



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**I Z T A C A L A**

**HORNO DE MAMPOSTERIA PARA  
LA PRODUCCION DE CARBON  
VEGETAL**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**LICENCIADA EN BIOLOGIA**

**P R E S E N T A**

**MARISOL PEZET VALDEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1992**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Los Reyes Iztacala, a 27 de mayo de 1992

APROBACION DE TESIS

M.en C. MARTHA O. SALCEDO ALVAREZ  
COORDINADOR DE LA CARRERA  
DE BIOLOGIA,  
P R E S E N T E .

Por medio de la presente manifestamos a usted que como Miembros  
de la Comisión Dictaminadora del trabajo de tesis del Pasante  
de Biología: MARISOL PEZET VALDEZ

titulado: "Horno de mampostería para la producción de  
carbon vegetal".

para obtener el grado de Licenciatura, después de haber sido -  
cuidadosamente revisado y realizadas las correcciones que se --  
consideraron pertinentes, declaramos nuestra aprobación del tra  
bajo escrito, ya que reúne las características, calidad y decoro  
académico del título al que aspira.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

M.en C. Diodoro Granados Sánchez

Biol. Daniel Tejero Diez

M.en C. Fernando Patiño Valera

Biol. Silvia Romero Rangel

Biol. Silvia Aguilar Rodríguez

(Nombre completo)

(Firma)

## DEDICATORIAS

A ANGELA VALDEZ Y FELIX PEZET:

Por su afan de hacerme valolar la vida día con día,  
Por su apoyo siempre incondicional,  
Por sus consejos,  
Por sus desvelos,  
Por sus regaños y alegrías,  
Por ser mis grandes amigos,  
Por todo su amor.

A estos seres maravillosos...  
mis padres, dedico este trabajo  
con inmenso cariño y agradecimiento.

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a las siguientes personas, sin las cuales no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

**AL ING. M. en C. FERNANDO PATIÑO VALERA,**

por su valiosa dirección en este trabajo y por el gran apoyo profesional y personal que siempre me ha brindado.

**AL BIOL. M. en C. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ALFARO,**

por su desinteresada e inapreciable asesoría y observaciones a este trabajo, así como por la gran amistad y nobleza que siempre he encontrado en él.

**A TODOS MIS PROFESORES Y AMIGOS,** que han representado en mí, un estímulo para seguir adelante.

## C O N T E N I D O

	Pág.
I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	1
1.1. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL TRABAJO	1
1.2. DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO EN LA ZONA DE ESTUDIO	3
1.2.1. LOCALIZACION	3
1.2.2. CLIMA	3
1.2.3. SUELO	5
1.2.4. VEGETACION	9
1.3. CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	11
1.4. ALGUNOS DATOS HISTORICOS SOBRE LA LEÑA Y EL CARBON	13
1.5. SITUACION ENERGETICA EN EL MEDIO RURAL -- DEL ESTADO DE CAMPECHE	14
1.6. ESTRUCTURA DE LA MADERA Y SU PAPEL COMO - ENERGETICO	15
1.7. DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS MADERABLES	18
1.8. CARBON, PROCESOS Y PRODUCCION	21
1.8.1. TECNICAS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	21
1.8.2. RENDIMIENTO EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	26
1.8.3. CALIDAD Y USOS DEL CARBON VEGETAL	27
1.8.4. ASPECTOS ECONOMICOS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	28

	Pág.
II. OBJETIVO DEL ESTUDIO	31
III. MATERIALES Y METODOS	33
3.1. MATERIALES	33
3.2. METODOS	33
3.2.1. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO SUPERFICIAL DE TIERRA	38
3.2.2. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO METALICO TPI	41
3.2.3. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA	44
3.2.4. PARAMETROS EVALUADOS EN EL ESTUDIO	59
3.2.5. METODO PARA EL ANALISIS DE LA INFORMACION	61
IV. RESULTADOS	62
4.1. FACILIDAD DE CONSTRUCCION	62
4.2. FACILIDAD DE MANEJO Y MANTENIMIENTO	64
4.3. TIEMPO DE CARBONIZACION Y ENFRIAMIENTO	68
4.4. DAÑOS A LA ESTRUCTURA DEL HORNO CAUSADOS POR LOS PROCESOS DE CARBONIZACION	70
4.5. PRODUCCION DE CARBON VEGETAL EN BASE AL PESO Y A LA ESPECIE DE LA LEÑA UTILIZADA	70
4.6. CALIDAD DEL CARBON VEGETAL	75
4.7. COSTOS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	76
4.7.1. COSTO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA	76
4.7.2. COSTO DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCION DE UN HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA	77

	Pág.
4.8. USO DE DIVERSAS ESPECIES MADERABLES PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL EN LAS ZONAS RURALES DEL ESTADO DE CAMPECHE	78
4.9. LA TECNOLOGIA TRADICIONALMENTE UTILIZADA EN EL ESTADO DE CAMPECHE PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	86
4.10. PANORAMA SOCIOECONOMICO DE LA ACTIVIDAD CARBONERA EN ESTADO DE CAMPECHE	90
V. DISCUSION	93
VI. CONCLUSIONES	106
VII. LITERATURA CITADA	113

## I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

### 1.1. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL TRABAJO

En México, alrededor del 40% de la población todavía hace uso de los combustibles leñosos, mientras que el 60% restante -- utiliza petróleo, gas licuado, electricidad y gas natural. Lo anterior indica que la leña y el carbón todavía son usados en -- gran medida en nuestro país, sin embargo, no hay que olvidar que el consumo de combustibles está fuertemente influenciado por la eficiencia de éste (**IMP, 1975**).

El carbón vegetal, comparado con la leña contiene un mayor poder calórico, es más denso (por lo que ocupa espacios más reducidos) y resiste largos períodos de almacenamiento (**PATINO, 1988**). Aún considerando todas estas ventajas sobre la leña, la producción de carbón es muy baja, pues sólo representa el 0.18% del volumen productivo maderable en México (**DE LA CUEVA, 1978**).

De acuerdo a un estudio realizado por el **SEMIP (1988)**, en la Península de Yucatán el 91% de los combustibles utilizados en el medio rural es leña, mientras que a nivel nacional este porcentaje es de 69.15%.

Fomentando la producción de carbón vegetal, las comunidades rurales pueden, por un lado cubrir satisfactoriamente sus necesidades energéticas y por otro contar con mayor número de fuentes de trabajo (**PATINO, 1988**). Un ejemplo es el siguiente cuadro

que nos ilustra el espectacular crecimiento de la industria del carbón vegetal en Uganda, gracias a un buen apoyo gubernamental y de asesoría técnica (FAO, 1985 c).

PERIODO	PRODUCCION	PERSONAS EMPLEADAS
1962-1963	200 t	15
1966-1967	6,000 t	270
1970-1971	58,535 t	3,660

En las comunidades rurales, la leña y el carbón han sido los combustibles tradicionalmente utilizados y se obtienen a partir del desmote. El desmote con fines agrícolas es uno de los principales factores de alteración en las áreas forestales tropicales y el uso del fuego para lograrlo tiene una importante influencia sobre la vegetación, los suelos, la fauna y la climatología de la zona.

En 1961, López Caballero reportaba que alrededor de 25,000 personas se dedicaban a la agricultura en el Estado de Campeche. Estos campesinos cultivaban principalmente maíz en una superficie estimada de 60,000 a 70,000 ha. El mismo autor afirma que para este año, una superficie de entre 20,000 y 25,000 ha de terrenos forestales se transformaban anualmente en terrenos dedicados a la agricultura nómada, actividad causante del 98% de los incendios forestales en el Estado y por lo cual miles de metros cúbicos de madera eran desperdiciados cada año. Para 1981 el cálculo para el área forestal afectada por la agricultura nómada representaba alrededor del 14%, es decir, 7,133 km<sup>2</sup> (VAZQUEZ, -- 1981).

## 1.2. DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

### 1.2.1. LOCALIZACION

El presente trabajo se desarrolló en el CAMPO EXPERIMENTAL CHINA, el cual se ubica en el kilómetro 15 de la carretera - Campeche Tixmukuy del Municipio de Campeche. Se localiza en el paralelo 19° 40' de latitud Norte y en el meridiano 90° 26' de longitud Oeste (**FIGURA A**). Dicho campo, actualmente funciona como la sede del CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS EN EL ESTADO DE CAMPECHE, que a su vez forma parte del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, - órgano descentralizado de la SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (**PATINO, 1986**).

### 1.2.2. CLIMA

El clima predominante en la zona de estudio y de acuerdo a la clasificación de Koeppen, modificado por **García (1981)**, corresponde a un ( $Aw_0$ ), es decir, clima cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano. La temperatura media anual es de - - 26.6°C con cuatro meses de sequía y la precipitación media es de 1,200 mm anuales.

La altura promedio sobre el nivel del mar es de 15 m (**PATINO, 1986**).



## 1.2.3. SUELO

El C.E. CHINA, se establece sobre suelos conocidos en maya como tzekel-kankab (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**) que de acuerdo a la clasificación propuesta por la FAO en 1968, corresponden a los luvisoles, asociados con litosoles y rendzinas (**ORTIZ et. al., 1980**).

En los luvisoles, el horizonte superficial húmico, es delgado o moderadamente grueso, con un horizonte A delgado o ausente, un horizonte A<sub>2</sub> blanquesino muy característico, al igual que un horizonte de iluviación B, el cual está frecuentemente endurecido por los compuestos orgánicos y los óxidos, en este caso de cromo (**ORTIZ et. al., 1980**).

Los litosoles son suelos azonales en los cuales el material parental es poco profundo y pedregoso, carece de la diferenciación de horizontes, ya sea como resultado de un reciente origen o debido a la excesiva erosión por intemperismo (**DAUBENMIRE, 1982**).

Finalmente, las rendzinas son suelos tan delgados, que las raíces de los árboles se ponen en contacto con la piedra caliza, ocasionando que los elementos básicos como el Ca, permanezcan en cantidades abundantes en el perfil, lo que provoca en el suelo una nutrición muy desbalanceada (**DAUBENMIRE, 1982**).

Debido a las características edafológicas de la zona, estos suelos resultan poco aptos para llevar a cabo labores agrícolas mecanizadas y los cultivos básicos de autoconsumo se obtienen por técnicas tradicionales de mínima rotación de suelo (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**).

Actualmente, se estima que los estados del Sur y Sureste del país dedican una superficie de 5 millones de ha anuales al sistema roza-tumba-quema. Esto implica que se mantiene en disturbio una superficie aproximada de 500,000 ha en aprovechamiento silvoagropecuario, contribuyendo así al sustento de más de 3 millones de mexicanos. En estas prácticas la mayor parte de la biomasa es quemada y aunque por lo general se aprovecha la madera de algunas especies, aún existen altos niveles de desperdicios, como sucede en la elaboración de durmientes donde se pierde hasta el 60% del volumen total del árbol (**PATINO, 1986**). A partir de 1985, se incrementa el precio del durmiente elaborado a partir de maderas tropicales lo que ocasionó un aumento en los volúmenes de madera de especies corrientes tropicales y en general un mayor desperdicio de madera, sobre todo en los casos en que el durmiente es labrado con hacha.

Una de las alternativas de utilización de la biomasa en el Estado de Campeche es la elaboración de carbón vegetal a partir de especies corrientes tropicales (**PATINO, 1988**); es decir, especies a las que no se les considera económicamente importantes a diferencia de lo que sucede con las maderas preciosas como el CEDRO (*Cedrela mexicana*) y la CAOBA (*Swietenia macrophylla*), pero que son más abundantes (**BASSOLS, 1985**) (**CUADRO I**). La producción maderable de especies corrientes del Estado de Campeche en comparación con otros Estados y a nivel nacional se puede apreciar en el **CUADRO II**.

## CUADRO I

RELACION PARA LA TEMPORADA 1987 DE LOS VOLUMENES DE MADERAS PRECIOSAS Y CORRIENTES TROPICALES EN LAS AREAS MUNICIPALES PERTENECIENTES A LA UNION DE EJIDOS FORESTALES DEL ESTADO DE CAMPECHE

MUNICIPIO	PRECIOSAS TROPICALES (m <sup>3</sup> )	CORRIENTES TROPICALES (m <sup>3</sup> )
Tenabo	350	1,800
Champoton	1,800	12,600
Hopelchen	2,500	16,500
Cd. del Carmen	100	1,500
Campeche	150	3,000

FUENTE: Información inédita proporcionada por la SARH en el Estado de Campeche en el año 1987.

## CUADRO II

PRODUCCION MADERABLE DE ESPECIES CORRIENTES DE LOS PRINCIPALES ESTADOS Y NACIONAL PARA EL PERIODO 1977-1978

ESTADO	1977 (m <sup>3</sup> r)	%	1978 (m <sup>3</sup> r)	%
Sn. Luis Potosí	167,913	25	181,173	26
Veracruz	134,547	20	85,315	12
Tamaulipas	134,139	20	121,750	17
Quintana Roo	58,890	9	46,463	7
Oaxaca	39,795	6	89,446	13
Tabasco	37,927	6	42,246	6
Campeche	30,126	5	39,247	5
Otros Estados	60,275	9	97,752	14
Total Nacional	668,915	100	705,392	100

FUENTE: Cifras estadísticas de la Producción Forestal de 1977. Dirección General Inf. Sist. Forestales. SFF.

La comercialización del carbón puede darse incluso a nivel de exportación, como sucede actualmente en los Estados de Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Chiapas y Veracruz (**VALDEZ, 1987**). Durante la temporada junio-diciembre de 1988, estos Estados colocaron alrededor de 3,000 toneladas de carbón vegetal en la República Federal de Alemania (**CARDENA, 1989**). Sin embargo, en estas comunidades, como en el resto del país, la elaboración del carbón se realiza tradicionalmente en hornos de tierra, los que tienen una baja eficiencia en la producción, la cual va del 10 al 12% en función del peso de la madera utilizada y requiriendo de 8 a 12 días en el proceso (**PATINO, 1988**). Debido a que la forma de llevar a cabo la combustión es importante para la obtención de carbón de buena calidad, actualmente se dispone de otros sistemas de carbonización, tales como hornos de mampostería y hornos metálicos, cuyas características serán detalladas en capítulos posteriores.

#### 1.2.4. VEGETACION

De acuerdo al inventario nacional forestal, Campeche cuenta con una superficie forestal de más de 5 millones de ha, de las cuales 3 millones está cubiertas por vegetación arbórea comercial. En el Estado se han identificado 10 tipos de vegetación cuya distribución se encuentra en íntima relación con las zonas fisiográficas y con los factores ambientales, principalmente clima y suelo. Los tipos de vegetación más importantes son: selva alta (perennifolia y subperennifolia) que representa el 2.5% de la superficie forestal; selva mediana (subperennifolia y subcaducifolia), las más abundantes en la entidad con el 56.7% y selva baja (subperennifolia y caducifolia) con el 26.2%. Otros tipos de vegetación presentes son: manglar (5.1%), vegetación de sabana (3.0%) y vegetación hidrófila (1.2%) (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**).

La vegetación del C.E. es caracterizada como una selva baja subcaducifolia. De acuerdo a Miranda (1958), en la Península de Yucatán el árbol más común en este tipo de vegetación es Vitex gaumeri (Ya'axnik), que específicamente en el norte de Campeche se asocia con Piscidia piscipula (Jabin), Coccoloba cozumelensis (Bolchiche), Guettarda combssii (Payluk o popiste negro) y Simaruba glauca (Paa-sak) (**Reportado por Rzedowski, 1983**).

El **CUADRO III** nos puede brindar un panorama de las especies madurables más y menos frecuentes en el área del C.E. CHINA.

## CUADRO III .

ESPECIES ARBOREAS MAS FRECUENTES EN EL AREA DEL CAMPO  
EXPERIMENTAL CHINA DEL CIFAP - CAMPECHE.

ESPECIE	FRECUENCIA	%
Tzalam ( <u>Lysiloma bahamensis</u> Benth.)	15	
Jabín ( <u>Piscidia piscipula</u> (L.) Sarg.)	10	
Machiche ( <u>Lonchocarpus castilloi</u> Stand.)	10	
Jobo ( <u>Spondias mombin</u> L.)	8	
Chacá ( <u>Bursera simaruba</u> Sarg.)	5	
Cascarillo ( <u>Croton pyramidalis</u> Donn. Sm.)	5	
Sac-Chacá ( <u>Dendropanax arboreus</u> (L.) Decne y Planchon.)	5	
Papelillo ( <u>Alseis yucatanensis</u> Standley.)	5	
Popiste negro ( <u>Guettarda combssi</u> Urb.)	5	
Guarumo ( <u>Cecropia peltata</u> L.)	5	
Subín ( <u>Acacia dolychostachya</u> Blake.)	4	
Capulincillo ( <u>Threma mycrantha</u> (L.) Blume.)	7	
Ya'axnik ( <u>Vitex gaumeri</u> Greenm.)	5	
Paa-sak ( <u>Simaruba glauca</u> Cronquist.)	4	
Zapotillo ( <u>Pouteria unilocularis</u> (J.D.Sm.) Baehni.)	5	
Pochote ( <u>Cochlospermum vertifolium</u> Willd. ex Spreng.)		

FUENTE: Patiño (1986). CIFAP - CAMPECHE. Documento inédito.

Miranda en 1958, mencioná que en la Península de Yucatán, los bosques secundarios originados por destrucción de este tipo de vegetación están comunmente dominados por Cecropia peltata -- (Guarumo) y en menor grado por Bursera simaruba ( Chacá), Luehea speciosa (Kaskat o Guacimo de montaña), Lysiloma bahamensis (Tzalam) y Mimosa hemiendyta (Boxcatzim o Catzim negro), éstas dos últimas consideradas como invasoras en parcelas de cultivo abandonadas (Rzedowski, 1983).

Vázquez (1981), reporta que además de las anteriormente mencionadas, otras especies también presentes en este tipo de vegetación son: Aspidosperma megalocarpum (Bayo), Syderoxylon gaumeri (Caracolillo), Ficus continifolia (Copó), Metopium brownei -- (Chechen negro), Sabal mexicana (Guano), Sabal yucatanica (Guano yucateco), Lucuma campechiana (K'anixte), Gyrocarpus americanus (Kiis o Tincui), Astronium graveolens (K'ulinché), Enterolobium cyclocarpum (Pich) y Brosimum alicastrum (Ramón).

### 1.3. CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En base a la DGE (1980), la población del Estado de Campeche fue de 420,533 habitantes y creció a una tasa de 6% anual de 1970 a 1980. La distribución de la población en la zona es desigual, ya que el 75% de ella se concentra en sólo dos Municipios, Campeche y Ciudad del Carmen, esto debido a que el primero es la capital del Estado y concentra a la mayor parte de los servicios sociales, mientras que en el segundo tiene su principal desarro-

llo la industria petrolera y camaronera, ambas circunstancias -- dan lugar a un fuerte fenómeno de migración rural temporal o permanente. Cabe mencionar que para este año, la población económicamente activa era de 134,423 personas, de las cuales la mayor parte se dedicaban a actividades del sector primario (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**).

El Estado de Campeche tiene una superficie total de -- 5'685,884 ha, en 1985, se reportaba que de ésta, 53% se destinaba para la actividad forestal, con un valor productivo de sólo - - 8,573 millones de pesos, valor muy bajo comparado con los 58,416 millones de pesos producidos por la actividad agrícola en sólo - 2.84% de la superficie total estatal (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**).

El progreso de las actividades forestales en el Estado se ha visto obstaculizado por varios factores, tales como el uso de maquinaria deficiente, técnicas silvícolas inadecuadas, aprovechamiento selectivo de especies forestales, altas tasas de destrucción del recurso forestal por cambio de uso de suelo, falta de trabajos integrales para el manejo del recurso forestal, falta de personal capacitado y deficiente infraestructura caminera (**CIFAP-CAMPECHE, 1988**).

#### 1.4. ALGUNOS DATOS HISTORICOS SOBRE LA LEÑA Y EL CARBON

Las culturas antiguas de México hicieron del fuego y la madera, elementos relevantes de su desarrollo, evidencia de esto es su alfarería, actividad que requiere un buen manejo de la combustión de la madera y que fue muy difundida en la época prehispánica; así mismo la leña y el carbón jugaron un papel muy importante en todo tipo de rituales, por ejemplo, de acuerdo a **Layna et. al. (1983)**, los mayas creían que la madera había sido uno de los primeros elementos formados por HUNAB, el Dios creador, por lo que veneraban a los árboles antes y después de cortarlos, además de utilizarlos como un medio para comunicarse con sus dioses.

