



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

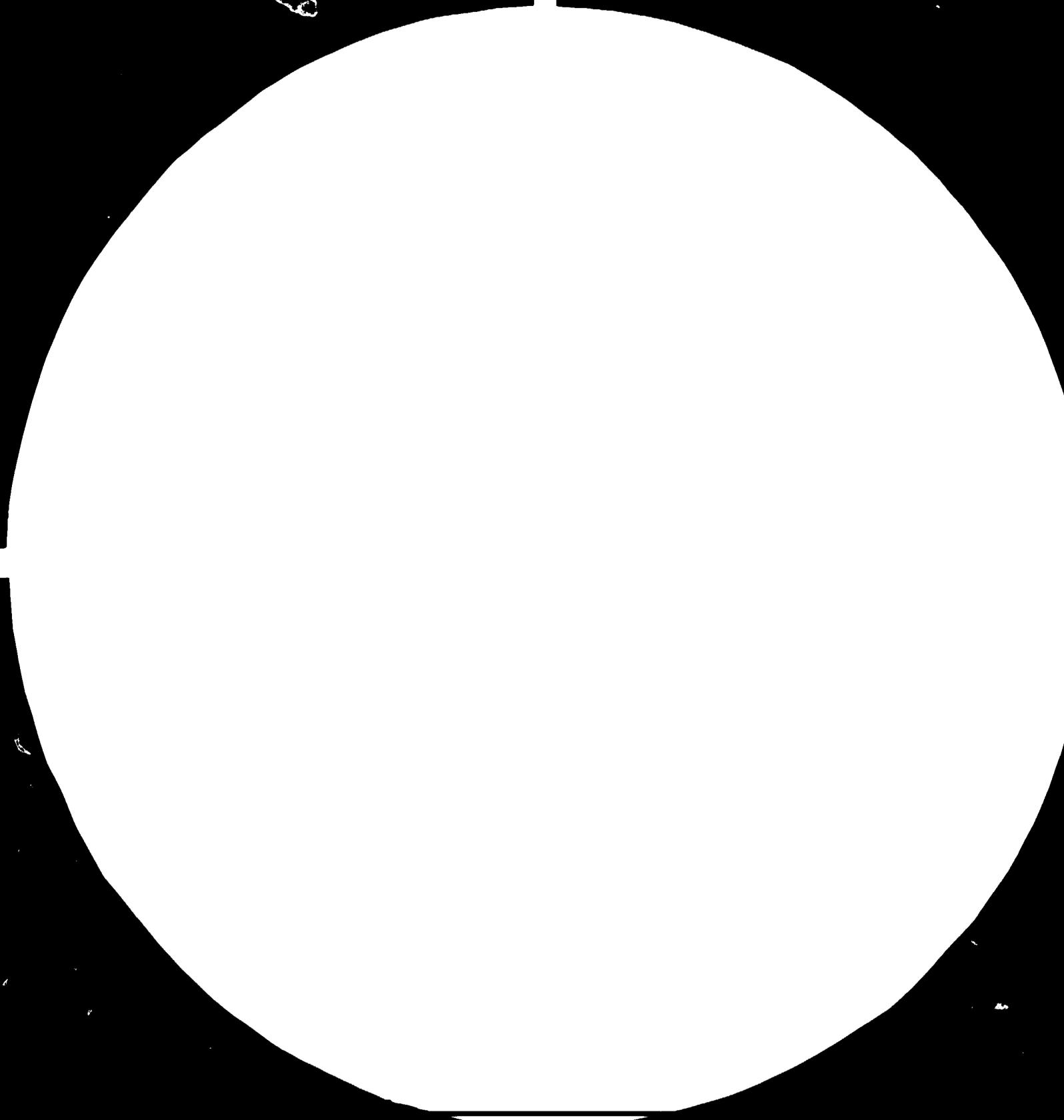
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





4



3.2



3.6



4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
ANSI and ISO TEST CHART No. 23

13345

Distribución Restringida

20 Abril 1983

Español

DP/PAR/82/004/11-52

[Paraguay.]

LA CARBONIZACION DE LA PALMA ROJA

EN EL CHACO.]

INFORME

Preparado para el Gobierno del Paraguay
por la Organización de las Naciones Uni
das para el Desarrollo Industrial, Orga
nización encargada de la Ejecución por
cuenta del Programa de las Naciones Uni
das para el Desarrollo

Basado en la labor del Dr. Edmond Uhart

Consultor en Carbonización de Leña

ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

VIENA

Este informe no ha sido oficialmente aprobado por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ya que contiene únicamente puntos de vista del autor.

INDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
1. PRESENTACION	3
2. INTRODUCCION	4
3. ENSAYOS DE LABORATORIO	5
3.1 EQUIPO USADO	5
3.2 METODOLOGIA	6
3.3 ANALISIS REALIZADOS	6
3.4 CARBONIZACION EN HORNO METALICO	7
3.5 RESULTADOS OBTENIDOS	9
4. EL PALMAR DEL CHACO	10
5. EL MERCADO DE CARBON	11
6. CARBONIZACION INDUSTRIAL	13
6.1 HORNOS DE LADRILLOS	13
6.2 HORNOS METALICOS PORTATILES	15
7. CALCULOS ECONOMICOS	17
7.2 ELEMENTOS DE CALCULO PARA HORNOS DE LADRILLOS	18
7.2.1 Inversiones	18
7.2.2 Gastos de salarios	20
7.2.3 Gastos totales anuales	22
7.3 CALCULO DE UNA BATERIA CON HORNOS METALICOS	22
7.3.1 Inversiones	22
7.3.2 Gastos de salarios	24
7.3.3 Gastos totales anuales	25
7.4 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA TIPOS DE HORNOS	26
7.4.1 Hornos de ladrillos	26
7.4.2 Hornos metálicos	27

	<u>Página</u>
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
8.1 CONCLUSIONES	27
8.2 RECOMENDACIONES	28
9. PERSONAS ENTREVISTADAS DURANTE LA MISION	30

RESUMEN

Este informe tiene por objeto estudiar la factibilidad de carbonización de la madera de una especie de palmera del Chaco (Región Occidental), la PALMERA ROJA (Copernicia sp.), que actualmente para dar lugar al cultivo de pasto para ganadería, es quemada después del desmonte.

Esta palmera presenta la particularidad de tener una densidad diferente en la madera de la periferia y del centro del fuste. La madera periférica es más dura, mientras que la central es más blanda.

En los laboratorios del Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN) se han realizado experiencias, en horno eléctrico, para producir carbón vegetal a partir de la leña de dicha especie, según las diferentes densidades señaladas. Así mismo, el carbón producido ha sido objeto de estudio para determinar su calidad.

