



Edgar Elwes M.

ESTUDIO QUIMICO  
D E L  
CARBON MINERAL  
EN EL ESTADO DE  
O A X A C A

1 9 5 0

1372



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS**

ESTE LIBRO NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**ESTUDIO QUIMICO DEL  
CARBON MINERAL EN  
EL ESTADO DE OAXACA**

**T e s i s**

Que para su examen profesional  
de químico presenta.

**EDGAR ELWES M.**

**M E X I C O**

**1 9 5 0**

*A MIS PADRES CON TODO CARINO.*

Agradezco las facilidades que me permitieron el desarrollo de esta tesis a

*El Banco de México, S. A.*

*Instituto Mexicano de Investigaciones  
Tecnológicas.*

*Armour Research Foundation.*

# **ESTUDIO QUIMICO DEL CARBON MINERAL EN EL ESTADO DE OAXACA**

INTRODUCCION.

CAPITULO I.—Clasificación y rangos del carbón.

CAPITULO II.—Determinaciones Analíticas.

CAPITULO III.—El carbón en el Estado de Oaxaca.

CONCLUSIONES.

## INTRODUCCION

*En todos los países del mundo siempre ha sido motivo de preocupación el asegurar la existencia de depósitos de materiales que puedan servir de fuentes de energía para las industrias establecidas y asegurar su funcionamiento. Se han explotado los recursos naturales de cada país y se han gastado enormes fortunas en la investigación tanto de los depósitos conocidos como en la exploración de nuevas fuentes de energía ya sea naturales o artificiales.*

*Una de las fuentes de energía conocidas desde la antigüedad es el carbón de piedra o carbón mineral y casi todos los países han desarrollado esta industria en gran escala procurando conocer sus posibilidades, mejorar la calidad del carbón que producen y al mismo tiempo llevar a cabo una extensa investigación científica para conocer las industrias que se pueden desarrollar a partir de este material.*

*México no podría ser una excepción al interés mundial por el desarrollo de la industria del carbón y podemos decir desde el siglo pasado cuando por primera vez se tuvo noticia de la existencia de depósitos carboníferos, este interés ha ido creciendo día a día, habiendo numerosas industrias en el país que sólo esperan el desarrollo de la industria carbonífera para establecer o aumentar sus operaciones.*

*El Banco de México es una de las instituciones que mayor interés tiene en resolver el problema de la falta de carbón para las industrias y para su uso doméstico y una de las cuencas en donde se ha pensado que hay grandes posibilidades es Oaxaca. Numerosas muestras han sido remitidas para su análisis a los laboratorios del Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas y se ha encontrado que si bien en los Estados Unidos son bien conocidos los métodos para determinar las propiedades del carbón, en México estos no lo son, no existiendo que yo sepa, ningún libro en español que pueda consultarse en caso de tener interés por este material, debido a eso pienso que aunque en forma breve y en relación con mis trabajos en el carbón de Oaxaca sería de gran utilidad poder contar con estos apuntes, no pretendiendo hacer con éstos ningún tratado sobre el análisis de carbón.*

## CAPITULO I

### CLASIFICACION Y RANGOS DEL CARBON

Puede decirse que desde los primeros días del comercio del carbón se han dado diferentes nombres para los tipos de carbón y se han hecho muchos esfuerzos para clasificarlos, existiendo varias clasificaciones ya sea basadas en su composición y valor calorífico como la de Frazer, en su humedad como la de Collier, en su contenido de carbono como la de Campells, en su contenido de hidrógeno y carbono en el carbón puro como la de Seyler y muchas otras basadas en diferentes constituyentes del carbón.

En 1932 W. T. Thone miembro del IV Subcomité del Comité Técnico para Clasificaciones científicas propuso una clasificación en grupos y clases basada en el grado de alteración de los materiales del carbón en su cambio de Turba a Antracita. Los carbones a su vez se subdividen en tipos basados en la materia vegetal predominante aparentemente y en esta clasificación cuatro grandes grupos o clases son considerados:

1. El grupo antracita.
2. El grupo bituminoso.
3. El grupo sub-bituminoso.
4. El grupo lignito.

Después de muchas consideraciones de varios comités interesados en la clasificación del carbón, el U.S. Bureau of Mines y la A.S.T.M. aceptaron la siguiente clasificación como aceptable para carbones americanos:



Grupo	Clase	Límites de Carbón fijo o Btu. Libres de Materia Volátil	Propiedades Físicas Requeridas
1. Antracita	1 meta-antracita	C. F. seco 98% < (M.V. seca > 2%)	No aglomera.
	2 antracita	92% < C.F. seco < 98% ( 8% > M.V. seca > 2%)	
	3 semi-antracita	86% < C.F. seco < 92% (14% > M.V. seca > 8%)	
2. Bituminoso	1 carbón bituminoso o bajo contenido de volátiles	78% < C.F. seco < 78% (22% > M.V. seca > 14%)	Aglomera o no desintegra.
	2 carbón bituminoso medio contenido de volátiles	69% < C.F. seco < 78% (31% > M.V. seca > 22%)	
	3 carbón bituminoso alto contenido de volátiles	A C.F. seco < 69% (M.V. seca > 31%, Btu > 14,000 con humedad natural en carbón).	
	4 carbón bituminoso alto contenido de volátiles	E 13,000 < Btu con humedad natural en carbón < 14,000	
	5 carbón bituminoso alto contenido de volátiles	C 11,000 < Btu con humedad natural en carbón < 13,000	
4. Lignita	1 Subbituminoso A	11,000 < Btu con humedad natural en carbón < 13,000	Desintegra y no aglomera.
	2 Subbituminoso B	9,500 < Btu con humedad natural en carbón < 11,000	
	3 Subbituminoso C	8,300 < Btu con humedad natural en carbón < 9,500	
3. Subbituminoso	1 Lignito	Btu con humedad natural en carbón < 8,300	Consolida.
	2 Carbón	Btu con humedad natural en carbón < 8,300	No consolida.

Hay sin embargo varias variedades de carbón reconocidas universalmente por la ciencia y por el comercio. Estas variedades no están perfectamente definidas y se encuentran frecuentemente entrelazadas entre sí, por lo tanto al hablar de la proporción en que se encuentran sus constituyentes, éstos tienen que estar dados entre amplios límites.

Se admite generalmente, que todos los carbones minerales provienen de la turba, y se encuentran en su estado actual, merced a distintos cambios sufridos durante los procesos geológicos. La turba entonces, debe considerarse como un estado incipiente en la formación del carbón.

**Turba.**—La turba es una acumulación de materia vegetal que ha pasado por varios grados de degradación y descomposición, su aspecto físico varía desde madera fibrosa de color café claro, hasta un aspecto jeloso de color café oscuro o negro.

El análisis de muchas variedades y de varios países da como promedio de su composición:

	Variación %	Promedio %
Carbón	37.15 — 66.55	52.83
Hidrógeno	4.08 — 10.39	5.97
Oxígeno.	18.59 — 42.63	33.12
Nitrógeno.	0.77 — 3.10	1.34
Carbono Fijo.	43.38 — 73.60	60.18
Ceniza.	1.05 — 32.95	9.58

El poder calorífico varía de 5,500 a 10,000 BTU.

**Lignito y carbón café.**—No puede hacerse una distinción exacta entre estos dos tipos de carbón ya que sus constituyentes se encuentran entrelazadas y en América el término se usa indistintamente para el material ya sea amorfo, xiloide o tipo madera. En los Estados Unidos se ha restringido el uso del nombre Lignito para el carbón café de bajo grado. Sus componentes varían generalmente dentro de los límites siguientes:

	Variación %	Promedio %
Humedad.	0.75 — 43.00	14.42
Material Volátil.	27.00 — 53.00	40.78
Carbono Fijo.	16.00 — 51.00	36.37

Azufre.	0.16 — 9.00	1.14
Hidrógeno.		5.14
Carbono.		58.14
Nitrógeno.		1.05
Oxígeno.		25.17

Su poder calorífico varía de 6,000 a 3,500 BTU.

**Carbón Bituminoso.**—Generalmente el color de este tipo de carbón varía desde el negro hasta el negro grisáceo con brillo opaco y su composición varía dentro de los límites siguientes:

	Variación %	Promedio %
Humedad.	0.04 — 33.33	2.50
Materia Volátil.	8.63 — 64.31	32.00
Carbono Fijo.	26.49 — 80.60	55.00
Ceniza.	0.28 — 45.00	10.00
Azufre.	0.001 — 10.5	0.80
Hidrógeno.	1.00 — 8.80	4.80
Carbono.	44.00 — 85.30	74.00
Nitrógeno.	1.00 — 9.20	1.30
Oxígeno.	0.95 — 46.90	7.00

Su poder calorífico varía de 6,840 a 15,169 BTU.

**Carbón Semi-bituminoso.**—Este término fue adoptado para el carbón que contiene de 11 a 18% de materia volátil y para incluir lo que se ha llamado carbón bituminoso seco, este tipo puede o no coquizarse y su nombre no es muy apropiado ya que no significa que sea un grado menor que el bituminoso en la escala Turba-Antracita. Su composición es generalmente:

	Variación %	Promedio %
Humedad.	0.78 — 8.99	2.00 — 4.00
Materia Volátil.	7.40 — 23.84	14.00 — 18.00
Carbono fijo	57.11 — 80.29	70.00 — 80.00
Ceniza.	1.80 — 34.15	4.00 — 8.00
Azufre.	0.44 — 6.47	0.50 — 1.20
Hidrógeno.	3.34 — 5.17	4.00 — 5.00
Carbono.	51.23 — 85.54	76.00 — 82.00
Oxígeno.	3.83 — 13.70	4.50 — 6.50

Su poder calorífico varía entre 8,386 y 16,000 BTU.

**Semi-antracita.**—Este término fue adoptado para incluir aquellos carbones colocados por sus características entre los carbones semibituminosos y la antracita. Se le describe como poseedor de las propiedades de la antracita, aunque en menor grado, pues su fractura coincide no es tan característica. Arde más rápidamente debido a su alto contenido de Materia Volátil y un análisis típico de éste carbón, nos indica la siguiente composición:

Humedad.	1.96 — 7.94%
Material Volátil.	6.81 — 32.46%
Carbono fijo.	58.24 — 82.00%
Ceniza.	4.33 — 14.50%
Azufre.	0.57 — 4.05%
Hidrógeno.	3.69 — 4.81%
Carbono.	72.43 — 80.00%
Nitrógeno.	0.51 — 1.45%
Oxígeno.	5.46 — 10.02%

Su poder calorífico varía entre 12,460 y 14,184 BTU.