En la medicina tradicional todos los cocimientos se hacían utilizando brazas, además de que era común practicar la sahuma--ción, método que consistía en cargar el ambiente de olores y humos penetrantes para conectarse con los espíritus (**VON HAGEN, --1979**).

En 1810, los indígenas de la COLONIA, ya comercializaban el carbón y para 1850, ser carbonero era un oficio común en el pueblo mexicano (**GONZALEZ, 1979; BENITEZ, 1988**).

### 1.5. SITUACION ENERGETICA EN EL MEDIO RURAL DEL ESTADO DE CAMPECHE

De acuerdo a **SEMIP** (1988), la estructura energética rural para el Estado de Campeche es la siguiente: diesel (0.09%), gasolina (3.23%), petróleo (1.26%), gas l.p (5.48%), electricidad (2.61%), leña (87.33%). Todo lo anterior equivale a un consumo energético total de  $0.2516 \times 10^{12}$  Kcal/año.

A continuación se presenta el análisis para los principales energéticos utilizados en el Estado de Campeche.

- A.- ELECTRICIDAD.- El promedio de consumo de energía -- eléctrica rural va de 14.5 a 89 KWh/mes por familia, con un precio medio de 18 a 23 pesos por KWh.
  
- B.- GAS L.P.- El porcentaje de familias que emplean gas l.p por comunidad, va de 10 a 75%. El consumo medio familiar fluctúa entre 20 y 28 kg mensuales con un precio unitario que va de 183 a 249 pesos por kilogramo. En las comunidades del Estado, el gas se utiliza básicamente para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción ambiental.
  
- C.- PETROLEO.- El porcentaje de usuarios en cada una de las comunidades del Estado, va del 23 al 85% mien---tras que el consumo mensual varía de 4 a 7.8 lt por familia con un precio que va de 231 a 380 pesos/lt.

D.- GASOLINA.- El consumo de este combustible es bajo, ya que el porcentaje de usuarios va de 5 a 17% por comunidad con un precio que fluctúa entre los 50 y 228 pesos/lt. Este combustible se utiliza básicamente para equipos motriz y para iluminación.

E.- DIESEL.- Su consumo es muy bajo, pues solo el 8% de los pobladores lo utilizan para iluminación y lo adquieren a 130 pesos/lt. El consumo mensual es de 6 lt/familia.

F.- LEÑA.- El porcentaje de usuarios en el Estado varía de 85 a 100% por comunidad, con un consumo medio mensual por familia que va de 291 a 373 kg/mes. En general, la leña se utiliza para la cocción de alimentos y en menor grado para calentar agua, para calefacción y para iluminación. Cabe mencionar que 90% de las familias en el Estado de Campeche todavía utilizan fogón y solo un 10% de ellas utiliza la estufa.

Finalmente, las distancias medias de recolección en las diferentes comunidades del Estado van de 1 a 3.5 km.

#### 1.6. ESTRUCTURA DE LA MADERA Y SU PAPEL COMO ENERGETICO

La madera está constituida por células que se orientan básicamente en dos sentidos, uno longitudinal,

cuya posición es paralela al eje del tronco y que al estar interconectadas facilitan el flujo de agua y sales minerales y otras llamadas radiales que unen las diferentes partes del tronco para el movimiento horizontal de las sustancias alimenticias (**ROBLES, 1983**).

Las paredes de las células están formadas por varias capas de celulosa y lignina con una proporción del 60 al 70% y del 15 al 35% respectivamente. Estos componentes definen las características mecánicas de la madera, mientras que el resto de las sustancias determinan las características de olor, color, sabor y permeabilidad. Un análisis químico de la madera, en general - indicará la siguiente composición: carbono: 50%, hidrógeno: 6%, oxígeno: 43% y otros elementos 1% (**ROBLES, 1983**).

En cuanto a las propiedades energéticas, la madera es considerada como un combustible, es decir, una sustancia que mediante una reacción química con el oxígeno, produce una reacción calorífica o exotérmica. La mayor parte del oxígeno en la reacción, procede del aire cuyo volumen consiste en un 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno. El combustible leñoso puede dividirse en dos partes principales; la parte propiamente combustible en la que se encuentran sustancias volátiles y sólidas y además la parte no combustible, en la que se incluyen, las cenizas y la humedad (**CETEC, 1982 b**).

La cantidad de energía almacenada en la madera o leña es menor que la almacenada en el petróleo o carbón mineral, pero la leña es menos explosiva y su humo contiene una menor cantidad de óxidos de sulfuro y nitrógeno, ambos serios contaminantes asociados

dos a los combustibles fósiles (COLLINS, 1981) CUADRO IV.

CUADRO IV.

EQUIVALENCIA ENERGETICA DE TRES IMPORTANTES COMBUSTIBLES.

COMBUSTIBLE	UNIDAD	EQUIVALENTE EN CARBON (t)	EQUIVALENTE EN PETROLEO (BARRILES)	CONTENIDO ENERGETICO (GIGAJULIOS)
LEÑA	m <sup>3</sup>	0.33	1.6	9.4
CARBON VEGETAL	t	1	5	28.9
PETROLEO CRUDO	Barril	0.2	1	5.8

FUENTE: FAO. 1981. 'Madera Fuente de Energía'. (33:131). Roma, Italia.

Los factores que afectan la combustión de la madera, pueden dividirse en dos tipos: por un lado, los factores relativos a la madera como lo son: la composición química elemental e inmediata, el poder calorífico, el tamaño del material y la humedad. Por otro lado, están los factores relativos al aire de combustión, es decir, el porcentaje de aire presente, su temperatura y su turbulencia (SABILLON, 1983).

La National Academy of Sciences, con el objetivo de aportar un mejor conocimiento y manejo de los combustibles vegetales maderables, estableció entre 1980 y 1983, una lista de 143 especies del trópico húmedo con potencial para leña y carbón y para las cuales se reporta, tanto sus propiedades energéticas, como sus características botánicas y geográficas.

En el año de 1976, del total de los bosques tropicales -- del mundo, cerca del 85% se estimó para leña (**CABALLERO, 1978; MUTHOO, 1981**), pero el desconocimiento de las especies maderables -- como combustibles ha contribuido a un gran desperdicio del recurso.  
so.

La calidad energética de la madera, tiene una relación directa con las características de su especie, de éstas, las corrientes duras tropicales son consideradas como las óptimas (**CETEC, -- 1981 b**). Sin embargo, la frecuencia de uso y preferencia de los combustibles vegetales depende, además de su disponibilidad en el ecosistema (**FAO, 1984**), de las costumbres culinarias en la región (**NAS, 1980**).

### **2.7. DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS MADERABLES**

De acuerdo a **CABALLERO (1978)**, la mayor parte de las selvas húmedas se encuentran en Brasil, Indonesia y Zaire, juntas -- conforman la tercera parte de las selvas del mundo.

En lo que se refiere a México, en el **CUADRO V** se presentan algunos datos que diversos autores han aportado sobre los recursos forestales tropicales maderables en nuestro país.

Cabe mencionar que en 1973, México ocupó el 11° lugar en el mundo por su superficie forestal, pero su baja producción per cápita lo situó en el 26° lugar mundial, lo que habla del inefi-

## CUADRO V.

PANORAMA GENERAL DE LOS RECURSOS FORESTALES TROPICALES MADERABLES EN MEXICO.

ASPECTO / AUTOR	CABALLERO 1978	HERRERA 1982	RZEDOWSKI 1983	BASSOLS 1985
TOTAL DE SUP. FORESTAL (mill. de ha)	137.6	137.6		147
SUP. MADERABLE (mill. de ha.)	44			66.2
SUP. MADERABLE DE UTILIDAD ECONO- MICA (mill. de ha)				11.25
SUP. DE SELVAS DE CLIMA CALIDO-HUMEDO (mill. de ha)	15	15.1		
SUP. DE SELVAS DE CLIMA CALIDO-HUMEDO (% de la sup. total del país)			25	
APROVECHAMIENTO DE ESPECIES CORRIENTES TROPICALES (m³r)	710,600			
APROVECHAMIENTO DE ESPECIES PRECIOSAS TROPICALES (m³r)	125,400			

ciente aprovechamiento de sus recursos forestales (**HERRERA, 1982**).

De acuerdo con **Patiño (1987)**, el Estado de Campeche cuenta con una superficie territorial de 5'685,800 ha, de ellas, se consideran de vocación forestal 5'002,550 ha. Los municipios -- con mayor superficie forestal maderable en el Estado se presentan en el **CUADRO VI**.

**CUADRO VI.**

**MUNICIPIOS CON MAYOR SUPERFICIE FORESTAL MADERABLE  
EN EL ESTADO DE CAMPECHE.**

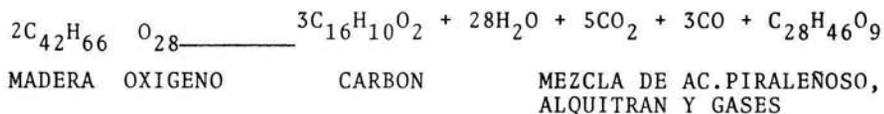
MUNICIPIO	SUP. FORESTAL MADERABLE (ha)
CHAMPOTON	1'919,150
CD. DEL CARMEN	955,725
HOPELCHEN	861,075
CAMPECHE	287,800
HECELCHACAN	89,575
PALIZADA	82,675

FUENTE: **Patiño. 1987**. Los recursos forestales, factor de desarrollo y concordia en el Estado de Campeche. CIFAP-CAMPECHE.

## 1.8. CARBON, PROCESOS Y PRODUCCION

### 1.8.1. TECNICAS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL

Al calentar la madera en presencia de oxígeno, ocurre lo que se conoce como combustión y si la calentamos en ausencia de oxígeno, se produce la pirólisis cuyo producto es el carbón. En sí, la carbonización es una combinación de combustión y pirólisis (WOLF Y VOGEL, 1985). La ecuación química para la carbonización es:



El proceso de carbonización puede ser separado en cuatro etapas básicas; combustión, deshidratación, exotermia y enfriamiento, en cada una de las cuales pueden ser obtenidos diversos productos secundarios (CETEC, 1982 b).

El éxito de la carbonización depende en gran parte del tipo de horno utilizado. Los hornos no sólo se clasifican por su material de construcción, sino también por su calentamiento (externo e interno), por su movilidad (fijos y portátiles) y por su continuidad (de carga y continuos) (CETEC, 1982 b).

La FAO (1983) en el trabajo: "METODOS SIMPLES PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL", establece las técnicas de construc-

ción a seguir en hornos de tierra, mampostería y metálicos para la producción de carbón vegetal, cuyas características generales se presentan a continuación:

- A) HORNOS DE TIERRA. Se clasifican en subterráneos y su perfciales, con una dimensión típica de 3 m de diámetro por 1.5 m de alto. En ambos casos, la madera que debe ser carbonizada se cubre con tierra, la cual funciona como una cámara impermeable al aire.
  
- B) HORNOS METALICOS. La unidad científica inglesa conocida como TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE, ha creado un mode lo de horno metálico considerado como el óptimo para los países en vías de desarrollo y conocido como horno TPI. Con una capacidad de 5 m<sup>3</sup>, este horno se caracte riza por contar con dos secciones principales de forma cilíndrica y una tapa cónica, en esta última, al igual que en la base del horno existen bocas para la liberación del vapor.
  
- C) HORNOS DE MAMPOSTERIA. Estos hornos representan uno de los métodos más efectivos para la producción de car bón vegetal, tienen una estructura ya sea semicircular o bien constituida por paredes cilíndricas y un techo de bóveda.

Para el control de la carbonización los hornos de mam-

postería poseen una chimenea y respiraderos distribuidos en toda su estructura.

Existen diferentes tipos de hornos de mampostería, tales como: el horno COLMENA y el EMPOTRADO, brasileños, el horno argentino MEDIA NARANJA, el horno MISSOURI - de los E.E.U.U. y el horno SCHWARTZ de los europeos. Estos dos últimos requieren de grandes cantidades de cemento y acero en su construcción, por lo que además de ser muy costosos, resultan difíciles de enfriar.

Con respecto a los materiales utilizados en la construcción de hornos para la producción de carbón vegetal, se sabe que el hierro de los hornos metálicos, es un material mucho más homogéneo que la tierra, la piedra y el ladrillo utilizados en hornos rústicos y de mampostería respectivamente (**MORLEY, 1956**). -- Los pesos específicos de los tres últimos materiales, así como - otras de sus propiedades mecánicas se presentan en el **CUADRO VII**.

## CUADRO VII .

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS ENTRE LA PIEDRA CALIZA,  
EL LADRILLO COMUN Y LA TIERRA .

MATERIAL	PESO ES- PECIFICO (t/m <sup>3</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )	ABSORCION DE AGUA (PARTES EN	COEF. DE DILATACION (°C)	MODULO DE RUPTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )
* PIEDRA CALIZA	2.48-2.53	470-665	492,000	a 1/23-1/26	0.0000081	98.4
* LADRILLO COMUN	2	2.8	140,000	1/3	-	-
** TIERRA	1.5	-	-	-	-	-

\* FUENTE: Marks L., S. 1960. "Manual del Ingeniero Mecánico". UTHEA. México.

\*\* FUENTE: Zavaleta G., G. 1970. "Cálculo y construcción de depósitos". CEAC. Barcelona, España.

Es importante mencionar que en México, investigadores han realizado trabajos sobre las ventajas y desventajas que ofrecen - distintos sistemas de carbonización.

**Morales en 1987**, sometió a prueba 3 tipos de hornos para producir carbón vegetal en el Estado de Durango. Los tipos de hornos fueron: uno superficial de tierra, uno de ladrillo y un horno metálico. Utilizando leña de encino en todos los casos -- por ser ésta la más abundante en la región, los resultados demostraron que el rendimiento en el método tradicional de tierra llega a ser hasta 2.4% mayor que en los otros dos sistemas comparados, pero se sacrifica significativamente la calidad del combustible. La característica portátil del horno metálico resultó -- ser muy ventajosa, pero su costo fue mayor y se le calcula una durabilidad de solo 2 ó 3 años.

**Sánchez y Fajardo, en 1989** proponen que la producción de carbón vegetal en hornos fijos a base de ladrillo y arcilla es -- una buena alternativa a otras fuentes de energía y de mercado internacional, ya que este tipo de sistemas, además de que permiten obtener un combustible de buena calidad, son sencillos, fáciles de operar y disminuyen los tiempos y costos de producción.

**Delgado en 1989**, propone una modificación al horno tipo -- "Colmena" de Brasil para obtener carbón vegetal de tipo industrial. El objetivo del trabajo es alcanzar temperaturas de 900° a 1000° para elevar a su vez, la cantidad de carbono fijo contenido en el carbón vegetal.

## 1.8.2. RENDIMIENTO EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL

El rendimiento en la carbonización está dado por la cantidad de leña utilizada para producir 1 m<sup>3</sup> ó 1 kg de carbón medido en la boca del horno. En general, los rendimientos varían de -- acuerdo a tres características principales:

- A) POR EL TIPO DE HORNO: En este caso, los rendimientos reportados son, de un máximo de 15% para los hornos -- rústicos de tierra, de 26 a 31% en hornos metálicos -- (FAO, 1983) y de 35 a 40% en hornos de mampostería (CE TEC, 1982 b).
- B) DE ACUERDO A LA TEMPERATURA DE CARBONIZACION: FAO -- (1985 a), reporta que a 300°C se logra un rendimiento - de 50%, a 400°C es de 40%, entre 500 y 600°C disminuye a 30% y finalmente, a temperaturas alrededor de 1000°C el rendimiento es de aproximadamente 25%.
- C) POR LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LA LEÑA: La hume-- dad, la densidad y el tamaño de la leña son factores - que pueden condicionar el rendimiento en el proceso de carbonización.

Autores como BRITO Y BARRICHELO (1981) y CETEC (1982 b), mencionan que un alto porcentaje de humedad en la leña perjudica el rendimiento y aumenta la friabilidad del carbón.

La densidad de la leña, tiene una relación directa con la densidad del carbón y una relación inversa con la cantidad de -- polvos producidos (**PATIÑO, 1985; MALDONADO, 1983**).

Finalmente, respecto al tamaño de la leña, piezas pequeñas y de dimensiones homogéneas, son fáciles de secar al aire y por lo tanto, el rendimiento en la carbonización tiende a aumentar - (**MALDONADO, 1983; FAO, 1985 a**).

### 1.8.3. CALIDAD Y USOS DEL CARBON VEGETAL

Las características del carbón vegetal tienen gran influencia en su desempeño como combustible y algunos países han llegado a establecer especificaciones oficiales sobre este producto, tal es el caso de E.E.U.U. en el FEDERAL STANDAR STOK CATALOGUE (**MALDONADO, 1983**).

De acuerdo a **FAO (1985 a)**, para determinar la calidad del carbón vegetal se requiere determinar en laboratorio las siguientes características del combustible:

- A) DENSIDAD: Se calcula cuantificando los kilogramos de carbón vegetal que se requieren para llenar una caja con capacidad de  $1 \text{ m}^3$  (**CETEC, 1982 b**).
- B) PODER CALORIFICO: Se define como el número de calorías liberadas en la combustión completa de una unidad de -

masa de combustible sólido y se expresa como Kcal/kg  
(**FAO, 1983**).

- C) **REACTIVIDAD:** Considerada como la velocidad a la cual, a una temperatura dada, el carbón reacciona con un gas - conteniendo oxígeno (**CETEC, 1982 b**).
- D) **FRIABILIDAD:** Es la resistencia que presenta el carbón a fragmentarse y convertirse en polvo (**FAO, 1983; BRITO, 1985**).
- E) **HUMEDAD:** El carbón es un material higroscópico que -- tiende a absorber o perder agua según la humedad relativa del medio ambiente que lo rodea. El contenido de humedad se define como la relación que existe entre el peso del agua que contiene el carbón y el peso anhidro de éste, relación que se expresa como porcentaje (**ROBLES, 1983**).

De acuerdo a la calidad del carbón vegetal, **BRITO (1985)** estableció diversas alternativas de uso, tales como: doméstico, metalúrgico, para gasógeno, para la industria química y como carbón activo.

#### 1.8.4. ASPECTOS ECONOMICOS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL

Uno de los factores más importantes a considerar en la in-

dustria carbonera, es la relación que hay entre la producción y el capital necesario para obtenerla (FAO, 1985 c).

Las actividades que incluyen, desde el derribo del árbol - hasta que la madera es colocada en el horno de carbonización, -- llegan a representar más del 50% del costo del carbón al llegar - al consumidor (CETEC, 1982 b), mientras que según datos de otros autores, el proceso de carbonización constituye sólo un 10% del total de los costos, desde el cultivo del árbol, hasta su transformación en carbón vegetal (FAO, 1985 c).

Brasil es uno de los países que más ha atendido el factor beneficio/costo en la producción de carbón vegetal. Investigaciones en este país han reportado costos de 100 dólares por tonelada de carbón producido en bosques naturales y utilizando hornos de mampostería. Con la misma tecnología, pero con leña obtenida de aserraderos y de plantaciones forestales, los costos respectivos fueron de 88 y 130 dólares por tonelada de carbón producido (CETEC, 1982 b).

La construcción y manejo del horno, forman parte de los -- costos totales, por lo que es importante mencionar, que un horno metálico llega a resultar cuatro veces más costoso que un horno de mampostería (MORALES, 1987).

El precio de una tonelada de carbón vegetal, es en promedio seis veces superior al precio del metro cúbico de leña, sin

embargo, existen muchas fluctuaciones en el costo del carbón al llegar al consumidor, ya que se consideran además, las distancias, el empaque del combustible y su clasificación, así como los salarios y la existencia de precios controlados en los diferentes -- países (CETEC, 1982 b).

En México, LA DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD FORESTAL - (1988) elaboró un documento en donde se establecen los elementos necesarios para calcular el costo en la producción del carbón ve getal. Pocos trabajos hay al respecto, por lo que en nuestro -- país representa un buen avance sobre el área.

Con todo lo anteriormente mencionado, se puede observar - que la importancia de este trabajo no solo radica en proponer un horno de mampostería como alternativa al mayor aprovechamiento - de los combustibles leñosos, sino que además, es una contribu--- ción a la poca información documentada que hay respecto a esta - área en México. Dicha información solo ha sido obtenida en las zonas norte y centro del país, por lo que este trabajo también - resulta un aporte a la investigación energética del sureste de - México.