En una segunda etapa, se ha analizado la frecuencia poblacional de la PALMERA ROJA, y los dos sistemas de producción de carbón que se proponen: hornos de ladrillos (tipo brasileño) y hornos metálicos portátiles.

Se han efectuado cálculos económicos para demostrar la factibilidad de los sistemas de producción, de los cuales es posible inferir que el horno de ladrillos es el que mejor se adapta a las condiciones paraguayas, principalmente porque su construcción requiere una menor inversión.

En resumen se concluye que la instalación de obrajes de carbonización en el Chaco es factible y recomendable, a fin de disminuir los gastos improductivos derivados del desmonte de la PALMERA ROJA

y obtener, en cambio, ingresos por la venta del carbón de leña producido.

Existe un mercado potencial para este producto y es la planta siderúrgica de Aceros Paraguay (ACEPAR), cuyas necesidades incrementarán el consumo nacional y actual de carbón, al triple. Este carbón podría, eventualmente, ser utilizado en combinación con el producido a partir de otras especies de la floresta nativa, en los altos hornos como reductor del mineral de hierro y también como carburante. Otras posibles aplicaciones serían, en particular, su uso doméstico y por parte de las empresas artesanales.

El autor espera que estas proposiciones, que deben ser consideradas como una primera aproximación al problema, sean aplicadas, en el futuro, contribuyendo a un mejor desarrollo integral del Chaco.

1. PRESENTACION

De acuerdo al programa fijado por la ONUDI, la misión consistió, según los términos del contrato, en: "Determinar la posibilidad de producir carbón vegetal de buena calidad con palmeras del Chaco e informar al INTN de los métodos de producción y de inspección que podrían ser aplicados".

El periodo de permanencia en Paraguay abarcó desde el 27 de febrero hasta el 24 de abril de 1983. Al final de la misión se elaboró el informe respectivo.

Agradezco en primer término al Dr. J. C. Chang, Representante Residente de las Naciones Unidas en el Paraguay, por la colaboración prestada durante la misión.

Del mismo modo, al Dr. José Martino, Director del INTN, quién a través de las facilidades brindadas permitió desarrollar, consecuentemente, los trabajos y los análisis de laboratorio que han sido realizados.

Hago extensivo este agradecimiento al Dr. Adalberto Pastor, Coordinador del Departamento de Maderas, y al Ing. Forestal César Berni, contraparte nacional de esta misión.

Edmond UHART

Asunción, abril de 1983

2. INTRODUCCION

Entre las especies de palmeras que crecen naturalmente con mayor frecuencia en el Chaco y que se multiplican fácilmente, la PALMERA ROJA es la que interesa para la producción de carbón. Las otras especies, en consecuencia, (P. NEGRA y P. BLANCA), no han sido estudiadas.

El tronco de la PALMERA ROJA presenta la particularidad de tener una densidad diferente, siguiendo el eje vertical del fuste, donde la parte externa es más densa que la parte central. Esta diferencia de densidad ha impedido, hasta el presente, su utilización para otros aprovechamientos que no sean postes de cercado o de alumbrado eléctrico. Así es, que en la mayor parte del Chaco, es cortada y quemada para favorecer el crecimiento de pasturas para ganadería.

Como primera actividad, se realizaron ensayos de carbonización en laboratorio para determinar la factibilidad de producción de carbón, y si las características del mismo reunían las condiciones deseadas. A tal efecto se han realizado tres carbonizaciones sucesivas en horno eléctrico: la primera con el material más denso o sea de la parte externa del tronco; la segunda con la madera menos densa o de la parte central y finalmente otra incluyendo un promedio de ambas densidades (parte externa y central). También se ha efectuado la carbonización en un horno metálico de tiro directo con una capacidad de alrededor de 5 m³. La carga de esta quema, lamentablemente, fue insuficiente debido a la falta de material para completar la capacidad del horno. En esta etapa se obtuvo un carbón de calidad corriente, que también fue analizado y estudiado.

Como segunda actividad, se realizó un rápido estudio de la PALMA ROJA y del mercado del carbón en Paraguay, a través de su posible comprador ACEPAR. Se describen además dos métodos de carbonización; con hornos de ladrillos (tipo brasileño) y con hornos metálicos portátiles.

Luego de la descripción de las técnicas de fabricación, se consignan los cálculos económicos tendientes a determinar la alternativa más recomendable a ser propuesta. Adicionalmente, se efectuaron cálculos aproximados de la tasa interna de retorno, mediante la comparación de los gastos totales y de las rentas, en valor actualizado, durante la vida útil de los diferentes tipos de horno.

Finalmente, se consignan conclusiones y recomendaciones sobre los métodos y equipos que deberían ser utilizados, para una producción más rentable de carbón.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Inicialmente se han realizado tres carbonizaciones en forma experimental, en horno eléctrico y una horneada con media carga, en un horno metálico portátil.

3.1 EQUIPO USADO

Para las carbonizaciones experimentales se ha utilizado un horno eléctrico provisto de un termostato, que permite regular exactamente la temperatura del mismo, con una capacidad aproximada de 1 kg de madera. Para permitir la salida de los gases de destilación, durante la carbonización (piroleñosos, alquitrán, etc), se instaló un tubo de cobre de algunos milímetros de diámetro sobre la puerta del horno.

Aún cuando el horno no reunía las condiciones óptimas deseadas para los experimentos, las modificaciones realizadas, especialmente el cierre hermético del mismo con arcilla, permitieron obtener resultados satisfactorios. En el futuro, el Departamento de Maderas podrá utilizar el mismo horno para otros ensayos de carbonización.

3.2 METODOLOGIA

La metodología utilizada fue la siguiente:

- La operación de secado de la leña, para evaporar agua, se efectuó a una temperatura de 110°C durante un período de 15 horas.
- La carbonización, a una temperatura que fue gradualmente elevada de 110°C a 350°C para el primer ensayo y hasta 500°C y 600°C, para las demás pruebas. En todos ellos, el proceso de carbonización se realizó durante, aproximadamente, 11 horas. El parámetro superior de temperatura (o sea 350°, 500° y 600°C) de los respectivos ensayos, fue mantenido durante las últimas 3 horas de carbonización.
- El enfriamiento del horno se realizó en un período de alrededor de 48 horas.