**Antracita.**—En América este carbón es frecuentemente conocido con el nombre de carbón duro y en Gales con el nombre de carbón de piedra. Se caracteriza por su color negro fierro y su lustre ya sea opaco o brillante y aún submetálico, no ensucia los dedos como el carbón bituminoso y arde con llama corta de color azul pálido, emite un poco de olor y no coquiza. Tiene fractura coincide y generalmente se rompe en pedazos rectangulares. Permanece largo tiempo ardiendo aunque su poder calorífico no es tan alto como el de otros carbones. Alcanza el grado más alto de dureza en el carbón, 2.75 — 3.00 en la escala de Moh. El análisis de este tipo de carbón da generalmente los siguientes resultados expresados en por ciento:

Humedad.	3.5 — 6.50
Materia Volátil.	1.72 — 10.75
Carbono fijo.	73.71 — 90.90
Ceniza.	3.20 — 30.09
Azufre.	0.17 — 2.60
Hidrógeno.	1.89 — 5.61

Carbono.	78.41 — 83.89
Nitrógeno.	0.63 — 1.57
Oxígeno.	3.80 — 11.54

Su poder calorífico varía entre 9,230 y 13,298 BTU.

Existen otras muchas clases de carbones pero no son muy comunes y generalmente entran dentro de los límites de los tipos antes mencionados.

## CAPITULO II

### DETERMINACIONES ANALITICAS

Uno de los impedimentos para el desarrollo de los recursos carboníferos mexicanos ha sido la tendencia a explotar y vender el carbón sin tener en cuenta sus características y adaptación al mercado. El que un carbón sea apropiado para un uso específico, no depende únicamente de su rango sino también en considerable medida, de la naturaleza de sus cenizas, el contenido de azufre, el poder calorífico y otras características similares. Además, hay otras propiedades que pueden tener importancia cuando se trata de determinadas aplicaciones, entre ellas figuran la friabilidad (tendencia a romperse), la tendencia a la producción de humo y la calidad del coque que produzcan, el tamaño del carbón adquiere importancia cuando se va a usar en parrillas mecánicas o de algún otro tipo, mientras que si va a usarse en forma pulverizada para el caldeo de hornos, la cantidad de energía que se requiere para la trituración puede resultar considerable.

Por las razones antes mencionadas, considero de mucha importancia conocer los métodos analíticos para determinar las características del carbón mineral y que describo a continuación.

### MUESTREO

Es evidente que los métodos de muestreo del carbón mineral deben ser y en algunas ocasiones tienen que ser diferentes de acuerdo con el objeto del muestreo y de las condiciones bajo las cuales es hecho este muestreo.

El objeto del muestreo y análisis en general puede decirse que es:

- 1.—Un primer paso para la determinación de la adaptabilidad de un carbón para uno o varios propósitos.
- 2.—Un primer paso para valorizar el carbón. En general el valor del carbón está basado en el porcentaje de materia no combustible y otras impurezas que éste contiene, tales como azufre, fósforo, etc.
- 3.—Un control de las operaciones mineras. La importancia de este objeto se hace notoria si se toma en cuenta que el carbón se encuentra en lechos o vetas que yacen entre estratos generalmente constituídos de arena, arcilla o pizarra y ocasionalmente caliza. Rara vez sucede que la capa de carbón presente bien definidos sus límites con los estratos superior e inferior y generalmente en éstos se encuentran porciones de carbón más o menos considerables. Este carbón generalmente presenta un alto contenido de cenizas y frecuentemente es también alto su contenido de azufre y fósforo.

Geológicamente un lecho es una formación lenticular plana de límites regulares o irregulares, como estaría hecho el depósito en una cuenca o fondo de un lago y una veta es un estrato o yacimiento que se extiende en dirección paralela al estrato adyacente. Generalmente son de un espesor delgado comparadas con su extensión.

El muestreo puede clasificarse de acuerdo con el lugar donde este tiene lugar y entonces tenemos:

- 1.—Muestreo del carbón "in situ", esto es como se encuentra en el depósito.
- 2.—Muestreo del carbón en tránsito, esto es durante su transporte de la mina al lugar de consumo.
- 3.—Muestreo del carbón en el lugar o lugares donde se consume.

Puede decirse que el propósito fundamental de todo muestreo es tener una porción que represente lo más que sea posible a la parte muestreada y su precisión debe dejarse al juicio de la persona que efectúa el trabajo.

## **Muestreo de carbón en yacimientos.**

Es innecesario hacer notar que es muy difícil aceptar como verdaderamente representativas una o varias muestras de carbón tomadas de un yacimiento o mina, no importa el tamaño del que sean estas muestras.

Muestras de canal tomadas superficialmente no pueden considerarse representativas, a menos que hayan sido tomadas de obras y muestreadas en varios puntos ampliamente separados.

Muestras en canal o superficiales tomadas de afloramientos no son representativas, a menos que hayan sido tomadas de cortes lo suficientemente profundos para penetrar el carbón afectado por las condiciones atmosféricas.

Los métodos de perforación son costosos y la muestra obtenida puede considerarse que es solamente representativa del carbón que se encuentra en la vecindad del lugar donde se efectuó la perforación.

Para recoger las muestras debe usarse una pala o un instrumento especialmente diseñado para que en la porción tomada se encuentren porciones e incrementos iguales.

En general una muestra en conjunto no debe ser menor de 500 Kg. y para aquellos carbones con un elevado contenido de impurezas, la muestra no debe ser menor de 750 Kg. En los casos en que se trate de antracita, la parte que se toma puede ser aún de 125 Kg. porque este tipo de carbón generalmente tiene un bajo contenido de impurezas.

La muestra tomada debe contener la misma proporción de impurezas, carbón finamente dividido, terrones, etc., que el carbón muestreado. Cuando el carbón muestreado tiene un alto contenido de terrones, es preferible romper una cantidad proporcional antes de tomar la muestra.

Después de que la muestra en bruto ha sido tomada, ésta debe ser quebrada y revuelta sistemáticamente y reducida en cantidad hasta un tamaño conveniente para su remisión al laboratorio.

## **Muestreo de carbón en tránsito**

Es extremadamente difícil considerar representativa una muestra tomada de un carro de ferrocarril, debido a la segregación de las partículas, pero por regla general puede decirse que las muestras deben



tomarse en 10 a 25% de los carros cargados y hacer una sola muestra. Así de una mina que produzca 1,200 carros diarios, deberá muestrearse un carro de cada 30 obteniéndose así 120 Kg. diarios de muestra si se considera que cuando menos deberá tomarse 3 Kg. en cada carro.

Para el muestreo en un carro de ferrocarril, se hace un canal de dos pies de ancho por dos pies de profundidad a lo largo de la línea media del carro y otro de las mismas dimensiones en ángulo recto con el primero y a la mitad de éste. Las muestras se toman de las caras y fondo de las canales y en este tipo de muestreo el peso mínimo de la muestra deberá ser 100 Kg.

Numerosas variaciones han sido sugeridas con objeto de obtener muestras verdaderamente representativas, tales como hacer el muestreo ya sea cuando se carga el carro o cuando se descarga, pero ningún método presenta un grado de perfección que permita descartar los demás métodos usados.

### **Muestreo del carbón en el lugar del consumo.**

Por regla general, las muestras tomadas en el lugar de consumo pueden prepararse en el laboratorio donde se encuentran toda clase de facilidades para molerlas y cuartealas mecánicamente.

El equipo empleado en los laboratorios para la preparación de muestras de carbón y coque varía en gran forma de acuerdo con el número de muestras que deban ser preparadas. Cuando no sea necesario preparar más que una o dos muestras por día, el equipo necesario puede consistir de unas cuantas piezas solamente, pero cuando es necesario preparar un gran número de muestras, el equipo necesario es proporcionalmente mucho mayor.

El equipo fundamental para la preparación de muestras de carbón en el laboratorio, consiste de un aparato secador en el cual se logra poner las muestras de carbón en condiciones atmosféricas ya que algunos carbones contienen gran cantidad de humedad superficial. Además del secador, es necesario tener una quebradora y un pulverizador que en pasos sucesivos, reducen el tamaño del carbón al del tamiz N° 20 (833 mm. de abertura). El equipo se completa con un cuarteador con el cual se obtienen cuartas partes de la muestra extraída de la quebradora y se evita tener que pulverizar toda la muestra.

El polvo obtenido del tamíz se pone en frascos herméticos, unos para el almacén y otros para efectuar los análisis; estos últimos se recomienda no llenar hasta el borde para poder homogeneizar la muestra antes de usarla.

## ANÁLISIS INMEDIATO

### H U M E D A D

Todos los carbones minerales contienen humedad que es propia del lugar donde se encuentra la mina. Este tipo de humedad es llamado "superficial", y dejando el carbón expuesto al aire, disminuye en razón inversa a la edad del carbón.

La porción de agua absorbida en el carbón se llama "hidroscópica".

La humedad superficial se determina poniendo la muestra de carbón tal como se obtiene de la mina en una estufa a la cual se hace pasar una corriente de aire continuamente por medio de un ventilador y cuya temperatura es regulada por medio de un termostato a 30°-35° C. Cuando la muestra se encuentra a peso constante, se dice que el carbón está "secado al aire".

Para determinar el contenido de humedad hidroscópica, se toma una muestra de 1 gr. y se coloca en un crisol a peso constante y se pone a la estufa por una hora a la temperatura de 104°-110° C.; antes de remover el crisol de la estufa, se cubre con un vidrio de reloj a peso constante, se deja enfriar por 10 minutos en un desecador y se pesa lo más rápidamente posible. La diferencia en peso es la humedad propia del carbón.

La humedad hidroscópica de un carbón es importante por la relación que ésta tiene con la edad y el origen del carbón. Los carbones cafés (lignitos) tienen entre 15 y 30% de humedad. Los carbones verdaderos jóvenes retienen un 6%; "steam coal", 4%; gas coal, 3%; carbón de encino, 2%; carbón de bajo contenido de materias volátiles, 1%; antracita, 0.5%.

Se cree que esta humedad está tan fuertemente unida al carbón, por la naturaleza coloidal del mismo.