## II. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Como ya se ha mencionado, la producción de carbón vegetal es una buena alternativa para aprovechar la gran cantidad de residuos de maderas corrientes tropicales que año con año se pierden en -- las áreas forestales de México. Atendiendo a lo anterior, la realización de este estudio tuvo como objetivo general, proponer un horno de mampostería, que utilizando como materia prima a las especies corrientes tropicales y adaptado a las condiciones naturales y socioeconómicas de la zona, permita mejorar las técnicas de carbonización realizadas en hornos metálicos y en hornos de tierra tradicionalmente utilizados en el Estado de Campeche. En comparación a los dos últimos sistemas, el horno de mampostería permitirá:

- \* AUMENTAR LA CANTIDAD DE CARBON VEGETAL PRODUCIDO POR -- UNIDAD DE PESO DE MADERA.
- \* DISMINUIR EL TIEMPO DE CARBONIZACION Y ENFRIAMIENTO.
- \* AUMENTAR LA CALIDAD DEL CARBON VEGETAL EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE TIZON Y POLVO DE CARBON PRODUCIDOS.
- \* EVALUAR LA UTILIZACION DE LOS RECURSOS NATURALES REGIONALES COMO SON LA PIEDRA TZASCAB (CALIZA), EL POLVO -- TZASCAB Y LA TIERRA KANKAB (LUVISOL) EN LA CONSTRUCCION DE HORNOS PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL.

\* DISMINUIR COSTOS DE CONSTRUCCION DE HORNOS PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL.

El horno superficial de mampostería que se propone, puede resultar sencillo de manejar y a un bajo costo para los productos, en comparación con los hornos metálicos y rústicos de tierra.

Finalmente, por medio de este trabajo, también será posible detectar las especies corrientes tropicales, preferidas por los habitantes del Estado para la elaboración de carbón vegetal.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. MATERIALES**

Los materiales utilizados para la realización del presente trabajo incluyen: a) materiales requeridos en la construcción y manejo de cada uno de los hornos y las cuales se detallan en el **CUADRO VIII** y b) las especies leñosas utilizadas como combustibles en los procesos de carbonización, dichas especies se presentan en el **CUADRO IX**.

#### **3.2. METODOS**

La construcción del horno de mampostería propuesto, se llevó a cabo dentro de las instalaciones del C.E. CHINA del INIFAP.

Para cumplir los objetivos de este trabajo, dicho horno de mampostería se sometió a experimentación junto con otros dos sistemas diferentes, un horno metálico y un horno rústico de tierra. El primero, aunque instalado dentro del C.E., fue proporcionado por la empresa industrial CARBOMEX (CARBONES MEXICANOS, S.A.), mientras que el segundo se construyó en el mismo momento de la experimentación por trabajadores del C.E. y por productores de la misma comunidad de CHINA.

## CUADRO VIII.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS HORNOS  
PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">HORNO</div> <div style="text-align: left; margin-top: 5px;">MATERIALES</div> </div>	TIERRA	METALICO	MAMPOSTERIA
PAÑOS DE LAMINA			
NEGRA DE:			
1/8" x 3' x 10'	a b	5 m	
1/4" x 3'	a	2 m	
3/16" x 3' x 10'	c	2 m	
ANGULAR NO			
ACERADO DE:			
1/8" x 2'	a b	14 m	
COLL-ROLLED			
REDONDO DE:			
5/8"	a c	3 m	
PLATINO NO			
ACERADO DE:			
1/16" x 2'	b	8 m	
3/16" x 2'	c	2 m	
TUBO NEGRO CON			
DIAMETRO DE:			
5"	a	0.5 m	
4"	a	9.5 m	
CINTA DE FIERRO			
DE 7.5 cm DE			
ANCHO, 10.5 m DE			
LARGO Y 6 mm DE			
ESPESOR			
	*		1 pza.
FOLLAJE			
	*		*
TIERRA			
	*	*	*
CARRETIILLA	1 pza.	1 pza.	1 pza.
CERNIDOR	1 pza.	1 pza.	1 pza.
PICO			1 pza.
PALAS	2 pzas.	2 pzas.	2 pzas.
MARTILLOS			2 pzas.
HACHAS	2 pzas.	2 pzas.	2 pzas.
CUCHARAS			2 pzas.
MACHETES	2 pzas.	2 pzas.	2 pzas.
CINCELES			2 pzas.
AZADON	1 pza.	1 pza.	1 pza.
CINTA METRICA			1 pza.
COSTALES	50 pzas	50 pzas.	50 pzas.
MALLA METALICA			1 m
MECAHILO	100 m	100 m	100 m
ESCALERA		1 pza.	1 pza.
BASCULA PARA GANADO	1 pza.	1 pza.	1 pza.
MOTOSIERRA	1 pza.	1 pza.	1 pza.
CAL			30 bultos
CEMENTO			6 bultos
PIEDRA CALIZA			*
POLVO DE TZASCAB (ARENA)	*	*	*

<sup>a</sup> material para construir la base del horno.

<sup>b</sup> material para construir la parte superior del horno.

<sup>c</sup> material para construir la tapa del horno.

## CUADRO IX .

## ESPECIES LEÑOSAS CORRIENTES TROPICALES UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CITA BIBLIOGRAFICA
JABIN	<u>Piscidia piscipula</u>	CHAVELAS (1982)
LON - LON	<u>Cordia spp</u>	SOSA (1985)
PICHICHE (GUAYABILLO)	<u>Psidium sartorium</u>	CHAVELAS (1985)
TS'ULUBTOK (PATA DE RES)	<u>Bauhinia divaricata</u>	SOSA (1985)
BALCHE-CEH (COCOITE)	<u>Gliricidia sepium</u>	STANDLEY (1930)
TZALAM	<u>Lysiloma bahamensis</u>	CHAVELAS (1982)
KUXEL	<u>Machaonia lindeniana</u>	SOSA (1985)
YA'AXNIK	<u>Vitex gaumeri</u>	CHAVELAS (1982)
BOXCATZIM (CATZIM NEGRO)	<u>Mimosa hemyendita</u>	STANDLEY (1930)
IK-CHE	<u>Ximenia americana</u>	BASTARRACHEA (1980)
XU'UL	<u>Diospyros spp</u>	BASTARRACHEA (1980)
KANCHUNUP	<u>Thouinia paucidentata</u>	STANDLEY (1930)
<sup>1</sup> ZACATZIM (CATZIM BLANCO)	<u>Mimosa hemyendita</u>	STANDLEY (1930)
CHUKUM	<u>Pithecellobium brevifolium</u>	STANDLEY (1930)
KASCAT (GUACIMO DE MONTAÑA)	<u>Luehea speciosa</u>	CHAVELAS (1982)
<sup>1</sup> PAA-SAK	<u>Simaruba glauca</u>	SOSA (1985)
<sup>1</sup> PERESCUCH (CASCARILLO)	<u>Croton pyramidalis</u>	SOSA (1985)
<sup>1</sup> CHIMAY	<u>Acacia milleriana</u>	STANDLEY (1930)
<sup>1</sup> XKANLOL	<u>Bignonia stans</u>	STANDLEY (1930)
<sup>1</sup> CHOCHCITAM	<u>Capparis oxysepala</u>	STANDLEY (1930)
<sup>1</sup> TZIPCHE	<u>Bunchosia glandulosa</u>	STANDLEY (1930)

<sup>1</sup> Especies leñosas corrientes tropicales utilizadas en muy poca cantidad y con poca frecuencia durante los ensayos de carbonización.

La frecuencia de experimentación de cada uno de los hornos, dependió básicamente de la disponibilidad de personal así como de las condiciones climáticas de la zona, sin embargo, todas las pruebas se llevaron a cabo durante los meses secos del año, para de este modo lograr resultados más homogéneos, que a su vez permitieran una comparación más adecuada entre los tres sistemas (**CUADRO X**).

Finalmente se aplicaron encuestas a 38 comunidades distribuidas en todo el Estado de Campeche, con el fin de obtener un panorama de cómo ha influido la producción de carbón en la alteración forestal y en la situación socioeconómica de las zonas rurales del Estado.

Por medio de las encuestas también fue posible detectar las especies maderables consideradas por los pobladores como adecuadas o inadecuadas para producir carbón vegetal. Las comunidades encuestadas fueron: ZOH-LAGUNA, NUEVO BECAL, 20 DE NOVIEMBRE, XPUJIL, NARCISO MENDOZA, CRISTOBAL COLON, ALVARO OBREGON, CONHUAS, CENTENARIO, ESCARCEGA, CANDELARIA, BENITO JUAREZ, NUEVO COAHUILA, EL CHILAR, EL NARANJO, LUINAL A., ESPERANZA, NUEVO CHONTALPA, XBACAB, CHAMPOTON, BECAL, CALKINI, CONCEPCION, DZIBALCHE, HECEL CHACAN, POMUCH, TENABO, TINUM, SANTA RITA, HOPELCHEN, BOLONCHEN, CHUNCHINTOC, UKUM, BACANCHEN, PICH. CAYAL Y CHINA.

## CUADRO X.

TEMPORADA DE EXPERIMENTACION CON TRES TIPOS DE HORNOS PARA LA PRODUCCION  
DE CARBON VEGETAL EN EL C.E. CHINA EN EL ESTADO DE CAMPECHE .

MES \ AÑO	1987	1988	1989
ENERO			H <sub>2</sub>
FEBRERO		H <sub>1</sub>	H <sub>3</sub>
MARZO		H <sub>2</sub>	
ABRIL			H <sub>3</sub>
MAYO		H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	
JUNIO			
JULIO			
AGOSTO			
SEPTIEMBRE	* H <sub>1</sub>		
OCTUBRE			
NOVIEMBRE	H <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	
DICIEMBRE			
H <sub>1</sub> Horno de Mampostería H <sub>2</sub> Horno Metálico H <sub>3</sub> Horno Superficial de Tierra * Curado del Horno			

### 3.2.1. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO SUPERFICIAL DE TIERRA .

Antes de iniciar la construcción de este horno, los productores buscaron instalarlo en una zona donde la tierra fuera abundante y de consistencia arenosa en la cual se limpió un espacio de alrededor de 6 m que se niveló y compactó.

La base del horno fue constituida por una estructura reticular de troncos delgados que permitiera contribuir a la circulación del aire en el proceso. Posteriormente se apiló la leña en forma piramidal, colocando los trozos más gruesos en el centro y dejando a partir de aquí un canal abierto hacia el exterior, que fue recubierto con material de fácil ignición (tizones, hojas secas, etc.) para permitir el encendido del horno y provocando así una combustión de abajo hacia arriba. Cabe mencionar, -- que se colocó un poste de aproximadamente 2 m de alto en el centro de la pila de leña, para facilitar la acumulación de la madera y darle estabilidad a la estructura, dicho poste se sacó antes de iniciar la combustión para dejar a través de todo el montículo, una abertura central o chimenea, mejorando así la circulación de gas y reduciendo la cantidad de tizones.

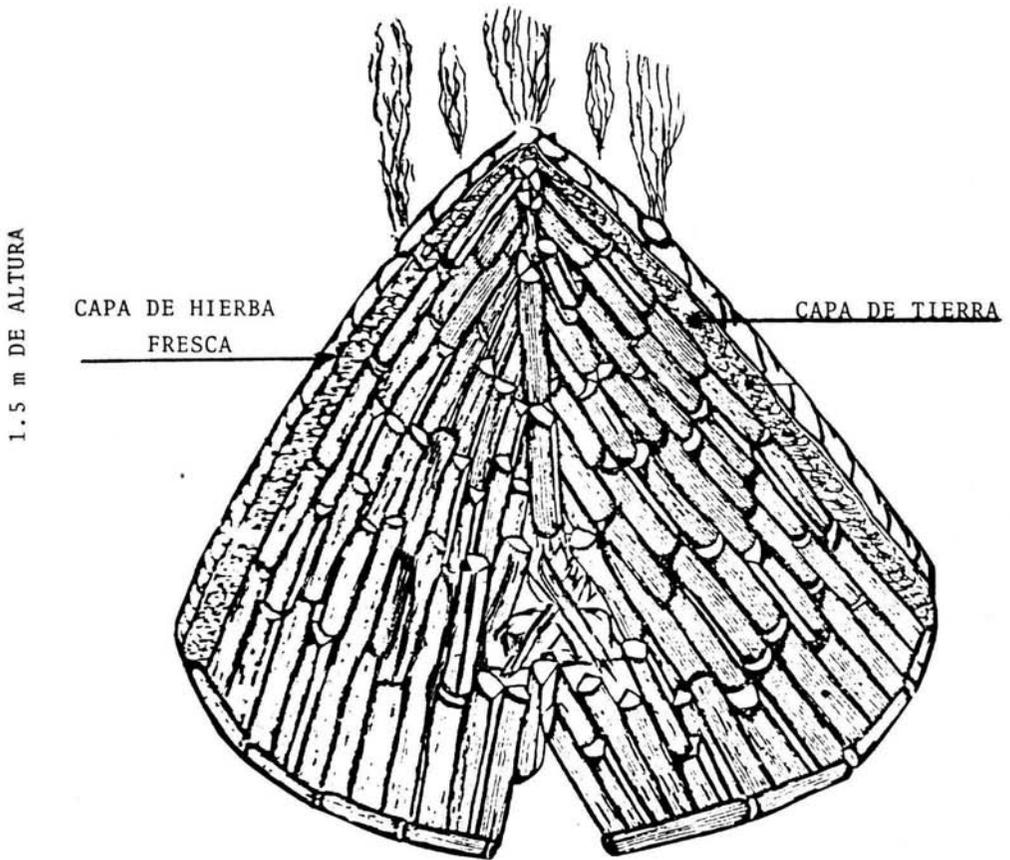
La pila se cubrió con una capa de paja, hojas, pasto, -- etc. y luego se recubrió esta capa con tierra arenosa, sin embargo, antes de ésto se colocó en la punta de la pila una pequeña lámina, con el objeto de evitar que durante el proceso el horno se desfondara. La tierra arenosa se contráe poco con el secado

y así se evita la formación de rajaduras que permitan la entrada de aire.

Después del encendido de la madera, emanaba de la pila un humo denso y blanco, lo que significaba que el fuego se ha generalizado y en el curso de algunos días este humo se volvió azulado y al final de la carbonización prácticamente transparente. Durante el manejo, se registraron las zonas frías o calientes sobre la pila, para cubrir o abrir bocas de aire según conviniere. Una vez concluido el proceso de carbonización se dio paso al enfriamiento, para lo cual se selló completamente el horno con tierra, vigilando que no existieran escapes de aire que pudieran continuar o reiniciar la combustión. Logrado lo anterior, fueron separados los pedazos de carbón vegetal, del polvo y de los tizones, colocándose en bolsas para su venta y/o uso.

El esquema del horno superficial de tierra y las dimensiones con las que fue construido se presentan en la **FIGURA B**.

**FIGURA B. HORNO RUSTICO DE TIERRA TRADICIONALMENTE  
UTILIZADO EN EL ESTADO DE CAMPECHE.**



PUERTA DE ENCENDIDO

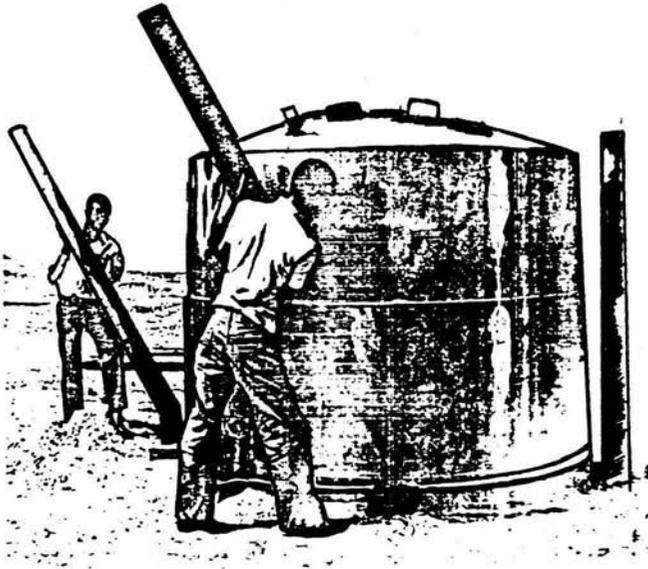
1.5 m DE DIAMETRO

### 3.2.2. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO METALICO TPI

El horno TPI (**FIGURA C**) tiene una capacidad aproximada de  $5 \text{ m}^3$  y se caracterizó por contar con dos secciones principales - de forma cilíndrica y una tapa cónica.

Cada una de las partes cilíndricas cuenta en su borde más alto, con repisas internas que permiten soportar la sección superior y la tapa. Para facilitar el escape de gases y humo, el sistema incluyó ocho tubos de entrada/salida distribuídos en la sección inferior del horno, éstos a su vez están adaptados para soportar una de las chimeneas que fueron colocadas en cada uno de los cuatro puntos cardinales durante la carbonización. En la tapa del horno se distribuyeron cuatro bocas a igual distancia, que contribuyen también a la liberación del vapor.

FIG. C. HORNO METALICO TPI.



FUENTE: FAO. 1983. Métodos simples para la producción de carbón vegetal. Cuaderno Técnico, No. 41. Estudio Montes. -- Roma, Italia.

Antes de iniciar el manejo del horno TPI, éste se estableció en un lugar plano, libre de obstrucciones y con espacio suficiente para el manejo de la leña y el carbón, además se dispuso de tierra arenosa para sellar las filtraciones de aire que se detectaran.

La carga del horno se realizó con madera de 45 a 60 cm de largo y aproximadamente 20 cm de diámetro. Este proceso se completó primero en la sección inferior, para posteriormente colocar el cilindro superior, continuar con el llenado y finalmente colocar la tapa. Al iniciar la carga del horno, los trozos quedaron dispuestos en forma reticulada para facilitar con esto la circulación de gases en el interior. Los canales se mantuvieron libres de obstrucciones y a una cierta distancia del horno para evitar recalentamientos en la pared del mismo. También en este momento se seleccionaron cuatro puntos de encendido del borde hacia adentro, colocando entre la primera capa de leña, material de fácil ignición como varas secas, papel, aceite usado, etc.

Una vez cargado el cilindro inferior, se colocó sobre la repisa de apoyo, el cilindro superior, completando la carga hasta que se formó un cono arriba de su borde, pero al mismo tiempo permitiendo que la tapa fuera colocada sin problema.

Para iniciar la combustión se aplicó una llama a los cuatro puntos de encendido, asegurando que todas las bocas de vapor estuvieran abiertas. Las zonas expuestas al viento no fue--

ron encendidas hasta que estuvo bien encendido el lado opuesto, pues de lo contrario la carbonización no sería homogénea a causa de fuertes diferencias de temperatura en las paredes del horno. La quema fue libre hasta que la sección inferior se volvió tan caliente que no podía permanecer cerca del horno, es en este momento cuando se selló la unión entre las secciones principales con tierra arenosa y se colocaron las chimeneas, que de ocho a diez horas después del encendido fueron trasladadas a los conductos de aire adyacentes, para de esta manera lograr una mayor homogeneidad en la quema. Durante todo el período de la carbonización se intentó mantener uniforme la temperatura, abriendo o -- bloqueando los conductos de aire. La carbonización se completó cuando el color del humo en todas las chimeneas adquiría un color azulado y su aspecto era casi transparente.

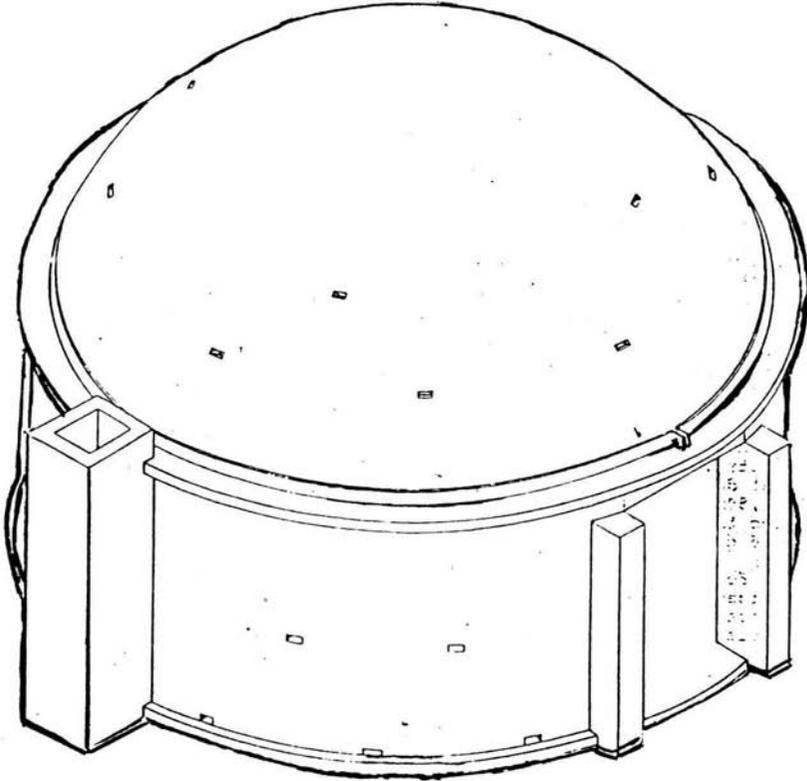
Una vez logrado el enfriamiento, se procedió a abrir el horno e iniciar la descarga en el cilindro superior. Este proceso se realizó de manera cuidadosa, ya que existe el riesgo de -- que se produzcan fuegos internos que además de las pérdidas en la producción pueden causar serios daños a la estructura del horno.