3.3 ANALISIS REALIZADOS

Los análisis realizados se refieren a determinaciones físicas y químicas:

De la madera:

- Tenor de agua en porcentaje base peso seco
- Densidad de la leña a 12 % de contenido de humedad

Del carbón:

- Densidad y tenor de agua a la salida del horno
- Resistencia a la compresión, perpendicular a las fibras
- Poder calorífico
- Materiales volátiles
- Cenizas
- Azufre
- Carbono fijo

Las características más importantes del carbón obtenido son, en orden decreciente:

- Carbono fijo
- Poder calorífico
- Resistencia a la compresión

3.4 CARBONIZACION EN HORNO METALICO

Con el horno metálico se realizó una carbonización a escala industrial. El material presentaba una variación en diámetro de 8 a 20 cm y un largo aproximado de 90 cm. Como se ha mencionado, anteriormente, el horno no pudo llenarse totalmente, lo que motivó la aparición de tizones y cenizas luego de finalizada la carbonización. También se presentaron dificultades en el encendido del horno, el que inicialmente tuvo que realizarse con brasas, efectuándose el definitivo con gasoil.

La leña cargada ha totalizado un peso de 1575 kg. La carbonización se inició por la tarde con una marcha lenta de aproximadamente 12 horas, acelerandola luego mediante la apertura total de los orificios de aireación, por un periodo de 14 horas. Finalizada esta etapa se procedió al cierre total de todos los orificios.

Resumen de la carbonización: 12 horas de marcha lenta

14 horas de marcha rápida

El enfriamiento insumió un tiempo de 48 horas, para asegurar la total extinción de la quema.

El resultado fue el siguiente:

Peso del carbón	255.9 kg
Peso de los tizones	49.3 kg
Leña carbonizada	1575 kg - 49.3 kg = 1525.7 kg
Rendimiento de carbonización	$255.9 \text{ kg} / 1525.7 \text{ kg} \times 100 = 16.8 \%$

El rendimiento obtenido se ubica dentro de los parámetros normales para este tipo de horno. No obstante, pudo ser afectado por la media carga y por los muy variados contenidos de humedad que presentaba la leña (de 11 % a casi 70 % CH). Esta experiencia ha demostrado que es posible carbonizar la PALMA ROJA a nivel industrial.

De los ensayos en laboratorio y de la quema, en el horno metálico, se puede notar:

- Que el porcentaje de carbono fijo es una función directa de la temperatura de carbonización (esto se puede apreciar en los ensayos realizados en el horno eléctrico).
- Que la resistencia mecánica a la compresión perpendicular a las fibras también se ve influenciada por la temperatura.
- Que el poder calorífico es una función directa del tenor de carbono fijo.

3.5 RESULTADOS OBTENIDOS

H o r n o E l é c t r i c o				
	1er.Ensayo (350°C) (Mad.Externa)	2do.Ensayo (500°C) (Mad.Central)	3er.Ensayo (600°C) (Promedio)	Horno metálico (300/600°C)
Densidad (leña)	0,558	0,300	1,112 ±/	0,615
Humedad (leña)	11,79 %	11,20 %	66,30 %	42,30 %
Densidad (carbón)	0,336	0,100	0,425	0,395
Humedad (carbón)	3,1 %	2,7 %	3,0 %	4,4 %
Resistencia Compresión	17,2 kg/cm ²	10,2 kg/cm ²	18,1 kg/cm ²	12,0 kg/cm ²
Poder Calorífico	6350 kcal/kg	6477 kcal/kg	7344 kcal/kg	7060 kcal/kg
Materiales Volátiles	32,4 %	24,7 %	16,4 %	16,3 %
Cenizas	9,8 %	11,2 %	4,8 %	9,1 %
Azufre	0,88 %	1,12 %	0,46 %	0,74 %
Carbono Fijo	57,8 %	64,1 %	78,8 %	74,6 %
Rendimiento Carboniza- ción	43,3 %	34,0 %	18,2 %	16,8 %

±/ Densidad en verde

El cuadro permite apreciar que, en el primer ensayo realizado en horno eléctrico, la temperatura no fue suficientemente elevada como para asegurar un carbono fijo ideal y disminuir el porcentaje de materias volátiles. Por el contrario, las dos siguientes quemadas en el horno eléctrico han demostrado un aumento del carbono

fijo y una disminución del porcentaje de materias volátiles, fenómeno éste que era de esperar con el aumento de la temperatura.

Un carbón industrial debe reunir las siguientes características:

- Carbono fijo mayor que 65 %
- Poder calorífico mayor que 7000 kcal/kg
- Resistencia a la compresión mayor que 10 a 12 kg/cm²

4. EL PALMAR DEL CHACO

La población de la PALMERA ROJA estaría situada entre los kilómetros 100 y 300 a lo largo de la ruta Transchaco, con una profundidad de varios kilómetros, a ambos lados de la misma. Desde el km 300, tendería a desaparecer siendo reemplazada por una floresta clara, de tipo "secondary dry forest".

La dificultad en llegar a los palmares debido a frecuentes inundaciones a lo largo de la ruta no ha permitido realizar mediciones de la densidad de los mismos; sin embargo, fue posible verificar que en promedio pueden encontrarse alrededor de 300 plantas por hectárea.

Considerando que una palma tiene aproximadamente 0,096 m³ y la densidad del palmar 300 plantas por hectárea, resultaría un volumen igual a 28,8 m³ por ha. Estimando mínimamente una profundidad, a ambos lados de la ruta Transchaco (dirección nort-sur), de 20 km y una longitud de 100 km, se tiene: 100 km x 20 km x 20 km = 40.000 km³ o sea 4 millones de ha. Multiplicando este valor por el volumen por ha. nos da un total aproximado de 115 millones de m³ para la región.

Considerando una densidad promedio de la palma igual a 0,500 ~~kg~~, se tiene un peso en leña igual a 58.000.000 toneladas, lo

que transformado en carbón daría aproximadamente 9.900.000 toneladas de carbón disponible.

Los terrenos de esta región del Paraguay, en su mayoría, son de propiedad privada. Las innumerables haciendas que se dedican a la ganadería consideran a la palma una especie perjudicial para el crecimiento o desarrollo de pasturas, y por lo tanto los propietarios efectúan el desmonte en forma directa o por contrato con terceros sin obtener de ello beneficio alguno salvo la limpieza del terreno. Resultaría ventajoso además de rentable, el utilizar el material de desmonte construyendo algunos hornos o baterías para la producción de carbón en dichas haciendas. Desde luego, el número de hornos dependerá del ritmo anual de desmonte y de la superficie de la hacienda cubierta de palmas. Se debería tener en cuenta además, que la población de palmeras en pie sea suficiente para asegurar la producción prevista de carbón, durante el número de años necesarios para amortizar los hornos y otros equipos. Otra limitación está representada por la dificultad de conseguir obreros en el área, lo que significa que éstos deberán ser contratados en otras zonas del país. Los salarios actuales en el Chaco varían entre 25.000 y 35.000 ₡ por mes incluyendo víveres (estimado en ₡ 400 por día), más 16 % de seguros sociales.

Estas observaciones son consideradas en los cálculos económicos que se indican más adelante.

