dendroenergy purposes. The difference between eucalyptus charcoal and mangrove charcoal was shown according to the qualitative and quantitative variables, such as performance, specific, weight, marketing, social and ecological aspects.

To obtain the results of the performance, the traditional earth oven method was used, and it was necessary to measure the variables of circumference and height of the furnace. Each of the stages of the charcoal production process were identified; the marketing of the product was done on the basis of supply and demand and distribution channel; the social and ecological aspects were studied according to the producers references.

To establish the profitability some aspects were taken as reference, such as the net income from sale of Coalsack, having: \$1.04 for a 35 pound sack of mangrove charcoal and \$6.93 for 35 pound sack of eucalyptus charcoal. The difference reflects a profit margin of \$5.89 of the sack of eucalyptus charcoal which far exceeds the sale price of the sack of mangrove charcoal.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>PÁGINA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema a investigar.....	1
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Alcances y limitaciones del estudio. ....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Descripción botánica de la especie .....	6
2.2 Características anatómicas de la madera .....	7
2.2.1 Microscópicas .....	7
2.2.2 Macroscópicas .....	7
2.3 Valor dendroenergético de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	8
2.4 Consumo de materia prima .....	8
2.5 El carbón vegetal (generalidades).....	8
2.6 Carbonización de la leña. ....	11
2.6.1 Factores que influyen en el proceso de carbonización. ....	11
2.6.1.1 Acomodo de la leña dentro del horno.....	11

2.6.1.2	Temperatura de carbonización de la leña. ....	12
2.6.1.3	Tiempo de carbonización. ....	12
2.6.1.4	Especie forestal de la leña utilizada. ....	13
2.6.1.5	Contenido de humedad de la madera. ....	13
2.7	Producción de carbón vegetal. ....	15
2.7.1	Horno de ladrillos ....	15
2.7.2	Hornos metálicos ....	15
2.7.2.1	Horno TPI ....	15
2.7.2.2	Horno metálico tipo CEVAG ....	15
2.7.2.3	Horno metálico a base de tambores de aceite ....	16
2.7.3	Horno de tierra ....	16
2.7.4	Horno de fosa ....	17
2.8	Usos del carbón vegetal ....	18
2.8.1	Carbón activo.....	18
2.8.2	Carbón para uso doméstico.....	18
2.8.3	Carbón metalúrgico.....	18
2.8.4	Carbón para producción de gas.....	19
2.8.5	Carbón para la industria química. ....	19
2.8.6	Otros usos.....	19
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1	Metodología.....	20
3.1.1	Áreas de estudio.....	20
3.1.2	Método utilizado.....	21
3.1.2.1	Materiales.....	21
3.2	Parámetros de evaluación.....	22
3.2.1	Rendimientos de carbón en relación a metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) de leña. .....	22
3.2.2	Tiempo de carbonización.....	22
3.2.3	Peso específico.....	23
3.2.4	Beneficios económicos .....	23
3.2.5	Comercialización del producto.....	23

3.2.6	Aspectos sociales y ecológicos.....	23
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
4.1	Objetivo 1. Proceso de carbonización .....	24
4.2	Objetivo 2. Características y costos comparativos. ....	27
4.2.1	Rendimientos de carbón en relación a metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) de madera.....	27
4.2.1.1	Horno de eucalipto de 250 sacos .....	27
4.2.1.2	Horno de mangle de 100 sacos.....	27
4.2.2	Tiempo de carbonización .....	30
4.2.2.1	Horno de eucalipto .....	30
4.2.2.2	Horno de mangle.....	30
4.2.3	Peso específico del carbón .....	32
4.2.3.1	Peso específico del carbón de eucalipto .....	32
4.2.3.2	Peso específico del carbón de mangle.....	32
4.3	Objetivo 3. Rentabilidad Socioeconómica. ....	33
4.3.1	Beneficios económicos. ....	33
4.3.1.1	Carbón de mangle (nivel de producción saco de 35lbs).....	33
4.3.2	Carbón de eucalipto (bolsas de 5lbs).....	36
4.3.3	Comercialización del producto .....	43
4.3.3.1	Carbón de mangle .....	43
4.3.3.2	Carbón de eucalipto .....	44
4.3.3.3	Demanda del producto (carbón eucalipto y mangle). ....	45
4.3.4	Aspectos sociales y ecológicos.....	46
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS CITADAS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
I. RENDIMIENTOS DE CARBÓN (SACOS) EN RELACIÓN A METROS CÚBICOS (m <sup>3</sup> ) DE MADERA. ....	29
II. TIEMPO DE CARBONIZACIÓN DE LA MADERA (EUCALIPTO Y MANGLE).....	31
III. PESO ESPECÍFICO DEL CARBÓN (EUCALIPTO Y MANGLE). ....	33
IV. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN DE MANGLE. NIVEL DE PRODUCCIÓN: 100 SACOS. ....	34
V. INGRESO NETO DE VENTA DEL CARBÓN DE MANGLE. ....	35
VI. COSTOS DE REFORESTACIÓN DE UNA HECTÁREA DE MANGLE. (B/.).....	36
VII. INGRESO NETO DE VENTA DEL CARBÓN DE EUCALIPTO. ....	37
VIII. COMPARACIÓN DE INGRESOS POR VENTA DE SACO DE 35LBS.....	38
IX. COSTO DE ESTABLECIMIENTO DE UNA HECTÁREA DE <i>E. CAMALDULENSIS</i> .....	40
X. COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN/HECTÁREA DE <i>E. CAMALDULENSIS</i> .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO, EL CHIRÚ, ANTÓN .....	20
2.	UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO, EL ESPAVE, SAJALICES, CHAME.....	21
3.	FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE CARBONIZACIÓN. (GUILLEN, 2014), (RODRÍGUEZ, 2015). .....	24
4.	DIAGRAMA DE CANAL DE DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN DE MANGLE.....	44
5.	DIAGRAMA DE CANAL DE DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN DE EUCALIPTO. ....	45
6.	DIAGRAMA DE LA DEMANDA DE CARBÓN (EUCALIPTO Y MANGLE) .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. FÓRMULA. CUBICACIÓN DE LEÑA NO APILADA .....	53
2. CONFORMACIÓN DEL HORNO DE EUCALIPTO. EI CHIRÚ, ANTÓN. 2015. ....	54
3. CUBIERTA DEL HORNO CON MATERIAL VEGETAL. ....	55
4. HORNO DE EUCALIPTO CUBIERTO DE TIERRA.....	56
5. ARMADO DEL HORNO DE MANGLE .....	57
6. HORNO DE MANGLE CUBIERTO DE MATERIAL VEGETAL.....	57
7. COBERTURA DE TIERRA PARA EL HORNO DE MANGLE .....	58

## 1. INTRODUCCIÓN.

En Panamá se cuenta con recursos forestales que son vitalmente valiosos, ya sea de diferentes puntos de vista, como el ecológico (protección de vida silvestre, protección de fuentes de agua), así como el socioeconómico (vivienda, alimentación, generación de empleos, combustible).

Estos recursos forestales constituyen insumos de los procesos productivos primarios. Tal es el caso de los combustibles forestales, específicamente el carbón, el cual es una fuente de energía alterna de gran valor y excelente demanda.

### 1.1 Planteamiento del problema a investigar

Las plantaciones forestales comerciales constituyen espacios en terrenos de uso agropecuario o bien terrenos que han perdido su cobertura forestal natural, en los que el hombre ha establecido especies forestales, a las que les brinda un programa de manejo, para producir materias primas destinadas a la industria y el comercio. (CONAFOR, 2013).

Sin duda alguna, a lo largo y ancho de Panamá se encuentran establecidas plantaciones forestales, pero en muchas ocasiones las especies plantadas no poseen una diversidad de beneficios sociales esperados, en lo referido a usos y aplicaciones de la madera, debido a sus propiedades físicas, mecánicas y principalmente industriales (ebanistería); o en su momento, no existe una alta demanda del recurso forestal en el mercado, tal es el caso de la especie eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*). Esta especie es poco utilizada en la

industria maderera en la región, y se le encuentra una variedad de usos, como postes y astillas. Por ello el productor forestal, en la búsqueda de mayores beneficios económicos, es obligado a abandonar el comercio tradicional de la madera y maximizar el uso potencial del recurso, en este caso transformándolo en carbón.

## **1.2 Antecedentes**

La producción de carbón vegetal es una actividad desarrollada en Panamá que data de más de 50 años. La materia prima más codiciada para la elaboración del carbón es la madera de mangle (*Rhizophora mangle*), por su alto valor dendroenergético. En el Espavé, distrito de Chame, esta actividad ha influido directamente en el sustento diario de muchas familias, pero ha traído consigo efectos negativos (deforestación, contaminación del aire) en el área de la bahía de Chame (sitio de donde es obtenida la materia prima), siendo esta un área protegida.

Fabricar carbón no es tarea fácil. Lo primero es incursionar en los manglares para buscar la madera, una faena que puede tomar hasta dos días, dependiendo de la fortaleza física de la persona. La madera es luego transportada en bote a un sitio que los carboneros llaman “plana”, en donde se elabora el horno y se corta la madera. De aquí en adelante, serán cuatro días más de trabajo. Luego de preparada la madera en forma de cono, es tapada con hierba, la cual ya está escaseando en la zona y debe ser comprada. Acto seguido, se le coloca una cubierta de arena. Una vez encendido el horno hay que cuidar de seis a ocho

días que no se apague, lo que se hará después con agua. Al día siguiente se saca el carbón y se mete en sacos. (Montenegro, 2010).

### **1.3 Justificación.**

Ante la interrogante del productor forestal sobre qué hacer para obtener beneficios económicos, al tener plantaciones con especies forestales de características o propiedades que hacen que difiera su utilización en la industria con respecto a otras especies, se utilizará la alternativa de producir carbón a partir de materias primas de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*).

El productor, a sabiendas que existe una demanda de esta fuente alterna de energía, estará utilizando mediante los procesos productivos de la carbonización otro mecanismo de industrialización y comercialización de su producto, así el productor podrá obtener beneficios económicos de una especie que dentro de la industria maderera en nuestra región no es codiciada para tales fines.