### 3.2.3. CONSTRUCCION Y MANEJO DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

El horno de mampostería propuesto (**FIGURAS D y E**), se constituyó por paredes cilíndricas y un techo de bóveda con una capacidad total de  $12 \text{ m}^3$  y para guardar la cantidad de  $5 \text{ m}^3$  de le-

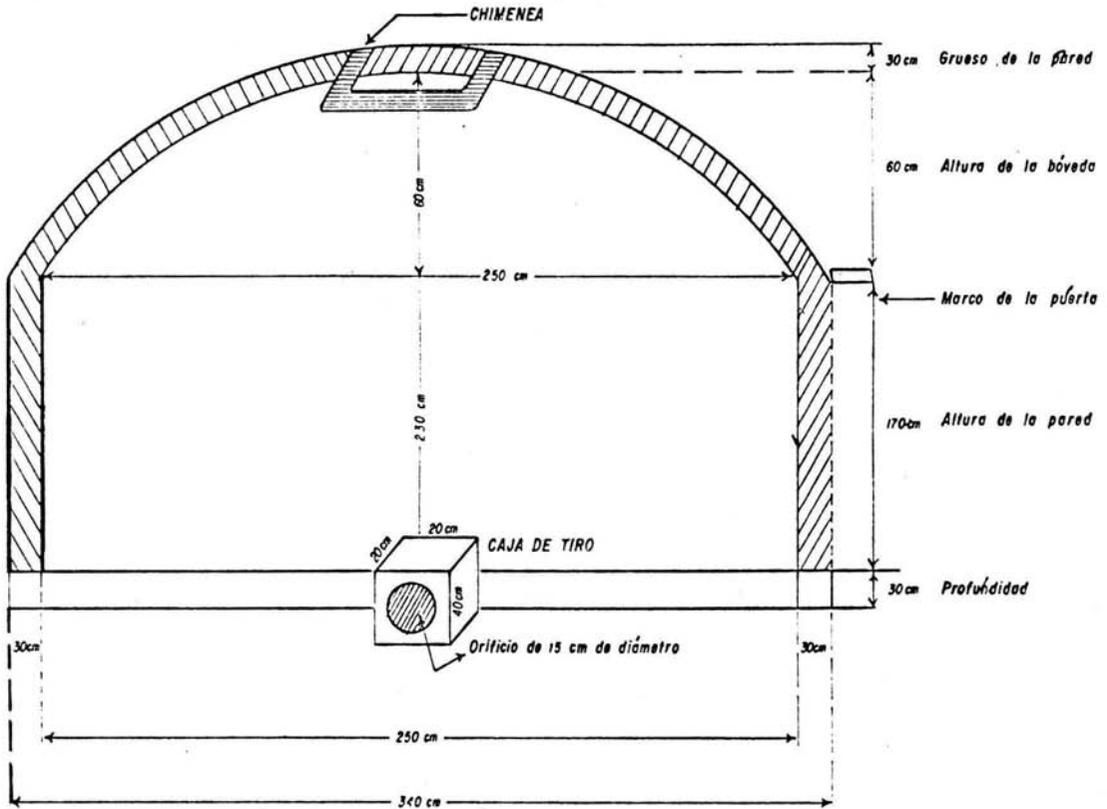
FIGURA D.

HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA CONSTRUIDO EN EL C.E. CHINA.



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carbonizacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

**FIGURA E.**  
**DIMENSIONES DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA**  
**CONSTRUIDO EN EL C.E. CHINA.**



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construção de Fornos de Carbonização. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

ña, considerando que ésta tiene aproximadamente la misma altura de la camisa o cilindro del horno.

La construcción y manejo del horno superficial de mampostería incluyó varias etapas, las cuales se basan en lo recomendado por **CETEC (1982 a)** y **FAO (1983)** respectivamente. Estas etapas fueron:

A) SELECCION Y PREPARACION DEL TERRENO .

El horno de mampostería fue construido en una zona plana y amplia del C.E., con el objeto de facilitar el apilado de la leña y el carbón, así como la maniobra de los camiones.

B) DELIMITACION DEL TERRENO

El señalamiento de la base del horno, se realizó después de que el terreno fue nivelado. Para marcar la base del horno se clava en el centro del lugar donde será construido, una estaca de madera a la cual se le amarra un alambre. El alambre debe quedar flojo para girar alrededor de la estaca. Posteriormente se restira el alambre aproximadamente 1.55 m de la estaca y se amarra un cincel. Con el alambre restirado, se camina alrededor de la estaca marcando el suelo con el cincel. Enseguida se repite la operación con el cincel amarrado a 1.25 m de la estaca.

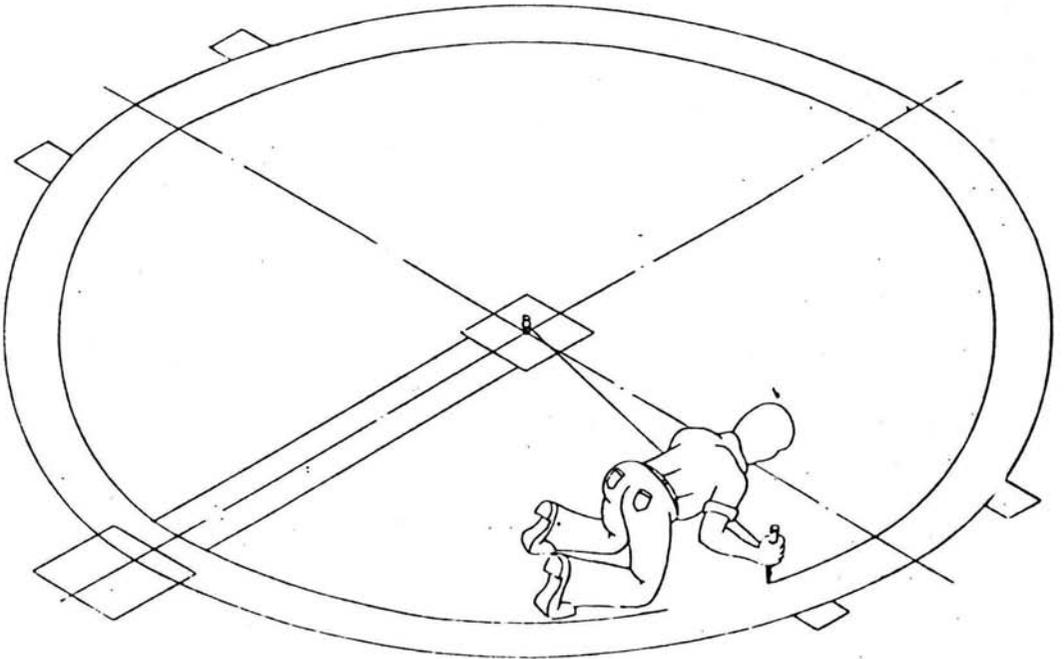
En el centro del horno, se marcó un cuadro de 20 cm del lado donde fue construída la caja de tiro de la chimenea, delimitándose además el canal que las unió. En la base de la chimenea, también se marcó un cuadro de 30 cm del lado, lo que señaló la superficie que esta estructura ocupaba dentro del horno. (**FIGURA F**).

### C) CONSTRUCCION DE LA PARED CILINDRICA

La periferia del terreno fue cavada a 30 cm del nivel del suelo, para posteriormente construir los cimientos del horno (**FIGURA G**). En esta etapa como en las restantes, el asentamiento de las piedras calizas requirió de una mezcla a base de polvo de tzascab (arena) y una ligera cantidad de cemento, apenas la suficiente para permitir una adhesión confiable en la estructura del horno. También se utilizó poca cantidad de mezcla, para de esta manera evitar las fugas de aire, además de que se facilita el mantenimiento y se da mayor posibilidad de duración al sistema.

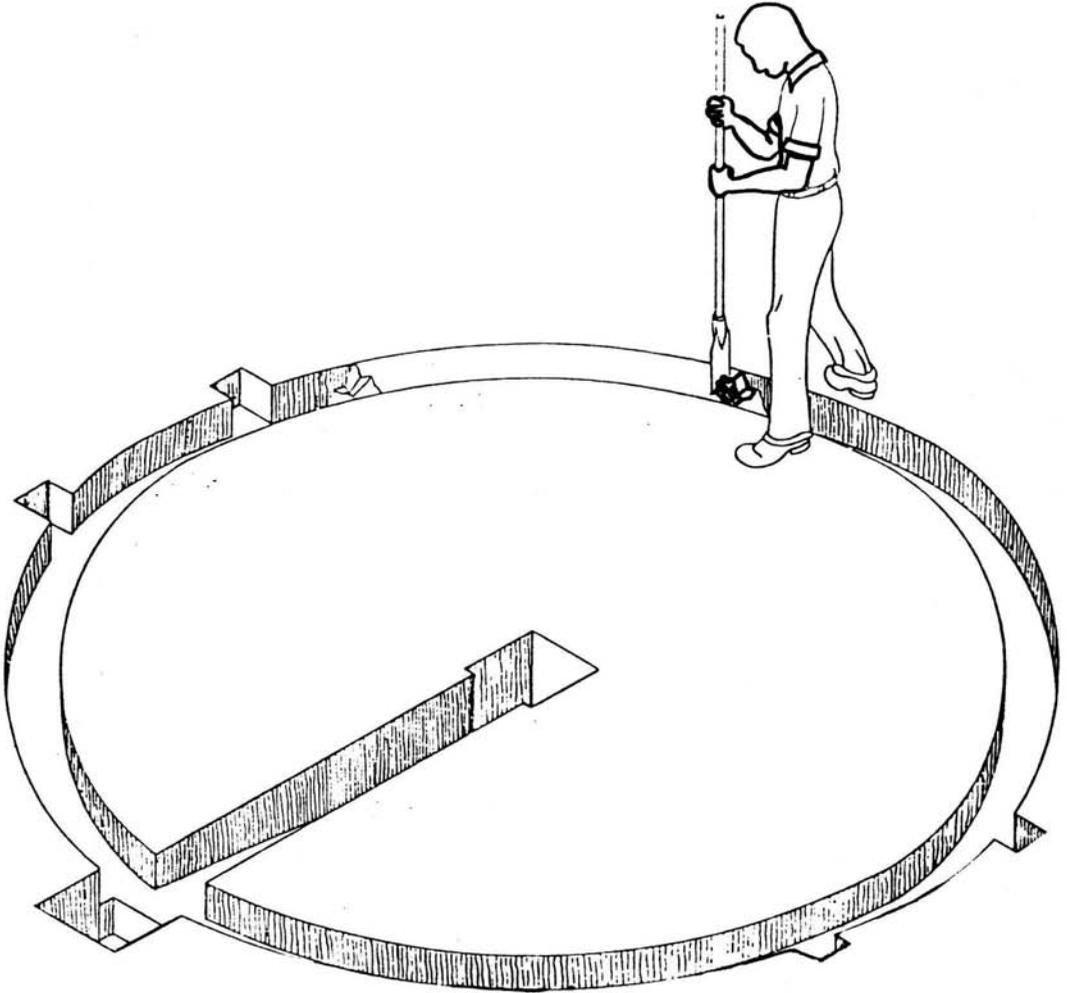
Por cuestiones prácticas, la caja de tiro y la chimenea fueron cavadas hasta después de haberse construído la bóveda del horno. En el caso de la caja de tiro, ésta se cavó con un desnivel de 10 cm y durante las carbonizaciones se cubría con una malla metálica para evitar que pedazos de carbón cayeran a la caja y se dificultara el paso de los gases. La chimenea también fue cavada y posteriormente revestida con trozos de piedra (**FIGURA H**).

**FIGURA F.**  
**DELIMITACION DEL TERRENO.**



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carbo-  
nizacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

**FIGURA G.**  
**EXCAVACION EN LA PERIFERIA DEL TERRENO .**



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carboni-  
zacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

FIGURA H. CIMENTACION DE LAS PAREDES Y LA CHIMENEA EN EL HORNO.

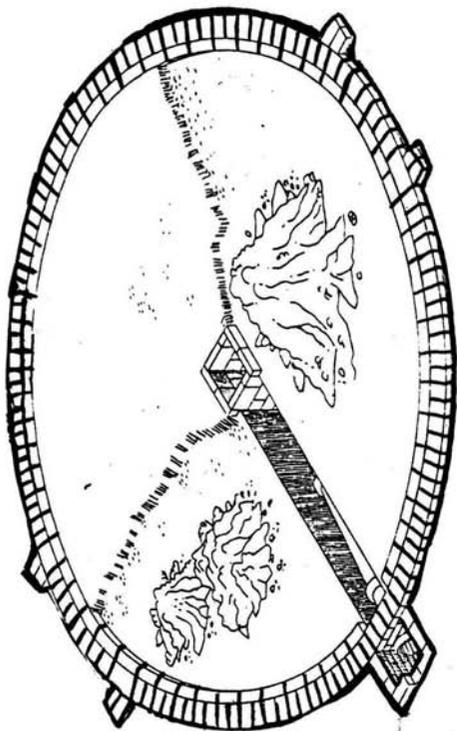
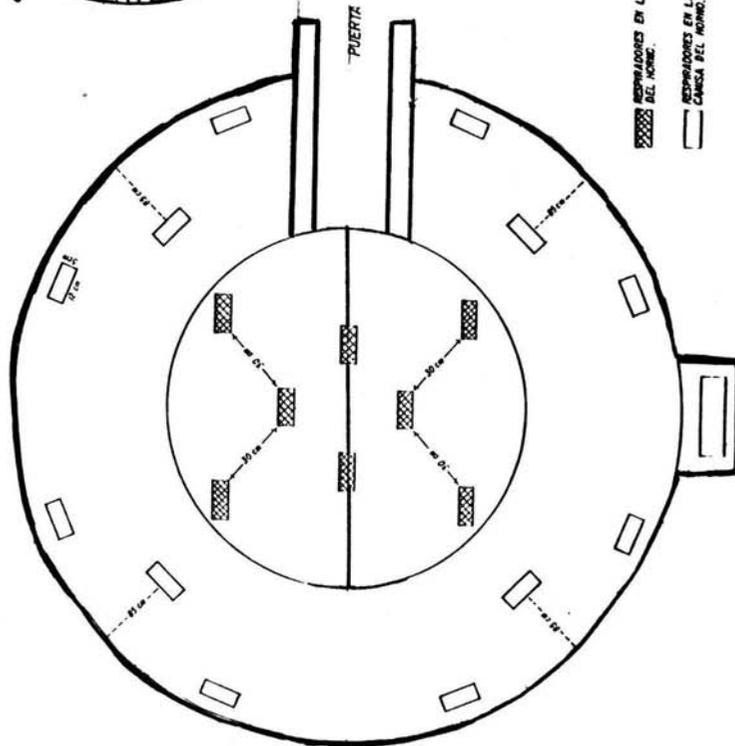


FIGURA I. DISTRIBUCION DE LOS RESPIRADEROS EN EL HORNO.

FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carbonizacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

Los respiraderos o ventanillas, distribuidos tanto en la pared cilíndrica como en la bóveda, fueron abiertos solo hasta - después de haberse terminado la construcción del horno. (**FIGURA I**).

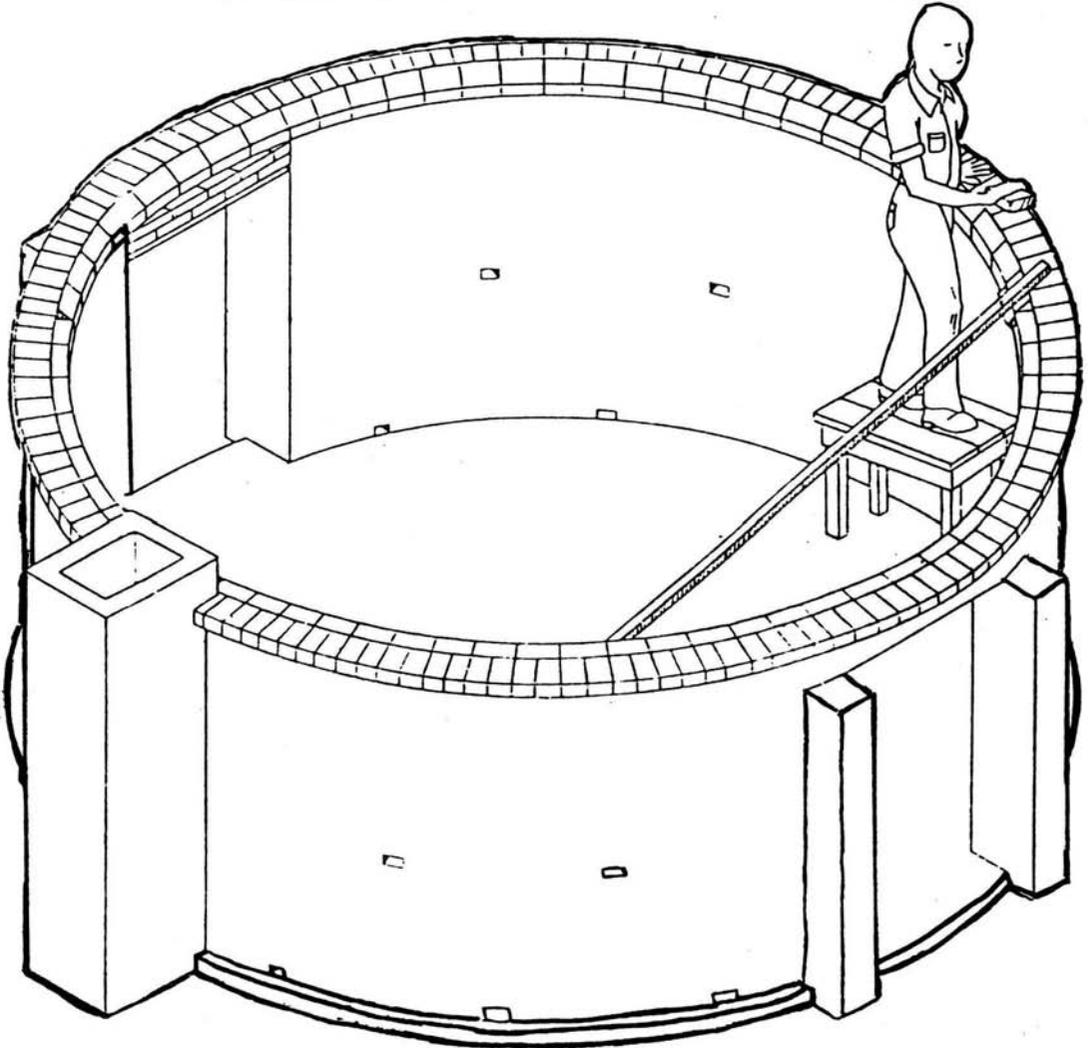
La puerta es un punto crítico del horno en términos de durabilidad, pues sus lados están sujetos a golpes frecuentes du--rante la carga y descarga, por este motivo su marco fue refórza--do.

#### D) CONSTRUCCION DE LA BOVEDA

Aunque en este caso resulta útil la ayuda de un rectificador, aquí el instrumento fue substituído por la habilidad del --personal encargado, debido a la irregularidad en la forma de la - piedra utilizada (**FIGURA J**). Después de levantar los primeros - 30 ó 40 cm de la bóveda, se ajustó la cinta de fierro plano para dar a esta parte del horno mayor firmeza. Esta cinta consta de cuatro partes iguales unidas por tornillos para formar un anillo con diámetro aproximado de 3.10 m. Durante la construcción y a cada 30 cm levantados de la bóveda, las roscas de los tornillos que unen a las cuatro partes de la cinta, fueron ligeramente --apretadas (**FIGURA K**).