### C E N I Z A

La ceniza forma la parte incombustible del carbón y consiste principalmente de silicatos, sulfatos, fosfatos, sulfuros alcalinos, cal

magnesio, aluminio y óxido de hierro; en algunos casos puede contener también pequeñas cantidades de iodo, bromo, arsénico óxido de bario, plomo, cobre, plata, oro, níquel, zinc, etc. Dependiendo de su origen la ceniza está compuesta de:

- 1.—Minerales de la materia vegetal de la cual se formó el carbón.
- 2.—Polvo y lodo arrastrado y depositado por el viento.
- 3.—Infiltraciones.
- 4.—Conchas provenientes de los estratos entre los cuales se encuentra la capa de carbón.

En la determinación de ceniza en el carbón y coke, ciertas pérdidas son inevitables. Esto es debido al hecho de que los cloruros alcalinos que pueden estar presentes, son volátiles; a que los carbonatos, se disocian dejando en libertad bióxido de carbono y a que las piritas se convierten en óxidos de hierro. Un ejemplo de lo anterior es la oxidación del  $\text{FeO}$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y la transformación de los óxidos de hierro a sulfato ferroso, siendo las piritas las que proporcionan el  $\text{SO}_2$  necesario para esta transformación. (Las diferencias en pesos causadas por estas reacciones de una manera u otra, no puede balancearse). Debe entenderse que la ceniza determinada como residuo de la combustión del carbón difiere en cantidad y en composición de los constituyentes incombustibles del carbón. Brismaid calculó que como promedio, 1% de ceniza corresponde a 1.13% de materia mineral en el carbón.

De acuerdo con Weisser, la materia mineral del carbón puede consistir principalmente de:

- 1.—Silicatos de aluminio, manganeso, calcio y magnesio.
- 2.—Metales alcalinos principalmente en forma de silicatos.
- 3.—Carbonatos, principalmente  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$ , y en algunos casos  $\text{FeCO}_3$ .
- 4.—Piritas y otros sulfuros, éstos últimos en pequeña proporción por regla general.
- 5.—Sulfatos en pequeñísimas cantidades generalmente.
- 6.—Óxido ferroso soluble, que representa la diferencia entre el  $\text{FeO}$  total y el  $\text{FeO}$  de las piritas.

7.—Agua de hidratación de algunos silicatos, algunas veces presentes en el carbón. Substancias que raramente se encuentran y que por estar en mínimas cantidades se han omitido.

Para la determinación del contenido de ceniza del carbón, se pesa 1 gr. de muestra en un crisol a peso constante, se hace arder hasta la aparición de un color gris, teniendo cuidado de remover la muestra con frecuencia y se pone a la mufla (700-750° C.), hasta combustión completa, se deja enfriar y se pesa,

$$\frac{(P_m - P_r)}{P_m} 100 = \%C.$$

en donde:

$P_m$  = peso de la muestra.

$P_r$  = peso del residuo después de la calcinación.

$C$  = ceniza.

Un carbón de buena calidad, tiene un bajo contenido de cenizas pero en algunos casos cal u otros materiales han entrado en el depósito de carbón durante su formación.

### MATERIA VOLÁTIL

La materia volátil consiste esencialmente de cualquier agua de combinación en el carbón, de una porción de azufre en un promedio probable de la mitad del contenido total de azufre en el carbón, del contenido de nitrógeno y de hidrocarburos desconocidos y de composición variable. El nitrógeno y el agua de combinación no tienen poder calorífico y por lo tanto si se encuentran presentes en un alto porcentaje el poder calorífico del carbón será correspondientemente bajo. Hasta la fecha no ha sido posible encontrar un método de análisis de la materia volátil que pueda ser considerado exacto y que al hacer la determinación en diferentes laboratorios de resultados iguales, de ahí que sea bastante alta la diferencia permisible para dos determinaciones, aunque éstos se verifiquen en el mismo laboratorio, por el mismo método y por la misma persona.

Los lineamientos generales de la determinación de la materia

volátil en el carbón están basados en el desprendimiento de ésta a una temperatura constante y durante un período de tiempo determinado. El crisol deberá tener una capacidad no menor de 10 ml. ni mayor de 20 ml., deberá ser de un diámetro no menor de 25 ni mayor de 35 mm. al mismo tiempo deberá tener una altura no menor de 30 ni mayor de 35 mm.

El horno eléctrico vertical deberá estar regulado para poder mantener una temperatura de  $950 \pm 20^\circ \text{C.}$ , en el crisol, controlada por un par termoelectrónico introducido en el horno. Si la obtención de materia volátil no es una especificación especial al efectuarse la compra de carbón o coque ésta puede determinarse por medio de un mechero Maker.

**Procedimiento General de Determinación.**—Se pesa 1 gramo de muestra dentro de un crisol de platino previamente tarado y se cierra éste por medio de una tapa de bordes flexibles. (1). Se coloca el crisol en un soporte de alambre de platino o nicromo dentro del horno vertical que deberá estar a una temperatura de  $950 \pm 20^\circ \text{C.}$  (2) Después de que se verifica la descarga más violenta de material volátil (3) comprobada por la desaparición de la flama luminosa en el caso de carbón y después de calentar 2 o 3 minutos en el caso del coque, se aprieta suavemente la tapa con el objeto de tener una mejor cierre con el crisol y prevenir la admisión de aire. Después de calentar el crisol por un tiempo de 7 minutos exactos se saca el crisol del horno sin remover la tapa, se deja enfriar y se pesa tan pronto como está frío. La pérdida en peso menos la humedad del carbón es el contenido de materia volátil en éste.

(1).—La tapa deberá embonar lo suficiente para que los depósitos de carbón en carbones bituminosos, sub-bituminosos y lignitos no ardan abajo de lo requerido.

(2).—Es muy importante regular la temperatura dentro de los límites fijados.

(3).—Con algunos carbones bituminosos de bajo y medio contenido de volátiles el botón de coque puede romperse con explosión violenta debido a la liberación de materia volátil dentro del botón. Esto se designa generalmente como "detonación", que puede volar la tapa y causar pérdidas mecánicas del material coquizado. Cuando se verifica esta explosión la determinación debe ser rechazada y repetirse hasta que no se verifique ninguna pérdida por esta razón.

Pérdidas mecánicas tienen lugar debido a un repentino calentamiento de turba, lignito y carbón sub-bituminoso; estas pérdidas también ocurren con algunos coques de baja temperatura, coques verdes, carbón de cocina, antracitas y semi-antracitos. Estas pérdidas mecánicas se designan generalmente como "chisporroteo" y son causadas por partículas del combustible proyectadas desde el crisol por un muy rápido escape de vapor o materia volátil. Estas partículas incandescentes pueden ser vistas en los bordes de la tapa del crisol desde una distancia de 5 mm. de la misma hasta el borde mismo del horno. En algunos casos de chisporroteo intenso se nota en la tapa del crisol en donde pueden apreciarse depósitos de ceniza o material sin arder, aún en los casos de "chisporroteo" moderado se encuentran trazas de ceniza.

Todos los combustibles que durante el desprendimiento de la materia volátil no coquizan deberán vigilarse por la presencia de "chispas" y cualquier depósito de ceniza indicará que hubo este fenómeno.

Todos los carbones que presenten el fenómeno de chisporroteo deberán ser sometidos a un calentamiento gradual previo, de no menos de 5 minutos ni más de 10 minutos a una temperatura creciente. Esto se verifica por descenso gradual del crisol dentro del horno evitando el chisporroteo. Después de este calentamiento gradual el crisol se coloca en la posición acostumbrada dentro del horno y se calienta a  $950 \pm 20^\circ \text{C.}$ , durante 6 minutos, se saca, se enfría y se pesa. Cualquier determinación en la cual se ha observado el chisporroteo deberá ser rechazada.

$$\%MV = \frac{(PC_1 - PC_2) - H}{P. M.} \times 100$$

en donde:

MV = Materia volátil.

PC<sub>1</sub> = Peso del crisol con la muestra antes de la determinación.

PC<sub>2</sub> = Peso del crisol después de la determinación.

PM = Peso de la muestra.

H = Humedad.

## PODER CALORÍFICO

El poder calorífico de un combustible representa su valor de calentamiento por unidad de peso de la substancia cuando ésta arde totalmente. Para usos prácticos se usan dos tipos de unidades; la kilo caloría o caloría grande y la unidad técnica inglesa B.T.U. Una Caloría representa la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un kilo de agua de 15° C. a 16° C. que es más o

menos lo mismo que  $\frac{1}{100}$  de la cantidad de calor necesaria para

aumentar la temperatura de un kilo de agua de 0° C. a 100° C. Una B.T.U. representa la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de una libra de agua de 59° F. a 60° F. Una caloría es por lo tanto igual a 3.97 B.T.U. como se ve en la siguiente ecuación en la cual 2.2046 representa la relación de una libra a un kilo y 1.8 representa la relación de 1° C. a 1° F.

$$\text{Cal.} = 1.8 \times 2.2046 = 3.97 \text{ B. T. U.}$$

El valor calorífico de un combustible se reporta en B. T. U. por libra. Para convertir calorías por kilo a B. T. U. por libra es necesario solamente multiplicar las calorías por 1.8 como el calor desprendido por la combustión de la unidad en peso del combustible siempre es medida por el aumento de temperatura producido en el mismo peso unidad de agua.

La determinación del poder calorífico de un carbón puede hacerse bien por cálculos basados en el análisis inmediato o en el análisis elemental o por determinación directa en el calorímetro. Se ha podido comprobar que las fórmulas dadas para conocer el poder calorífico basadas en el análisis inmediato o en el análisis elemental no siempre dan resultados satisfactorios, dependiendo esto del tipo de carbón de que se trata.

Basado en el análisis inmediato Goutal desarrolló la siguiente fórmula con la cual es posible conocer las B. T. U. que contiene un carbón por unidad de peso.

$$\text{B.T.U./lb} = 14,760 C + AV$$

en donde

- C.—Por ciento de carbono fijo en el carbón o carbón total en coke.
- A.—Variable dependiente de la relación R de sustancias volátiles a combustibles totales.
- V.—Por ciento de materia volátil en el carbón o en el coke.