Igualmente de forma menos directa y a muy largo plazo esta actividad de producir plantaciones dendro-energéticas pudiera disminuir las extracciones de materias primas del manglar para la producción de carbón y porque no crear conciencia sobre la población que incide directamente en la extracción de este recurso forestal.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

- Estimar los beneficios económicos, a través de la producción de carbón vegetal de *Eucalyptus camaldulensis*, Chirú, Antón.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los procesos productivos de la actividad de elaboración de carbón vegetal de eucalipto.
- Establecer comparaciones de características y costos entre el carbón de eucalipto y el carbón de mangle.
- Evaluar la posibilidad de que el carbón de las plantaciones de eucalipto es económicamente rentable como dendro-energéticos.

### 1.5 Hipótesis.

**(Ha)** El productor forestal obtendrá beneficios económicos significativos mediante la producción de carbón vegetal a partir de ***Eucalyptus camaldulensis***.

**(Ho)** El productor forestal no verá reflejado beneficios económicos significativos mediante la producción de carbón vegetal a partir de ***Eucalyptus camaldulensis***.

### 1.6 Alcances y limitaciones del estudio.

El estudio pretende demostrar que las plantaciones de eucalipto son rentables para producir recursos dendroenergéticos (carbón). La actividad de producir carbón vegetal brinda beneficios económicos al productor forestal. Además de comparar en ciertos parámetros (características, costos) el carbón de eucalipto vs el carbón de mangle, también se lograra dar a conocer la importancia económica de implementar y desarrollar las potencialidades del recurso forestal (***Eucalyptus camaldulensis***).

Además de utilizar otro mecanismo de industrialización de la madera mediante la producción de carbón a partir de materias primas de eucalipto, se establece el fomento por la cual esta actividad pueda ser desarrollada mediante el uso de otras especies forestales.

Dentro de las limitaciones del estudio se puede mencionar: distancia entre sitios analizados, costo de viajes, tiempo, cambios en los cronogramas de visitas a las áreas de estudio para colecta de información, cambios en las actividades de campo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción botánica de la especie

*Eucalyptus camaldulensis* pertenece a la familia Mirtaceae. Es un árbol que tiene un rango entre (20-50) m de altura, originario de Australia Occidental, Victoria y Queensland. Tiene un tronco liso y de color gris a marrón claro, que muestra un aspecto manchado ocasionado por los muchos fragmentos de corteza que se desprenden (Mangieri y Dimitri, 1961).

Las hojas juveniles son más anchas que las adultas, opuestas y más generalmente alternas. Las hojas adultas son alternas péndulas, generalmente falcadas, largamente acuminadas o bien oblongo-lanceoladas, verdes, poco perfumadas; miden de (10-23) cm de largo; la nervadura media es bien notable en ambas caras de la hoja, mientras que las nervaduras laterales son poco prominentes; las nervaduras terciarias están anastomosadas, la nervadura submarginal es perfectamente visible; los peciolo son cilíndricos amarillos, de (1-2) cm de largo. Las flores son blanquecinas, pequeñas, dispuestas en umbelas axilares de (3-25) flores, generalmente más de 8, con pedicelos largos y cilíndricos y el raquis o eje de la umbela no aplanado, de (1-3) cm de largo. Los estambres, todos fértiles, tienen los filamentos doblados en el botón floral; las antenas ovoides, tienen las tecas paralelas, de dehiscencia longitudinal, con el conectivo provisto de una glándula subapical. Los frutos son hemisféricos, de (5-7) mm de diámetro, con el reborde convexo y bien notable, con (3-5) valvas triangulares exsertas. Las semillas son pequeñas, angulosas, de color amarillo

dorado, lisas, brillantes, las estériles más oscuras y angostas (Mangieri y Dimitri, 1961).

Sus raíces llegan a alcanzar los 25 m de profundidad, extendiéndose también en un ancho espacio alrededor del árbol, por lo que se benefician tanto del agua de las capas más profundas de la tierra como la llovizna superficial. Sus raíces se caracterizan por acumular abundante agua, de esta forma puede soportar prolongados periodos de sequía (Mangieri y Dimitri, 1961).

## **2.2 Características anatómicas de la madera**

López (2003), en su estudio realizado demuestra que las características anatómicas microscópicas y macroscópicas de la madera de *Eucalyptus camaldulensis*, son las siguientes:

### **2.2.1 Microscópicas**

- Color en albura blanco rosáceo y del duramen castaño rojizo, sin olor característico, sabor amargo astringente, brillo medio, veteado suave, textura media e hilo entrelazado.

### **2.2.2 Macroscópicas**

- Porosidad difusa, puntuaciones aeroladas alternas, placa perforada simple. Las fibras son de tipo libriforme y con un grosor de pared promedio de 9.7 micras ( $\mu$ ), clasificada como pared gruesa. En los vasos se puede encontrar tilosis y gomas, en el parénquima axial y radial también se puede encontrar gomas.

### **2.3 Valor dendroenergético de *Eucalyptus camaldulensis***

Madera con peso específico de 0.6 y poder calorífico de 4800 kcal/kg. Produce buen carbón (NAS-CATIE, 1984; citado por Islas, 1991).

### **2.4 Consumo de materia prima**

Se estima que el 60% de toda la madera extraída anualmente en el mundo se quema como combustible, ya sea en leña, o ésta es transformada en carbón vegetal. La cantidad de leña utilizada para la fabricación de carbón vegetal, se considera que es alrededor de 400 millones de m<sup>3</sup> por año (FAO, 1983).

### **2.5 El carbón vegetal (generalidades).**

El carbón vegetal es el residuo sólido que queda después de “carbonizar” la madera o se le “hidroliza” en condiciones controladas en un espacio cerrado, como es el horno de carbón. El control se hace sobre la entrada del aire, durante el proceso de pirolisis o de carbonización, para que la madera no se quemara absolutamente en cenizas como sucede en un fuego convencional, sino que se descomponga químicamente para formar el carbón vegetal (FAO, 1983).

La técnica de carbonización de la madera se remonta a la más lejana antigüedad, pues entre los descubrimientos de la época de los palafitos (4000 a 1800 A.C.) se conservan flechas cuyas puntas de piedra están sujetas al astil con alquitrán de madera. En los primeros intentos para fundir el hierro se empleó ya el carbón vegetal. Más tarde los egipcios utilizaron productos obtenidos de la destilación seca de la madera para el embalsamamiento de cadáveres (Kollmann, 1959).

La carbonización en las carboneras tiene como objeto exclusivo la obtención de carbón vegetal. Este procedimiento estaba antes muy difundido; después desapareció casi por completo a lo largo del siglo XIX con la mejora de las condiciones comerciales y el aumento de consumo de madera para construcción; pero, tanto en la primera como en la segunda guerra mundial, volvió a tomar un nuevo impulso, principalmente después de haberse generalizado las carboneras transportables y de fábrica. Los motivos más importantes que siguen aún impulsando este tipo de carbonización son: la necesidad creciente de carbón vegetal, la economía de su producción y las excelentes condiciones del carbón vegetal obtenido en carboneras (Kollmann, 1959).

El carbón vegetal está compuesto químicamente por carbono, como componente principal, y por algo de hidrógeno, oxígeno y cantidades mínimas de nitrógeno. La composición química elemental del carbón vegetal está en función principalmente de tres factores que son: la materia prima utilizada, temperatura de carbonización y tecnología de carbonización. Con iguales tecnologías la especie de madera influye en el carbón vegetal obtenido de forma sencilla: las especies vegetales con mayores contenidos en carbono provocan carbones vegetales con altos contenidos en carbono y de mayor poder calorífico (Marcos, 1989).

Obtener beneficios de los recursos naturales, ha sido y es la constante del desarrollo económico del hombre sobre la Tierra. Además si se consigue que estos beneficios contribuyan a revalorizar ecosistemas de un gran valor

ecológico, como es el bosque, llegamos a la conclusión evidente de que toda actividad que obtenga beneficios económicos y revalorice estos ecosistemas adquiere importancia y debe ser estudiada, siendo la producción de carbón una de estas actividades (Sanabria *et al.*, 2007).

Un plan de energías renovables que contemple el aprovechamiento de residuos forestales y de plantas agrícolas leñosas en los procesos de pirolisis, gasificación o combustión directa, podría tener una doble vertiente: de una parte, el aprovechamiento energético de materiales, que de otra manera estarían siendo infrutilizados; y por otra, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de estos residuos supondrían la eliminación de grandes cantidades de masa residual, como aserrín de pino, tallo de tabaco, o cáscara de cítrico, entre otros. Además puede contribuir a la reducción de costos derivados de la limpieza de los bosques, así como a la generación de riqueza y un mayor autoabastecimiento energético (Márquez *et al.*, 2001).

En los países en desarrollo, el carbón vegetal, se usa principalmente como combustible doméstico, para cocinar y calefacción, pero es también 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. Para los países en vía de desarrollo, abundantemente dotados de bosques, la exportación de carbón vegetal puede ser una industria provechosa (FAO, 1983).

## **2.6 Carbonización de la leña.**

La producción de carbón vegetal en México es una actividad arraigada en el medio rural, utilizando generalmente métodos tradicionales para elaborarlo, como son los hornos de tierra o de fosa, prevaleciendo como una actividad de subsistencia (Sánchez, 1997).

El autor anterior menciona que los tipos de hornos que se utilizan para producir carbón vegetal, tienen como característica común el tener un medio físico que protege (o aísla) la carga de leña o material lignocelulósico a carbonizar contra la entrada directa de aire. Dicho medio de protección, puede ser: tierra, adobe, ladrillo, piedra, lámina metálica u otro material; y representa la diferencia principal entre los distintos sistemas de carbonización; habiendo sido utilizados en México, la mayoría de ellos, prevaleciendo actualmente el uso de tierra, ladrillo y lámina metálica.

### **2.6.1 Factores que influyen en el proceso de carbonización.**

De acuerdo a Bravo (1995) citado por Ordaz (2003), el sistema de producción, la distribución de la madera dentro del horno, la presión, la especie forestal (componentes y densidad de la madera), el contenido de humedad de la madera, la temperatura de carbonización, y el tiempo de carbonización, son factores externos que influyen en la calidad del carbón.

#### **2.6.1.1 Acomodo de la leña dentro del horno.**

Inoue (1996), citado por Ordaz (2003), indica que la calidad del carbón vegetal producido en horno de carbón japonés, se puede saber por la ubicación en que estuvo en el horno, presentándose en la parte frontal y posterior a la puerta de

entrada, baja y buena calidad respectivamente. Así mismo, la calidad del carbón vegetal se puede saber por la posición en que estuvo en el horno; la parte superior y la intermedia pueden ser vendidas al mismo precio, mientras que la parte inferior o la de abajo, tiene que ser vendida a un precio menor por no ser de calidad. La división en la calidad de carbón (buena hacia arriba y mala hacia abajo) no es por el horno, sino que se debe a una reacción físico-química en el proceso de la materia (más temperatura hacia arriba, más humedad hacia abajo, etc.).