5. EL MERCADO DE CARBON

Se puede estimar el consumo actual de carbón del Paraguay en alrededor de 50.000 toneladas por año. Por otro lado, no existen cifras exactas del comercio de carbón para el consumo familiar u

otros fines, siendo Asunción el centro más importante donde es absorbido, en su mayor parte, en los hogares, restaurantes, y en las pequeñas industrias artesanales.

En lo que respecta al uso del carbón para fines domésticos, se plantea una competencia con el gas de petróleo que resulta más cómodo e higiénico de utilizar. Comparando los precios de ambos productos se puede notar que:

- 10 kg de gas cuestan ₡ 1000 y representan 210.000 kcal, donde 1 kcal de gas cuesta ₡ 0,0047
- Cuando 1 kg de carbón es vendido a ₡ 25 y representa 7000 kcal, donde 1 kcal de carbón cuesta ₡ 0,0035

Por lo tanto, el consumidor paga el gas más caro que el carbón a igualdad de calorías compradas, con la ventaja de que el primero es un producto de fácil uso, mientras que el carbón resulta poco higiénico para las amas de casa.

A fines del año 1983, la acería ACEPAR debería entrar en funcionamiento. Esta industria consumiría inicialmente 150.000 toneladas de carbón para producir arrabio. Esto significa que el consumo nacional sería multiplicado por tres y la producción de carbón debería crecer en la misma proporción; donde la carbonización de la PALMERA ROJA, en el Chaco, podría encontrar un mercado seguro.

Se puede notar además que, con el costo creciente del petróleo, los derivados de este recurso aumentan normalmente con el agotamiento de esta fuente. Se plantean entonces otros usos para el carbón, tales como: el reemplazo del gasoil en las industrias de cementos, el uso en gasógenos para vehículos o motores, etc.

En Europa durante la segunda guerra mundial, la falta de

subproductos derivados del petróleo incentivó el uso del carbón en todas sus aplicaciones. Teniendo en cuenta el problema de la calidad del carbón de la PALMERA ROJA, una parte no despreciable de su futuro mercado podrá ser propuesto a ACEPAR, en mezcla con el carbón de la floresta nativa. Los resultados de ensayos en el INTN demuestran esta posibilidad.

6. CARBONIZACION INDUSTRIAL

En general la carbonización industrial se efectúa a través de la producción en varios hornos, con un funcionamiento continuo y bien organizado todo el año, particularmente en el mantenimiento de los equipos y maquinarias afectados en la elaboración y venta del producto final.

Tecnologías posibles

Se proponen dos posibles métodos de fabricación en el Chaco:

- con hornos de ladrillos
- con hornos metálicos portátiles

6.1 HORNOS DE LADRILLOS

Construcción: Se trata de un horno del tipo brasileño con un costo de construcción aproximado a \$ 145.000. Se debe contar con: 8500 ladrillos y 10 días de trabajo de un albañil y un ayudante, suponiendo un terreno bien nivelado y preparado. Entre los materiales se necesita además, dos dinteles de planchuelas de metal para ambas puertas, y un zuncho, también metálico, en la base de la cúpula para asegurar la estabilidad del horno.

Utilización: La carga del horno se realiza por las dos puertas que luego son cerradas con ladrillos y revocadas con una lechera-

da de barro y arena.

Se ha experimentado, que para ar un horno medio (de 5 m de diámetro y un volumen de leña de 40 a 42 m³) se necesita el trabajo de 4 hombres, durante 1,5 a 2 días; suponiendo que la leña se encuentre apilada por tamaños y en un lugar cercano al horno para evitar transportes innecesarios.

En principio, para un horno de 5 m de diámetro, el proceso de carbonización dura alrededor de 4 días, y el enfriamiento otros 4 días. Teniendo en cuenta el reposo del domingo, puede decirse que con este horno, es posible realizar tres hornadas por mes y 30 hornadas por año, suponiendo una actividad anual de 10 meses solamente.

Ventajas del horno: La inversión es mínima y puede ser construido fácilmente y, sobre todo, con materiales locales. Tiene un promedio de vida útil de 5 años, pudiendo ésta extenderse, con un buen mantenimiento a 6 o 7 años. Este tipo de horno es factible de ser desmontado y luego ser construido en otro lugar.

Inconvenientes del horno: Es fijo, lo que implica la necesidad de transportar la leña desde el bosque hasta el horno y, como el material es verde, se transporta mucha agua. Otro inconveniente es la dificultad de determinar si el horno se ha enfriado completamente ya que, cuando se abren las puertas se corre el riesgo de que el carbón se inflame espontáneamente, en contacto con el aire. Una práctica muy común es la de apagar las brasas con agua, lo cual no es recomendable.

Producción y empleo: El horno de ladrillos produce en cada hornada de 5 a 6 toneladas de carbón, o de 15 a 18 toneladas por mes, lo que equivaldría a una producción anual de 150 a 180 toneladas.

Con una batería de 10 hornos, se puede contar con una producción anual de 1500 a 1800 Ton., con un consumo de leña de 12.000 a 13.000 m³. Esta batería puede ser conducida por un equipo de 6 obreros bajo la dirección de 1 capataz, o sea un total de 7 hombres como máximo, sin tener en cuenta la mano de obra necesaria para la obtención de la leña, ni el transporte del mismo.

6.2 HORNOS METALICOS PORTATILES

Se sugiere la utilización de un horno metálico portátil muy perfeccionado, producido en Francia por la Sociedad Nacional de Explotación de la Hulla (CHARBONAGE de France).

Descripción y precio: Este tipo de horno permite una regulación casi automática del proceso de carbonización. Además de los orificios de la base del horno, que permite la entrada del aire, está provisto de una chimenea móvil y orientable, que puede abrirse o cerrarse según las condiciones del viento. Esta chimenea está adosada a una tapa vertical también móvil, que puede descender a medida que la carbonización progresa.

El horno está compuesto de dos a tres, o cuatro virolas (anillos), que se encajan unos en otros con una junta de arena y barro. Los equipos de mayor tamaño tienen una capacidad de ocho metros cúbicos y una producción de alrededor de 950 kg de carbón, cada tres días. Su rendimiento varía de 18 a 20 %, según el grado de humedad de la leña.

La inversión inicial puede parecer elevada; el precio actual CIF Asunción es de alrededor de 42.000 FF (6.000 US dólares) o \$s. 1.070.000. Es importante mencionar que el horno es vendido con su licencia, lo que permite la construcción local de hornos semejantes

a un precio reducido.

Utilización: La utilización de estos hornos resulta conveniente, dado que no se necesitan obreros calificados, en razón de su semi-automatización, lo que no obliga a una vigilancia nocturna.