El valor A, correspondiente a R, para varios valores de V y C están dados por la tabla siguiente en donde  $R = \frac{V}{VC}$

R	A
.05	26,100
.10	23,400
.15	21,060
.20	19,520
.25	18,540
.30	17,640
.35	16,920
.38	15,300
.40	14,400

Basado en el análisis elemental Dulong desarrolló la siguiente fórmula con la cual es posible determinar el poder calorífico de un carbón

$$\text{B.T.U./lb} = 14,544 C + 62,028 \left( \frac{H}{8} \right) + 40,505 S$$

en donde

- C = por ciento de carbón
- H = por ciento de hidrógeno
- O = por ciento de oxígeno
- S = por ciento de azufre.

La determinación directa del poder calorífico de un combustible se hace por medio de una bomba calorimétrica que puede ser



de Davis, Williams, Mahler, Emerson, Atwater o Parr ya que todas ellas son semejantes y sólo difieren en el método de oxidación, pero están basadas en el mismo principio que es el de quemar completamente un peso conocido de muestra en un aparato que permita que el calor desprendido por la combustión sea absorbido por una masa conocida de agua. Esto causa un aumento en la temperatura del agua y por medio de una observación exacta de este aumento es posible calcular dentro de límites muy cercanos el número de unidades caloríficas liberadas.

El primer calorímetro que tuvo éxito usando oxígeno a presión para la combustión de sustancias en una nave cerrada fué ideado por Berthelot en 1821. Investigaciones subsiguientes hechas por Mahler, en 1897, Atwater en 1899 y Parr en 1921 sirvieron para mejorar y reducir el costo del aparato original gracias a variaciones en los detalles mecánicos y a la adopción de nuevos materiales para la construcción de la cámara de combustión.

Una Bomba Calorimétrica de Oxígeno consiste esencialmente de tres partes que son:

- (1).—La bomba, o bote en el cual se quema el combustible cargado.
- (2).—El recipiente calorimétrico o cubeta de agua, en el cual se coloca una cantidad medida de agua, dentro de la cual se sumerge la bomba, termómetro y agitador.
- (3).—La camisa, para proteger el recipiente calorimétrico de los efectos de variación de la temperatura, ambiente, corrientes, etc., etc.

La bomba deberá estar hecha de una aleación metálica como la desarrollada por Parr que tiene como base níquel. Esta aleación debe tener como característica principal que no sea atacada por diferentes ácidos formados durante la combustión, que con el oxígeno remanente que se encuentra a altas temperaturas atacaría a la mayoría de los metales. La construcción de la bomba debe ser lo suficientemente fuerte para resistir presiones de 100 y aún 200 atmósferas.

El recipiente calorimétrico debe tener suficiente capacidad para contener la bomba dentro de un volumen conocido de agua. El agitador que gira a velocidad constante permite tener una rápida absor-

ción del calor liberado por la bomba y mantener un equilibrio térmico a través de la cubeta. El agitador debe ser simple y girar lentamente para evitar cualquier energía que se desarrollaría si girara a altas velocidades y que no se podría medir. La cubeta deberá estar pulida para retardar la absorción o emisión de calor radiante.

La tercera parte del aparato es la chaqueta que consta de dos partes que son, una región fija en que los cambios de temperatura son uniformes y una región que rodea el sistema anterior y en la cual es posible controlar los cambios de temperatura. Esta región deberá estar provista de un termómetro y un agitador y de entradas para agua fría y caliente.

La exactitud de las determinaciones calorimétricas depende principalmente de la exactitud en que son registrados los cambios de temperatura y por eso es necesario el uso de termómetros especiales como los Beckman graduados en  $0.01^{\circ}\text{C}$ . y que sólo registran cambios de temperatura menores de  $5^{\circ}\text{C}$ .

Partes adicionales al calorímetro son la unidad de ignición por medio de la cual se dispara la bomba, los tanques de oxígeno provistos de un manómetro con objeto de regular la presión de oxígeno que se introduce a la bomba, la pastilladora con la cual es posible hacer una pastilla de la muestra y garantizar su combustión total, al calentador de agua provisto de un termostato, crisoles para colocar la muestra hechos de un metal que no lo ataquen los ácidos.

**Procedimiento.**—Para la detedminación del Poder Calorífico por medio de la bomba se siguen los siguientes pasos:

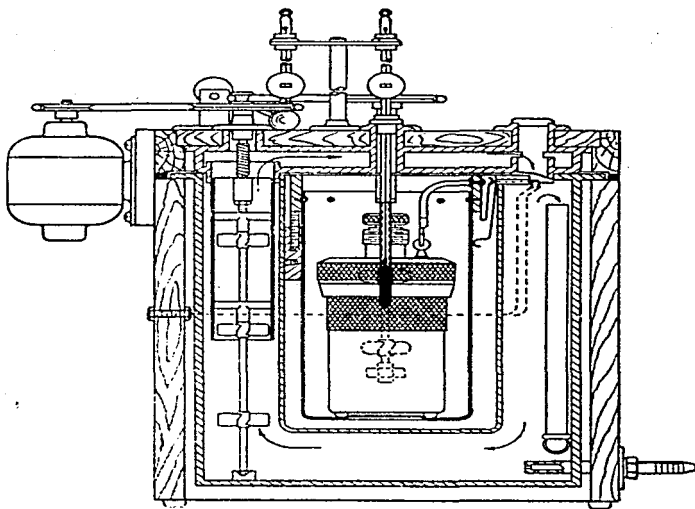
- a).—Una muestra de carbón previamente pulverizado y en condiciones atmosféricas y de un peso más o menos de 1 gr. se pastilla y se determina su peso exacto por diferencia en un crisol previamente tarado.
- b).—Se conecta el alambre fusible en los electrodos de la bomba y se coloca el crisol con el combustible procurando que el alambre toque la muestra.
- c).—Se pone 1 c. c. de agua destilada dentro del cilindro de la bomba.
- d).—Se ajusta la bomba y se llena con oxígeno a una presión más o menos de 25 atmósferas.
- e).—Se ponen 2,000 grs. de agua destilada dentro de la cubeta

- calorimétrica, teniendo la precaución de que la temperatura del agua esté dentro de los límites del termómetro.
- f).—Se coloca la cubeta dentro del calorímetro y a su vez la bomba dentro del agua de la cubeta, se enchufa el circuito a la bomba, se cierra el calorímetro con el termómetro en su lugar y se ponen a trabajar los agitadores.
  - g).—Se llena la chaqueta de agua y se ajusta la temperatura con la del agua de la cubeta ya sea por medio de agua fría o caliente.
  - h).—Cuando se ha logrado mantener las temperaturas constantes por un período de tres minutos se toma nota de la temperatura inicial y se cierra el circuito por medio del disparador del aparato de ignición.
  - i).—Por medio de pequeñas cantidades de agua caliente se logra similar el aumento de temperatura en el agua de la chaqueta a el aumento de la temperatura del agua de la cubeta. Durante los primeros minutos el aumento es sumamente rápido pero éste va disminuyendo gradualmente.
  - j).—Se continúa observando el aumento de temperatura hasta que éste ha sido total y se anota esta última lectura. Después de hacer las correcciones de los termómetros, por diferencia se ve cuál fué el aumento de temperatura producido por la combustión de la muestra.
  - k).—Se abre el calorímetro y se saca la bomba, por medio de una válvula se hace salir los gases residuales. Se abre la bomba y se mide la longitud del alambre fusible residual con el objeto de hacer la corrección del calor generado por la combustión del alambre cuya longitud inicial era 10 cm.

El interior de la bomba y su cubierta se lavan cuidadosamente y la solución resultante se titula con solución standard de carbonato de sodio, usando anaranjado de metilo como indicador, esto es con objeto de hacer la corrección del calor de formación de los ácidos desprendidos durante la combustión.

Si el contenido de azufre de la muestra es desconocido es posible hacer su determinación en la misma agua de lavado.

Para obtener los resultados finales, el aumento de temperatura en °C. se multiplica por 1.8 para obtener °F. el resultado se multiplica por el equivalente del agua, obtenido durante la standarización de



**Esquema de una bomba calorimétrica Parr.**

la bomba, a el resultado se le restan las correcciones por ácidos, fusible y azufre, y el resultado obtenido se divide entre el peso de la muestra para obtener el calor de combustión final.

## A Z U F R E

El origen del azufre en el carbón mineral ha sido como en el caso del nitrógeno, objeto de cuidadosos estudios sin que hasta la fecha halla sido posible determinarlo a ciencia cierta.

La idea más antigua y general de que el contenido de azufre en el carbón era debido casi exclusivamente a piritas ha sido rebatida por muchos investigadores y en particular Muck probó que el azufre también se encuentra presente en forma orgánica.

El origen del azufre según Wheeler, (2) deriva exclusivamente de la materia original de la cual se formó el carbón y que el protoplasma y núcleo celular de esta materia orgánica contenían el azufre. De acuerdo con su opinión, parte del azufre se separa por reducciones en forma de sulfuro de hidrógeno durante el período de formación del carbón. Este sulfuro de hidrógeno se puso en contacto con las aguas de sedimentación conteniendo el ion fierro y otros y dando origen a la formación de sulfuro de fierro o zinc y aún de sulfatos de calcio, fierro, etc. El azufre que no pudo combinarse con el hidrógeno permanece en forma de azufre orgánico y evidentemente se encuentra distribuido en toda la partícula de carbón.

Hasta la fecha se conocen tres tipos diferentes de azufre en el carbón mineral y éstos son: sulfuros (piritas  $ZnS$ ), sulfatos ( $CaSO_4$ ,  $FeSO_4$ ) y azufre orgánico.

El método usado para la determinación del contenido de azufre en las muestras fué el siguiente, a partir de las aguas de lavado de la bomba calorimétrica: La solución de lavado de la bomba se titula con solución standard de carbonato de sodio, usando anaranjado de metilo como indicador, una vez neutra la solución se le agrega 1 c. c. de  $NH_4OH$  (sp. gr. 0.90), se calienta la solución hasta su punto de ebullición y se filtra a través de papel filtro cualitativo, ésto es con objeto de precipitar como hidróxidos las sales de fierro, aluminio, etc., que pudieran estar presentes, el filtrado se lava repetidas veces con agua caliente, la solución se trata con  $HCl$  diluido, (1:1), hasta tener una solución claramente ácida y entonces se le añaden unas 15 ó 20 gotas de solución concentrada de agua de Bromo como

oxidante que generalmente son suficientes para hacer desaparecer el color rojo de la solución ácida y tener ésta incolora. Se hierve la solución para desalojar el Bromo y cuando ésto se ha conseguido, se neutraliza la solución con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , entonces se añade 1 c. c. de  $\text{HCl}$  normal; se hierve y en caliente y agitando se precipita el  $\text{BaSO}_4$ , con 10 c. c. de solución al 10% de  $\text{BaCl}_2$ , se deja hervir por algún tiempo y se pone a baño maría por 2 horas. Se filtra el precipitado en papel de peso de cenizas conocidas y se incinera éste en un crisol de platino. El peso del precipitado por 13.74 nos da el % de azufre en la muestra.