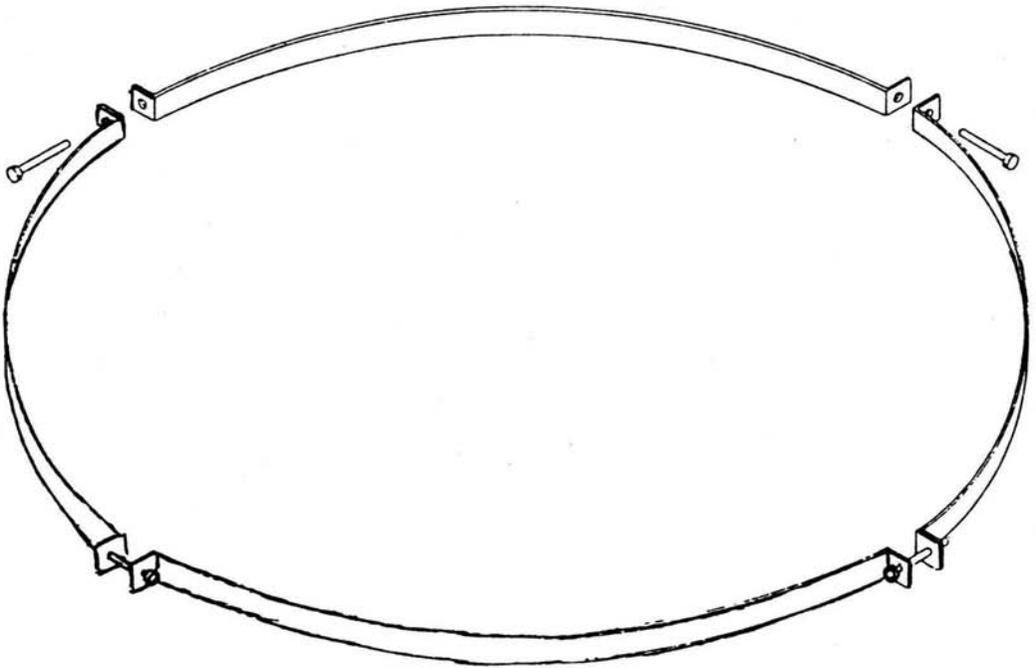
Es importante mencionar que la mezcla utilizada en la --construcción de la bóveda incluyó menos polvo de tzascab (arena), con el fin de facilitar aún más el asentamiento de las piedras.

**FIGURA J.**  
**ASENTAMIENTO DE LA PRIMERA HILADA DE PIEDRA**  
**EN LA BOVEDA DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA.**



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carbonizacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

**FIGURA K.**  
**DETALLE DE LA CINTA DE FIERRO .**



FUENTE: CETEC. 1982. Manual de Construcao de Fornos de Carboni-  
zacao. Pub. Tec. No. 7. Belo Horizonte, Brasil.

## E) REVESTIMIENTO DEL HORNO

Conforme a lo recomendado por **FAO (1983)**, la capa de re-vestimiento tanto interna como externa en el horno de mamposte-  
ría, fue apenas suficientemente gruesa para cubrir las imperfec-  
ciones de la piedra y las fallas en las uniones. Los materiales  
utilizados para formar la capa de revestimiento fueron polvo de  
tzascab (arena) y tierra kankab (luvisol), en proporción 2:1 are-  
na/tierra. La elección de esta proporción fue el resultado de -  
diversas observaciones hechas durante las primeras pruebas de --  
carbonización en donde se utilizaron otras proporciones de los -  
mismos materiales. Además del anterior revestimiento y para evi-  
tar fugas, el horno fue recubierto externamente con una mezcla -  
de cal y cemento, también en proporción 2:1 respectivamente.

## F) CURA DEL HORNO

El horno superficial de mampostería fue sometido a dos --  
"curados" utilizando en ambos, leña de TZALAM (Lysiloma bahamen--  
sis) JABIN (Piscidia piscipula), YA'AXNIK (Vitex gaumeri), CHU--  
KUM (Pithecellobium brevifolium) y XU'UL (Diospyros spp). Este  
proceso se realiza antes de iniciar las primeras carbonizaciones  
y tiene el fin de evitar daños serios en la estructura del horno  
por cambios bruscos de temperatura.

## G) MANTENIMIENTO

El "lavado" periódico del horno, fue una de las principales

técnicas de mantenimiento. El "lavado" se hizo con una mezcla de consistencia lechosa, a base de cal y agua y en otros casos a base de una mezcla de tierra y agua con la consistencia de un lodo. La aplicación sobre el revestimiento del horno tiene la finalidad de tapar las grietas que normalmente aparecen durante la carbonización, impidiendo así la entrada de aire a través de ellas. Con el tiempo y cuando la capa de revestimiento se tornaba muy gruesa, ésta era retirada y rehecha.

La estructura de la caja de tiro y la chimenea se mantuvieron en buenas condiciones y limpias después de cada carbonización.

Las piedras dañadas fueron substituídas en cualquier parte del horno a la vez que los lados de la puerta y los respiraderos recibieron una atención especial, ya que en ellos se presentó un desgaste más acentuado de la mampostería.

#### H) OPERACION DEL HORNO

La operación del horno de mampostería, se inició llenando el área cilíndrica del horno con leña dispuesta en forma vertical; la leña más seca, fue apartada y acomodada horizontalmente en la bóveda con el fin de aprovechar al máximo la capacidad volumétrica del horno.

El encendido se hizo por la parte superior de la puerta, -

para lo cual, antes de encender el horno, la entrada fue cerrada parcialmente levantando de manera burda un muro con el mismo material de construcción, de tal forma que en el momento de la descarga, el muro pudiera derribarse fácilmente.

La propagación del fuego se dio de arriba hacia abajo y - el aspecto del humo emanado fue un indicador importante para la conducción de la carbonización; inicialmente el humo apareció -- blanco y denso para pasar a ser azulado y casi transparente en - las zonas donde se había concluido el proceso, mismas que fueron selladas progresivamente.

El avance de la carbonización se detectó probando la temperatura externa de la pared y con inspecciones visuales, utilizando una vara larga de fierro o madera.

Asegurado el final de la carbonización en todo el horno, además de los respiraderos, la chimenea también fue sellada y el horno sometido a un "lavado" para impedir la entrada de aire durante el enfriamiento. Cuando se logró un suficiente enfriamiento (aproximadamente 60°C en las paredes externas) se procedió a derribar la puerta y descargar el horno.

Es importante señalar, que en el horno superficial de mampos terría al igual que en el horno metálico, la mezcla utilizada para el sellado de los respiraderos y de cualquier fuga, fue la misma que la utilizada para el revestimiento del horno, es decir, polvo

de tzascab (arena) y tierra kankab (luvisol), en proporción 2:1 respectivamente.

### 3.2.4. PARAMETROS EVALUADOS EN EL ESTUDIO

Con el objeto de determinar el grado de eficiencia en cada uno de los tres tipos de hornos sometidos a experimentación, se consideraron las siguientes características:

#### A) FACILIDAD DE CONSTRUCCION

Aquí se consideró por un lado, la disponibilidad de los materiales en el medio ambiente del productor, la inversión económica que éste tiene que hacer para adquirirlos y finalmente, que tan fácil le resulta manejarlos. Por otro lado se evaluó el nivel técnico que se requiere para construir el horno, así como los días necesarios para llevar a cabo dicha construcción.

#### B) FACILIDAD DE MANEJO Y MANTENIMIENTO

Esta característica se evaluó en base al número de jornales invertidos por tonelada de carbón, así mismo, se consideró el nivel de capacitación requerido en el personal empleado en esta etapa, así como la sencillez del horno y el riesgo que éste último representa para el productor durante su manejo.

#### C) TIEMPO DE CARBONIZACION Y ENFRIAMIENTO

El tiempo de carbonización se inicia en el momento en que el horno es encendido y culmina cuando el horno es sellado com--

pletamente para dar inicio al tiempo de enfriamiento, que a su vez concluye cuando el horno alcanza en su exterior una temperatura aproximada de 60°C.

#### D) DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DEL HORNO

En esta etapa se hicieron inspecciones visuales en la estructura de los hornos después de cada carbonización y clasificando el daño como: nulo, bajo, medio o alto. Lo anterior, partiendo de la condición en la que se encontrara el horno antes de dicha carbonización.

#### E) PRODUCCION DE CARBON EN BASE AL PESO DE LA MADERA EMPLEADA

Aquí se llevó a cabo un registro de los kilogramos de carbón obtenidos por cada tonelada de leña introducida en el horno, este valor se obtuvo con la ayuda de una báscula para pesar ganado con capacidad de 1 t. En esta evaluación también se consideró a la especie y algunas características físicas de la leña empleada, tales como dureza, tamaño y humedad.

#### F) CALIDAD DEL CARBON OBTENIDO

En esta etapa se consideró el porcentaje de tizón y polvo de carbón obtenido después de cada carbonización. Una vez enfriado el horno, la puerta era derribada para dar lugar a la descarga, etapa en la que el tizón era separado y pesado, mientras que

el carbón se transportaba directamente de la puerta del horno a un cernidor con una malla cuadrículada de 10 mm. El polvo de carbón resultante, fue embolsado y pesado por separado al igual que el tizón, en una báscula para pesar ganado con capacidad de 1 t. Se determinaron los kilogramos obtenidos por cada tonelada de leña utilizada en el proceso y al igual que en el caso anterior, se consideró la especie y algunas características físicas de esta leña.

#### G) COSTOS DE PRODUCCION Y MANEJO

Se obtuvo llevando un registro de la cantidad y precio del material de construcción utilizado, así como de los jornales requeridos en estas dos etapas.

#### 3.2.5. METODO PARA EL ANALISIS DE LA INFORMACION

La eficiencia del horno superficial de mampostería con respecto al horno rústico de tierra y metálico fue evaluada comparando directamente los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros considerados.

Por otro lado, la información biológica y socioeconómica levantada por medio de encuestas en las diversas comunidades del Estado, es presentada a modo de resumen, con el fin de facilitar su análisis.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. FACILIDAD DE CONSTRUCCION

###### A) HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA

Para estructurar este horno se utilizaron los recursos naturales de la región, así como la herramienta tradicional comúnmente empleada por los productores en sus actividades agrícolas. En cuanto al personal, se requirió la ayuda de tres trabajadores de campo conocedores de la técnica, los cuales invirtieron un -- jornal en la construcción de este horno. Posteriormente se tomaron datos con un productor de carbón en la comunidad de CHINA, - en este caso, los resultados fueron los mismos que los obtenidos en el horno de tierra construido en el C.E. CHINA (CUADRO XI).

###### B) HORNO METALICO

El material para la construcción de este horno, fue adquirido en el Estado de Yucatán por la empresa CARBOMEX y la mano de obra fue encomendada a una herrería en el Estado de Campeche, la cual invirtió 90 jornales (3 meses) para su construcción, -- con la ayuda de tres personas especializadas en el manejo y fundición de metales. Por otro lado, la instalación del horno metálico TPI en el C.E. se realizó en 1 h, también con la ayuda de tres personas (CUADRO XI).

CUADRO XI.

FACILIDAD DE CONSTRUCCION DE TRES TIPOS DE HORNOS  
PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL .

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>TIPO DE HORNO</span> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>CONCEPTO</span> </div> </div>	HORNO RUSTICO DE TIERRA	HORNO METALICO TPI	HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA
DISPONIBILIDAD DEL MATE- RIAL DE CONSTRUCCION	Alta	Baja	Alta
CARACTERISTICAS DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA	Sencilla	Sofisticada	Sencilla
CANTIDAD DE PERSONAL EMPLEADO	3 trabajadores	3 trabajadores	3 trabajadores
CAPACITACION DEL PERSONAL EMPLEADO	No	Sí	No
TIEMPO REQUERIDO PARA LA CONSTRUCCION	1 jornal	90 jornales	60 jornales
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	Alta	Baja	Alta

### C) HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

La construcción de este sistema resultó ser muy sencilla, utilizándose básicamente recursos naturales de la región, así como cemento y cal. Al igual que en el horno rústico de tierra, - la herramienta fue la tradicionalmente empleada por los productores en sus actividades agrícolas y se requirieron de 60 jornales, trabajados por dos personas, una de ellas con conocimientos básicos de albañilería (**CUADRO XI**).

## 4.2. FACILIDAD DE MANEJO Y MANTENIMIENTO

### A) HORNO RUSTICO DE TIERRA

La estructura de este tipo de horno es sencilla y aunque su mantenimiento solo consiste en agregar tierra constantemente con el fin de impedir al máximo la entrada de aire, su manejo resultó riesgoso, ya que por la acción del viento el horno llegaba a desfondarse, causando quemaduras al productor.

Inicialmente el horno rústico era descargado a la luz del día, pero posteriormente se optó por hacerlo durante las madruga

das o las noches, ya que frecuentemente no eran detectados trozos de carbón o tizón prendidos, lo que ocasionaba pequeños incendios, a veces difíciles de sofocar y que finalmente causaron una pérdida en la producción.

En base a lo anterior se pudo observar que conviene mantener de dos a tres personas de tiempo completo en la vigilancia -- del proceso de carbonización, ya que existe un constante riesgo -- de combustión hasta los últimos momentos (**CUADRO XII**).

#### B) HORNO METALICO TPI

El manejo de este horno se hizo difícil en principio, porque no se contó con un personal especializado. Sin embargo, independientemente de este hecho, en este sistema no es posible seguir adecuadamente el avance de la carbonización, además de que -- el metal tiene una elevada capacidad conductora de calor, motivo por el cual al abrir o cerrar los conductos de aire en el horno, fue importante tener un gran cuidado por parte de los product--ores, los cuales se vieron en la necesidad de utilizar botas, overoles y guantes de carnaza con el fin de evitarse quemaduras.

El mantenimiento de este horno metálico consistió en lim--piar por raspado y después de cada proceso, todos los ductos de --aire y las juntas entre las tres partes principales del horno, ya que en estas zonas se acumula el alquitrán y otros productos -- secundarios de la carbonización. Estos productos, con el tiempo

se endurecieron y dificultaron tanto el paso como el sellado del aire en el horno.

El manejo requirió de dos personas con dos jornales cada una para la carga; dos personas con dos jornales cada una para la descarga y solo una persona con dos jornales para la vigilancia del proceso (**CUADRO XII**).

### C) HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

La sencillez de este tipo de horno así como la presencia de una chimenea y de ventanillas o respiraderos en toda su estructura, facilitó el seguimiento de la carbonización y consecuentemente fue posible controlar mejor el proceso.

El material de construcción, es decir, la piedra caliza, el polvo tzascab y el barro, resultaron más aislantes al calor que el metal y la tierra utilizados en los dos sistemas anteriores. Esto proporcionó a los productores una mayor seguridad en su trabajo, disminuyendo en gran medida el riesgo de accidentes por quemaduras.

El mantenimiento después de la descarga también resultó muy sencillo y como ya se ha mencionado, consistió en revocar las paredes internas con una mezcla de proporción 2:1 tzascab/tierra respectivamente.

## CUADRO XII .

## FACILIDAD DE MANEJO Y MANTENIMIENTO DE TRES TIPOS DE HORNOS PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL .

TIPO DE HORNO CONCEPTO	RUSTICO SUP. DE TIERRA	METALICO TPI	SUP. DE MAMPOSTERIA
CAPACITACION DEL PERSONAL	No	Sí	No
SENCILLEZ DEL HORNO	Alta	Baja	Alta
GRADO DE RIESGO	Alto	Alto	Bajo
FACILIDAD DE MANEJO Y MANTENIMIENTO	Media	Media	Alta
JORNALES REQUE- RIDOS PARA LA CARGA	1	4	4
JORNALES REQUE- RIDOS PARA LA LA DESCARGA	-	4	4
JORNALES REQUE- RIDOS PARA LA VIGILANCIA	26	2	2
JORNALES REQUE- RIDOS PARA OB- TENER 1 t DE CARBON VEGETAL	172	41	40

Para el manejo de este sistema, se necesitaron al igual - que en el horno metálico, dos personas con dos jornales cada una para la carga; dos personas con dos jornales cada una para la -- descarga y una persona con dos jornales para la vigilancia del - proceso (**CUADRO XII**).

#### **4.3. TIEMPO DE CARBONIZACION Y ENFRIAMIENTO**

##### A) HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA

El horno de tierra establecido en el área del C.E. y con una dimensión de 1.30 m de alto y 2.5 m de diámetro, requirió de 72 h para el proceso de carbonización y de 144 h (6 días para su enfriamiento). En la comunidad de CHINA, donde fue construido - otro horno de tierra por un carbonero de la zona, éste tuvo una dimensión de 2 m de alto por 4 m de diámetro y requirió de un pe ríodo de 120 h para la combustión de la leña, mientras que el en friamiento se completó en 72 h (**CUADRO, XIII**).

##### B) HORNO METALICO

Una vez entendido el manejo del horno metálico TPI, fue - posible obtener resultados muy satisfactorios en lo que se refie re a tiempo de carbonización y enfriamiento, los cuales fueron - de 14 y 72 h respectivamente, como se aprecia en el **CUADRO XIII**. Estos datos coinciden bien con la alta producción de carbón re-- sultante en el mismo proceso.

**CUADRO XIII .**  
**TIEMPOS DE CARBONIZACION Y ENFRIAMIENTO EN DIFERENTES TIPOS**  
**DE HORNOS EXPERIMENTADOS POR EL CIFAP - CAMPECHE .**

TIPO DE CONCEPTO (HORAS)	*HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA (1)	*HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA (2)	HORNO METALICO TPI			HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA			
			1°	2°	3°	1°	2°	3°	4°
TIEMPO DE CARBONIZACION	72	120	8	36	14	168	40	26	72
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	144	72	48	72	72	96	48	72	72

\* (1) Horno Rústico manejado por trabajadores del C.E. CHINA en el CIFAP-CAMPECHE.  
 \* (2) Horno rústico manejado por un productor de carbón en la comunidad de CHINA, CAMPECHE.

**CUADRO XIV .**  
**RELACION DEL MATERIAL UTILIZADO EN EL MANEJO Y MANTENIMIENTO**  
**DE LOS HORNOS CON EL GRADO DE DAÑO ESTRUCTURAL .**

TIPO DE CONCEPTO HORNO	HORNO METALICO TPI			HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA			
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	4°
MATERIAL UTILIZADO EN EL REVOCADO INTERNO	-	-	-	Barro	Tzascab-Cal	Barro	Barro
MATERIAL UTILIZADO EN EL REVOCADO EXTERNO	-	-	-	-	Cal	-	Tzascab
MATERIAL UTILIZADO EN EL SELLADO DE RESPIRADEROS	Tzascab	Tzascab	Tzascab- Ceniza 1:1	Kankab	Tzascab- Kankab 2:1	Tzascab- Kankab 2:1	Tzascab- Kankab 4:1
FUGAS DE AIRE	Baja	Baja	Nula	Alta	Nula	Baja	*Media
DAÑO A LA ESTRUCTURA DEL HORNO	Baja	Baja	Baja	Media	Nula	Baja	Baja

\* El aumento de fugas se atribuye a causas de manejo y no del material.

### C) HORNO DE MAMPOSTERIA

Al igual que el horno metálico, el horno de mampostería - requirió de ensayos previos para relacionarse con su manejo, sin embargo, en las mejores condiciones se logró obtener un tiempo - de carbonización de solo 40 h, con un período de enfriamiento -- también muy adecuado de 48 h (**CUADRO XIII**).

#### **4.4. DAÑOS A LA ESTRUCTURA DEL HORNO CAUSADOS POR LOS PROCESOS - DE CARBONIZACION**

Esta característica solo es posible evaluarla en hornos - metálicos y de mampostería, ya que en estos sistemas el mismo ma - terial está sujeto a frecuentes manejos y temperaturas, no suce - diendo así con los hornos rústicos donde prácticamente en cada - proceso de carbonización la tierra y las hierbas utilizadas para formarlos son renovadas. En este estudio se pudo detectar que - hay una fuerte relación entre la resistencia estructural del hor - no de metal y de mampostería con el material utilizado para su - manejo y mantenimiento. Los resultados detallados se presentan en el **CUADRO XIV**.

#### **4.5. PRODUCCION DE CARBON VEGETAL EN BASE AL PESO Y A LA ESPECIE DE LERA UTILIZADA**

##### A) HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA

Para el horno rústico superficial de tierra construido en

el área del C.E., la producción resultó del 14% utilizando 3,500 kg de leña, principalmente JABIN (Piscidia piscipula). Esta especie fue elegida, debido a su dominancia en el lugar específico - donde se decidió establecer este sistema de carbonización. En lo que se refiere al horno rústico de tierra manejado por carboneros de la comunidad de CHINA, la producción resultó de 15% utilizando 3,397 kg de leña perteneciente casi en su totalidad a las mismas especies carbonizadas en el caso anterior, a excepción de la leña de TINTO (Haematoxylon campechianum). La relación entre las características de la leña utilizada y la producción de carbón vegetal obtenida se puede analizar a partir del **CUADRO XV**.