#### **2.6.1.2 Temperatura de carbonización de la leña.**

El carbón vegetal que se obtiene de la destilación seca de la madera nunca es puro, pero tiende a serlo a medida que la temperatura de obtención es más elevada. En la práctica, el carbón vegetal obtenido debajo de los 260°C es muy impuro y de mala calidad ya que contiene materias volátiles las cuales se desprenderán durante la combustión con gran emisión de humos (De la Vega, 1992).

#### **2.6.1.3 Tiempo de carbonización.**

La fase de carbonización puede ser decisiva en la fabricación de carbón vegetal, si bien no se trata de la más costosa. A menos que se complete lo más eficientemente posible, puede crear un riesgo para la operación global de la producción de carbón vegetal, puesto que los bajos rendimientos en la carbonización repercuten a lo largo de toda la cadena de producción, aumentando los costos y desperdicio de los recursos (FAO, 1983).

El anterior autor menciona que es importante saber lo que sucede con los diferentes tiempos de carbonización en combinación de la temperatura a la cual se produce el carbón vegetal, esto es porque afecta la calidad del carbón vegetal producido cuando la carbonización es prolongada y la temperatura es elevada dando un contenido de volátiles bajo. Cuando la temperatura de carbonización es baja y el período en el horno es breve, entonces el contenido de sustancia volátil aumenta.

#### **2.6.1.4 Especie forestal de la leña utilizada.**

En general, con madera de frondosas, de coníferas y de palmeras puede obtenerse un buen carbón vegetal. Sin embargo, la madera de coníferas es por lo general menos densa que la madera de frondosas, y por consiguiente da un carbón más ligero (Earl 1975, citado por Ordaz 2003).

De acuerdo a FAO (1983), el rendimiento del carbón vegetal muestra también cierta variación con respecto al tipo de madera, ya que el contenido de lignina en la madera tiene un efecto positivo sobre el rendimiento del carbón vegetal. Una madera densa tiende también a dar un carbón vegetal denso y fuerte, lo que es también deseable. Sin embargo, una madera muy densa produce a veces carbón vegetal quebradizo puesto que la madera tiende a desmenuzarse durante la carbonización.

#### **2.6.1.5 Contenido de humedad de la madera.**

Marcos (1989), indica que generalmente la humedad de la madera influye mucho más en el rendimiento del carbón vegetal obtenido que la especie de la

madera de la que se obtiene el mismo. Es decir, a mayor humedad de la madera menor rendimiento en carbón vegetal.

FAO (1983), indica que antes de que la carbonización ocurra, el agua en la madera debe ser totalmente eliminada como vapor por lo que se necesita una gran cantidad de energía para evaporar el agua, por lo que es recomendable usar lo más posible al sol para el presecado de la madera antes de la carbonización, de este modo se mejora mucho la eficiencia. El agua celular que aún queda en la madera que tiene que ser carbonizada, deberá ser evaporada en la fosa o en el horno, y esta energía deberá proporcionarse quemando parte de la misma madera, que bien podría ser transformada en carbón vegetal aprovechable.

En cuanto más seca esté la leña, menor será el consumo de la misma para sacarle la humedad antes de ser carbonizada; y entre más verde mayor el gasto de leña para secarla y pueda alcanzar la temperatura de carbonización. De acuerdo a lo anterior, se observa que el rendimiento de carbón vegetal obtenido debe ser mayor en cuanto más seca esté la leña (Sánchez, 2009).

El carbón vegetal que se encuentra en el mercado se presenta con humedades entre el 6 y el 10% (medidas en base seca). Una de las ventajas del carbón vegetal, como combustible frente a la madera es que el carbón vegetal aumenta muy poco su humedad con el tiempo (es inerte), mientras que la madera es muy higroscópica y su poder calorífico desciende con la humedad (Camps y Marcos, 2002).

## **2.7 Producción de carbón vegetal.**

### **2.7.1 Horno de ladrillos**

Los hornos de ladrillos construidos y operados correctamente, representan sin duda uno de los métodos más efectivos para la producción de carbón vegetal. En el curso de varias décadas de uso, estos hornos han demostrado ser una inversión de capital moderada, requerir poca mano de obra y poder dar rendimientos sorprendentemente buenos de carbón vegetal de calidad apta para todos sus usos industriales y domésticos (FAO, 1983).

### **2.7.2 Hornos metálicos**

#### **2.7.2.1 Horno TPI**

De acuerdo al anterior autor dentro de los hornos metálicos se encuentra el horno tipo TPI (Tropical Products Institute), que tiene una capacidad para 7 m<sup>3</sup> de madera apilada, obteniendo rendimientos promedios de 26%, aunque ocasionalmente se han obtenido rendimientos de más del 30%

#### **2.7.2.2 Horno metálico tipo CEVAG**

Otro tipo de horno metálico desarrollado en México es el horno tipo CEVAG, que es una adecuación de los hornos metálicos portátiles para la producción de carbón vegetal, consta de tres secciones octagonales ensamblables una sobre otra (Secciones 1, 2 y 3) dieciséis ventilas con sus tapas distribuidas dos en cada cara del octágono de la sección 1. Una tapa superior octagonal en la cual se encuentra la ventila de vaporización con su tapa, cuatro tubos o chimeneas.

El carbón obtenido en el horno CEVAG, representa una tercera o cuarta parte del volumen de la leña (Barretero y Compeán, 2000).

### **2.7.2.3 Horno metálico a base de tambores de aceite**

Puede fabricarse carbón vegetal en hornos hechos con tambores estándar de 45 galones de aceite (aproximadamente 180 L). Este método ha funcionado bien, usando materia prima que se quema rápido, como madera de palma de coco, cáscaras de coco y basura de madera. Sin embargo, cuando se hacen funcionar con latifoliadas densas es difícil obtener una completa carbonización y el carbón resultante, posiblemente tiene un elevado contenido de material volátil (FAO, 1983).

### **2.7.3 Horno de tierra**

La utilización de la tierra como escudo contra el oxígeno y para aislar la madera que se carboniza contra una pérdida excesiva de calor, es el sistema más antiguo de carbonizar y con seguridad se remonta al amanecer de la historia. Aun en la actualidad se usa para hacer quizás más carbón vegetal que por cualquier otro método (FAO, 1983).

La producción de carbón en hornos de tierra es una técnica antigua que requiere mucho esfuerzo para producir carbón vegetal; sin embargo su uso es frecuente por los productores carboneros en casi toda la República Mexicana, y la leña utilizada para su elaboración se ha obtenido tradicionalmente de la vegetación natural (Sánchez, 1997).

#### **2.7.4 Horno de fosa**

Para este método se necesita una capa de suelo profundo. Depósitos adecuados de suelo liviano pueden normalmente encontrarse a lo largo de los bancos de un arroyo. Pueden hacerse fosas muy grandes y un ciclo puede abarcar hasta tres meses para completarse. La inversión del capital es mínima, no se necesita nada más que una pala, un hacha y una caja de fósforos, pero es un método que desperdicia mucho los recursos. Es muy difícil 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, ya que nunca durante el quemado, se calienta y seca correctamente. A parte de las grandes variaciones en calidad, varían las sustancias volátiles, o sea el grado de carbonización para un carbón vegetal aceptable, porque la carbonización en una fosa comienza en una extremidad y progresa hacia la otra. De allí que el carbón del comienzo de la quema, habiendo sido calentado por más tiempo, tiene mucho menos sustancias volátiles que el carbón del otro extremo. Para fines domésticos, no resulta ser un problema serio, si bien reduce el rendimiento global, puesto que el carbón vegetal duro o sobrequemado en la punta de la ignición, con menos sustancias volátiles, elevado contenido final de carbono, implica un rendimiento bajo (teóricamente alrededor del 30%). La quema excesiva en un extremo es inevitable para poder quemar la carga completa (FAO, 1983).

## **2.8 Usos del carbón vegetal**

De acuerdo a Brito y Barrichelo (1981), citado por Patiño (1989), los principales tipos de carbón, en función a su utilización, son los siguientes:

### **2.8.1 Carbón activo.**

Se usa en la decoloración de productos alimenticios, medicinal, desinfectante, purificación de solventes entre otros. Debe ser leve y poroso; para aumentar el poder absorbente se pueden efectuar ciertos tratamientos. El carbón activo se produce sometiéndolo a la acción de vapor de agua, supercalentado a 900 °C o mezclado con ciertas sales volátiles.

### **2.8.2 Carbón para uso doméstico.**

Éste debe ser suave, fácilmente inflamable, no estallar y emitir el mínimo de humos posible. Puede ser obtenido a bajas temperaturas (350 °C) y su composición química no tiene mucha importancia.

### **2.8.3 Carbón metalúrgico.**

Es utilizado en la reducción mineral de hierro en altos hornos, fundición y otros. La preparación de este tipo de carbón demanda técnicas más elaboradas, la carbonización debe conducirse a altas temperaturas (mínimo 650 °C) y un proceso de larga duración. En este carbón se exigen normas mínimas de calidad: desde el punto de vista mecánico debe ser denso, poco friable (no quebradizo) y tener buena resistencia; en cuanto a su composición química, en la combustión debe presentar bajo contenido de cenizas, baja tasa de materiales volátiles y tener un mínimo de 80% de carbono fijo.

#### **2.8.4 Carbón para producción de gas.**

Este tipo se utiliza para generar gas pobre; puede tener varios usos, entre ellos la generación de energía eléctrica y secado de granos. Los criterios de caracterización son menos severos que para los casos precedentes: no debe ser muy friable, su densidad aparente debe ser menor al valor 0.3 g/ cm<sup>3</sup> y debe tener un contenido de carbono fijo de 75%.

#### **2.8.5 Carbón para la industria química.**

En este caso las exigencias varían según el uso al que se le destine; generalmente debe tener una buena pureza ligada a una buena reactividad química.