La carga del horno puede efectuarse en medio día por 2 hombres, partiendo de un almacenamiento de la leña cercano al horno. En general la hornada tiene una duración de 3 días. Para carbonizar el mismo volumen que en los hornos de ladrillos sería necesario una batería de 16 hornos metálicos que consumirían 12.000 m³ de leña por año, para producir 1800 Ton. de carbón. La producción teórica de estos hornos es semejante a la de los hornos de ladrillos, pero presentan la ventaja de ser portátiles, lo que implica una disminución en el costo del transporte de la leña.

Ventajas del horno: El horno es portátil y fácil de conducir. La producción del carbón es acelerada y el transporte de la leña reducido.

Inconvenientes del horno: No puede carbonizar leña de gran diámetro (máximo 30 cm), y la producción por cada hornada es bastante reducida. Por otro lado, la inversión es un inconveniente muy importante ya que su vida útil se reduce a apenas tres años en promedio.

Producción y empleo: Se ha mencionado anteriormente que la producción de 16 hornos metálicos es de 1.800 Ton. de carbón por año. La mano de obra necesaria para esta producción ocupa a 2 hombres para 4 hornos o sea 8 obreros sin calificación con 1 capataz que totalizan 9 hombres por 16 hornos. Para una producción aproximada, los hornos metálicos generan mayor demanda de mano de obra, que los hornos de ladrillos.

7. CALCULOS ECONOMICOS

Este capítulo tratará del interés económico de cada uno de los procesos de producción. En principio se establecerán las condiciones necesarias para la instalación de una batería de hornos (de ladrillos y/o metálicos) en el Chaco.

7.1 CONDICIONES DE INSTALACION DE UNA BATERIA

Se ha hecho referencia anteriormente a la ubicación de las poblaciones de la PALMERA ROJA. Estas se encuentran a lo largo de la ruta Transchaco entre los kms 100 y 300, con una profundidad de varios kms a ambos lados de la mencionada ruta. Dentro de esta superficie existen numerosas haciendas que se dedican a la ganadería y, que en una u otra forma, desarrollan programas de desmonte anual para pastura.

Es sobre esta base, que será estimada la producción de carbón.

a) La primera condición es que exista una población lo bastante importante de palmeras como para satisfacer el consumo anual de la batería: 13000m^3 por año a desmontar

- La superficie correspondiente será: $13000\text{ m}^3/28\text{ m}^3\text{ por ha.} = 465\text{ ha.}$

- La superficie de palmeras a aprovechar durante 5 años:

$465\text{ ha.} \times 5\text{ años} = 2325\text{ ha.}$ (batería de ladrillos: 5 años de vida útil en promedio).

$465\text{ ha.} \times 3\text{ años} = 1395\text{ ha.}$ (batería de hornos metálicos: 3 años de vida útil en promedio).

Partiendo de la hipótesis de un desmonte anual de 465 ha., la instalación de una batería de hornos supone una superficie a desmontar de 1395 ha. para los hornos metálicos y de 2325 ha. para los hornos de ladrillos.

b) El futuro empresario deberá poseer un mínimo de \$ 10 millones y obtener un préstamo bancario, de complemento, a una tasa de interés de alrededor del 10%. La colaboración de ACEPAR podría facilitar este préstamo.

c) Cuando las dos primeras condiciones sean satisfechas, debe iniciarse la contratación de la mano de obra necesaria en otras zonas del país, ya que en el Chaco existe escasez de obreros.

d) Se deberá entonces iniciar la construcción del campamento que incluya: arreglo de caminos, construcción de viviendas, de cobertizos y garages o talleres (para los equipos, vehículos y depósito del carbón).

e) La construcción de hornos de ladrillos o la compra de hornos metálicos sería la última condición a satisfacer.

7.2 ELEMENTOS DE CALCULO PARA LOS HORNOS DE LADRILLOS

Para una batería de 10 hornos: entre los gastos generales, se tienen los siguientes items a considerar:

7.2.1 Inversiones

A) Instalación del obraje:

	Costo (\$)	Vida Útil (años)	Amortización anual (\$)
- Desmante de 1 ha. (incluye limpieza del terreno p/hornos y apilamiento de leña)	100.000	-	-
- 25 viviendas (100.000 \$ c/u)	2.500.000	10	250.000
- 5 almacenes, garage, taller, etc.	500.000	10	50.000
- Caminos principales y secundarios	8.000.000	50	160.000
- Transporte tierra, piedras, agua, etc.	2.000.000	50	40.000

	Costo (₡)	Vida útil (años)	Amortización anual (₡)
- 10 hornos (145.000 ₡ c/u)	1.450.000	5	290.000
SUB TOTAL	14.550.000		790.000
- 10 % del precedente	1.500.000	10	150.000
TOTAL	<u>16.050.000</u>		<u>940.000</u>

Se tiene entonces una inversión de ₡ 16.000.000 y una amortización anual de ₡ 940.000.

B) Máquinas y equipos:

Se trata de máquinas y equipos para el aprovechamiento y transporte de la leña.

	Costo (₡)	Vida útil (años)	Amortización anual (₡)
- 1 tractor D4 c/guínche y láminas	12.000.000	6	2.000.000
- 3 camiones (8 toneladas)	6.000.000	5	1.200.000
- 4 zorras	1.200.000	6	200.000
- 1 Jeep (con tracción en las 4 ruedas)	800.000	5	160.000
TOTAL	<u>20.000.000</u>		<u>3.560.000</u>

La compra de máquinas y equipos resulta en una inversión de ₡ 20.000.000 y una amortización anual de ₡ 3.560.000.

C) Herramientas:

Comprenden: (10 hachas, 10 machetes, 10 motosierras, 5 regaderas, 5 palas, 5 horquillas, 1000 sacos de plástico, 1 plástico carpa para cobertura del carbón, 20 cuñas, 2 aparatos de radio, 1 generador eléctrico, 2 carretillas, 1 arca de agua de 10 m³).

La compra de herramientas resulta en una inversión de ₡ 1.600.000 y una amortización de ₡ 1.600.000.

D) Repuestos y mantenimiento:

Costo ₡: 1.500.000

Amortización ₡: 1.500.000

E) Combustibles y lubricantes:

Resulta en ₡: 3.000.000

F) Capital operativo inicial:

Corresponde a la suma que se deberá pagar durante 3 meses en concepto de salario del personal y la compra de combustibles y lubricantes.