#### B) HORNO METALICO TPI

Para este sistema se obtuvo durante los tres ensayos realizados una producción mínima de 10% a partir de 2,490 kg de leña - y una producción máxima de 24% a partir de 3,098 kg de leña. En ambos casos, la mezcla de leña utilizada estuvo constituida por -- las especies presentadas en el **CUADRO XVI**.

#### C) HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

En este horno se obtuvieron rendimientos mínimos de 5% y máximos de hasta 25% de carbón vegetal, a partir de 3,000 kg de leña aproximadamente. El nombre y características de las especies utilizadas, así como la producción obtenida en cada uno de los ensayos a los que fue sometido el horno de mampostería, se presentan en el **CUADRO XVII**.

## CUADRO XV.

PRODUCCION DE CARBON VEGETAL, TIZON Y POLVO DE CARBON OBTENIDOS EN LOS HORNOS RUSTICOS SUPERFICIALES DE TIERRA CONSTRUIDOS TANTO EN EL C. E. COMO EN LA COMUNIDAD DE CHINA, CAMPECHE.

	ESPECIE DE LEÑA UTILIZADA		DUREZA DE LA LEÑA	DIMENSIONES DE LA LEÑA (m)	GRADO DE HUMEDAD DE LA LEÑA	PRODUCCION DE CARBON VEGETAL POR TON. DE LEÑA (%)	PRODUCCION DE TIZON POR TON. DE LEÑA (%)	PRODUCCION DE POLVO DE CARBON POR TON. DE LEÑA (%)
	NOMBRE CIENT.	NOMBRE COMUN						
1	HORNO A	<u>Piscidia piscipula</u> <u>Psidium sartorium</u>	Dura Dura	0.30 de diámetro y 0.60 de largo	Seca Seca	14	7	0.5
2	HORNO B	<u>Haematoxylon campechianum</u> <u>Piscidia piscipula</u> <u>Psidium sartorium</u>	Dura Dura Dura		Verde	15	4.5	0.4

1 Horno construido en el C. E. CHINA del CIFAP-CAMPECHE.

2 Horno construido en la comunidad de CHINA por productores de carbón en la zona.



## CUADRO XVII.

PRODUCCION DE CARBON VEGETAL, TIZON Y POLVO DE CARBON EN FUNCION DE LAS ESPECIES LEÑOSAS  
UTILIZADAS EN EL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA  
CONSTRUIDO EN EL AREA DEL C.E. CHINA DEL CIFAP-CAMPECHE .

ESPECIE DE LEÑA UTILIZADA		DUREZA DE LA LEÑA	DIMENSIONES DE LA LEÑA (m)	GRADO DE HUMEDAD DE LA LEÑA	PRODUCCION DE CARBON VEGETAL POR TON. DE LEÑA (%)					PRODUCCION DE TIZON POR TON. DE LEÑA (%)					PRODUCCION DE POLVO DE CARBON POR TON. DE LEÑA (%)				
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN				1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.
2, 4 <u>Lyalloma behamensis</u>	Tzalam	Dura	0.30 de diámetro por 1.20 de largo a excepción de los ensayos 4º y 5º, donde no se homogeneizaron las dimensiones de la leña utilizada	Seca															
2, 4 <u>Piscidia piscipula</u>	Jabín	Dura																	
4 <u>Cordia spp</u>	Lon - Lon	Dura																	
4 <u>Luehea speciosa</u>	Kascat (guácimo de montaña)	Dura																	
4 <u>Peltidium sartorium</u>	Pichiche	Dura																	
4 <u>Bauhinia divaricata</u>	T'sulubtok (peta de vaca)	Dura																	
4 <u>Machaonia lindeniensis</u>	Kuxel	Dura																	
2 <u>Vitex guimeri</u>	Ya axnik	Dura																	
4 <u>Mimosa hemiyndia</u>	Boxcatzim (catzim negro)	Dura																	
4 <u>Ximenia americana</u>	Ik - ché	Dura																	
4 <u>Thouinia paucidentata</u>	Kanchunup	Dura																	
2, 3, 4 <u>Diospyros spp</u>	Xuul	Blanda																	
4 <u>Gliricidia sepium</u>	Balche - coh	Dura																	
2, 4 <u>Pithecellobium brevifolium</u>	Chukum	Dura																	

1 Ensayo en que el horno de mampostería fue sometido a curado .

2 Especies leñosas utilizadas en el curado del horno.

3 Especie predominante en la carga de leña utilizada durante el ensayo con el horno de mampostería.

4 Especies leñosas utilizadas en todos los ensayos con el horno de mampostería.

#### 4.6. CALIDAD DEL CARBON VEGETAL

##### A) HORNO RUSTICO SUPERFICIAL DE TIERRA

Para el horno de tierra construido en el área del C.E. y para el construido en la comunidad de CHINA se obtuvieron respectivamente 7 y 4.5% de tizón así como 0.5 y 0.4% de polvo de carbón. La calidad del producto en función de estos valores así como de las especies utilizadas y sus características se presentan en el **CUADRO XV**.

##### B) HORNO METALICO TPI

La máxima cantidad de tizón obtenida en este tipo de horno fue de 35%, mientras que la mínima fue de 8%. Con lo que respecta al porcentaje de polvo de carbón, las cantidades máximas y mínimas registradas fueron de 1.3 y 0.8 respectivamente.

De acuerdo al **CUADRO XVI**, la calidad del carbón obtenido en este sistema, también tuvo relación con las especies utilizadas y sus características.

##### C) HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

Para este sistema, el valor máximo obtenido de tizón, fue de 32% mientras que el mínimo fue de 6%. Por otro lado, los porcentajes de polvo de carbón registrados en este horno, fueron de

1% y de 0.8% mínimo. Las especies utilizadas, sus características y la calidad del carbón de acuerdo a los porcentajes de tizón y polvo obtenidos en el horno superficial de mampostería se presentan con detalle en el **CUADRO XVII.**

#### **4.7. COSTOS EN LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL**

Cuando el carbón vegetal es producido en hornos rústicos de tierra, prácticamente el proceso no requiere de inversiones económicas. Por el contrario, en 1987 la adquisición de un horno metálico TPI estaba valuada en \$1'500,000.00, pero para 1991, este costo se ha elevado aproximadamente a \$8'000,000.00. En lo que se refiere al horno superficial de mampostería construido en el C.E. CHINA, su costo total al inicio de este estudio en el año de 1987 fue de \$328,640.00, pero actualmente evaluando los mismos factores el costo de este horno de mampostería se calcula en aproximadamente \$1'643,200.00. A continuación se presenta un desglose de los gastos realizados en 1987 para los materiales de construcción, mano de obra y manejo del horno superficial de mampostería aquí propuesto. A su vez los precios fueron actualizados, con el fin de calcular el valor aproximado de este horno en el año de 1991.

##### **4.7.1. COSTO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA**

Para el año de 1987, el costo aproximado de los materiales utilizados en la construcción de este horno fue de \$146,120.00 de

glosado de la siguiente forma:

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO POR UNIDAD	MATERIAL CONSUMIDO	TOTAL
CAL	BULTO	1,380.00	30 BULTOS	\$41,400.00
CEMENTO	BULTO	3,795.00	6 BULTOS	22,720.00
MADERA	LOTE	12,000.00	1 LOTE	12,000.00
CINTA DE FIERRO PLANO	METRO	70,000.00	10.5 m	70,000.00
TOTAL				146,120.00

Actualizando estos precios, para 1991 el costo de estos materiales de construcción sería de \$730,600.00.

Durante la construcción del horno se utilizaron piedras - calizas de tzascab que fueron obtenidas en el propio terreno y - cuyo costo está incluido en la mano de obra.

#### 4.7.2. COSTO DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCION DE UN HORNO SUPERFICIAL DE MAMPOSTERIA

En 1987, año en el que fue construido este horno, la mano de obra fue evaluada en \$182,520.00, cantidad que fue distribuída de la siguiente manera:

CONCEPTO	JORNALES REQUERIDOS	COSTO TOTAL
TRAZO	1	\$ 3,042.00
PREPARACION DE LA PIEDRA	10	30,420.00
CONSTRUCCION DE LAS PAREDES Y DUCTOS	35	106,470.00
BOVEDA	14	42,588.00
TOTAL	60	182,520.00

Para 1991, el costo total de la mano de obra se calcula en aproximadamente \$912,600.00.

#### **4.8. USO DE DIVERSAS ESPECIES MADERABLES PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL EN LAS ZONAS RURALES DEL ESTADO DE CAMPECHE**

En las zonas rurales del Estado de Campeche, pudimos encontrar diversas especies leñosas corrientes tropicales, que según los habitantes son una excelente materia prima para la elaboración de carbón vegetal. El nombre de estas especies fue proporcionado en el lenguaje maya, por lo que se hizo necesario confirmar los nombres científicos y las familias a las que pertenecen dichas especies, con lo reportado por **SOSA et. al. (1985)** y **DURAN y OLMSTED (1987)**.

Los pobladores de la entidad reportan, que las especies maderables consideradas como factibles de utilizarse en la producción de carbón vegetal, también tienen otros importantes usos, los cuales se mencionan a continuación:

- 1.- KANCHUNUP (Thounia paucidentata Jack.) Fam. Gutífera  
Su madera es dura y se utiliza para postería en las cons--  
trucciones (VAZQUEZ, 1981).
- 2.- YA'AXNIK (Vitex gaumeri Greenm.) Fam. Verbenaceae  
Su madera es dura y se utiliza para la elaboración de dur--  
mientos (VAZQUEZ, 1981).
- 3.- ZACATZIM (Mimosa hemyendita (Rose) Robinson.) Fam. Leguminosae  
Se conoce también como "catzim blanco", su madera es muy du--  
ra y muy inflamable, por lo que se utiliza como antorcha --  
(comunicación personal).
- 4.- BOXCATZIM (Mimosa hemyendita (Rose) Robinson,) Fam. Leguminosae  
Se conoce como "catzim negro" y tiene las mismas propiedades  
que el zacatzim (comunicación personal).
- 5.- CASKAT (Luehea speciosa Willd.) Fam Tiliaceae  
Su madera es muy dura y se utiliza para la elaboración de -  
cabos de hachas y martillos (comunicación personal).
- 6.- KUXEL (Machaonia lindeniana Baillon.) Fam. Rubiaceae  
Su madera es muy dura y se utiliza para postería (comunica--  
ción personal).
- 7.- IK-CHE (Ximena americana L.) Fam. Olacaceae  
Su madera es muy dura y se utiliza para la elaboración de

postería (comunicación personal).

- 8.- XU'UL (Diospyros spp Standley.) Fam. Ebenaceae  
Su madera no es muy dura, pero se utiliza comunmente para -  
la elaboración de vigas y difícilmente es atacada por la po  
lilla (comunicación personal).
- 9.- KATALOX (Swartzia cubensis Standley.) Fam. Leguminosae  
Su madera es dura y su fruto es comestible a los venados --  
(comunicación personal).
- 10.- TS'ULUBTOK (Bauhinia divaricata L.) Fam. Leguminosae  
Su madera es dura y el árbol tiene valor medicinal (comuni-  
cación personal; **MENDIETA, 1981**).
- 11.- BALCHE-CEH (Gliricidia sepium (Jack.) Steud.) Fam. Leguminosae  
También conocido como cocoite, posee una madera muy dura --  
que además se utiliza para la elaboración de postes (comuni-  
cación personal).
- 12.- CHOHCITAM (Capparis oxysepala Wrightex Radlk.) Fam. Capparidaceae  
Su madera es muy dura y el árbol comunmente se utiliza para  
sombra (comunicación personal).
- 13.- SIRICOTE (Cordia dodecandra D.C.) Fam. Boraginaceae  
Su madera es dura y sirve para elaborar ventanas, puertas,  
mosaicos y muebles (comunicación personal) así como durmien-

tes (**VAZQUEZ, 1981**).

- 14.- TINTO (Haematoxylon campechianum L.) Fam. Caesalpiniaceae  
Su madera es dura y sirve para postería y para obtener tinta (comunicación personal; **VAZQUEZ, 1981**).
- 15.- JABIN (Piscidia piscipula (L.) Sarg.) Fam. Leguminosae  
En maya significa "agua que corre". Su madera es dura y se utiliza para elaborar guías de barco, durmientes y barcos - (**VAZQUEZ, 1981**). También es un árbol melífero y con propiedades medicinales (comunicación personal; **MENDIETA, 1981**).
- 16.- MACHICHE (Lonchocarpus castilloi Stand.) Fam. Leguminosae  
En maya significa "agarra duro". Su madera es dura y sirve para elaborar ventanas, puertas y machimbres, así como tablas, alfardas, plataformas de camión (comunicación personal) y durmientes (**VAZQUEZ, 1981**).
- 17.- TZALAM (Lysiloma bahamensis Benth.) Fam. Leguminosae  
En maya significa "amarrado". Su madera es dura y sirve para la elaboración de durmientes y tablas, sin embargo, como combustible resulta inadecuado, ya que chispea mucho y su uso se hace peligroso (comunicación personal). **Vázquez** -- (**1981**), también reporta para esta especie su uso en la obtención de chapa y triplay.
- 18.- ZAPOTE (Manilkara zapota (L.) Van Royen.) Fam. Zapotaceae

Su madera es dura y se utiliza para la obtención de durmientes y tablas (comunicación personal), así como para la obtención de chicle (VAZQUEZ, 1981).

- 19.- BAYO (Aspidosperma megalocarpum Muell. Arg.) Fam. Apocynaceae  
Su madera es muy dura y se utiliza para la elaboración de durmientes (VAZQUEZ, 1981).
- 20.- LON-LON (Cordia spp (Jack.) Roem & Shult.) Fam. Boraginaceae  
Su madera es dura y sirve para elaborar mangos de herramientas, esques, bates, etc. (comunicación personal; VAZQUEZ, 1981).
- 21.- PICHICHE (Psidium sartorium Mc Vaugh.) Fam. Myrtaceae  
Su madera es dura y tiene uso medicinal (comunicación personal).
- 22.- CHUKUM (Pithecellobium brevifolium. Benth.) Fam. Leguminosae  
Su madera es muy dura y solo se utiliza como combustible -- (comunicación personal).
- 23.- XKANLOL (Bignonia stans Linn.) Fam. Meliaceae  
Su madera se utiliza para combustible y es muy dura. Se reporta que hay muy pocos árboles de esta especie en la región (comunicación personal).
- 24.- TZIPCHE (Bunchosia glandulosa Cav.) Fam. Malpighiaceae

Su madera es muy dura, pero debido a lo ramificado y acanalado de su tronco, sólo se utiliza como leña y carbón (comunicación personal).

25.- RAMON (Brosimum alicastrum Swartz.) Fam. Moraceae

Su madera es dura, se utiliza para sombra y follaje para el ganado (comunicación personal; **VAZQUEZ, 1981**).

26.- PERESCUCH (Croton y pyramidalis Donn. Sm.) Fam. Euphorbiaceae

Su madera es dura y sólo se utiliza para combustible (comunicación personal).

27.- CHIMAY (Acacia milleriana Stand.) Fam. Leguminosae

Su madera es dura y sólo se utiliza como combustible (comunicación personal).

Se han mencionado algunas de las especies características de la zona que son preferidas por los pobladores del Estado para la elaboración de carbón vegetal, sin embargo, también es importante hacer referencia a aquellas especies corrientes tropicales, consideradas como inadecuadas para este fin. Ejemplo de estas especies son:

1.- JOBO (Spondias mombin L.) Fam. Anacardiaceae

Es una especie poco utilizada como combustible por la gran cantidad de agua que guarda en su madera (comunicación personal), sin embargo se utiliza para elaborar chapa y triplay (**VAZQUEZ, 1981**).

- 2.- CHECHEN NEGRO (Metopium brownei Urb.) Fam. Anacardiaceae  
Es de fácil combustión, su humo da picazón y su resina quemada y pela la piel (comunicación personal), pero se utiliza para la elaboración de durmientes (**VAZQUEZ, 1981**).
- 3.- CHACA (Bursera simaruba Sarg.) Fam. Burseraceae  
Su madera es bofa y de fácil combustión, por lo que resulta peligrosa su utilización (comunicación personal). También se sabe que su madera se utiliza para la elaboración de cha pa y triplay (**VAZQUEZ, 1981**).
- 4.- JABIN (Piscidia piscipula (L.) Sarg.) Fam. Leguminosae  
Es una madera dura, pero en combustión resulta difícil de --  
apagar (comunicación personal).
- 5.- PUKTE (Bucida buceras L.) Fam. Combretaceae  
Al igual que el Jabín, posee una madera dura pero difícil de apagar (comunicación personal). Su madera se utiliza tam bién para la construcción de barcos (**VAZQUEZ, 1981**).
- 6.- TAMARINDO (Tamarindus indica Linn.) Fam. Leguminosae  
Su madera es blanda y solo se usa como leña, en caso de que se caigan sus ramas. Este árbol tiene propiedades medicina les (comunicación personal; **WALLIS, 1966**).

Se sabe que algunas especies de buena calidad energética han ido desapareciendo en algunas zonas debido a una explotación

inadecuada, tal es el caso del GUAYACAN (Guaiacum sanctum), que hace aproximadamente 15 años era utilizado por la empresa llamada CHAPAS FINAS, en la comunidad de Centenario del Estado de Campeche. Esta empresa utilizaba los desperdicios de GUAYACAN, para elaborar y exportar carbón vegetal, pero la explotación fue tal que casi terminaron con este recurso forestal en la zona, -- por tal motivo, actualmente ya no elabora carbón y trabaja solo con maderas.

Se considera que las especies que se están acabando en la región son:

CAOBA (Swietenia macrophylla King.) Fam. Meliaceae

CEDRO (Cedrela mexicana L.) Fam. Meliaceae

PUKTE (Bucida buceras L.) Fam. Combretaceae

MACHICHE (Lonchocarpus castilloi Stand.) Fam. Leguminosae

TINTO (Haematoxylon campechianum L.) Fam. Caesalpiniaceae

Respecto a esta última especie, se informó que hace algunos años se dejaron quemar de 20 a 30 mil tintales por problemas que surgieron entre los productores.

En general, la densidad forestal en el Estado, según las encuestas realizadas, comenzó a disminuir de manera importante hace aproximadamente 15 años por causa de los desmontes y frecuentes incendios ocasionados por las prácticas de roza-tumba---quema. La producción de carbón no ha jugado un papel importante

en la destrucción forestal de esta zona, pese a que hasta hace algunos años los pobladores de algunas comunidades como la de Candelaria, se dedicaban de manera intensiva a esta actividad.

La frecuencia de incendios sigue representando un problema para las comunidades de Campeche, por lo que en muchas ocasiones los mismos colonos se organizan en comitivas para controlarlos y sofocarlos.

Otro de los factores que actualmente está causando una fuerte deforestación en la región es la elaboración de durmientes, actividad practicada principalmente en comunidades al sur del Estado de Campeche tales como Constitución, Cayal, Candelaria y Escárcega.

#### **4.9. LA TECNOLOGIA TRADICIONALMENTE UTILIZADA EN EL ESTADO DE CAMPECHE PARA LA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL**

Antes de iniciarse la construcción de un horno, es necesario cuidar las condiciones del terreno, el cual debe ser amplio y libre de piedras. Para asegurar esto último se pica con una macana de fierro y posteriormente se vuelve a emparejar.

El horno tradicionalmente manejado en la región, es un horno superficial de tierra conocido con el nombre popular de "Tatema" y el cual puede ser vertical u horizontal. El primero se prefiere porque el fuego se distribuye de una mejor manera, sin

embargo, con el segundo se disminuye la dificultad en el acomodo de la leña.

En la región, la dimensión promedio de estos hornos es de 3 m de diámetro por 2 m de altura, sin embargo, llegan a construirlos hasta de 10 m de diámetro por 3 m de altura. La capacidad de estos hornos es de aproximadamente 3 t de leña, mientras que su eficiencia está alrededor del 14%.

Para la construcción del horno rústico superficial de tierra, los productores utilizan leña verde, tierra arenosa o tzacab y hierba fresca.

Según los informes obtenidos, para producir carbón vegetal por este sistema se prefiere usar la leña verde porque siempre está disponible y es más fácil colectarla, por otro lado, su combustión es lenta y da como resultado un carbón más entero.