#### **2.8.6 Otros usos.**

Como productos pulverizados utilizados en la industria cementera y en la sintetización de minerales de hierro.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

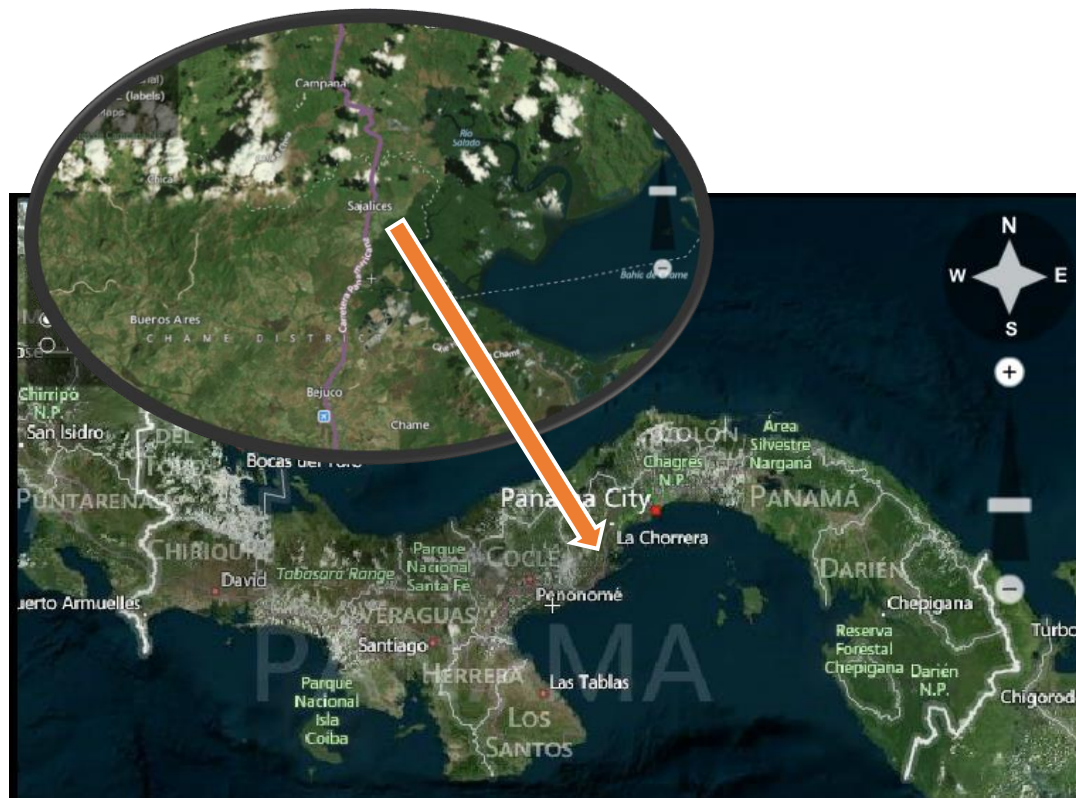
#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Áreas de estudio

Las áreas de estudio para el levantamiento de información son una finca de producción forestal del Ing. Rolando Guillen ubicada en El Chirú de Antón, y un área manglárica donde labora el señor Eliecer Rodríguez, productor de carbón de mangle, del área de El Espave, distrito de Chame.



FIGURA 1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO, EL CHIRÚ, ANTÓN



**FIGURA 2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO, EL ESPAVE, SAJALICES, CHAME.**

### **3.1.2 Método utilizado**

De acuerdo al ensayo o experimentación de producir carbón vegetal, se utilizó el tradicional horno de tierra, el cual utiliza los siguientes materiales.

#### **3.1.2.1 Materiales**

Madera (astillas, trozas), hierba, tierra, gasolina, mechón, agua, tamizador, sacos, bolsas membretadas.

## 3.2 Parámetros de evaluación

### 3.2.1 Rendimientos de carbón en relación a metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de leña

Medición de leña no apilada. Este caso se utiliza cuando la leña se encuentra sin orden alguno (amontonado). (INAB, 2004).

$$\text{Fórmula: } V = \pi/3 \times r^2 \times h \times 0.624$$

**Dónde:**

**V** = volumen (en metros cúbicos)

$\pi$  (**Pi**) = 3.1416

**r** = radio (en metros)

**h** = altura (en metros)

**0.624** = coeficiente de apilamiento

Debido a que la leña no forma un círculo perfecto, no se puede calcular el radio ni el diámetro en forma normal, por lo que es necesario tomar las siguientes consideraciones:

$$\text{diámetro} = \text{circunferencia}/\pi \quad d = c/\pi$$

$$\text{radio} = \text{diámetro}/2 \quad r = d/2$$

### 3.2.2 Tiempo de carbonización

Medición del periodo en días, en que la leña es transformada en carbón, dependerá en la medida del contenido de humedad. Se medirá el tiempo desde el encendido del horno hasta su apagado, para estimar la eficiencia de

transformación de leña a carbón de ambos hornos (eucalipto y mangle). Dato importante para establecer el costo de vigilancia del horno de mangle.

### **3.2.3 Peso específico**

El **peso específico** de un cuerpo o sustancia, es la relación que existe entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia. **Pe = grs/cm<sup>3</sup>** (peso específico=gramos por centímetro cúbico). (Química y algo más, 2014).

Para mejor manipulación, se tomó como muestra un cubo de cada carbón de 2.5 centímetros (cm) por lado, teniendo como dimensión final: (2.5cm largo) (2.5cm ancho) (2.5cm alto) = 15.625 centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>).

El peso obtenido en los 15.625cm<sup>3</sup> sirve para establecer una relación del peso por cm<sup>3</sup> de cada carbón.

### **3.2.4 Beneficios económicos**

Obtenidos de la diferencia de los ingresos y costos de producción, incluyendo transporte del producto final a los centros de distribución.

### **3.2.5 Comercialización del producto**

Este parámetro será medido en relación a la oferta y demanda de carbón de eucalipto y mangle, y su respectivo canal de distribución.

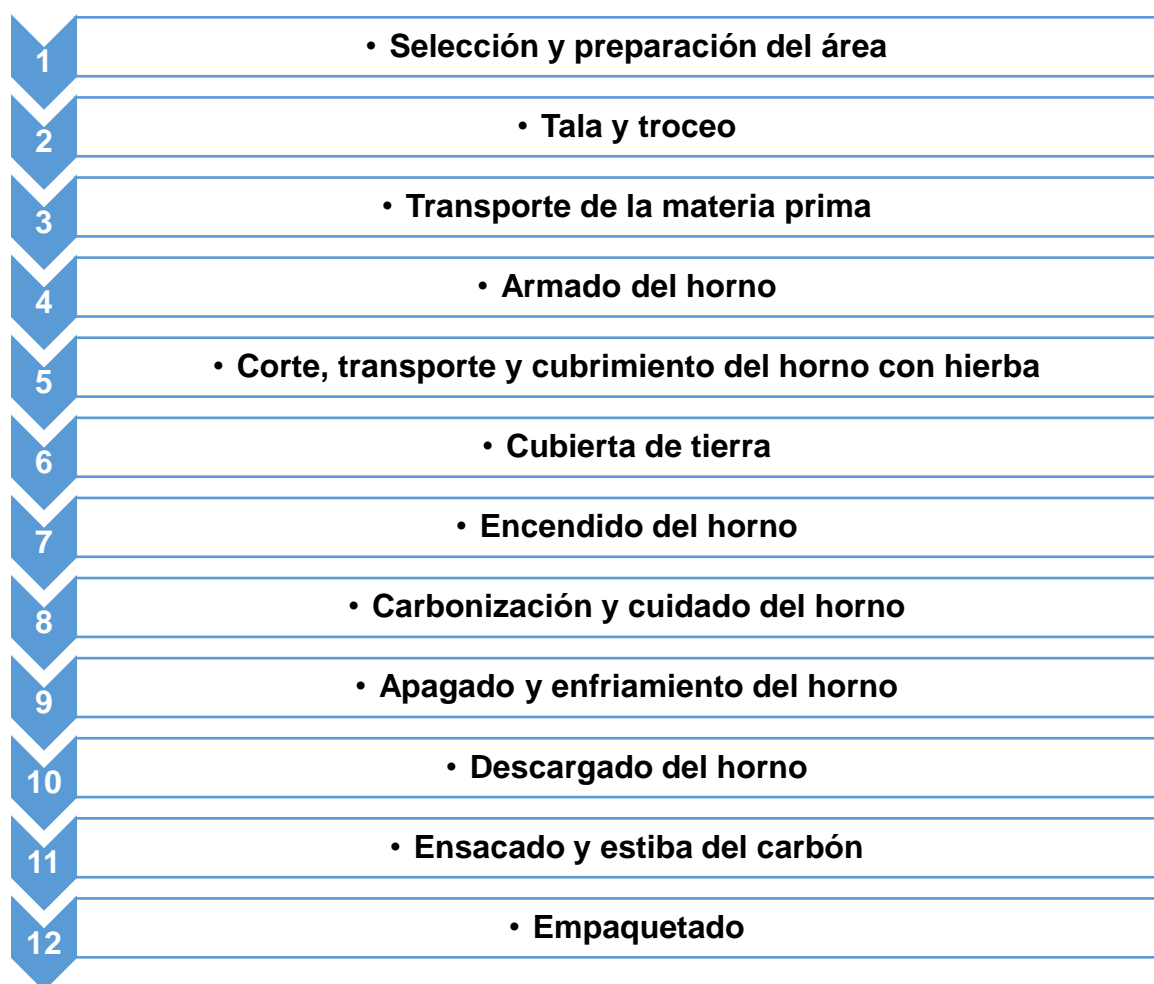
### **3.2.6 Aspectos sociales y ecológicos**

De acuerdo a la calidad de vida y situación actual de las zonas de producción en estudio, pro y contra, así como el valor ecológico en relación a la utilización de los recursos forestales plantados y las materias primas extraídas del manglar.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Objetivo 1. Proceso de carbonización

Para la realización del trabajo experimental (utilizando el tradicional horno de tierra), fue necesario identificar los pasos o procedimientos del proceso de carbonización de ambas maderas (eucalipto, mangle), los cuales se plasman en el siguiente flujograma.



**FIGURA 3. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE CARBONIZACIÓN. (GUILLEN, 2014), (RODRÍGUEZ, 2015).**

#### Selección y preparación del área

Generalmente está lo más cercano a la materia prima, a la disponibilidad de hierba y tierra, utilizados para tapar el horno, así como disponibilidad de agua;

además debe contar con un suelo seco, permeable, más o menos plano y resguardado por el viento. Sobre esta área se traza un círculo de radio del tamaño del horno elegido.