## ANÁLISIS ELEMENTAL NITRÓGENO

El contenido de nitrógeno en el carbón mineral puede ser atribuido principalmente a albúminas vegetales y animales que han escapado en parte de su descomposición. Otros investigadores afirman que gran parte del nitrógeno es removido de los albuminoides por su proceso de degradación y por eso esta fuente de nitrógeno no llega a explicar el contenido total de este elemento que se encuentra en el carbón mineral.

Es posible también que la acción de nitro-bacterias juegue un papel importante en la presencia de nitrógeno en el carbón, ya que está probado que la vida bacteriana tiene una gran importancia en la formación de la turba.

Para la determinación del contenido de nitrógeno en el carbón mineral, se recomienda seguir el método de Kjeldahl-Gunning, el cual tiene la ventaja sobre cualquiera de los dos por separado, de necesitar menos tiempo para lograr la completa oxidación, de la materia orgánica, y de dar resultados más uniformes.

El método indicado se usa para la determinación del nitrógeno en las muestras, y es como sigue: se hace digerir 1 gramo de muestra en 300 c. c. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $d = 1.84$ ) con 7 a 10 gramos de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y 0.6 a 0.8 gramos de mercurio metálico en un matraz de Kjeldahl hasta que la solución sea casi incolora, se continúa por dos horas para asegurar una completa digestión, en algunos tipos de carbón puede ser muy prolongada, hasta 20 horas, en éstos casos, se recomienda moler la muestra hasta polvo impalpable para hacer más fácil la digestión.

Una vez que se ha enfriado, la adición de unos cristales de

KMnO<sub>4</sub> tiende a asegurar una completa digestión, se diluye con 200 c. c. de H<sub>2</sub>O, y se le agregan 25 c. c. de solución de K<sub>2</sub>S (40 grs. de K<sub>2</sub>S por 1 lt.), para precipitar totalmente el mercurio, 1 ó 2 grs. de zinc granular para evitar que se vomite el matraz durante la destilación y suficiente solución de NaOH concentrado, para hacer la solución fuertemente alcalina. Inmediatamente después de agregar la sosa debe conectarse a el aparato de condensación para evitar pérdidas de Nitrógeno.

Se hace destilar el NH<sub>3</sub> en una cantidad medida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> standardizado y se titula el exceso con sosa valorada usando como indicador anaranjado de metilo.

Las soluciones de K<sub>2</sub>S y la NaOH pueden hacerse una sola, poniendo 12 grs. de K<sub>2</sub>S y 500 grs. de NaOH en 1 litro de agua y entonces basta con agregar 80 a 100 c. c. de este reactivo a la digestión para tenerla lista para la destilación.

## HIDROGENO Y CARBON

El análisis elemental de un carbón incluye la determinación de aquellos elementos del cual está compuesto, con excepción de los elementos que se encuentran en la ceniza.

Para poder determinar el porcentaje de hidrógeno y carbono que este contiene se puede hacer uso ya bien de un horno de combustión calentado por gas o electricidad.

En estas determinaciones se usa el horno eléctrico que consta de tres unidades móviles, cuyas temperaturas pueden ser controladas fácilmente por medio de reóstatos.

El aparato usado en la determinación de estos elementos incluye un tren purificador, un tubo de combustión y un tren de absorción.

**Tren Purificador.**—El aparato purificador consiste de los siguientes reactivos purificadores arreglados de acuerdo con la corriente de aire y oxígeno que va a pasar por ellos: ácido sulfúrico, solución de KOH, cal sodada y cloruro de calcio granular. En los frascos levadores con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y KOH el aire y el oxígeno deberán hacerse burbujear en unos 5 mm. del reactivo purificador. Ambos trenes purificadores deberán estar conectados al tubo de combustión por un tubo Y, haciendo las uniones sin fugas por medio de tubos de goma.

El tren purificador estará conectado a un tanque de oxígeno

provisto de una válvula de regulación para poder controlar la presión del oxígeno.

**Tubo de Combustión.**—El tubo de combustión deberá estar hecho de vidrio duro Jena, o un equivalente. Su diámetro externo deberá ser de 21 mm, más o menos y su longitud 1 metro. Los primeros 30 cm. del tubo deberán estar vacíos, después de este espacio se coloca un tapón de abesto (libre de ácidos y quemado); los siguientes 40 cm. estarán ocupados por alambre de cobre previamente oxidado; un segundo tapón de asbesto separa el óxido de cobre de 10 cm. de  $PbCrO_4$ , fundido y sostenido por un tercer tapón de asbestos que se encuentra a 20 cm. del final del tubo el cual por medio de tubo de hule se conecta con el tren de absorción.

**Tren de absorción.**—Este tren deberá consistir de un tubo Marchant con  $CaCl_2$  granular para absorber la humedad. El cloruro de calcio deberá saturarse con  $CO_2$  antes de usarse. El tubo de Marchant deberá tener a continuación un bulbo de Leibig conteniendo solución de  $KOH$  al 30% en el cual cualquier impureza como iones fénicos o nitratos han sido oxidados por una pequeña cantidad de  $KMnO_4$ . Un tubo guardián conteniendo  $CaCl_2$  granular y cal soldada deberá conectarse al bulbo de Leibig para absorber cualquier  $CO_2$  que escape de la solución de  $KOH$  y cualquier evaporación de agua de esta solución.

**Procedimiento.**—Deberá conectarse el tren a un aspirador el cual arrastra los productos de combustión a través de todo el tren. Un tubo guardián de  $CaCl_2$  previene el regreso de la humedad dentro del tren de absorción. Con el objeto de mantener la succión constante deberá usarse un matraz Mariotte.

La ventaja de aspirar los gases a través del tren de análisis en lugar de forzarlo a través de él es que la presión sobre los tapones de goma es por la parte exterior y es más fácil de mantener herméticas las conexiones que si la presión se encontrara en la parte interior del tubo.

Generalmente una buena prueba de las uniones consiste en empezar la aspiración a una razón de 3 burbujas de aire por segundo a través del bulbo de  $KOH$  y entonces cerrar la boca de entrada del oxígeno y aire en la parte opuesta del tren. Si no pasa más de una burbuja por minuto a través del tubo de  $KOH$  el aparato puede considerarse hermético.

Antes de empezar cualquier determinación puede hacerse una



prueba del aparato que consiste en aspirar 1 lt. de aire a través del tren; si hay una variación de menos de 0.5 mg. en el bulbo de Leibig y en el tubo con  $\text{CaCl}_2$  el aparato se encuentra en condiciones apropiadas para usarse. Una vez que se han efectuado las operaciones anteriores una muestra de carbón finamente molida se pesa dentro de un bote de porcelana o platino colocado dentro de un pesa filtros para prevenir cambios de humedad. Moviendo hacia la parte anterior del tubo de combustión el primero de los hornos se logra secar perfectamente el tubo, luego se apaga mientras tanto se aumenta la corriente en el horno que cubre la parte del tubo que contiene el  $\text{CuO}$  hasta tener éste al rojo vivo y en el tercer horno se aumenta la temperatura hasta tener el  $\text{PbCrO}_4$  al rojo opaco.

Mientras se logra aumentar la temperatura en los hornos se pesan los tubos de absorción y se conectan. La muestra se coloca en la parte fría entre los dos primeros hornos y se conecta inmediatamente el tren purificador a el tubo de combustión y se empieza la absorción con oxígeno a razón de 3 burbujas por segundo. Se hace pasar la corriente nuevamente por el primer horno, el cual acercándolo a la muestra hace que la combustión sea total. Se continúa la aspiración con oxígeno por 2 minutos y se apaga el primero de los hornos haciéndolo retroceder y se hacen pasar unos 1700  $\text{cm}^3$ . de aire. Se desconectan los bulbos de absorción, se secan con un trapo limpio y se dejan enfriar a la temperatura ambiente antes de pesarlo.

**Cálculos.**—Para calcular el por ciento de hidrógeno y carbono en las muestras se usan las siguientes ecuaciones.

$$\% \text{ H} = \frac{11.19 \text{ (aumento en peso del tubo de } \text{CaCl}_2\text{)}}{\text{Peso de la muestra.}}$$

$$\% \text{ C} = \frac{27.27 \text{ (aumento en peso del bulbo de KOH)}}{\text{Peso de la muestra.}}$$

## O X I G E N O

Ha sido posible comprobar que el contenido de carbón aumenta gradualmente de la madera a la antracita. La transición de madera

en carbón mineral se caracteriza por el enriquecimiento en el contenido de carbón. Al mismo tiempo hay un descenso correspondiente en el contenido de otros elementos presentes en el carbón mineral, particularmente de hidrógeno y oxígeno y éste último desciende mucho más rápidamente que el primero, por lo tanto el poder calorífico del carbón aumenta en proporción con el descenso del contenido de oxígeno. Una pequeña porción del oxígeno (en algunos carbones con alto contenido de volátiles y humedad una gran parte) está presente en el carbón en combinación con carbono o cuando menos escapa en combinación con éste en forma de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$  en lugar de escapar en combinación con el Hidrógeno en forma de  $\text{H}_2\text{O}$ , cuando el carbón se descompone y los volátiles son expelidos.

No existe ningún método satisfactorio para la determinación directa del contenido de oxígeno en el carbón y por lo tanto éste se determina por diferencia a 100 de la suma de los porcentajes encontrados de hidrógeno, carbón, nitrógeno, azufre, ceniza y humedad en muestras secadas a  $105^\circ\text{C}$ . Los resultados así obtenidos están afectados por todos los errores cometidos durante la determinación de dichos porcentajes y especialmente por el cambio en peso de los constituyentes de la ceniza durante su formación. En el caso del carbón las piritas de fierro cambian a óxido férrico y causan un error negativo en el oxígeno equivalente a  $\frac{3}{8}$  del azufre pirítico. Por otra parte siempre hay pérdidas por eliminación del agua de composición de los elementos arcillosos y calcáreos,  $\text{CO}_2$  de carbonatos que tienden a compensar la absorción de oxígeno.