La hierba fresca se utiliza para cubrir el horno una vez -- que la leña se ha apilado, su función básica es ayudar a impedir el paso del aire y a sostener la capa de tierra que finalmente sellará el horno, a esta capa de hierba fresca se le conoce en la región como "monte" y puede formarse con sargazo de mar, pasto, ramas de GUACIMO (Luehea speciosa) y TZALAM (Lysiloma bahamensis), éstos últimos se usan porque retoñan pronto y no tiran muchas hojas.

La tierra kankab y el polvo son los materiales preferidos para sellar el horno por su carácter arenoso; ya que una tierra arcillosa o muy pegajosa, se contráe con el calor, formándose --grietas que facilitan el paso del aire en la estructura del horno.

Todos los informantes coinciden en que la tierra quemada, -resultante de anteriores carbonizaciones, sella mejor y da más -calor a los próximos hornos, pero en caso de que no se pueda con-tar con ella, basta con que no tenga piedrecillas o terrones que faciliten el paso del aire.

Las herramientas utilizadas en la región para la construcción de los hornos de tierra son de tipo tradicional e incluyen zapapico, pala, macana de madera, hacha, machete, azadón y rastrillo. Para el corte de madera en comunidades como Champotón, Lechugal y Candelaria, la mayoría de los productores cuentan con motosierras, sin embargo, cuando el fin es elaborar carbón, la leña es obtenida en las zonas de desmonte. Cabe mencionar, que en las -encuestas aplicadas en todo el Estado, sólo en el municipio de Es cárcega se pudo detectar a un productor que destina su terreno -forestal para obtener leña y producir carbón vegetal.

Durante la construcción del horno se mantiene en éste, un -canal abierto al ras del suelo en el cual se colocan ramas secas que permitirán en encendido del horno.

La combustión de la leña dura alrededor de cinco días en -- hornos normales y hasta 20 días en hornos grandes. La carbonización se controla solo por la densidad y el color del humo emitido, que cuando es blanco y casi transparente indicará que el horno debe ser apagado para dar paso a su enfriamiento dejando caer sobre él una mayor cantidad de tierra arenosa. En algunos casos, cuando se requiere acelerar esta etapa, el carbón es rociado con agua, pero esto le quita calidad y muchas veces es rechazado en el mercado.

Una vez logrado el enfriamiento, que puede durar de uno a ocho días según las condiciones climáticas, el carbón se esparce con un zapapico y se separa de la tierra con un rastrillo, sin embargo, aun antes de embolsar el producto en costales, se tiene gran cuidado de que el viento o el excesivo calor no provoquen en el carbón esparcido una nueva combustión.

Adecuadamente almacenado, el carbón vegetal puede mantenerse en buenas condiciones incluso durante muchos años.

Los productores de carbón vegetal en el Estado de Campeche consideran que la temporada más adecuada para esta actividad es la seca, pues en épocas de lluvia, se exponen a fuertes cambios de temperaturas que finalmente les causan graves enfermedades - principalmente reumáticas y pulmonares.

Es importante señalar, que en el Estado de Campeche, la --

piedra caliza es utilizada para la elaboración de hornos en la industria panadera, pero no se obtuvieron registros de que este material halla sido probado en la construcción de hornos de carbonización.

#### **4.10. PANORAMA SOCIOECONOMICO DE LA ACTIVIDAD CARBONERA EN EL ESTADO DE CAMPECHE .**

Actualmente es muy poca la población de la zona que se dedica a la producción de carbón vegetal. En las comunidades de Champotón, Candelaria y Escárcega, se registraron para cada una, de cuatro a cinco personas dedicadas a esta actividad, mientras que en Xpujil se registraron ocho. En comparación al resto del Estado las comunidades antes mencionadas son las que cuentan con un mayor número de carboneros. Se sabe que aproximadamente hace 40 años Candelaria era una zona donde la mayoría de la gente se dedicaba a producir carbón vegetal, pero esta fuente de ingresos ha ido desapareciendo conforme ha aumentado el uso de las estufas en la región.

Por otro lado se detectó que principalmente en la zona sur de Campeche, la mayoría de las personas que tienen conocimiento o se dedican a la producción de carbón vegetal vienen del centro del Estado, así como de Chiapas, Tabasco, Michoacán, Veracruz y Puebla.

Debido a la poca difusión que tiene la actividad carbonera en el Estado, no ha sido posible formar una organización de

carboneros que permita mejorar sus condiciones económicas y de trabajo.

Se sabe, que la comunidad de Constitución ya ha recibido la invitación de una organización carbonera de Chignahuapan, Puebla para exportar carbón vegetal a Alemania, ésto se debe a que la mayoría de las familias en Constitución saben elaborar carbón vegetal, aun cuando se dediquen a la actividad durmientera.

La población del Estado de Campeche de acuerdo a la zona específica donde se establece, se dedica a la elaboración de durmientes, al trabajo en aserraderos, a la ganadería o a la producción de cal, esto principalmente en la zona sur del Estado, mientras que en la zona norte la actividad preponderante es la agricultura.

El reducido número de personas que se dedican a la elaboración de carbón vegetal en el Estado, lo hacen de una a dos veces al mes, dicho carbón es vendido en sacos de 12 a 30 kg aproximadamente y cuyo precio va de \$7,000.00 a \$12,000.00 para el primero y de \$12,000.00 a \$15,000.00 para el segundo, cabe mencionar que estos rangos pertenecen a la venta de mayoreo y menudeo respectivamente.

La venta del carbón se hace por lo general de manera directa sin intermediarios y en caso de requerir vehículo para trasladarlo a grandes distancias, se carga al precio inicial, -

el costo del flete.

Los principales consumidores de carbón vegetal en el Estado, son los restaurantes y rosticerías localizados en las zonas más urbanizadas, tales como el centro del estado de Campeche y los municipios de Champotón y Escárcega, municipio donde "Ferrocarriles Nacionales de México", también es un importante consumidor. En lo que respecta a las comunidades rurales, los combustibles comunmente utilizados son el petróleo, el gas y en las zonas más apartadas la leña.

Las encuestas levantadas en todo el Estado, reflejaron -- que el consumidor considera que el carbón vegetal tiene una buena calidad, cuando éste es duro, fácilmente inflamable y emite poco humo.

## V. D I S C U S I O N

Los hornos de mampostería y de tierra resultaron ser en comparación con los hornos metálicos los de más fácil construcción, ya que solo se requiere de una persona con conocimientos básicos de albañilería y un auxiliar, además, se utilizaron materiales naturales de la región, cuyas características por lo general ya eran bien conocidas por los productores a fuerza de interactuar con ellos durante toda su vida. Esto facilitó que el productor pudiera captar de manera rápida las proporciones que había de utilizar en cada uno de los materiales y a su vez, se dio una idea de cómo podrían responder dichos materiales a las fuerzas a las que serían sometidos.

En la construcción del horno metálico, indiscutiblemente las personas encargadas requieren de un buen conocimiento, al menos práctico, sobre aspectos de herrería, metalurgia y fundición. Es casi improbable que los productores de campo manejen estas áreas, por lo que consideran al horno metálico TPI, como un sistema de carbonización difícil de construir.

De acuerdo con la **FAO (1983)**, un horno de mampostería -- construido a base de ladrillo común, puede tener un período de -- durabilidad de aproximadamente 10 años. Sin embargo, **MARKS - - (1960)**, menciona que la piedra caliza en comparación con el ladrillo común tiene una mayor densidad y una mayor resistencia a

la compresión, además de que es menos elástica y absorbe menos - humedad por unidad de peso. La piedra caliza, de acuerdo a **COMP TON (1983)**, es un material sedimentario en el que predomina el - carbonato de calcio y minerales como la calcita y la dolomita y cuyas propiedades mecánicas, aunadas a un buen mantenimiento pueden aumentar aún más la durabilidad de este horno propuesto.

La sugerencia anterior es apoyada en base a los datos obtenidos en la panadería de la comunidad de CHINA, que cuenta con un horno construido a base de piedra tzascab y donde se informó que la duración de los hornos llega a ser hasta de más de diez - años cuando se les da un constante cuidado, el cual consiste básicamente en mantener en buenas condiciones el revocado.

Pese a que en el horno rústico de tierra se invirtió menos tiempo para su construcción, necesitó de igual o mayor cantidad de personal que en los otros dos sistemas. Esto se debe a - que el apilado cónico de la leña y el recubrimiento total de éste, son actividades que además de requerir una gran meticulosidad, tienen que llevarse a cabo cada vez que se efectúe una carbonización. Contrariamente, en los hornos tanto de mampostería como metálico, la cobertura de la leña ya está estructurada de antemano y no se invierte tanto esfuerzo en equilibrar la carga.

La facilidad de manejo fue mucho mayor para el horno de mampostería, principalmente porque su material de construcción fue más aislante al calor y representó un menor riesgo para el

productor. Además, los respiraderos o ventanillas distribuidos en toda su estructura permitieron un seguimiento del avance en la carbonización, lo que evitó la ocurrencia de fuegos internos, los cuales sí se llegaron a presentar durante las primeras carbonizaciones en el horno metálico, sin embargo, debido a la estructura tan cerrada de este último sistema, los fuegos internos resultaron difíciles de sofocar.

En el horno de tierra el causante de los incendios no fue la inexperiencia, sino los fuertes vientos de la temporada (mes de febrero), que acarreaban la capa de tierra y combustionaban de nuevo al carbón que quedaba al descubierto. En ocasiones, -- por falta de una constante vigilancia el fuego se dirigió a la parte más central del horno y se hacía difícil sofocarlo.

El mayor tiempo de carbonización requerido en el horno rústico superficial de tierra construido por los carboneros de la comunidad de CHINA se atribuye básicamente a que la leña utilizada era verde y por lo tanto, guardaba una mayor cantidad de humedad, por lo que la combustión se hizo más lenta en comparación al horno de tierra construido en el C.E., donde las especies utilizadas estaban secas. El menor tiempo de enfriamiento en el -- primer caso, se debe a que la carbonización se realizó a finales del mes de abril, por lo que los vientos ya no fueron un obstáculo, por otro lado, el lugar donde los carboneros instalaron este horno fue el lugar comunmente utilizado por ellos para hacer carbón, por lo que reutilizaron la tierra, la cual es más hermética

al estar ya quemada y contener una gran cantidad de ceniza y polvo de carbón, ambos, resultantes de anteriores carbonizaciones.

Lo anterior no se presentó en el horno de tierra instalado en el C.E., pues aquí la tierra utilizada para sellar el horno no había sido empleada anteriormente y probablemente contenía aún muchos terrones que facilitaron las fugas de aire, aún cuando se trató de buscar una zona donde la tierra fuera suelta y de consistencia arenosa.

Debido a la inexperiencia del personal en el manejo del horno metálico, durante la primera carbonización fue necesario sellar completamente el horno, ocho horas después de haberse encendido, ya que se detectaron fuegos internos que no fue posible controlar, sin embargo, en este mismo ensayo se obtuvo el tiempo más corto de enfriamiento, pero esto se debió a que al ser sofocado el horno en tan poco tiempo, mucha madera no alcanzó a quemarse y por lo tanto se generó poco calor. El material utilizado para sellar el horno en este ensayo fue el polvo de tzascab, que al funcionar eficientemente facilitó el enfriamiento.

En las dos subsecuentes carbonizaciones realizadas en el horno metálico se normalizó su manejo, sin embargo, fue en la última donde se logró un menor tiempo de carbonización, ya que el polvo de tzascab quemado, se mezcló con polvo de carbón y cenizas producidas en anteriores carbonizaciones, lo que provocó un

sellado más efectivo.

Con lo que respecta al horno superficial de mampostería, durante la primera carbonización fueron cometidos muchos errores de manejo y se experimentó con diversas proporciones arena/tierra con el fin de obtener la más adecuada, lo anterior provocó un -- prolongado período de carbonización y enfriamiento en comparación con lo reportado en la bibliografía.

Las mejores condiciones para la carbonización se presentaron durante el segundo ensayo, pues el personal empleado ya estaba relacionado con el manejo y mantenimiento de este horno, además de que se había encontrado la mejor proporción de arena/tierra para su sellado, lo que permitió obtener los más bajos tiempos de carbonización y enfriamiento, es decir, 40 y 48 h respectivamente.

Desgraciadamente en la tercera carbonización, por falta de personal de campo, dos personas inexpertas y que aún no se relacionaban con esta actividad, estuvieron a cargo del cuidado -- del horno, el cual tuvo que ser sellado completamente en un pe-- ríodo más corto, 26 h, a diferencia de 40 h que se habían manejado en la última experimentación. En esta ocasión el horno de -- mampostería no fue sometido a un baño de cal, lo que explica un aumento en el período de enfriamiento.

Durante el cuarto ensayo, también aumentó el tiempo de --

carbonización y enfriamiento, ya que se dificultó el sellado, -- pues la tierra que se utilizó en esta ocasión tenía consistencia muy arenosa. La mezcla utilizada fue polvo de tzascab/tierra en proporción 4:1.

Aunque fue realmente poco tiempo para apreciar el grado de daño que los procesos de carbonización causan sobre la estructura de los hornos, se pudo detectar que este daño tiene relación con el material que se utiliza para sellarlos durante los procesos de carbonización, enfriamiento y mantenimiento; así, el polvo de tzascab presentó una buena capacidad hermética, sobre todo si se mezcla con ceniza y polvo de carbón.

En el último ensayo con el horno de mampostería, se vio que el tzascab es un buen sustituto de la cal para el lavado del horno en el proceso de enfriamiento, lo que a su vez disminuye los costos invertidos en el manejo del horno de mampostería, con trariamente, cuando el material utilizado para sellar o revocar el horno era tierra kankab (luvisol), las fugas de aire aumentaron y ocasionaron ligeros daños estructurales al horno.

Se encontró también que al emplear la mezcla tzascab/cal se producen mucho las fugas de aire y a su vez la estructura del horno de mampostería resulta menos dañada. Este material guarda menos humedad que el barro (constituído por tierra kankab y -- agua), por lo que al ser sometido a las altas temperaturas de carbonización, se contrae menos, sin embargo, cuando se utiliza,

el costo sobre el manejo del horno se incrementa por el uso de la cal.

En los hornos de tierra comparados, la producción y calidad del carbón, resultaron ser ligeramente más altos, en el sistema construido por carboneros de la comunidad de CHINA, esto se atribuye básicamente a la condición verde de la leña, que provocó un proceso más lento de combustión, además, como ya se ha mencionado anteriormente hubo un sellado más eficiente.

Con lo que respecta al tipo de leña empleada, los carboneros de la comunidad incluyeron además de las especies utilizadas en el C.E., leña de TINTO (Haematoxylon campechianum) en la carga, esta especie está considerada como una excelente materia prima para este fin, lo que también contribuyó a aumentar la producción y calidad del carbón vegetal. La leña utilizada en ambos ensayos fueron de especies corrientes, duras tropicales y en lo que concierne a sus dimensiones, éstas fueron más homogéneas en el horno rústico del C.E., pero esta ventaja se perdió ante los fuertes vientos a los que estuvo sometido el sistema.

En el horno metálico TPI, se pudieron obtener muy buenos rendimientos en dos, de tres ensayos realizados, estos ensayos fueron los últimos y durante ellos se familiarizó más con su manejo.

Toda la leña utilizada en los ensayos con el horno metálico estaba seca y provino de especies corrientes, duras tropica-

les; así mismo, conforme a lo recomendado por la **FAO (1983)**, -- las dimensiones de la leña fueron menores que para el horno de mampostería. Como puede apreciarse, todos estos factores se mantuvieron constantes por lo que no influyeron en la variación de los rendimientos obtenidos, ya que, aún cuando a primera vista se aprecia una igual producción en los ensayos 2° y 3°, el rendimiento del proceso fue menor en el 2°, pues se obtuvo una mayor cantidad de tizón y polvo de carbón, lo anterior como una consecuencia del mayor tiempo de carbonización al que fue sometida esta carga, así como por las altas temperaturas alcanzadas en este horno que por lo general son mayores que las alcanzadas en el -- horno de tierra o de mampostería.

El primer ensayo no se considera para fines de análisis de bido a que el proceso de carbonización no fue concluído.

El rendimiento del proceso en el horno de mampostería tuvo la misma tendencia que en el horno metálico, es decir, en los ensayos que requirieron mayor tiempo de carbonización se obtuvie--ron mayores proporciones de tizón y polvo de carbón, aún cuando la producción de carbón vegetal dimensionado haya sido la misma, como por ejemplo; los ensayos 2° y 3°, donde se obtuvieron tam--bién las mayores proporciones de carbón vegetal por tonelada de leña empleada. Es importante mencionar que en estos ensayos el grosor de la leña utilizada fue de medio a delgado, sin embargo, este factor ya no pudo ser controlado más adelante, debido a la falta de personal que apoyara en el rajado de la leña.

Durante el 4° ensayo, la producción de carbón vegetal bajó 4% respecto a las anteriores pruebas debido a que el horno fue manejado por personas que no estaban familiarizadas con su manejo, además de que en esta ocasión, la falta de personal de campo impidió que el horno fuera sometido a un baño de cal, por lo que el sellado no fue efectivo.

En el 5° ensayo la baja de producción se atribuye como ya se ha mencionado, a un sellado inefectivo del horno, aunado a -- que más del 50% de la leña utilizada era de XU'UL (Diospyros spp), un árbol considerado como madera blanda.

A excepción del último ensayo, todas las especies utilizadas fueron húmedas y secas, con dimensiones de 0.30 m de diámetro por 1.20 m de largo en los ensayos 2° y 3° y de dimensiones variables en los ensayos 4° y 5°, lo que también fue un factor -- que contribuyó a la disminución del rendimiento.

Pasaremos a analizar la inversión económica que ha de realizarse para la construcción y manejo del horno superficial de -- mampostería experimentado, el cual tiene un valor de aproximadamente cuatro veces menor, en comparación con el horno metálico -- tipo TPI también presentado en este trabajo. Cabe mencionar que en el valor del horno metálico, no se incluye el costo por manejo, siendo que solamente el dimensionado de la leña (0.30 m de -- diámetro por 0.60 m de largo), requirió de dos personas con un -- jornal cada uno.

Al evaluar el costo del horno de mampostería, se puede decir que realmente la inversión económica y de trabajo más fuerte, se da en los materiales de construcción, así como en la mano de obra. El costo de estas etapas es cinco veces mayor que el costo por manejo, sin embargo, tanto la construcción como la mano de obra solo se realizan una vez en el lapso de muchos años.

Como se ha mencionado, la friabilidad es una característica que puede determinar en un momento dado la utilidad más recomendable para el carbón vegetal. En nuestra investigación, para las carbonizaciones realizadas en el horno superficial de mampostería se registraron valores de 1% o menos. Cabe mencionar, que este valor tan bajo en la friabilidad, también fue resultado del empleo de maderas corrientes tropicales duras.

Con lo que respecta propiamente a la técnica tradicional de carbonización en las diferentes comunidades, se detectó que -- además de los bajos rendimientos en la producción, los cuales -- van del 12 al 14%, el carbón vegetal resultante era muy friable, lo que se atribuye a que los productores, con el fin de ahorrar esfuerzo en la búsqueda y acarreo de leña seca, prefieren utilizar leña verde, ya que la combustión de ésta es más lenta y requiere de menos vigilancia.

La población rural en el Estado de Campeche, reconoce cerca de 30 especies maderables, corrientes tropicales factibles de ser utilizadas para producir carbón vegetal de buena calidad. A

excepción del XU'UL (Diospyros spp), todas las especies reportadas son consideradas como "maderas duras" y un mayor número de ellas pertenece a la familia Leguminosae.

El uso de la leña en el área de estudio es de tipo doméstico, por lo que las propiedades a considerar en este combustible son: facilidad de corta, facilidad de ignición, expansión -- del humo, calidad del carbón y centelleo en la combustión. Esta última característica se presenta en el TZALAM (Lýsiloma bahamensis), que guarda en su madera, bolsas húmedas que con el calor se revientan, provocando centelleo (chispas), razón por la cual este tipo de especies requieren de una mayor atención durante su quema (**SABILLON, 1983**).