### **Tala y troceo**

Una vez seleccionados los árboles se procede al corte en trozas y astillas.

### **Transporte de la materia prima (madera)**

Se transportan las trozas hasta la plancha o plana.

### **Armado del horno**

Se arma una parrilla con trozas largas, con una especie de fogón en el medio de la base, con materiales fácilmente inflamables para encender el horno. El apilado general de la madera, es de forma cónica. La madera se dispone en diversas formas, dejando una chimenea vertical o varias horizontales sobre el suelo (ventanas), las cuales sirven para encendido y para control del aire junto con otros orificios laterales que se hacen durante la operación de carbonización.

### **Corte, transporte y cubrimiento del horno con hierba**

La pila de madera se cubre con hierba, procurando que esta soporte una capa de tierra (10cm).

### **Cubrir con tierra**

El horno es cubierto con tierra, exceptuando los orificios para encendido del horno y control de entrada de aire.

**Encendido del horno**

El encendido del horno se hace por una de las chimeneas horizontales sobre el suelo, acondicionada para tal efecto.

**Carbonización y cuidado del horno**

Durante esta fase de alrededor de 8 días, el carbonero controla la entrada de aire mediante orificios laterales que va abriendo a diferentes alturas según el avance de la carbonización, hasta ir alcanzando la temperatura de carbonización requerida en toda la carga del horno.

**Apagado y enfriado del horno**

Cuando el carbonero considera que toda la madera está carbonizada, lo apaga utilizando agua o tapa todos los agujeros y, si es necesario, recubre el horno con una capa de tierra húmeda, para asegurarse que ha eliminado toda entrada de aire, aislando totalmente el horno, con lo cual considera que lo ha apagado, dejándolo el tiempo suficiente (de uno a varios días) para que se enfríe.

**Descargado del horno**

Una vez que se ha enfriado el horno, el carbonero lo comienza a desbaratar por una de sus orillas y va separando el carbón vegetal producido, de la tierra y los leños imperfectamente carbonizados (tizones).

**Ensacado y estiba del carbón**

El carbón limpio es colocado en sacos y almacenado en bodega.

**Empaquetado**

Finalmente el carbón se coloca en las bolsas, para su comercialización.

## 4.2 Objetivo 2. Características y costos comparativos.

### 4.2.1 Rendimientos de carbón en relación a metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de madera

#### 4.2.1.1 Horno de eucalipto de 250 sacos

Circunferencia del horno: 15.80 metros (m)

$$\text{diámetro} = \text{circunferencia}/\pi = 15.80\text{m}/3.1416 = \mathbf{5.03\text{m}}$$

$$\text{radio} = \text{diámetro}/2 = 5.03\text{m}/2 = \mathbf{2.51\text{m}}$$

Altura del horno: 2.30 metros (m)

$$\text{Fórmula: } V = \pi/3 \times r^2 \times h \times 0.624$$

$$V = (\pi/3) (2.51\text{m})^2 (2.30\text{m}) (0.624)$$

$$V = (1.05) (6.30\text{m}) (2.30\text{m}) (0.624)$$

$$V = \mathbf{9.49 \text{ metros cúbicos (m}^3\text{)}}$$

Para producir un horno de 250 sacos de 35 libras (lbs) se necesitan  $\pm$  9.49m<sup>3</sup> de madera de eucalipto.

#### 4.2.1.2 Horno de mangle de 100 sacos

Circunferencia del horno: 12.30 metros (m)

$$\text{diámetro} = \text{circunferencia}/\pi = 12.30\text{m}/3.1416 = \mathbf{3.91\text{m}}$$

$$\text{radio} = \text{diámetro}/2 = 3.91\text{m}/2 = \mathbf{1.95\text{m}}$$

Altura del horno: 1.80 metros (m)

$$\text{Fórmula: } V = \pi/3 \times r^2 \times h \times 0.624$$

$$V = (\pi/3) (1.95\text{m})^2 (1.80\text{m}) (0.624)$$

$$V = (1.05) (3.80\text{m}) (1.80\text{m}) (0.624)$$

$$V = 4.48 \text{ metros cúbicos (m}^3\text{)}$$

**Para producir un horno de 100 sacos de 35 libras (lbs) se necesitan  $\pm$  4.48m<sup>3</sup> de madera de mangle.**

Existe una marcada diferencia en el nivel de producción, en cuanto a sacos de carbón producido se refiere, ya que el productor de carbón de eucalipto tiene a disposición mayor cantidad de materia prima y puede aumentar la capacidad de producción del horno. Mientras que el productor de carbón de mangle experimenta una situación de contraste, puesto que solo tiene a disposición la materia prima que los permisos estipulan, de acuerdo a la autoridad competente (MI AMBIENTE).

Para establecer la comparación de rendimiento de 100 sacos producidos por metros cúbicos de madera de eucalipto vs. mangle, se extrapolaron los resultados por simple regla de tres, teniendo:

#### **Madera de eucalipto**

$$\pm 9.49\text{m}^3 \rightarrow 250 \text{ sacos}$$

$$X \leftarrow 100 \text{ sacos}$$

$$X = 3.80\text{m}^3$$

**El resultado de esta operación indica que para producir un horno de 100 sacos de 35 libras (lbs), necesitamos 3.80 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de madera de eucalipto.**

Para establecer la comparación de rendimiento de 250 sacos producidos por metros cúbicos de madera de mangle vs. eucalipto, se extrapolaron los resultados por simple regla de tres, teniendo:

**Madera de mangle**

$$\pm 4.48\text{m}^3 \rightarrow 100 \text{ sacos}$$

$$X \leftarrow 250 \text{ sacos}$$

$$X = 11.20\text{m}^3$$

**El resultado de la operación anterior, indica que para producir un horno de 250 sacos de 35 libras (lbs), necesitamos 11.20 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de madera de mangle.** Una vez extrapolados los resultados se estableció la comparación en el siguiente cuadro.

**CUADRO I. RENDIMIENTOS DE CARBÓN (SACOS) EN RELACIÓN A METROS CÚBICOS (m<sup>3</sup>) DE MADERA.**

<b>Madera</b>	<b>Sacos</b>	<b>Metros cúbicos (m<sup>3</sup>)</b>
Eucalipto	250	±9.49
Dato extrapolado (mangle)	250	±11.20
Mangle	100	±4.48
Dato extrapolado (eucalipto)	100	±3.80

Con los resultados obtenidos en el Cuadro I, se tiene que la madera de eucalipto ofrece un mayor rendimiento sobre la madera de mangle, ya que demanda menos cantidad de metros cúbicos de madera utilizada para producir la misma cantidad de sacos de carbón.

## **4.2.2 Tiempo de carbonización**

### **4.2.2.1 Horno de eucalipto**

El horno fue encendido y apagado en un periodo de ocho días (29 de agosto al 07 de septiembre). Durante este periodo se logra la máxima transformación de madera a carbón, con una duración de 8 días para convertir el mayor porcentaje de los  $\pm 9.49$  metros cúbicos ( $m^3$ ) de madera en carbón.

**El costo de vigilancia se incluyó en el costo de mano de obra (Cuadro VI) por saco de 35lbs producido. (Guillen, 2014).**

### **4.2.2.2 Horno de mangle**

Se encendió y apagó el horno durante un periodo de 5 días (23 de octubre al 28 de octubre). En 5 días el mayor porcentaje de los  $\pm 4.48$  metros cúbicos ( $m^3$ ) de madera fue transformado en carbón.

**El costo de vigilancia fue de B/.10.00 (balboas) por día (Cuadro IV).**

Para hacer posible la comparación entre el tiempo de carbonización de ambos carbones, puesto que hubo una marcada diferencia de cantidad de metros cúbicos de madera: eucalipto  $\pm 9.49m^3$  y mangle  $\pm 4.48m^3$ , utilizando los datos extrapolados del Cuadro I, se realizaron los cálculos para estimar el tiempo de carbonización de cada carbón, teniendo:

**Tiempo de carbonización de****eucalipto**

$$\pm 9.49 \text{ m}^3 \rightarrow 8 \text{ días}$$

$$\pm 3.80 \text{ m}^3 \rightarrow X$$

$$X = 3.2 = \pm 4 \text{ días}$$

**Tiempo de carbonización de****mangle**

$$\pm 4.48 \text{ m}^3 \rightarrow 5 \text{ días}$$

$$\pm 11.20 \text{ m}^3 \rightarrow X$$

$$X = 12.5 = \pm 13 \text{ días}$$

Una vez extrapolados los resultados se estableció la comparación en el siguiente cuadro.

**CUADRO II. TIEMPO DE CARBONIZACIÓN DE LA MADERA (EUCALIPTO Y MANGLE).**

Madera	Sacos	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	Tiempo (días)
Eucalipto	250	±9.49	8
Dato extrapolado (mangle)	250	±11.20	±13
Mangle	100	±4.48	5
Dato extrapolado (eucalipto)	100	±3.80	±4

Los resultados obtenidos en el Cuadro II, muestran claramente que la cantidad de metros cúbicos de madera, incide directamente en la cantidad de días para transformar la misma en carbón.

Cabe destacar que existe una variable determinante en el periodo de carbonización, conocida como contenido de humedad, la misma indica que a menor contenido de humedad de la madera, menor será el tiempo de carbonización. (Marcos, 1989).

El contenido de humedad puede estar determinado por factores como el manejo que se le dé a la madera, madurez estructural, así como los factores climáticos que inciden directamente sobre estas materias primas.

### **4.2.3 Peso específico del carbón**

#### **4.2.3.1 Peso específico del carbón de eucalipto**

En un cubo de carbón de 15.625 centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) se obtuvo un peso de: 11.6902 gramos (gr). Para obtener el peso por centímetro cúbico, se realiza el siguiente cálculo (regla de tres):

$$15.625\text{cm}^3 \rightarrow 11.6902\text{gr}$$

$$1\text{cm}^3 \rightarrow X = 0.7481\text{gr}$$

**El resultado indica que cada centímetro cúbico de madera de eucalipto pesa aproximadamente 0.7481 gramos (gr).**

#### **4.2.3.2 Peso específico del carbón de mangle**

En un cubo de carbón de 15.625 centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) se obtuvo un peso de: 11.8947 gramos (gr). Para obtener el peso por centímetro cúbico, se realiza el siguiente cálculo (regla de tres):

$$15.625\text{cm}^3 \rightarrow 11.8947\text{gr}$$

$$1\text{cm}^3 \rightarrow X = 0.7612\text{gr}$$

**El resultado indica que cada centímetro cúbico de madera de mangle pesa aproximadamente 0.7612 gramos (gr).**

Con los valores de peso específico para cada carbón, se estableció la comparación en el siguiente cuadro.