Cuando se desea encontrar un valor más exacto en la determinación del oxígeno, este puede ser obtenido haciendo las correcciones indicadas en la fórmula siguiente:

$$\text{Oxígeno corregido} = 100 - (\text{C} - \text{C}_1) + (\text{H} - \text{H}') + \text{N} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}' + \text{A}$$

en donde:

- C = Carbón total
- $\text{C}_1$  = Carbón en carbonatos
- H = Hidrógeno total menos hidrógeno en el agua
- $\text{H}_1$  = Hidrógeno en el agua de composición de la arcilla, etc., etc.

- N = Nitrógeno  
 H<sub>2</sub>O = Humedad a 150°C.  
 S<sub>1</sub> = Azufre no presente como piritita o sulfato, éste es generalmente pequeño.

En muchos tipos de carbón puede descontarse.

A.—Cenizas corregidas, minerales constituyentes originariamente presentes en el carbón. Para la mayoría de los casos ésto puede determinarse con suficiente precisión por la adición a la ceniza, como se encontró, de  $\frac{3}{8}$  del peso del sulfuro pirítico, del CO<sub>2</sub> de los carbonatos y el agua de composición de las arcillas, etc., etc.

## C A L C U L O S

Todas las determinaciones analíticas son hechas generalmente sobre muestras secadas al aire que pasan el tamiz del N° 60 que corresponde a 250 micrones, y los resultados se reportan en "base seca" y "según se recibió". Los siguientes cálculos permiten hacer los reportes finales.

Cálculos de análisis de carbón "secado al aire" a "base seca", todos los resultados en por ciento.

$$\begin{aligned} \text{Material Volátil en base seca} &= \frac{\text{Materia Volátil} \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Carbono Fijo en base seca} &= \frac{\text{Carbono Fijo} \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Ceniza en base seca} &= \frac{\text{Ceniza} \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Azufre en base seca} &= \frac{\text{Azufre} \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Carbón en base seca} &= \frac{\text{Carbón} \times 100}{100 - \text{humedad}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hidrógeno en base seca} &= \frac{(\text{Hidrógeno} - \text{humedad}) \times 100}{9} \\ &= \frac{100 - \text{humedad}}{100} \\ \text{Nitrógeno en base seca} &= \frac{\text{Nitrógeno} \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Oxígeno en base seca} &= \frac{(\text{oxígeno} - 8/9 \text{ humedad}) \times 100}{100 - \text{humedad}} \\ \text{Calorías en base seca} &= \frac{\text{calorías} \times 100}{100 - \text{humedad}} \end{aligned}$$

Cálculos de análisis de carbón de "base seca" a "según se recibió", todos los resultados en por ciento.

$$\begin{aligned} \text{Humedad según se recibió} &= \frac{\text{humedad} (100 - L)}{100} + L \\ \text{Materia Volátil según se recibió} &= \text{Materia Volátil} \times \frac{(100 - L)}{100} \\ \text{Carbono Fijo según se recibió} &= \text{Carbono Fijo} \times \frac{(100 - L)}{100} \\ \text{Ceniza según se recibió} &= \text{Ceniza} \times \frac{(100 - L)}{100} \\ \text{Azufre según se recibió} &= \text{Azufre} \times \frac{(100 - L)}{100} \\ \text{Hidrógeno según se recibió} &= \text{Hidrógeno} \times \frac{(100 - L)}{100} + L/9 \end{aligned}$$

$$\text{Carbono según se recibió} = \text{Carbono} \times \frac{(100 - L)}{100}$$

$$\text{Nitrógeno según se recibió} = \text{Nitrógeno} \times \frac{(100 - L)}{100}$$

$$\text{Oxígeno según se recibió} = \text{oxígeno} \times \frac{(100 - L)}{(100 - L)} \times 8/9$$

$$\text{Calorías según se recibió} = \text{calorías} \times \frac{100}{100}$$

donde L = humedad según secado al aire.

## CAPITULO III

### EL CARBON EN EL ESTADO DE OAXACA

El estado de Oaxaca, cuyo nombre proviene de la palabra Náhuatl Huaxyacac que quiere decir "En la cima o meseta de los guajes", por haberse fundado la capital del estado en las cercanías de bosques de guajes. Se encuentra situado al este del estado de Guerrero y al sur del Estado de Puebla y Veracruz. Es el quinto Estado de México por su extensión (94,211 Km<sup>2</sup>.) y el cuarto por población (1,206,000 habitantes). El occidente de su territorio corresponde al elemento continental y el oriente al elemento Istmico.

Las principales vías de comunicación del Estado son la carretera Panamericana, recientemente inaugurada, el ferrocarril del Istmo que va de Puerto México a Salina Cruz pasando por Ixtepec y Tehuantepec y el Ferrocarril de Puebla a Oaxaca.

Los yacimientos de carbón en el Estado de Oaxaca se encuentran en la región conocida con el nombre de Mixteca que ocupa una tercera parte Oeste del Estado y la parte suroeste del Estado de Puebla. La mixteca se encuentra dividida en Alta Mixteca y Baja Mixteca y entre las principales poblaciones están Tlaxiaco con 9,000 habitantes y Huajuapam de León con 5,500 habitantes. Estas Mixtecas se encuentran habitadas por diferentes tribus pudiendo notarse aún la diferencia de dialectos. Los depósitos de carbón en esta región deben ser conocidos desde hace más de un siglo puesto que existe un dibujo antiguo con el título de "Croquis del Area Carbonífera de Tlaxiaco descubierta por José Vicente Comacho en 1850" en el cual se señalan varios socavones y afloramientos, pero hasta antes de 1907 ningún trabajo se llevó a cabo.

Entre los principales campos carboníferos de la Mixteca se encuentran el de Tlaxiaco, el de Penasco a 16 Km. al Sureste de Tlaxiaco.

co, el de Tepejilla a 32 Km. al Noreste de Tlaxiaco, el de Tecamatlán en la vecindad del Estado de Puebla y a 120 Km. de Tlaxiaco, el de Tezoatlán a 40 Km. y el de Juxtlahuaca.

Las exploraciones efectuadas por H. H. W. Birkinbine reportan un espesor máximo de 1.80 mts. en los yacimientos de Tlaxiaco, de 7 mts. en Mixtepec y de 20 mts. en Tezoatlán, siendo ésta última la zona en que se han llevado a cabo mayor número de trabajos de exploración.

El campo carbonífero de Tezoatlán de acuerdo con antiguas exploraciones hechas por la Oaxaca Iron and Coal Co. es una larga cuenca que se extiende en dirección Norte-Sur siendo la distancia en el sur entre los afloramientos de Este a Oeste de 3.5 Km. mientras que en el Norte los afloramientos al Oeste se encuentran ocultos por rocas cretáceas.

Es interesante en este campo que las rocas intrusivas que son consideradas del período Terciario, no han tenido prácticamente ningún efecto sobre el carbón. En algunos lugares mantos carboníferos son encontrados con sorprendente uniformidad dentro de rocas intrusivas de 6 mts.

Aún cuando hasta la fecha es imposible conocer a ciencia cierta el espesor de la capa carbonífera, las exploraciones indican que ésta puede variar desde 1 metro hasta 20 metros aún cuando en algunas partes las rocas intrusivas sólo han dejado 10 metros de carbón. La pendiente promedio en esta zona es de 30°

**Importancia del Carbón en México.**—Es hasta hace relativamente muy poco tiempo, que el Gobierno de México ha considerado de gran importancia para la economía del país, el hacer un estudio concienzudo de las reservas carboníferas del país de las cuales aunque tiene mucho tiempo que se conoce que existen grandes depósitos ningún esfuerzo verdadero se ha llevado a efecto con objeto de conocer sus posibilidades.

México, conocedor de sus grandes reservas petroleras ha puesto todo su interés en el desarrollo de la industria petrolera como fuente de energía y durante el Gobierno del presidente Alemán ha sido posible alcanzar una producción de 200,000 barriles diarios a fines del año próximo pasado, esperando alcanzar cifras mucho mayores gracias a un intenso programa de exploración.

Aun cuando es imposible negar que el petróleo es una de las bases sobre las cuales descansa la economía del país, es peligroso

relegar a segundo término la producción de carbón mineral, considerando el futuro desarrollo industrial del país ya que mientras en los yacimientos petroleros son difíciles de evaluar sus reservas los depósitos carboníferos pueden calcularse con bastante exactitud si se efectúan cuidadosas exploraciones.

El interés por conocer y explorar los depósitos de carbón mineral en México ha cobrado nuevo impulso como resultado de la demanda de coque por la industria siderúrgica del país que depende exclusivamente de la producción en el norte del país y de la importación, para mantener encendidos los altos hornos, habiendo veces que sus reservas no habrían bastado para 10 días de trabajo.

En el norte del país se conoce que los depósitos de carbón mineral se encuentran distribuidos en siete cuencas (en realidad seis) cada una con características propias y que son: Fuente, Sabinas, Saltillito, Lampacitos, San Blas y San Patricio. De una a otra cuenca la naturaleza del carbón varía desde diferentes grados de carbón sub-bituminoso y bituminoso hasta lignito.

Las cuencas de Saltillito y Lampacitos, son generalmente consideradas como una sola y éstas junto con Fuente, Sabinas y Esperanzas son las únicas en que se han desarrollado algunos trabajos aunque generalmente sólo en los afloramientos y no en forma sistemática. Las cuencas de San Blas y San Patricio no han sido consideradas y ni se conoce su extensión ni sus características.

Las reservas de carbón en el Norte de la República se calculan en 1,690.000,000 toneladas métricas distribuidas como sigue:

Zona	Reserva Calculada
Sabinas.	1,000.000,000
Esperanzas.	180.000,000
Saltillito.	160.000,000
Lampacitos.	260.000,000
Fuente.	90.000,000
San Blas.	No se ha calculado
San Patricio.	No se ha calculado
	<hr/>
	1,690.000,000

Otro gran problema que se ha presentado al Gobierno de México es la deforestación de grandes zonas del país por personas



inconscientes dedicadas al comercio de carbón de madera para uso doméstico y ha sido necesario tomar disposiciones con objeto de evitar la tala de bosques y así el Gobierno Federal ha aumentado los impuestos para la producción de carbón de madera y en algunos Estados como Michoacán y Tlaxcala se ha dictado leyes con objeto de prevenir por completo o regular estrictamente la producción de este tipo de carbón.