Resulta en ₡: 5.000.000

Resumen de la inversión necesaria para la instalación de una batería:

- Instalación del obraje	₡	16.000.000	
- Máquinas, herramientas y repuestos	₡	23.000.000	
- Capital operativo inicial	₡	5.000.000	
TOTAL	₡	44.000.000	# <u>45.000.000</u>

G) Gastos financieros:

Se supone que el propietario de la hacienda dispondrá de su propio dinero la suma de: ₡ 10.000.000; el préstamo a obtener será de:

$$45.000.000 - 10.000.000 = 35.000.000 \text{ ₡}$$

El interés del préstamo a pagar cada año será:

$$35.000.000 \times 10 \% = 3.500.000 \text{ ₡}$$

Los gastos financieros anuales serán: ₡ 3.500.000

7.2.2 Gastos de salarios

Para el efecto se considera un año laboral de 12 meses.-

Un obrero sin calificación cuesta:

- Salario por mes	₡	25.000
- Alimentación por mes	₡	9.000
- Leyes sociales (16 % salario)	₡	4.000
TOTAL	₡	<u>38.000</u>

El costo de salario por una jornada de trabajo:

$$38.000/30 = ₡ 1.266 \text{ hombre día}$$

La batería de hornos estará compuesta por el siguiente

personal:

- 10 obreros + 2 capataces (explotación)
- 4 obreros + 1 capatáz (carbonización)
- 5 choferes + 1 mecánico (transporte)
- 3 empleados (administración)

Los salarios considerados son:

1 obrero	₡	38.000 por mes
1 capatáz)		
1 chofer)c/u	₡	45.000 por mes
1 mecánico)		
1 empleado de administración	₡	150.000 por mes

Los gastos por salarios anuales serán:

$(38.000 \times 10 \times 12) + (45.000 \times 2 \times 12)$	₡	5.640.000
$(38.000 \times 4 \times 12) + (45.000 \times 12)$	₡	2.364.000
$(45.000 \times 5 \times 12) + (45.000 \times 12)$	₡	3.240.000
$(150.000 \times 3 \times 12)$	₡	5.400.000
TOTAL	₡	16.644.000

El total de salarios anuales ₡ 17.000.000

7.2.3 Gastos totales anuales

Estimación de los gastos anuales:

- Salarios	₡	17.000.000
- Amortización (940.000 + 3.560.000 + 1.600.000 + 1.500.000)	₡	7.600.000
- Combustibles y lubricantes	₡	3.000.000
- Repuestos y mantenimiento	₡	1.500.000
- Gastos financieros	₡	3.500.000
		<hr/>
	₡	32.600.000

El costo de producción anual en obraje ₡ 32.600.000

- Otros gastos y beneficios:

Beneficio + impuestos estimados en
15 % del total ₡ 4.890.000

Transporte del carbón (aproximada-
mente 250 km hasta la planta)(₡
3500/Ton. x 1800 Ton. carbón) ₡ 6.300.000

Costo total por año ₡ 43.790.000

Para una producción de 1800 Ton. el precio por Ton. deberá situarse alrededor de ₡ 24.000. Según técnicos de ACEPAR^{1/}, la industria estaría dispuesta a erogar entre ₡ 15.000 y 18.000 la Ton. de carbón puesto en planta. Sería conveniente motivar a los productores de carbón con un precio más atractivo.

7.3 CALCULO DE UNA BATERIA CON HORNOS METALICOS

Una batería de 16 hornos metálicos cuya producción anual puede ser estimada en alrededor de 1800 Ton., con un consumo de leña de 12.000 a 13.000 m³, ocupará una mano de obra de ocho obreros y un capataz, todos ellos para el proceso de carbonización.

7.3.1 Inversiones

1/ Ing. Agr. Aparicio Varela, especialista en carbón y reforestación.

Con referencia al parágrafo 7.2 consideramos los siguientes insumos y gastos:

A) Instalación de obraje:

Se ha estimado con anterioridad que la instalación de un obraje, con hornos de ladrillo, alcanza la suma de ₡ 16.000.000; si de este monto descontamos el valor de la construcción de los hornos (1.450.000 ₡) y se le adiciona el costo de compra y construcción de los hornos metálicos tenemos: un horno importado ₡ 1.070.000 + 15 fabricados en Paraguay (a medio costo) totalizan: ₡ 8.570.000.

La inversión total será:

$$16.000.000 - 1.450.000 + 8.570.000 = ₡ \underline{\underline{23.120.000}}$$

Amortización por año:

$$940.000 - 290.000 + 2.857.000 = ₡ \underline{\underline{3.507.000}}$$

B) Máquinas:

Se trata de los tipos para explotación, los mismos utilizados en los hornos de ladrillos.

Inversión total: ₡ 20.000.000

Amortización: ₡ 3.560.000 por año

C) Herramientas:

Las mismas estipuladas para los hornos de ladrillos, ya que se tratan de herramientas para el corte de la leña y el acondicionamiento del carbón.

Inversión: ₡ 1.600.000

Amortización: ₡ 1.600.000 por año

D) Repuestos y mantenimiento:

Se consideran los mismos costos que para los hornos de ladrillos.

Inversión: ₡ 1.500.000

Amortización: ₡ 1.500.000 por año

E) Gastos de combustibles y lubricantes:

Los gastos derivan del abastecimiento de la leña y el transporte del carbón. Se preve una disminución del gasto debido a que el transporte de la leña se realizará a una menor distancia, considerando que los hornos son portátiles.

Los gastos serán: ₡ 2.800.000

F) Capital operativo inicial:

Corresponde a la suma que se deberá pagar durante 3 meses, en salarios, al personal y por la compra de combustibles y lubricantes. La inversión correspondiente será:

₡ 4.800.000

Inversión total por batería:

- Instalación del obraje	₡	23.120.000
- Máquinas, herramientas y repuestos	₡	23.000.000
- Capital operativo inicial	₡	4.800.000
TOTAL	₡	50.920.000 # <u>51.000.000</u>

G) Gastos financieros:

El propietario de la hacienda, desde sera instalada la batería debiera contar con un mínimo de 10.000.000 de ₡ para invertir. Los restantes 41.000.000 de ₡ deberán ser obtenidos mediante un préstamo bancario o la formación de una sociedad financiera.

Los intereses financieros al 10 % anual: ₡ 4.100.000

7.3.2 Gastos de salarios

Se utilizan las mismas bases de salarios que lo indicado en

el punto 7.2.2.