**CUADRO III. PESO ESPECÍFICO DEL CARBÓN (EUCALIPTO Y MANGLE).**

<b>Eucalipto</b>	<b>Mangle</b>
0.7481	0.7612

Con estos resultados obtenidos queda demostrado el peso específico similar entre el carbón de eucalipto y carbón de mangle, por lo que no existe una variación significativa en la cantidad o volumen de producto final.

**4.3 Objetivo 3. Rentabilidad Socioeconómica.**

**4.3.1 Beneficios económicos.**

La comercialización de los carbones difiere en la presentación de la oferta final del producto, puesto que el carbón de mangle es ofertado por saco de 35 libras, mientras que el carbón de eucalipto en una presentación de bolsas de 5 libras. Debido a lo antes expuesto fue necesario comparar la rentabilidad (ingreso neto) entre carbones, basado en la oferta de saco de 35 libras.

**4.3.1.1 Carbón de mangle (nivel de producción saco de 35lbs)**

En El Espavé (Rodríguez, 2015) (área de producción de madera de mangle) el señor Eliecer Rodríguez productor de carbón de mangle por más de 20 años, brindó información sobre la planificación y principalmente costos y beneficios de la actividad de producción de carbón de este tipo. La producción de carbón está determinada por la autoridad (MI AMBIENTE), la cual otorga al carbonero realizar un horno por mes.

El siguiente cuadro muestra costos de producción, basado en un horno para producir 100 sacos de carbón.

**CUADRO IV. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN DE MANGLE. NIVEL DE PRODUCCIÓN: 100 SACOS.**

Actividad	Descripción	Costo/día	Días	Total (B/.)
Tala y transporte de madera	Mano de obra	20.00	2	40.00
	Combustible de motosierra (gasolina y aceite fuera de borda)	5.00	—	5.00
	Combustible de lancha para transporte de madera (gasolina y aceite fuera de borda)	25.00	—	25.00
Acarreo de hierba	20 haces	30.00	—	30.00
Armado del horno	Mano de obra	20.00	2	40.00
Vigilancia del horno	3 veces al día, por mínimo de 5 días	10.00	5	50.00
Apagado del horno	Mano de obra	10.00	1	10.00
Llenado de los sacos	Mano de obra	7.00	3	21.00
	Sacos (100)	0.25	—	25.00
<b>TOTAL</b>				<b>246.00</b>

De acuerdo con el cuadro anterior el costo para producir 100 sacos de carbón de mangle es de **B/.246.00**.

Para conocer el costo de producción por saco de 35lbs de carbón de mangle se realizó el cálculo siguiente:

$$100 \text{ sacos} \rightarrow \text{B/.246.00}$$

$$1 \text{ saco} \rightarrow X$$

$$X = \text{B/.2.46} \text{ costo de producción por saco}$$

Cada saco es vendido a un intermediario comerciante fijo, al precio de **B/.3.50** (precio impuesto por el intermediario), este ingreso corresponde al ingreso bruto obtenido por venta de un saco de carbón.

Con los valores de costos de producción e ingreso bruto por venta de saco de carbón, se pudo establecer el ingreso neto por venta de los 100 sacos de carbón, en el siguiente cuadro.

**CUADRO V. INGRESO NETO DE VENTA DEL CARBÓN DE MANGLE.**

<b>Carbón de mangle</b>	<b>Venta/saco</b>	<b>Venta/100 sacos</b>
<b>Ingreso bruto (B/.)</b>	3.50	350.00
<b>Costos de producción (B/.)</b>	2.46	246.00
<b>Ingreso neto (B/.)</b>	<b>1.04</b>	<b>104.00</b>

El cuadro anterior muestra un ingreso bruto por venta de un saco de B/.3.50. Con la venta de 100 sacos el productor recibe un ingreso bruto de B/.350.00. Para establecer el ingreso neto por saco de 35lbs, se efectúa la siguiente ecuación:

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costos de producción}$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{B}/.3.50 - \text{B}/.2.46$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{B}/.1.04$$

De igual forma para obtener el ingreso neto por la venta de los 100 sacos, se utilizó la ecuación anterior:

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costos de producción}$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{B}/.350.00 - \text{B}/.246.00$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{B}/.104.00$$

Como complemento del estudio es importante analizar los costos de reforestación por hectárea de mangle.

**CUADRO VI. COSTOS DE REFORESTACIÓN DE UNA HECTÁREA DE MANGLE. (B/.)**

Actividad	Cantidad	Jornales/ha	Total (B/.)
Transporte de material (plántulas)	1500	-	60.00
Distribución	-	1.5	18.00
Plantado	-	3	36.00
Replantado	-	1.5	18.00
<b>Total</b>	<b>1500</b>	<b>6</b>	<b>132.00</b>

(Fuente: INRENARE, 1997). Nota: datos actualizados.

El costo de reforestación de una hectárea de mangle es de B/.132.00. Para establecer comparación ver Cuadro IX Costo de establecimiento de una hectárea de *E. camaldulensis*.

#### **4.3.2 Carbón de eucalipto (bolsas de 5lbs)**

El punto principal de la investigación tomó lugar en la finca del Ing. Rolando Guillén (2014), ubicada en El Chirú, Antón. En este lugar se pudo conocer los procesos y algunos datos económicos (costos, precios), que ayudaron a establecer la rentabilidad (ingreso neto) de la producción de carbón de eucalipto. En este caso la producción de carbón está determinada directamente por la demanda del producto. Basado en la demanda por bolsa de 5lbs, se estableció el ingreso neto por venta del saco de 35lbs, teniendo así el siguiente cuadro:

**CUADRO VII. INGRESO NETO DE VENTA DEL CARBÓN DE EUCALIPTO.**

<b>Carbón de Eucalipto</b>	<b>Venta por saco de 35lbs (7 bolsas de 5lbs)</b>	<b>Venta por bolsa de 5lbs</b>
<b>Ingreso bruto (B/.)</b>	17.50	2.50
<b>Costos de producción (B/.)</b>		
Insumos	3.82	0.96
Mano de obra	6.50	
Sacos	0.25	
Bolsa membretada	**	0.20
Transporte	**	0.35
<b>Total (B/.)</b>	10.57	1.51
<b>Ingreso Neto (B/.)</b>	<b>6.93</b>	<b>0.99</b>

\*\* = No aplica

Según el productor Guillen (2014), cada bolsa de 5lbs es vendida a un precio de B/.2.50 (precio establecido entre el productor y el mayorista), equivalentes a B/.17.50 de ingreso bruto por saco de 35lbs. El productor afirma tener un ingreso neto de B/.0.99 por bolsa de 5lbs, lo que equivale a B/.6.93 de ingreso neto por saco de 35lbs (7 bolsas de 5lbs). Además indicó que producir cada saco tiene un costo de mano de obra de B/.6.50 y cada saco B/.0.25. Esto demuestra que B/.3.82 son asignados a los insumos utilizados para producir cada saco de carbón. Sumando los costos de producción de un saco de 35 libras, tenemos: B/.10.75. La diferencia del ingreso bruto B/.17.50, con el costo de producción de un saco de 35 libras, da como resultado B/.6.93 de ingreso neto, a los que el productor hace referencia.

Cabe destacar que la producción de un saco de 35 libras, no contempla costos productivos como: bolsa membretada y transporte, pero si están incluidos en la

producción de bolsa de 5 libras, teniendo: bolsa membretada B/.0.20 y transporte al centro de acopio B/.0.35, lo que indica en este caso que B/.0.96 son asignados a insumos y mano de obra. Sumados los costos de producción se tiene un total de B/.1.51; correspondientemente, la diferencia del ingreso bruto B/.2.50, con el costo de producción de una bolsa de 5 libras, da como resultado B/.0.99 de ingreso neto, a los que el productor hace referencia.

Teniendo el ingreso neto por venta de saco de 35lbs de carbón de mangle y eucalipto se pudo establecer la comparación en el siguiente cuadro.

**CUADRO VIII. COMPARACIÓN DE INGRESOS POR VENTA DE SACO DE 35LBS**

Ingreso neto (B/.)	
Eucalipto	Mangle
6.93	1.04

El cuadro anterior refleja la diferencia en el margen de ganancia, equivalente a B/.5.89, del saco de carbón de eucalipto con respecto al saco de carbón de mangle.

Para complementar el estudio, con base en la experiencia del productor Rolando Guillen, para obtener 250 sacos de 35lbs de carbón de eucalipto necesita 12 árboles. Este dato se extrapoló para obtener un estimado de ganancia por hectárea.

Los árboles en la finca tienen un espaciamiento de 3m x 3m., lo que indica que son 1,111 árboles/Ha ( $10,000\text{m}^2/9\text{m}^2 = 1,111$  árboles). Asumiendo que existe una pérdida de 10% de los árboles, se tendrían a disposición 1000 árboles/Ha.

Si 12 árboles → 250 sacos de 35lbs

1000 árboles → **X = 20,833 sacos de 35lbs**

Este cálculo estima que una hectárea de la plantación produciría 20,833 sacos (35lbs) de carbón. Para transformar esta cantidad de sacos (35lbs) a bolsas membretadas (5lbs), se realizó el siguiente razonamiento: si de un saco de carbón de 35lbs obtengo 7 bolsas de 5lbs, ¿Cuántas bolsas de 5lbs obtendré de 20,833 sacos de carbón?:

1 saco → 7 bolsas de 5lbs

20,833 sacos → X

X = 145,831 bolsas

Se estima que una hectárea produciría 145,831 bolsas membretadas (5lbs).

Para realizar una estimación de la rentabilidad del establecimiento de una plantación de eucalipto como dendroenergéticos, es importante analizar los costos de establecimiento por hectárea.

Análisis del costo de establecimiento por hectárea de *E. camaldulensis* (1984).

La procedencia de la semilla (***Eucalyptus camaldulensis***) fue León, Nicaragua, lote N°1565 y llegó a Panamá por medio del Banco Latinoamericano de semillas forestales (BLSF) con sede en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Los plántones se produjeron en el vivero El Caño en Panamá, a 30 km del sitio de plantación. La plantación de El Chiru de Antón se estableció en 1984. Terreno casi plano 4% de pendiente, 1100 a 1650 mm de precipitación anual,

estación seca de 4 a 5 meses y temperatura media 23°- 26 °C; suelos con pH: 5.5 y 7.5. El eucalipto presento un crecimiento promedio de 1.2 m a los seis meses. (Simposio, 1985).