De acuerdo a la **DGE (1980)** el municipio de Cd. del Carmen, es la zona en que se registra un mayor número de familias que consumen leña siguiéndole en orden decreciente Campeche, Escárcega, Calkiní, Champotón y Hopelchén. Para uso doméstico, se tiene, que del total de viviendas, 38% utiliza leña, 59% gas, 2.5% petróleo y solo un 0.3% utiliza electricidad. Los municipios mencionados como los principales consumidores de leña, son también los que cuentan con una mayor superficie forestal, a excepción de Calkiní en donde podría suponerse existe una fuerte comercialización de leña, ya que de acuerdo a **Patiño (1987)**, este municipio está considerado como una zona ecológica de transición con vegetación de tipo matorral crasicuale.

Pese a que algunos pobladores de la entidad tienen conocimiento sobre la técnica tradicional para elaborar carbón vegetal y reconocen a un gran número de especies corrientes tropicales que pueden ser aprovechadas para este fin, no existe un consumo ni una comercialización relevante de este combustible.

Actualmente, la empresa CARBOMEX (Carbones Mexicanos, S. A.), con una capacidad instalada de 5,000 m<sup>3</sup>, está iniciando la fabricación de briquetas de carbón vegetal para exportación, por lo que está fomentando de manera importante la producción de este energético en el Estado.

Inicialmente CARBOMEX compraba la leña a los ejidatarios, los cuales la consideraban como un desperdicio (puntas y ramas). Hasta diciembre de 1986, la leña era trasladada a la empresa y utilizada en la elaboración de carbón vegetal, sin embargo, debido a los altos precios de la gasolina y del flete en general, se optó por comprar el carbón directamente a los ejidatarios.

Los ejidatarios venden su carbón a la empresa a un precio de aproximadamente \$150,000.00 la tonelada, incluyendo el flete y a un precio ligeramente menor cuando no lo incluyen.

Aunque en menor grado, la empresa continúa su producción carbonera en hornos metálicos del tipo TPI y utilizando leña obtenida en montes de su propiedad.

En el Estado de Campeche uno de los organismos que agrupa a los ejidatarios y comunidades es la UEF (UNION DE EJIDOS FORESTALES), el cual por considerarse accesible fue elegida por CARBOMEX para satisfacer sus necesidades de leña y carbón. Por otro lado la empresa por medio de la SARH, adquirió la autorización para comprar a los ejidatarios el desperdicio de su madera, que por lo general va de un 50 a un 60%.

Como se ha mencionado, CARBOMEX además de comprar carbón a ejidos y particulares, también elabora parte del carbón que requiere. Casi el 100% del carbón producido en el Estado de Campeche es comprado por CARBOMEX y una mínima parte es vendida en -- otros sectores, como restaurantes y rosticerías.

Actualmente CARBOMEX tiene suspendida su compra de carbón, debido a que ya no tiene capacidad de almacenaje. Este hecho se dio a principios de 1987, sin embargo, algunos productores siguen almacenando carbón vegetal para la empresa con el fin de que ésta cuente con la materia prima necesaria para iniciar la fabricación y exportación de briquetas. Dicha exportación se tiene destinada a lugares como: Texas, Los Angeles, California y Florida entre otros.

## V I. C O N C L U S I O N E S

- 1.- En comparación con los hornos de tierra y metálico, el horno superficial de mampostería propuesto es un sistema económico, fácil de construir así como fácil de manejar por los productores.
- II.- El material que se requiere para construir el horno de mampostería propuesto, puede ser obtenido directamente de la naturaleza y las herramientas de trabajo son las comunmente utilizadas por ellos en sus actividades agrícolas.
- III.- Es factible utilizar la piedra caliza en la construcción de hornos de carbonización, ya que es un material probado en la construcción de hornos de panadería en la zona de estudio.
- IV. En comparación con el horno metálico TPI, la construcción de un horno de mampostería así como de un horno de tierra, no requieren de personal muy capacitado en el área, por lo que se hace muy accesible a la población rural.
- V.- Se recomienda que el horno de mampostería propuesto en esta investigación sea sometido a prueba durante un mayor tiempo para confirmar su durabilidad.
- VI.- La eficiencia del horno superficial de mampostería fue mu--

cho mayor que en los hornos rústicos de tierra, ya que se pudo duplicar la producción de carbón vegetal, mientras que el tiempo de carbonización se pudo disminuir en un 60% y el de enfriamiento en un 50%.

- VII.- Se recomienda para futuros estudios sobre el área, aumentar el número de ensayos para cada uno de los sistemas experimentados, así como probar su eficiencia utilizando cargas individuales de especies maderables, corrientes tropicales.
- VIII.- Otro de los factores que sería importante evaluar en este tipo de investigaciones, son las temperaturas alcanzadas en los diferentes hornos experimentados y relacionarlas con la cantidad y calidad del carbón obtenido.
- IX.- Los hornos superficiales de tierra son recomendables en zonas con suelos rocosos o delgados, sin embargo, uno de los principales problemas que se detectaron en la instalación de estos hornos, es la disponibilidad de tierra arenosa para su construcción y sellado, por lo que se recomienda que este material sea reutilizado, con el fin de que aumente en volumen, a medida que se incorpore carbón en polvo y ceniza de madera producida en procesos anteriores.
- X.- Aunque utilizando el horno metálico se obtienen mejores producciones de carbón que en los hornos tradicionales de tierra y pueden ser trasladados a las zonas de mayor densidad

forestal, son costosos y el manejo es menos práctico que en el horno de mampostería.

XI.- El horno metálico, es más recomendable para las grandes industrias, pero es difícil que en este caso, los productores resulten beneficiados.

XII.- Al utilizar cualquier tipo de horno, es importante enfati-zar que no debe abrirse hasta que no esté suficientemente frío, pues la entrada de aire puede provocar el encendido del carbón, por lo que se ha de disponer de agua en abundancia para el caso de incendio.

Se recomienda que el lapso entre cada ciclo de carbonización sea del menor tiempo posible y se incluyan los tizones producidos con anterioridad, esto con el fin de evitar que el horno se enfríe totalmente y así reducir el consumo de energía durante el proceso.

XIII.- Aún cuando se considera a la leña seca como la más adecuada para la producción de carbón vegetal, los pobladores del Estado prefieren utilizarla verde, ya que es más fácil controlar su combustión.

El municipio del Estado que mayor leña consume es Cd. del Carmen, el cual es uno de los que presentan mayor superficie forestal.

XIV.- La bibliografía consultada revela, que la leña es el combustible más consumido en la zona rural del Estado, sin embargo, este consumo, respecto al total de combustibles utilizados (gas, leña, petróleo y electricidad), varía desde un 38% reportado por la DGE en 1980, hasta un 87.33%, reportado por el SEMIP en 1988.

Aparentemente, el consumo de la leña además de que ha aumentado, sigue siendo el combustible más importante en la zona, no obstante, se recomienda fomentar aún más los trabajos de investigación que permitan confirmar estas suposiciones.

XV.- La población de las comunidades rurales obtienen la leña sin ningún costo, además de que no cuentan con los recursos económicos necesarios para comprarla.

XVI.- Se recomienda realizar investigaciones respecto a métodos de secado de leña, procedente de especies adecuadas para obtener carbón vegetal.

XVII.- De acuerdo a las tolerancias de friabilidad reportadas por MALDONADO (1983), el carbón vegetal producido a partir del horno superficial de mampostería propuesto, resultó ser de buena calidad, ya que produjo menos de 1% de polvo de carbón. BRITO (1985), propone que un carbón poco friable como el obtenido en esta investigación, puede ser destinado a usos domésticos, metalúrgicos, para gasógenos, en las peque

ñas industrias rurales de panadería, fraguas y refinado de azúcar, así como en el secado de granos y semillas. Sin embargo, una completa evaluación de calidad requiere de estudios más detallados sobre las propiedades físicas y químicas de este combustible.

- XVIII.- En el Estado de Campeche, el uso que se le da al carbón vegetal es doméstico. En este tipo de carbón, la composición química no tiene mucha importancia, sin embargo, debe ser muy duro, fácilmente inflamable y emitir un mínimo de humo.
- XIX.- Todas las especies reportadas por la población rural como factibles de ser utilizadas en la elaboración de carbón vegetal, pertenecen a las llamadas "corrientes tropicales", de ellas, un mayor número forma parte de la familia Leguminosae.
- XX.- Las especies maderables, corrientes tropicales, consideradas por la población como adecuadas para producir carbón vegetal de buena calidad, tienen la característica común de estar clasificadas como maderas duras.
- XXI.- De acuerdo a las encuestas aplicadas en el Estado de Campeche la actividad carbonera no ha contribuido de manera determinante a la alteración forestal de la zona de estudio.
- XXII.- Además de la presión forestal por uso de combustible, se detectó una presión por uso de durmientes y tablas princi

palmente.

XXIII.- De acuerdo a **BASSOLS (1985)**, actualmente el inadecuado manejo del recurso maderable es tal en nuestro país, que se ha calculado un desperdicio del 60% en promedio.

XXIV.- Para evitar que el bosque sea explotado a un grado tal, -- que no haya posibilidad de recuperación, se sugiere el establecimiento de plantaciones energéticas forestales con especies características de la región.

En México es poco lo que se ha avanzado respecto a plantaciones energéticas, sin embargo, el CIFAP-CAMPECHE últimamente ha dado gran impulso a este tipo de investigación.

XXV.- Es muy importante profundizar investigaciones respecto al impacto de la producción de carbón vegetal en la ecología de la entidad, con el fin de lograr un mejoramiento socio-económico en las zonas rurales, sin alterar los recursos naturales.

Debe contemplarse la planeación y aplicación de trabajos que permitan a las comunidades rurales, aumentar su conocimiento y aprovechamiento respecto a las especies maderables corrientes tropicales características de la entidad.

XXVI.- La producción de carbón vegetal, es una actividad muy poco frecuente y practicada por un número muy reducido de la población rural en el Estado de Campeche.

XXVII.- La creación de una industria de carbón vegetal en la zona, permitiría obtener un gran número de ventajas, tales como: la creación de empleos, el flujo de dinero del sector urbano al sector rural, la obtención de divisas a partir de la explotación de carbón vegetal, un suministro de materia prima a la industria para elaborar otros combustibles y productos químicos, aumento en la rentabilidad de los montes y finalmente proporciona a la comunidad un combustible de alta calidad como lo es el carbón vegetal.

XXVIII.- Actualmente, la única empresa que fomenta la producción de carbón vegetal en el Estado es CARBOMEX.

Aunque la finalidad de la empresa CARBOMEX es la exportación de briquetas, es de suma importancia resaltar que en México, Estados como Oaxaca, San Luis Potosí, Chiapas, Quintana Roo, Veracruz, Tamaulipas y Puebla, actualmente exportan a Europa carbón vegetal bruto, y cuyo precio es de aproximadamente 800 dólares la tonelada. Lo anterior es una muestra más de las diversas alternativas comerciales que puede tener este importante energético.

## VII. LITERATURA CITADA

- Bassols. 1985. Recursos naturales de México. Teoría, conocimiento y uso. NUESTRO TIEMPO. México, D.F. pp. 197-337.
- Bastarrechea J., M.R.; Brito S.,W. 1980. Diccionario maya. - CECSA. Yucatán, México. pp. 376 y 652.
- Benitez, F. 1988. Los primeros mexicanos. ERA. México, D.F. p. 24.
- Brito, J.O. 1985. Usos do carvao vegetal. Aspectos técnicos e estatísticos. UNIVERSIDADE DE SAO PAULO. Brasil. pp. 1-72.
- Brito J.O.; Barrichelo, L. 1981. Consideracoes sobre a producao de carvao vegetal com madeiras de Amazonia. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FORESTAIIS. Sao Paulo, Brasil. pp. 1-25.
- Caballero D., M et.al. 1978. Conferencia internacional sobre - utilización de los bosques tropicales del mundo. Ciencia forestal. 3(1) : 31-46.
- Cardeña R., J. 1989. CENT. INVEST. FOR. AGR. PEC-CAMPECHE. Documento oficial inédito.
- CIFAP. Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del Estado de Campeche. 1988. 1a. Reunión científica,

- forestal y agropecuaria. INST. NAL. INVEST. FOR. AGR. PEC. - SARH. México. pp. 8-10 y 155.
- Chavelas P., J. 1982. Catálogo de nombres comunes de plantas recogidas por la comisión de estudios sobre ecología de las dioscóreas. Cat. No. 8. SARH. INST. NAC. INVEST. FOR. México, D.F. pp. 107, 109, 132 y 133. †
  - \_\_\_\_\_.; González V.C. 1985. Catálogo de árboles frutales del sureste de México que producen frutos comestibles. Cat. No. 10. SARH. INST. NAC. INVEST. FOR. México, D.F. p.22.
  - Collins, B.; F. White. 1981. Elementary forestry. RESTON PUBLISHING COMPANY. USA. pp. 63-88.
  - Compton, R. 1983. Manual de geología de campo. PAX-MEXICO. México, D.F. pp. 280-290. ✖
  - Daubenmire, R.F. 1982. Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas. LIMUSA. México, D.F. pp. 93 y 94. †
  - De la Cueva, L. 1978. Análisis de la producción forestal en México. 1971-1976. Ciencia forestal. 3(12): 22-39.
  - Delgado P., M. 1989. Un nuevo horno en México para la elaboración de carbón vegetal de uso industrial. In: Resúmenes de la 1ª reunión nacional sobre dendroenergía. UNIV. AUT. CHAP. Mé

- DGE. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. X Censo general de población y vivienda 1980. México, -- D.F. pp. 35-38.
- DGNF. Dirección General de Normatividad Forestal. 1988. Conve nio Mexico-Alemania. Guía práctica para la construcción y ma- + nejo de hornos tipo "colmena" y "media naranja", para la pro- ducción de carbón vegetal. SARH. México, D.F. pp. 1-73.
- Dirección General de Información Sistemática Forestal. 1977. - Cifras estadísticas de la producción forestal. SUB. SEC. FOR. FAUN. SARH. México, D.F. p. 40.
- Durán G., R; I. Olmsted. 1987. Listado florístico de la re- + serva de Sian Ka'an. INST. BIOL.-UNAM. México, D.F. pp. 1-71.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1981. Madera, fuente de energía. 33:131. -- + Roma, Italia. pp. 2, 3, 20, 21, 33, 37 y 38.
- \_\_\_\_\_. 1983. Métodos simples para la producción de car- bón vegetal. Cuaderno técnico No. 41. ESTUDIO DE MONTES. Roma, Italia, pp. 6-99.
- \_\_\_\_\_. 1984. Encuesta sobre combustibles leñosos. Fo--

lleteo especial. Roma, Italia. s.p.

- a \_\_\_\_\_. 1985. Industrial charcoal making. Forestry Paper. No. 63. Roma, Italia. pp. 3-6.
- b \_\_\_\_\_. 1985. Información esencial de la FAO. Roma, Italia. s.p.
- c \_\_\_\_\_. 1985. Madera para producir energía. Información sobre cuestiones forestales. No. 1. Roma, Italia. pp. 3-40.
- a Fundacao Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1982. Manual de construcao de fornos de carbonizacao. Pub. Tec. No. 7. CETEC. Belo Horizonte, Brasil. s.p.
- b \_\_\_\_\_. 1982. Producao e utilizacao de carvao vegetal. Pub. Tec. No. 8. CETEC. Belo Horizonte, Brasil. pp. 1-24, 33-38, -- 59-112, 138-156 y 199-206.
- González O., L. 1979. La vida de México en 1810. INOVACION. México, D.F. p. 110.
- Herrera S., V. 1982. Aspectos económicos más relevantes de la actividad forestal en México. Bol. Tec. No. 79. INST. NAC. INVEST. FOR. SARH. México, D.F. pp. 3, 4, 5, 8 y 20.
- IMP. Instituto Mexicano del Petróleo. 1975. Energéticos. De-

manda sectorial, análisis y perspectivas. v.2 México, D.F. pp. 13-33, 276-360.

- Layna, L.M.; J. Arostegui. 1983. Mexicas. Origen y misterios. - v. 12. UTEHA. España. pp. 1472 y 1473. +
  
- Maldonado, E. 1983. Producción de carbón vegetal, una oportunidad para El Caribe. DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES DEL GOBIERNO DE PUERTO RICO. USA. pp. 1-17. +
  
- Marks, L.S. 1960. Manual del ingeniero mecánico. UTEHA. México, D.F. pp. 429, 563 y 784.
  
- Morales R., E. 1987. Metodología para determinar técnicas y rendimientos en la producción de carbón de encino. Avances de investigación en el Estado de Durango. SARH. CENT. INVEST. FOR. AGR. PEC. Durango, México. pp. 31-37. +
  
- Morley, A. 1956. Teoría de las estructuras. ED. NACIONAL. -- México, D.F. p. 665.
  
- Muthoo, M. 1981. Criterios para la inversión forestal. CERES. No. 81 (14:4): 24-27. +
  
- NAS. National Academy of Sciences. 1980. Firewood crops. - - Shrub and tree species for energy production. NATIONAL ACADEMY PRESS. v.1. Washington, D.C. p. 187 y 188. +

- \_\_\_\_\_ . 1983. Firewood croops. Shrub and tree species -- for energy production. NATIONAL ACADEMY PRESS. v.2. Washington, D.C. pp. 1-70. †
  
- Ortiz V.,B.; C.A. Ortiz S. 1980. Edafología. UNIV. AUT. CHAP. México. pp. 197 y 219.
  
- Osorio, M.L.; Contreras, A. 1984. Comparación del uso del bosque en tres comunidades del área purépecha. In: Memoria del - IX Congreso Mexicano de Botánica. SOC. BOT. MEX. México, D.F. p. 207. †
  
- Patiño V., F. 1985. Usos do carvao vegetal: aspectos tecnicos e estatisticos. DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA. UNIVERSIDADE DE SAO PAULO. Brasil. pp. 75-77. †
  
- \_\_\_\_\_ . 1986. Plan de investigación en el área del sistema roza-tumba-quema. CENT. INVEST. FOR. AGR. PEC-CAMPECHE. -- CAMPO EXPERIMENTAL CHINA. México, Documento inédito. s.p.
  
- \_\_\_\_\_ . 1987. Los recursos forestales, factor de desarrollo y concordia en el Estado de Campeche. CENT. INVEST. FOR. - AGR. PEC.-Campeche. México. Documento inédito. s.p.
  
- \_\_\_\_\_ . 1988. Estudio comparativo de tres tipos de hornos para la producción de carbón vegetal. CENT. INVEST. FOR. AGR. PEC-CAMPECHE. CAMPO EXPERIMENTAL CHINA. México. Documento in

terno mecanografiado (Presentado en la evaluación y programación de proyectos de investigación). s.p.

- \_\_\_\_\_; M. Pezet V. 1989. Producción de carbón vegetal en tres tipos de hornos. In: Resúmenes de la 1ª reunión nacional sobre dendroenergía. UNIV. AUT. CHAP. México, p. 32.
- Robles F., F.; E. Villegas R. 1983. Estructuras de la madera. LIMUSA. México, D.F. pp. 26 y 27. †
- Rzedowski, J. 1983. La vegetación de México. LIMUSA. México, D.F. pp. 151-361.
- Sabillón C., N.A. 1983. Queima du combustao da madeira para fins energéticos. Pub. Tec. Cient. S/C LTDA. Brasil. pp. 1-35. †
- Sánchez R., L.; A. Fajardo A. 1989. La producción de carbón vegetal en hornos fijos como alternativa de fuente de energía. In.: Resúmenes de la 1ª reunión nacional sobre dendroenergía. UNIV. AUT. CHAP. México. p. 22.
- SEMIP. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. - 1988. Energía rural en México. Península de Yucatán. Análisis de la estructura de consumo de energía en el medio rural de la Península de Yucatán. México, D.F. pp. 13-47. †
- Sosa, V et. al. 1985. Etnoflora Yucatanense. Lista florísti-

- ca y sinonimia maya. INST. NAC. INVEST. REC. BIOT. Xalapa, Veracruz, México. pp. 1-225.
- Valdez S., C. 1987. México y sus bosques. 9 (1). ASOC. MEX. - PROF. FOR. México, D.F. p. 38. †
- Vázquez S., J. 1981. Clasificación de las masas forestales de Campeche. Bol. Tec. No. 10. INST. NAC. INVEST. FOR.-SARH. México, D.F. p. 11.
- Von Hagen V., W. 1970. Los aztecas, hombre y tribu. DIANA. -- México, D.F. pp. 67-70, 92-101, 102-120 y 205-208. †
- Wolf, F.; Vogel, E. 1985. Manual para la producción de carbón vegetal con métodos simples. Rep. Cient. No. 2 UNIVERSIDAD DE LINARES. Nvo. León, México. pp. 1-23. †
- Zavaleta G., G. 1970. Cálculo y construcción de depósitos. -- CEAC. Barcelona, España. pp. 13 y 16.