La importación de carbón de madera ha sido la siguiente:

Año	Ton. Métricas procedentes de EE. UU.	Ton. Métricas procedentes de otros países	Total Ton. M.	Valor en pesos
1933	8.7	0.2	8.9	\$ 2,837.00
1934	16.0	2.0	18.0	5,912.00
1935	35.0	1.3	36.3	8,732.00
1936	120.2	1.3	121.5	91,818.00
1937	85.9	3.1	89.0	105,520.00
1938	135.3	2.1	137.4	190,955.00
1939	114.6	3.4	118.0	119,915.00
1940	41.9	1.9	43.8	30,399.00
1941	65.6	0.5	66.1	113,597.00
1942	283.4	22.8	306.2	347,084.00
1943	149.7	....	149.7	154,324.00
1944	180.5	....	180.5	143,721.00
1945	45.1	....	45.1	48,297.00

La producción de carbón mineral de México de 1933 a 1945 fue la siguiente:

Año	Toneladas Métricas	Valor en Pesos
1933	646,838	\$ 4,527,866.00
1934	782,156	13,296,652.00
1935	1,255,058	19,429,248.00
1936	1,307,915	22,234,555.00
1937	1,242,148	21,116,516.00
1938	1,093,252	18,585,284.00
1939	876,851	14,906,467.00
1940	815,907	13,807,426.00
1941	855,697	11,969,637.00

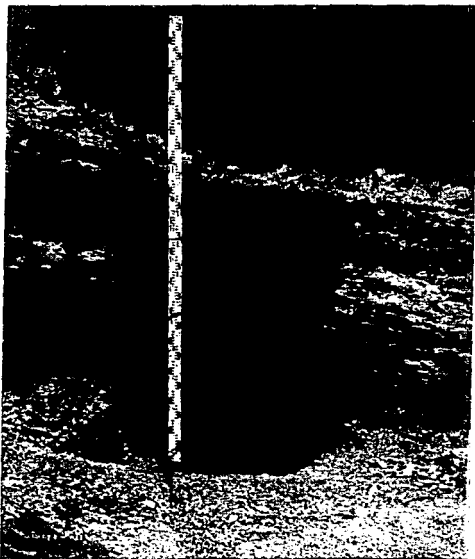
Año	Toneladas Métricas	Valor en Pesos no se conocen
1942	no se conocen	no se conocen
1943	1,053,485	22,123,185.00
1944	904,198	18,988,158.00
1945	534,520	11,224,920.00

Año	IMPORTACION		EXPORTACION	
	Ton. Métricas	Valor/pesos	Ton. Métricas	Valor/pesos
1933	11,099	\$ 99,028.00	4	\$ 124.00
1934	18,186	172,440.00	5	94.00
1935	13,297	398,830.00	25	708.00
1936	11,912	142,319.00	78	1,239.00
1937	11,854	142,712.00	37	419.00
1938	11,332	232,599.00	172	1,838.00
1939	7,161	263,332.00	29	352.00
1940	617	35,815.00	186	5,328.00
1941	704	35,177.00	117	2,305.00
1942	786	40,741.00	4,827	116,758.00
1943	2,079	77,719.00	8,228	108,481.00
1944	2,111	91,217.00	3,190	120,083.00
1945	665	58,848.00	125	19,634.00

Una de las razones principales por las cuales se ha limitado el uso del carbón mineral en la industria y en el servicio doméstico ha sido sin duda el costo del transporte del centro de producción al centro de consumo y ésto a su vez está relacionado con la calidad del carbón ya que si éste tiene un alto contenido de ceniza el consumidor pagaría una suma considerable por el transporte de carga inútil y lo importante para él no es la cantidad de carbón que se transporte sino la cantidad de calor disponible para el consumo a un precio dado.

Aún cuando es imposible apreciar con exactitud los depósitos de carbón en el estado de Oaxaca es de suma importancia el desarrollo de las exploraciones en esta región considerando su situación geográfica con respecto al centro de la República y a la ciudad de México en donde la industrialización ha avanzado más en los últimos años.

Labores en la barranca  
Carrizo, Oax.





Zanja de la Barranca  
de Gamboa, Oax.



Zanja en el río de  
San Andrés, Oax.



Barranca de Sayuya.



Cerro de la Caja, Oax.

**ANÁLISIS DE DIFERENTES CARBONES EN OAX. MEX.**  
**A N A L I S I S %**

Lab. N°	Yacimiento	INMEDIATO					ELEMENTAL					BTU
		humedad	M. V.	C. F.	ceniza	H.	C.	N.	O.	S.		
10	Mixteca	6.17	14.30	43.04	36.49	3.01	44.97	0.8	8.21	0.35	7,314	
11	"	3.66	7.07	37.72	51.55	2.04	37.98	0.4	3.91	0.46	6,284	
12	"	3.00	7.42	44.00	45.58	2.35	41.20	0.4	6.80	0.67	7,479	
13	"	2.75	7.13	49.34	40.78	2.10	48.90	0.5	4.50	0.47	8,148	
14	"	1.38	17.47	41.72	39.43	3.08	48.66	0.7	6.13	0.62	8,660	
15	"	1.68	18.49	50.15	29.68	2.97	56.93	0.6	7.13	1.01	10,318	
20	"	3.44	8.97	46.63	40.96	2.54	47.31	0.5	4.80	0.45	7,829	
21	"	3.44	9.07	58.98	28.51	2.84	55.70	0.6	8.49	0.42	9,724	
22	"	3.39	11.27	36.25	49.09	2.23	35.27	0.6	9.13	0.23	5,870	
23	"	13.79	20.69	17.98	47.54	2.36	29.83	0.3	6.00	0.18	3,733	
24	"	2.32	16.37	43.38	37.93	3.10	38.18	0.8	17.05	0.62	8,325	
57	"	7.95	16.76	29.83	45.46	n. d.	n. d.	0.6	n. d.	0.31	5,451	
58	"	18.20	18.87	25.51	37.42	n. d.	n. d.	0.6	n. d.	0.32	4,422	
59	"	15.01	16.89	16.60	51.50	n. d.	n. d.	0.3	n. d.	.....	.....	
60	"	22.61	21.79	25.10	30.50	n. d.	n. d.	0.6	n. d.	0.28	4,407	
68	"	21.94	16.63	15.26	46.17	n. d.	n. d.	0.5	n. d.	0.17	2,613	
69	"	17.55	16.51	22.83	43.10	n. d.	n. d.	0.7	n. d.	0.22	3,148	
70	"	17.38	18.05	24.70	39.87	n. d.	n. d.	0.5	n. d.	0.21	4,184	
71	"	9.70	15.35	43.90	31.05	n. d.	n. d.	0.7	n. d.	1.20	8,900	
72	"	7.03	18.21	53.62	21.14	n. d.	n. d.	0.2	n. d.	0.96	10,815	

n. d.—En vista de que los carbones estudiados tienen un alto contenido de cenizas, se consideró que el análisis elemental era innecesario hasta haber efectuado pruebas de lavado de estos carbones que permitan conocer si es o no posible utilizarlos como combustible.

**ANALISIS DE DIFERENTES CARBONES EN OAX. MEX.**  
**ANALISIS %**

Lab. N°	Yacimiento	INMEDIATO				ELEMENTAL					
		humedad	M. V.	C. F.	ceniza	H.	C.	N.	O.	S.	BTU
73	Tezoatlán	20.64	22.04	30.08	27.22	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.66	5,416
74	"	14.54	16.65	23.01	45.80	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.35	4,072
75	"	16.71	20.78	34.30	28.71	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.68	6,061
76	"	13.00	16.88	25.06	45.06	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.31	4,330
77	"	5.47	8.33	49.07	37.13	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	1.64	8,498
78	"	7.22	13.64	25.44	53.70	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.30	4,374
79	"	12.32	17.09	23.03	47.56	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.25	3,954
80	"	2.52	10.67	34.13	52.68	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.58	6,089
82	"	12.23	13.29	29.48	45.00	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	....	....
81	"	8.13	12.64	9.00	70.23	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.35	5,274
83	"	10.94	14.00	16.47	58.59	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	....	....
84	"	5.27	9.18	44.09	41.46	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.52	7,651
85	"	8.77	15.53	47.28	28.42	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.38	7,959
86	"	8.46	8.60	51.06	31.88	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.67	8,683
87	"	9.39	16.15	43.89	30.57	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.36	7,442
88	"	19.82	16.32	17.08	46.78	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.33	3,217
89	"	13.04	17.48	25.04	44.44	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.27	4,274
90	"	20.12	18.72	28.57	32.59	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.48	5,093
91	"	10.16	15.81	40.45	33.58	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.37	6,873
92	"	10.81	16.16	30.94	42.09	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.31	5,333

n. d.—En vista de que los carbonos estudiados tienen un alto contenido de cenizas, se consideró que el análisis elemental era innecesario hasta haber efectuado pruebas de lavado de estos carbonos que permitan conocer si es o no posible utilizarlos como combustible.



**VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIO OBTENIDO EN EL ANALISIS  
ANALISIS %**

	MIXTECA						TEZOATLAN					
	Máximo	Mínimo	Promedio	Límites de variación		Variación total	Máximo	Mínimo	Promedio	Límites Variación		Variación total
				Superior	Inferior					Superior	Inferior	
H <sub>2</sub> O	27.65	0.64	8.16	19.49	7.25	27.01	23.38	2.52	13.61	9.77	11.09	20.86
M. V.	29.33	6.90	16.04	13.29	9.14	22.43	22.58	8.33	16.68	5.90	8.35	14.25
C. F.	59.52	7.96	36.26	32.26	28.30	51.56	51.06	9.00	30.72	20.34	21.72	42.06
Ceniza	73.67	17.29	39.54	34.13	22.25	56.38	70.23	22.51	38.99	31.24	16.48	47.72
BTU	11,837	0,000	6,612	5,225	6,612	11,837	8,683	0,000	5,165	3,518	5,165	8,683
S	4.91	0.17	0.66	4.25	0.49	4.74	1.64	0.18	0.40	1.24	0.22	1.46

Para obtener los resultados anteriores se hizo el análisis de 61 muestras de carbón provenientes de la región de la Mixteca y de 39 muestras de la región de Tezoatlán.  
Los resultados en por ciento y en base "según se recibió".