- 10 obreros + 1 capatáz para explotación
- 6 obreros + 1 capatáz para carbonización
- 5 choferes + 1 mecánico para transporte
- 3 empleados para administración

Los salarios anuales serán:

(38.000 x 10 x 12) + (45.000 x 12)	₡	5.100.000	
(38.000 x 6 x 12) + (45.000 x 12)	₡	3.276.000	
(45.000 x 5 x 12) + (45.000 x 12)	₡	3.240.000	
(150.000 x 3 x 12)	₡	5.400.000	
TOTAL	₡	17.016.000	# <u><u>17.000.000</u></u>

7.3.3 Gastos totales anuales

Estimación de los gastos anuales:

- Salarios	₡	17.000.000
- Amortización	₡	10.200.000
- Combustibles y lubricantes	₡	2.800.000
- Repuestos y mantenimiento	₡	1.500.000
- Gastos financieros	₡	4.100.000
	₡	<u>35.600.000</u>

El costo de producción anual en obraje ₡ 35.600.000

- Otros gastos y beneficios:

Beneficios + impuestos (15 %)	₡	5.340.000
Transporte del carbón hasta la planta (250 km)	₡	6.300.000
<u>Costo total por año</u>	₡	<u><u>47.240.000</u></u>

Para una producción anual de 1800 Ton. de carbón, el precio de venta por tonelada sera:

$$47.240.000 \text{ ₡/1800 Ton.} = \text{₡ } 26.244 \text{ # } \underline{\underline{26.000}} \text{ ₡ por Ton.}$$

Este precio más elevado es consecuencia de la amortización y los gastos financieros superiores a los del primer ejemplo (hornos de ladrillos). Se puede afirmar que la calidad del carbón producido es igual o mejor a los obtenidos en los hornos de ladrillos.

7.4 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA TIPOS DE HORNOS

Esta noción de la tasa interna de retorno (internal return), permite conocer en valor actualizado la tasa que anula a largo tiempo la suma de los gastos y la de los beneficios, o de las ventas.

Como la vida útil de los hornos no es la misma, se ha tomado un multiplicador común de 15 años, así los de ladrillos serán reconstruidos totalmente en 3 oportunidades y los metálicos en 5.

7.4.1 Hornos de ladrillos

Las cifras siguientes corresponden a un período de 15 años.

- Inversión inicial (año 0)	£	45.000.000
- Inversiones sucesivas (años 5to. y 10mo.)	£	1.450.000
- Otros gastos, cada año:		
• Salarios	£	17.000.000
• Combustibles y lubricantes	£	3.000.000
• Repuestos y mantenimiento	£	1.500.000
• Gastos financieros	£	3.500.000
• Transporte de carbón	£	6.300.000
	£	<u>31.300.000</u>

Venta del carbón: 1800 Ton. x 24.000 £/Ton. = £ 43.200.000

La igualdad, en valor actualizado, sobre 15 años con dos renovaciones de hornos permite obtener una tasa ligeramente superior

al 21 %. Esto muestra que la carbonización es una operación rentable.

7.4.2 Hornos metálicos

- Inversión inicial (año 0) £ 51.000.000
- Inversiones sucesivas (años 3ro, 6to, 9no y 12do)
£ 8.570.000
- Otros gastos, cada año:

• Salarios	£ 17.000.000
• Combustibles y lubricantes	£ 2.800.000
• Repuestos y mantenimiento	£ 1.500.000
• Gastos financieros	£ 4.100.000
• Transporte de carbón	£ 6.300.000
	£ 31.700.000

Venta del carbón: 1800 Ton. x 26.000 £/Ton. = £ 46.800.000

De acuerdo a los precios de venta estipulados, se pueden obtener dos tasas, la primera calculada con un precio de venta del carbón igual a 26.000 £/Ton., obteniéndose una rentabilidad de 21 %, mientras que la segunda con un precio de 24.000 £/Ton., una rentabilidad de solamente 17 %.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La existencia de una población importante de PALMERA ROJA, sin mayor uso actual y que puede ser utilizada para producir carbón.
- Los ensayos de laboratorio del INTN han demostrado que esta palma produce un carbón de calidad media a buena, comparable al carbón de la floresta nativa.

- El ensayo en el horno metálico ha demostrado que el carbón producido puede utilizarse con fines industriales por su adecuado porcentaje de carbono fijo mayor que 70 % y un poder calorífico normal.
- El mercado potencial del carbón de la PALMERA ROJA estaría representado por el consumo de ACEPAR, para su utilización en los altos hornos como reductor del metal de hierro.
- El precio de venta en planta debería ser fijado, como mínimo, en \$ 24.000 la tonelada para que pueda interesar a un eventual inversor.

8.2 RECOMENDACIONES

El autor de este informe recomienda:

- La instalación de obrajes de carbonización en el Chaco, en áreas de alta densidad en palmeras.
- La formación de obreros carboneros mediante cursos prácticos de corta duración que podrían desarrollarse en los locales de ACEPAR.
- Los métodos de carbonización para el Chaco son: hornos de ladrillos y hornos metálicos.
- El INTN podrá prestar su asistencia para realizar los análisis del carbón, tanto para ACEPAR como para los productores privados o públicos, y el precio del mismo debería ser estipulado según su tenor en carbono fijo.
- El INTN podría asesorar a través de sus técnicos, principalmente en la elección e instalación de los obrajes en el Chaco así como en la formación de obreros carboneros.
- El financiamiento de las empresas de carbonización a insta-

lar para una producción de 1300 toneladas de carbón, podría obtenerse mediante un préstamo de 40 a 50 millones de guaraníes del Gobierno, de ACEPAR o de bancos privados.

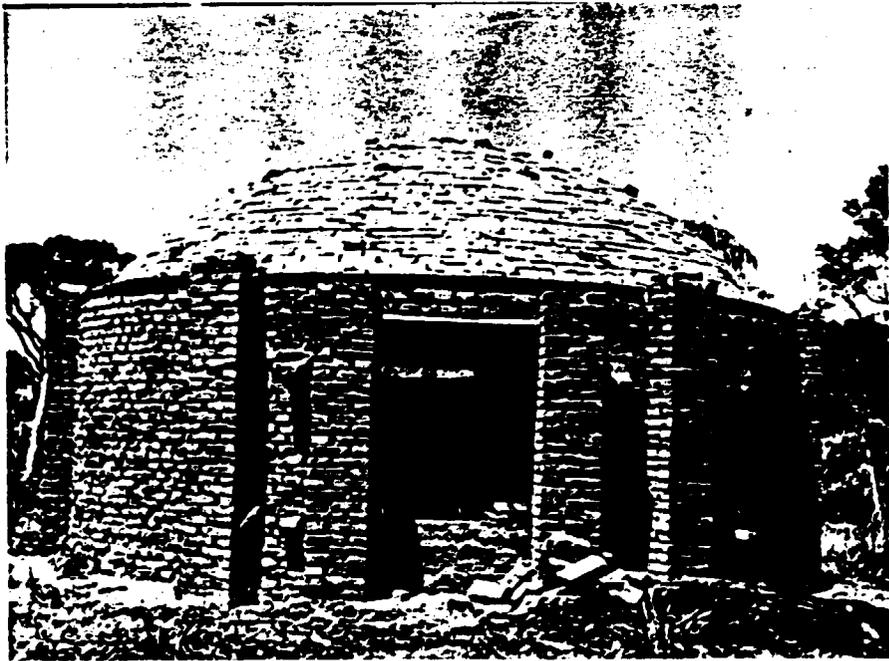
Al finalizar este informe el autor hace votos de éxitos por los futuros emprendimientos relacionados con la implantación de obras de carbonización en el Chaco.