El siguiente cuadro muestra los costos de establecimiento de una hectárea de *E. camaldulensis*.

**CUADRO IX. COSTO DE ESTABLECIMIENTO DE UNA HECTÁREA DE *E. CAMALDULENSIS***

Actividad	Equipo	Tiempo (horas)	Insumos (Cantidad)	Jornales /ha	Costo unitario (B/.)	Total (B/.)
Plantones	-	-	1111	-	0.12	133.32
Transporte de plantones	-	0.30	1111	-	0.02	16.66
Preparación de terreno	rastra	2.0	-	-	20.00	40.00
<b>Control de insectos</b>						
Mirex	-	-	7	-	1.98	13.86
Mano de obra	3	-	-	-	5.00	15.00
<b>Plantación</b>						
Alineamiento	-	-	-	2	5.00	10.00
Hoyado	-	-	-	3	5.00	15.00
Abonamiento	-	-	-	2	5.00	10.00
Fertilizante	-	-	133.0 libra	-	0.15	19.95
Distribución y plantación	-	-	-	5	5.00	25.00

Resiembra o reposición						
Mano de obra	-	-	-	-	5.00	15.00
Plantones	-	-	150	-	0.12	18.00
Transporte	-	-	150	3	0.02	2.25
Limpieza manual y mecanizada						
Primera limpieza (set)	rastra	2	-	-	20.00	40.00
Primera limpieza (set)	machete	-	-	4	5.00	20.00
Segunda limpieza (dic)	-	2	-	-	20.00	40.00
Segunda limpieza (dic)	-	-	-	4	5.00	20.00
<b>TOTAL</b>		<b>6.30</b>		<b>26</b>		<b>454.04</b>

FUENTE: (SIMPOSIO, 1985).

El costo total del establecimiento de una hectárea de *Eucalyptus camaldulensis*, instalada con métodos semi-mecanizado, espaciamiento 3mx3m (1111 plantones) es de B/.454.04

Con los costos de producción por bolsa de 5lbs (Cuadro VI) y el costo de establecimiento por hectárea obtenido (Cuadro VIII), se pudo estimar y plasmar en el siguiente cuadro, los costos totales de la producción de carbón por hectárea.

**CUADRO X. COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN/HECTÁREA DE *E. CAMALDULENSIS***

<b>Costos</b>	<b>(B./)Bolsa</b>	<b>Bolsas/Ha</b>	<b>Total (B./)Ha</b>
Establecimiento de la plantación	-	-	454.04
Mano de obra e insumos	0.96	145,831	139,997.76
Bolsa membretada	0.20	145,831	29,166.20
Transporte	0.35	145,831	51,040.85
<b>Total (B./)</b>			<b>220,658.85</b>

El cuadro anterior muestra la estimación de costos desde el establecimiento de la plantación hasta la obtención del producto final, correspondiente a 145,831 bolsas de 5 libras, trasladadas hasta el centro de acopio.

Para obtener el costo total por hectárea de mano de obra e insumos, bolsa membretada y transporte se multiplicó el costo por bolsa por la cantidad total de bolsas por hectárea. Una vez establecidos los costos, correspondientemente tenemos, B/.220,658.85 como costos totales de producción por hectárea.

Asumiendo que el productor vende la producción de carbón de una hectárea (145,831 bolsas de 5lbs), a un precio de B/.2.50 por bolsa (precio actual, establecido entre el productor y mayorista), se tiene un ingreso bruto de B/.364,577.75.

Establecida la estimación por hectárea de los costos totales de producción de carbón (Cuadro IX) y el ingreso bruto, correspondientemente, se realiza la estimación de la rentabilidad del establecimiento de una plantación de eucalipto como dendroenergéticos:

**Ingreso neto /Ha** = Ingreso bruto/Ha – Costos de producción/Ha

**Ingreso neto/Ha** = B/.364,577.75 – B/.220,658.85

**Ingreso neto/Ha = B/.143,918.90**

La rentabilidad de la producción de carbón de una hectárea de *E. camaldulensis* es de B/.143,918.90.

**Es importante tener en cuenta que la actividad de producción de carbón vegetal está determinada en función de la demanda, por tal efecto los beneficios obtenidos serán reflejados a largo plazo.**

#### **4.3.3 Comercialización del producto**

Según Urbina, (2008), “*normalmente ninguna empresa está capacitada, sobre todo en recursos materiales, para vender todos los productos directamente al consumidor final*”. En referencia a este concepto, un producto será trasladado desde quien lo produce (productor) hasta el consumidor final, mediante una ruta, la cual es conocida como canal de distribución. Seguido se muestra el diagrama de canal de distribución del carbón (mangle y eucalipto).

##### **4.3.3.1 Carbón de mangle**

Según la clasificación en Urbina, (2008), de los canales de distribución, la producción de carbón de mangle sitúa su canal de distribución como canales para productos de consumo popular, tipo 1C Productores-Mayoristas-Minoristas-Consumidores.



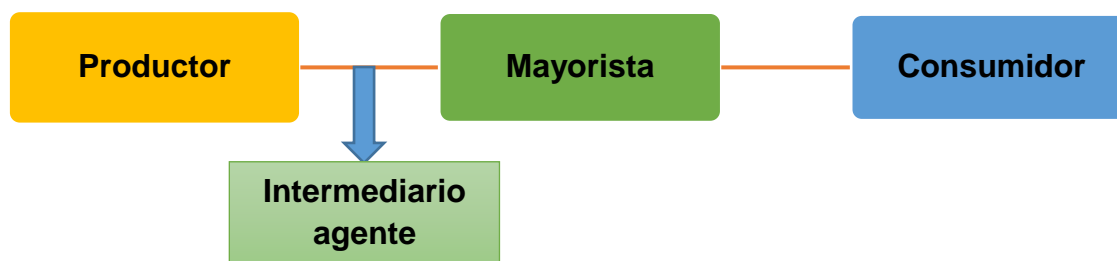
**FIGURA 4. DIAGRAMA DE CANAL DE DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN DE MANGLE.**

De acuerdo al diagrama el productor ofrece su producción al intermediario comerciante (anónimo), el cual adquiere el título de propiedad de la mercancía (Urbina, 2008). En este caso, con referencia en el señor Rodríguez, el intermediario comerciante compra todo el producto ofertado por los productores. Siguiendo con el análisis, el canal de distribución es de tipo 1C puesto que el mayorista (supermercados de propietarios asiáticos) entra como auxiliar en la comercialización de este producto especializado, el mismo adquiere el producto ofertado por el intermediario comerciante.

Debido a que el mayorista vende directamente al consumidor no fue posible establecer si existe una intervención de minoristas.

#### **4.3.3.2 Carbón de eucalipto**

Al igual que el carbón de mangle, el carbón de eucalipto sitúa su canal de distribución como canales para productos de consumo popular, tipo 1C Productores-Mayoristas-Minoristas-Consumidores.



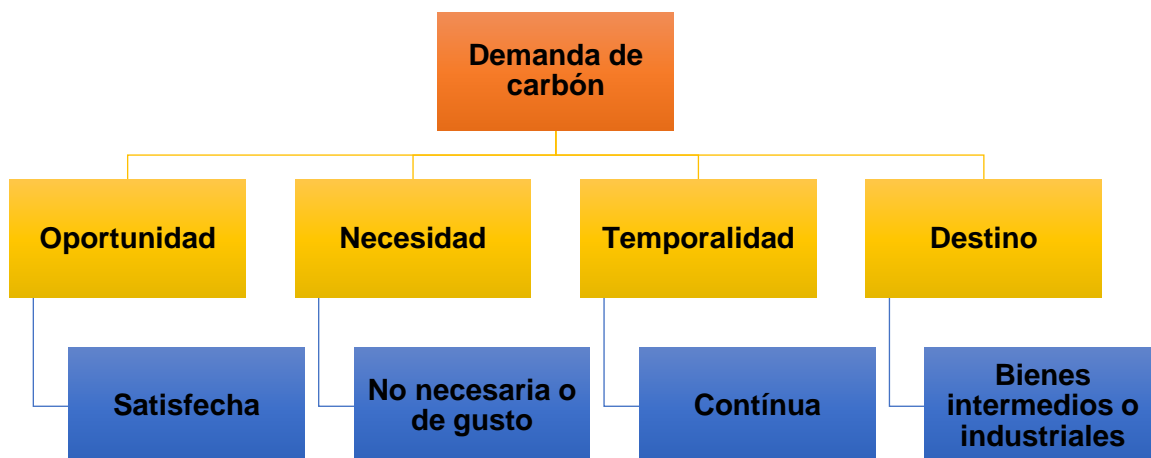
**FIGURA 5. DIAGRAMA DE CANAL DE DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN DE EUCALIPTO.**

El anterior diagrama muestra que el productor ofrece su producto al mayorista (Grupo Rey, S.A), en este caso interviene un intermediario de tipo agente (transporte), el cual sirve de contacto entre el productor y el vendedor (mayorista). Igualmente que en canal de distribución del carbón de mangle, la comercialización o venta del producto se realiza directamente del mayorista al consumidor, por lo que no se pudo establecer una intervención de minoristas.

De acuerdo a las Figuras 4 y 5 y el respectivo análisis realizado para cada carbón, correspondientemente, se identificó que la intervención del tipo de intermediario, es la única diferencia, puesto que en el canal de distribución del carbón de mangle actúa un intermediario tipo comerciante, mientras que en el canal de distribución del carbón de eucalipto actúa un intermediario tipo agente.

#### **4.3.3.3 Demanda del producto (carbón eucalipto y mangle).**

En el siguiente diagrama se muestra la clasificación de la demanda de carbón, basado en los diferentes tipos de demanda (Urbina, 2008).



**FIGURA 6. DIAGRAMA DE LA DEMANDA DE CARBÓN (EUCALIPTO Y MANGLE)**

**En relación a la Oportunidad.** Se clasificó como demanda satisfecha. El bien ofrecido al mercado, es equivalente a lo que éste requiere.

**En relación a la Necesidad.** Clasificada como demanda no necesario o de gusto, puesto que la compra del producto se realiza para satisfacer un gusto y no una necesidad.

**En relación a la Temporalidad.** Se clasificó como demanda continua, ya que ha perdurado por largo periodo y puede aumentar con el tiempo.