**DE CARBONES DEL ESTADO DE OAXACA, MEX.**  
**ANALISISQUIMICO DE CARBONES PROCEDENTES DE SANTA CLARA, SONORA**  
**A N A L I S I S %**  
 (Según se recibió)

Muestra N°	Mina	INMEDIATO					ELEMENTAL				BTU
		Humedad	M. V.	C. F.	Cenizas	H.	C.	N.	O.	S.	
1	El Tren	5.3	4.3	79.6	10.8	1.5	80.1	0.4	6.9	0.3	11,770
2	El Tren	6.3	7.2	72.6	13.9	1.4	76.3	0.4	7.5	0.5	11,170
3	La Caldera	7.8	3.5	81.1	7.6	1.7	81.7	0.3	8.3	0.4	12,070
4	El Refugio N° 2	7.0	3.1	73.1	16.8	1.6	72.6	0.3	8.1	0.6	10,790
5	El Refugio N° 4	6.7	4.8	78.1	10.4	1.5	79.1	0.4	8.3	0.3	11,740
6	Sta. Clara	10.5	7.0	76.5	6.0	1.7	81.3	0.4	10.4	0.2	11,860
7	Sta. Clara	12.2	6.0	76.0	5.8	1.9	79.5	0.3	12.1	0.4	11,650
8	La Calera	10.4	2.1	79.0	8.5	1.9	77.8	0.4	11.0	0.4	11,620
9	El Refugio N° 3	7.2	3.0	70.9	18.5	1.6	71.2	0.3	7.7	0.3	10,470
10	Sta. Clara	15.0	7.4	70.7	6.9	2.2	76.1	0.3	14.3	0.2	10,990

El carbón de esta región ha sido estudiado por el U. S. Bureau of Mines y se encontró que si bien su contenido de ceniza es muy variable, es lo suficientemente bajo para que pueda ser utilizado sin necesidad de mucho lavado. Se reporta que este carbón puede usarse bastante bien en hornos industriales y que de él se pueden hacer con bastante éxito briquetas usando diferentes tipos de aglutinante, para uso doméstico.

**ANALISIS DE DIFERENTES CARBONES EN LOS ESTADOS UNIDOS**  
**A N A L I S I S %**

Muestra N°	Estado	Yacimiento	Mina	INMEDIATO				ELEMENTAL					
				Humedad M.V.	C.F.	Ceniza	H.	C.	N.	O.	S.	BTU	
1	Pennsylvania	Pittsburgh	Ocean N° 21	1.6	34.2	56.7	7.5	5.4	77.8	1.6	6.6	1.1	13,810
2	Pennsylvania	Pittsburgh	Warden	2.4	34.5	57.2	5.9	5.7	78.3	1.6	7.5	1.0	13,910
3	Kentucky	Elkhorn	Consolidation 204	2.2	36.6	59.0	2.2	6.1	80.9	1.5	8.7	0.6	14,410
4	Virginia	Taggart	Roda 3	1.7	36.1	59.5	2.7	5.9	82.5	1.5	6.8	0.6	14,770
5	Mary Land	Davis	Arnold	1.4	22.1	66.7	9.8	5.0	77.7	1.5	4.5	1.5	13,820
6	Alabama	Marylee	Flat Top	1.2	27.9	55.0	15.9	4.6	71.4	1.5	5.8	0.8	12,600
7	Alabama	Marylee	Flat Top (lavado)	4.2	27.6	59.9	8.3	5.1	76.2	1.6	8.0	0.8	13,550
8	Pennsylvania	Pittsburgh	Edinburgh	1.9	33.6	57.0	7.5	5.2	77.4	1.6	7.3	1.0	13,910
9	Illinois	N° 6	Orient N° 1	7.9	32.1	47.7	12.3	5.1	65.5	1.4	14.9	0.8	11,540
10	British Colombia	Canadá	Mitchel	1.4	27.0	65.4	6.2	4.9	80.8	1.3	6.2	0.6	14,240
11	Pennsylvania	Pittsburgh	Allison	1.0	33.6	56.9	8.5	5.3	77.0	1.6	6.3	1.3	13,820
12	Alabama	BlackCreek	Empire	3.1	36.0	58.3	2.6	5.7	79.2	1.7	9.7	1.1	14,190
13	West Virginia	Chilton	Boone 2	2.2	36.2	57.3	4.3	5.4	79.3	1.5	8.9	0.6	14,200
14	West Virginia	N° 2 gas	Point Lick 4	1.9	38.8	56.6	2.7	5.5	80.3	1.4	9.2	0.9	14,450
15	West Virginia	Alma	Spruce River 4	2.1	37.7	53.1	7.1	5.4	76.8	1.5	7.4	1.8	13,810
16	Alabama	Pratt	Wylan N° 8	1.5	30.1	59.2	9.2	5.0	77.1	1.6	6.4	0.7	13,730
17	Utah	Lower Sunside	Columbia	4.6	38.8	50.6	6.0	5.7	72.9	1.5	12.9	1.0	13,030
18	Pennsylvania	Thick Free Port	Wildwood	2.2	36.3	55.2	6.3	5.5	76.9	1.5	8.5	1.3	13,870
19	Kentucky	Green River	Green River	10.1	36.2	47.0	6.7	5.8	66.8	1.5	16.7	2.5	11,980
20	West Virginia	Sewell	Granberry 3	1.3	20.8	75.8	2.1	4.9	86.8	1.7	3.7	0.8	15,190

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

Lo primero que podemos decir en lo que respecta a el carbón mineral en el Estado de Oaxaca, es que no se conoce suficientemente. Muchas personas han dicho que el carbón mineral en Oaxaca no es económicamente explotable y que el carbón de esta región no tiene una calidad que amerite su explotación, pero estas afirmaciones no tienen validez considerando que no se han efectuado suficientes trabajos en el campo ni en el laboratorio para que esas conclusiones puedan considerarse definitivas.

El primer punto que debemos hacer notar es que las muestras de carbón han sido tomadas en los afloramientos. Nadie sabe ni siquiera cree, que estas muestras sean representativas del mejor carbón del estado de Oaxaca y considerando la importancia que tendría para todo el país el explotar un yacimiento carbonífero en la parte central del país es de recomendarse que se efectúen exploraciones más importantes con objeto de conocer a ciencia cierta la cantidad y calidad de esos yacimientos.

Es cierto que aparentemente el carbón mineral en el Estado de Oaxaca tiene un alto contenido de cenizas, pero en otros países se han hecho estudios de lavabilidad en carbones igualmente sucios y el resultado ha sido que después de lavar estos carbones, se transportan aún a grandes distancias y se venden con provecho.

Es indudable que con el interés que tiene el Gobierno Federal por resolver este problema se desvanece, la amenaza de falta de medios de transporte y en pocas horas sería posible que el carbón extraído en las minas de Oaxaca se entregara en los centros fabriles de la capital y alrededores.

Ahora más que nunca el Gobierno está decidido a resolver el problema de la deforestación y es posible que la solución a este problemas se encuentre en el carbón de Oaxaca, ya que considerando

que las principales industrias siderúrgicas se encuentran situadas en el Norte del país, es lógico pensar que el carbón de las cuencas del Norte sea el mejor económicamente hablando para la producción de coque y ya que sus reservas son tan grandes, sería posible dedicar el carbón en Oaxaca a la producción de un combustible doméstico. La producción de éste es objeto de un cuidadoso estudio ya que es necesario poner a la disposición del público un combustible que compita favorablemente en calidad y precio con el carbón de madera; el carbón de Oaxaca presenta grandes ventajas sobre otros carbones en este último punto, gracias a su cercanía y vías de comunicación.

Desgraciadamente, al estudiar el problema de los combustibles sólidos, ya sea en Oaxaca o en otra parte del país, surge otro problema, que es el de técnicos y laboratorios especializados en este estudio. Ni siquiera los hay para trabajos de rutina y sería de gran utilidad que en la Universidad hubiera un curso como lo hay para petróleos y azúcares, que se dedicara al estudio de este tipo de combustibles.

En relación con el carbón mineral en Oaxaca es de recomendarse la realización de sondeos sistemáticos; la formación de planos geológicos de los yacimientos mediante la información obtenida y la verificación de mayor número de análisis y otras pruebas en muestras más representativas de la verdadera calidad del carbón.

Es de recomendarse que se efectúen pruebas de lavabilidad con objeto de conocer qué cantidad de cenizas se podrían eliminar, el costo del proceso y la calidad del carbón resultante. Al mismo tiempo sería de gran utilidad el hacer un estudio para conocer las propiedades de coquización de estos carbones, considerando que la disminución de las cenizas tiene gran importancia, este estudio está en cercana relación con el estudio de lavabilidad.

La producción de un combustible doméstico hace necesario hacer un estudio sobre carbonización a baja temperatura con objeto de producir un semi-coque. En cada uno de estos estudios es necesario efectuar un estudio tecnológico y económico para lo cual es de recomendarse la especialización de técnicos mexicanos que no sólo conozcan la parte técnica del problema, sino que, gracias a trabajos realizados en plantas de lavado de carbón, en hornos de coque y semi-coque y en laboratorios analíticos, puedan con mayor facilidad avocarse al estudio del carbón mineral en México.

## B I B L I O G R A F I A

- American Society for Testing Materials; nonmetallic materials, Parte III. 1949.
- Sampling and Analysis of Coal, Coke and By-Products, Methods of the Chemist of the United States Steel Corporation, Third Edition. 1929.
- Gludds International Handbook of the By Products Coke Industry. D. L. Jacobson. 1932.
- Technological Audit of Selected Mexican Industries with Industrial Recommendations. Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology. Project 1-265; 1946.
- Coal Composition, Analysis, Utilization and Evaluation; E. E. Sommermeier.
- Los Yacimientos de Carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier. Estado de Sonora, Juan F. Wilson y Víctor S. Rocha. -946.
- U. S. Bureau of Mines. Technical Paper 8. Frederic M. Stanton. 1913.
- Coal, its properties, analysis, classification,, geology, extraction, uses and distribution. Elwood S. Moore. 1940.
- Manual of Procedure for the Coal Analysis Staff. Fuel Laboratory, Division of Chemical Engineering. The State University of Iowa. H. L. Olin. 1939.
- Oxigen Bomb Calorimetry and Oxigen Bomb Combustion Methods. Manual 120. 1948.
- Transactions American Mining Engineers. Vol. XLI. 1911.