9. PERSONAS ENTREVISTADAS DURANTE LA MISION

- DR. JERRY C.L. CHANG
Representante Residente de Naciones Unidas en Paraguay
- SRA. ESMILDA FERNANDEZ
Senior Program Assistant
- SR. BORIS MICHALUK
Senior Administrative Assistant
- DR. JOSE MARTINO
Director del INTN
- DR. ADALBERTO PASTOR
Coordinador del Dpto. de Maderas (INTN)
- ING. APARICIO VARELA
Experto en Carbón y Reforestación (ACEPAR)
- ING. J. ALBERTO HERRERA
Asesor Técnico (SIDEPAR)
- ING. CESAR BERNI
Dpto de Maderas (INTN)
Contraparte Nacional de la Misión



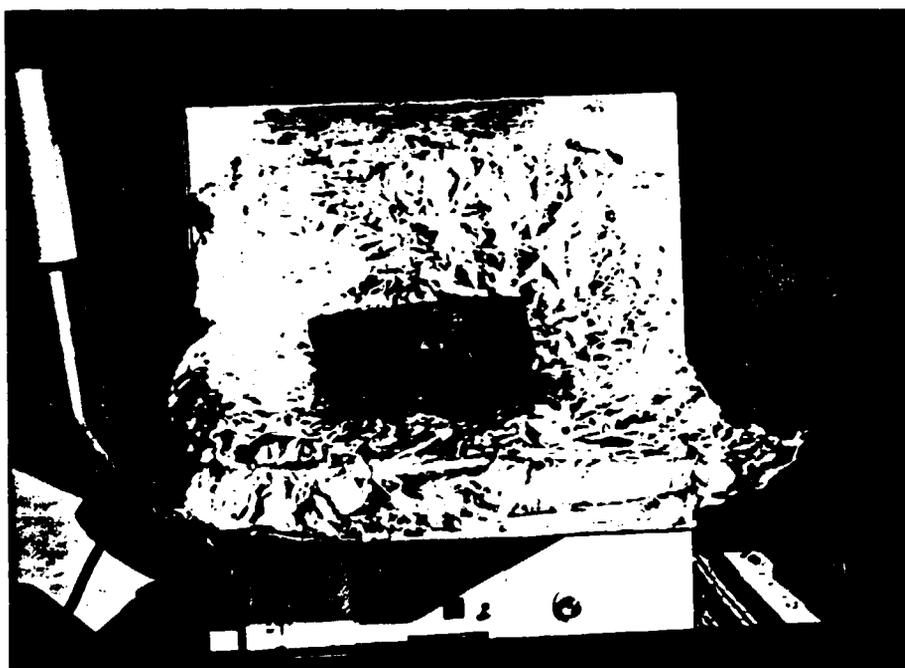
POBLACION DE PALMAS ROJAS EN EL CHACO (POZO COLORADO)



HORNO DE LADRILLOS (ACEPAR)



HORNO METALICO POFTATIL (INTN)



HORNO ELECTRICO DE LABORATORIO (INTN)

SUGESTIONES PARA UN PROGRAMA DE INVESTIGACION
EN CARBON VEGETAL

En complemento del informe de la misión del Dr. Uhart.

1. Equipo de laboratorio necesario

a) Adquisición de un horno eléctrico que permita la recuperación de los gases condensables y no condensables durante los ensayos de carbonización. Para el desarrollo de un programa de investigación, se necesita realizar mediciones de todos los productos provenientes de la carbonización, incluso los gases no condensables tales como: CO , CO_2 , H_2O , CH_4 , C_2H_4 , etc...

b) El segundo equipo indispensable, es un horno de ladrillo de reducido volumen (1 a 2 m³), para hacer carbonizaciones experimentales y sobre todo medir las diferentes temperaturas en el mismo durante la operación.

c) Es imprescindible la utilización de por lo menos 3 pirómetros para medir temperaturas de carbonización en diferentes puntos dentro del horno. En tal sentido se necesitarán pirómetros de diferentes longitudes (30, 50, y 100 cm.). Estos pirómetros serán conectados a un termómetro para registrar las temperaturas (si es posible, automático y sobre un gráfico).

d) El último equipo a adquirir es un instrumento para medir la calidad del carbón en cuanto a su resistencia a la abrasión y choque. Estas características son muy importantes, cuando se considera el carbón para uso industrial.

2. Dirección de la investigación

a) Actualmente, la línea de investigación más importante es el mejoramiento de la fabricación del carbón en hornos de ladrillos.

Un buen carbón es obtenido mediante altas temperaturas (500 a 600°C) al final de la carbonización. Se necesitará para el efecto numerosos ensayos, utilizando como parámetro las temperaturas obtenidas

así como los medios usados para obtenerlas: ventilación acelerada del horno, diferentes tamaños de leña, ordenación particular de la misma dentro del horno y especies a utilizar.

Una vez obtenido el resultado se elaborará un manual de reglas para obtener un carbón de alta calidad.

b) Otra dirección de la investigación será el estudio de los productos de recuperación y la adaptación de un sistema sencillo de recuperadores de gases a los hornos, para recoger la mezcla de los jugos piroleñosos y alquitrán, que son actualmente, desechados al aire durante la carbonización. Esta mezcla podría ser tratada en una planta especializada para producir: alquitrán, creosota, brea, ácido acético industrial, alcohol metílico y acetona.

Esta planta de procesamiento de los jugos piroleñosos y alquitrán no necesita ser una planta importante, ya que se plantea la recolección de los líquidos producidos en los diferentes obrajes de carbonización una vez por semana. La dimensión de la planta de procesamiento podría ajustarse a las necesidades de estos productos dentro del mercado nacional. Solamente la creosota, de buena calidad podría ser exportada.

A título de información se indican los precios en dólares de los diferentes productos de una planta de destilación, en Zambia, año 1977

- Carbón: US\$ 65/ on. (US\$ 100 a 150/Ton. en Paraguay)
- Acido acético: US\$ 130/Ton.
- Metanol: US\$ 260/Ton.
- Creosota: US\$ 520/Ton.
- Brea: US\$ 130/Ton.

Esto demuestra la importancia de la recuperación de los subproductos de la carbonización.

E. UHART

Abril, 1983.

P.S. Para la realización de este programa será necesario la preparación de un proyecto que podrá ser sometido a organizaciones in-

-ternacionales (como el PNUD o FMI o Banco Americano, etc...) a fin de obtener el financiamiento respectivo. La duración del proyecto puede ser estimada entre tres a cinco años.

////////////////////