**De acuerdo a su Destino.** Se clasificó como demanda de bienes intermedios o industriales, debido a que el producto ha requerido una transformación o procesamiento para ser un bien de consumo final.

#### **4.3.4 Aspectos sociales y ecológicos**

Si bien la actividad de producir carbón de eucalipto y carbón de mangle genera una fuente de empleos, sirve de sustento y mejora la calidad de vida de muchas

familias. Es de saber que existe una serie de impactos negativos en las áreas de estudio. Los mayores impactos negativos se centran principalmente sobre los productores que utilizan las materias primas del manglar (El Espavé). Estos están conscientes que la actividad ha creado directamente un detrimento sobre el manglar y las consecuencias que conlleva: disminución de flora y fauna, menor captura de CO<sub>2</sub>, pérdida de barrera contra posibles fenómenos naturales y demás. (Rodríguez, 2015).

Comentaba el señor Rodríguez que la actividad de producción de carbón es realizada en dos puertos diferentes. Cada uno cuenta con alrededor de 50 planas u hornos de carbón (100 planas entre los dos puertos). La gran cantidad de humo que generada el proceso de carbonización en esta zona, puede afectar a la población, por la contaminación del aire y por ende causarles enfermedades respiratorias.

## 5. CONCLUSIONES

- Se identificaron los procesos productivos del carbón de eucalipto. La diferencia radica en el empaquetado final del producto (bolsas de 5 libras de eucalipto; saco de 35 libras de mangle) y el nivel de producción del horno (250 sacos de carbón de eucalipto y 100 sacos de carbón de mangle).
- En cuanto a características y costos comparativos, el peso específico de ambos carbones mostraron resultados muy similares: eucalipto  $0.7481\text{gr/cm}^3$  y mangle  $0.7612\text{gr/cm}^3$ , por lo que en una x cantidad de peso se tendrá relativamente el mismo volumen de producto. En cuanto a la rentabilidad por saco producido, el carbón de eucalipto supera con creces al carbón de mangle, con un margen de ganancia de B/.5.89.
- En cuanto a rentabilidad económica, basado en el Ingreso neto/Ha (B/.143,918.90), se demostró que es posible obtener beneficios económicos de la producción de carbón de eucalipto. Se obtuvo un ingreso neto significativo por hectárea, en relación a los costos de establecimiento de la plantación de eucalipto (año 1984).

## 6. RECOMENDACIONES

- Al cortar la madera se debe almacenar para evitar la exposición a los factores climáticos. Preferiblemente en un ambiente seco para tratar de minimizar el contenido de humedad y obtener una mayor eficiencia en el tiempo de carbonización.
- Respecto al impacto negativo del humo producido por el proceso de carbonización en el área de El Espavé, es conveniente planificar una producción escalonada de carbón, para tratar de minimizar las emisiones de gases.
- Es conveniente que el productor proporcione equipo de protección a sus colaboradores, como mascarar industriales, con el propósito de minimizar las inhalaciones de gases resultantes del proceso de carbonización.

## 7. REFERENCIAS CITADAS

Barretero, JA. y Compeán, FJ. 2000. Manual para elaborar carbón vegetal en horno metálico tipo "CEVAG". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental del Valle de Guadiana, Fundación Produce Durango. Méx. SAGARPA. 24 p.

Camps, M. y Marcos, F. 2002. Los biocombustibles. Colección energías renovables. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, Es. 366 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. Plantaciones Forestales (en línea). México. Consultado el 2 set. 2014. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/plantaciones>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación IT). 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal (en línea). Estudio FAO-Montes No.41. Roma, Italia. Consultado 10 set. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5328s/X5328S00.htm>

Guillen, R. 2014. Comunicación personal. Productor forestal.

INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2004. Guía Práctica para la cubicación de madera. (en línea). Guatemala. Consultado el 8 oct. 2014. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Manuales/cubicacion.pdf>

INRENARE-OIMT. 1997. Planes de acción. Manejo de manglares para Panamá. Énfasis en Chiriquí, Chame y Azuero. (Novoa, O.) ed. Instituto de Recursos Naturales Renovables – Organización Internacional de Maderas Tropicales. Panamá, Pan. 168 p.

Islas Sosa, FJ. 1991. Dendroenergía en México; problemática y perspectivas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx.

Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ministerio de agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones, Experiencias y Servicio de la Madera. 675 p. Madrid, Es.

López, PI. 2003. Características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh proveniente de la plantación "Ing. Mario Avila" en Texcoco estado de México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. 104 p.

Mangieri, HR; Dimitri, MJ. 1961. Los *Eucalyptus* en la silvicultura. Buenos Aires, Argentina. Editorial Acme. 219 p.

Marcos, MF. 1989. El Carbón Vegetal. Propiedades y Obtención. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 117 p.

Márquez, F; Cordero, T; Rodríguez, MJ. y Rodríguez JJ. 2001. Estudio del potencial energético de biomasa de *Pinus caribaea* Morelet var. *Caribaea* (Pc) y *Pinus tropicalis* Morelet (Pt), *Eucalyptus saligna* Smith (Es), *Eucalyptus citriodora* Hook (Ec) y *Eucalyptus pellita* F. Muell (Ep), de la provincia de Pinar del Rio. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

Montenegro, EA. 2010. Fenece el carbón de mangle (en línea). La Prensa. Panamá. Domingo, 29 de agosto de 2010. Consultado el 2 set. 2014. Disponible en:  
<http://mensual.prensa.com/mensual/contenido/2010/08/29/hoy/nacionales/2316941.asp>

Ordaz, JC. 2003. Análisis del carbón vegetal de encino producido en horno tipo colmena brasileño en Huayacocotla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.. 74 p.

Patiño, VF. 1989. Utilización del carbón vegetal. En memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Dendroenergía. Chapingo, México. p. 233-261.

Química y algo más. 2014. Peso específico. Concepto y problemas (en línea). Consultado el 16 jul. 2015. Disponible en:  
<http://www.quimicayalgomas.com/fisica/peso-especifico-concepto-y-problemas>

Rodriguez, E. 2015. Comunicación personal. Productor de carbón. El Espavé.

Sanabria, EO; Cayré, ME; Frank, WA. 2007. Optimización de producción de carbón con *Aspidosperma quebracho blanco* en la provincia del Chaco, Argentina. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

Sánchez, RL. 1997. Métodos de producción de carbón vegetal en México. Tesis de Doctorado. Los Ángeles California, EE. UU. Pacific Western University. 115 p.

Sánchez, RL. 2009. Notas elaboradas para el curso-taller de producción de carbón vegetal impartido en el Centro de Formación Forestal (CEFOFOR) en Cd. Guzmán, Jalisco, México. . 25 p.

Simposio Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas. Recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. 1985, Turrialba, Costa Rica. CATIE, FAO, IUFRO. Editor Rodolfo Salazar. Página 387- 390.

Urbina, GB. 2008. Evaluación de proyectos. Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 6 ed.

Vega Romahn, CF de la. 1992. Principales productos forestales no maderables de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

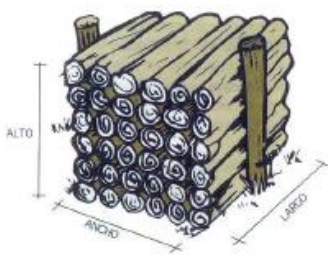
## ANEXOS

## ANEXO 1. FÓRMULA. CUBICACIÓN DE LEÑA NO APILADA

**3.2 Cubicación de leña apilada de palito:**

Se forma un rectángulo y se miden las tres dimensiones (ancho, alto y largo), multiplicándolas entre sí para obtener el volumen aparente. Posteriormente se multiplica ese resultado por el factor de apilamiento 0.5 para considerar únicamente el volumen de madera sólida, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Formula 7. Cubicación de leña apilada de palito

$$V (m^3) = \text{Ancho (m)} \times \text{Alto (m)} \times \text{Largo (m)} \times 0.5^*$$


**3.3 Cubicación de leña no apilada:**

Este caso es cuando la leña se encuentra sin orden (amontonado). Se debe aplicar la fórmula siguiente:

Formula 8. Cubicación de leña no apilada

$$V = \pi / 3 * r^2 * h * 0.624^*$$

Donde:

- $\pi$  = 3.1416
- V = volumen en metros cúbicos
- r = radio en metros
- h = altura en metros
- 0.624 = coeficiente de apilamiento

\* Factor de apilamiento (7.2)

GUIA PRACTICA PARA LA CUBICACION DE MADERA

Debido a que la leña no forma un círculo perfecto, no se puede calcular el radio ni el diámetro en forma normal, por lo que es necesario realizar las siguientes consideraciones:

$$\begin{aligned} \text{diámetro} &= \text{circunferencia} / \pi & d &= c / \pi & (2) \text{ y que} \\ \text{radio} &= \text{diámetro} / 2 & r &= d / 2 & (3) \end{aligned}$$

Ejemplo 7:


Se tiene leña apilada en el patio que mide 3 m de alto y una circunferencia de 15 metros, más o menos circular.

Paso 1.

$$\text{diámetro} = \text{circunferencia} / \pi \quad d = c / \pi \quad d = 15 \text{ m} / \pi \quad d = 4.77 \text{ m}$$

Paso 2.

$$\text{radio} = \text{diámetro} / 2 \quad r = d / 2 \quad r = 4.77 / 2 \quad r = 2.39 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \pi / 3 * r^2 * h * 0.624 \\ V &= (1.05) * (2.39 \text{ m})^2 * (3\text{m}) * (0.624) \\ V &= (1.05) * (5.71 \text{ m}^2) * (3\text{m}) * (0.624) \\ V &= 11.20 \text{ m}^3 \end{aligned}$$


GUIA PRACTICA PARA LA CUBICACION DE MADERA

FUENTE: INAB, 2004

**ANEXO 2. CONFORMACIÓN DEL HORNO DE EUCALIPTO. EI CHIRÚ,  
ANTÓN. 2015.**



**ANEXO 3. CUBIERTA DEL HORNO CON MATERIAL VEGETAL.**

**ANEXO 4. HORNO DE EUCALIPTO CUBIERTO DE TIERRA.**

**ANEXO 5. ARMADO DEL HORNO DE MANGLE****ANEXO 6. HORNO DE MANGLE CUBIERTO DE MATERIAL VEGETAL**

**ANEXO 7. COBERTURA DE TIERRA PARA EL HORNO DE MANGLE**