

Tesis de Posgrado

Carbones vegetales argentinos : Datos para su estudio

Pattin, Miguel

1911

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en química
de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

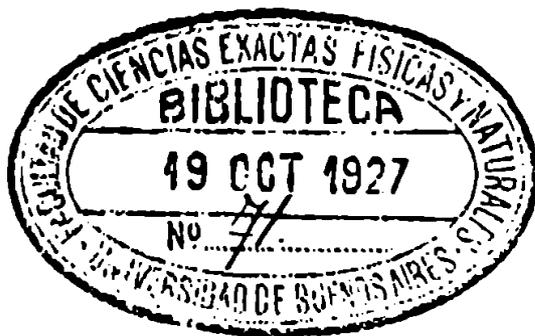
Cita tipo APA:

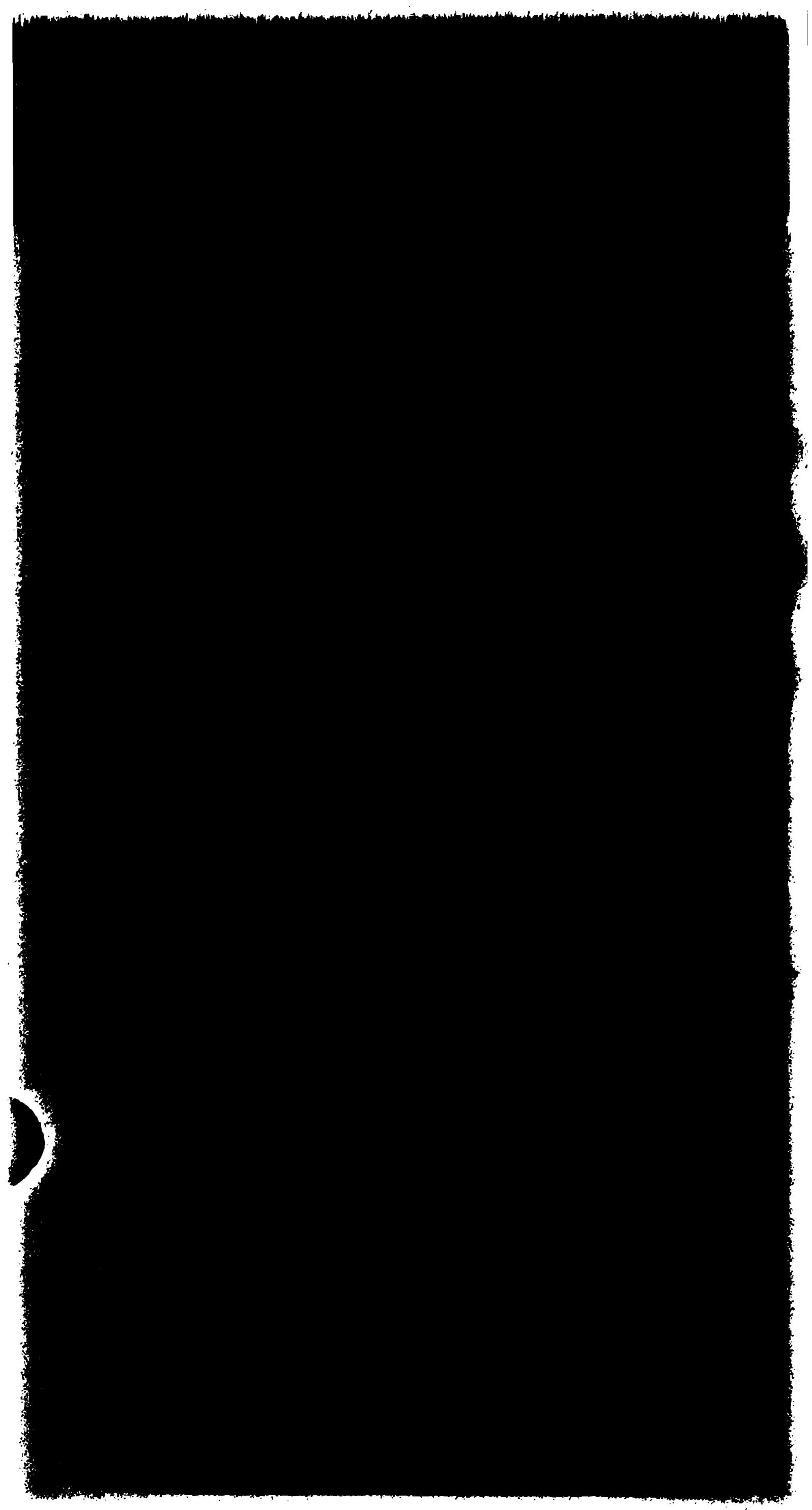
Pattin, Miguel. (1911). Carbones vegetales argentinos : Datos para su estudio. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0071_Pattin.pdf

Cita tipo Chicago:

Pattin, Miguel. "Carbonos vegetales argentinos : Datos para su estudio". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1911.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0071_Pattin.pdf

CARBONES VEGETALES ARGENTINOS





UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

CARBONES VEGETALES ARGENTINOS

DATOS PARA SU ESTUDIO

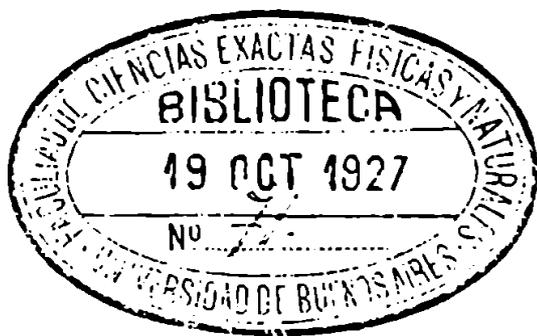
TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN QUÍMICA

POR

MIGUEL PATTIN

De la Oficina Química Nacional



BUENOS AIRES

OTERO & Co., IMPRESORES

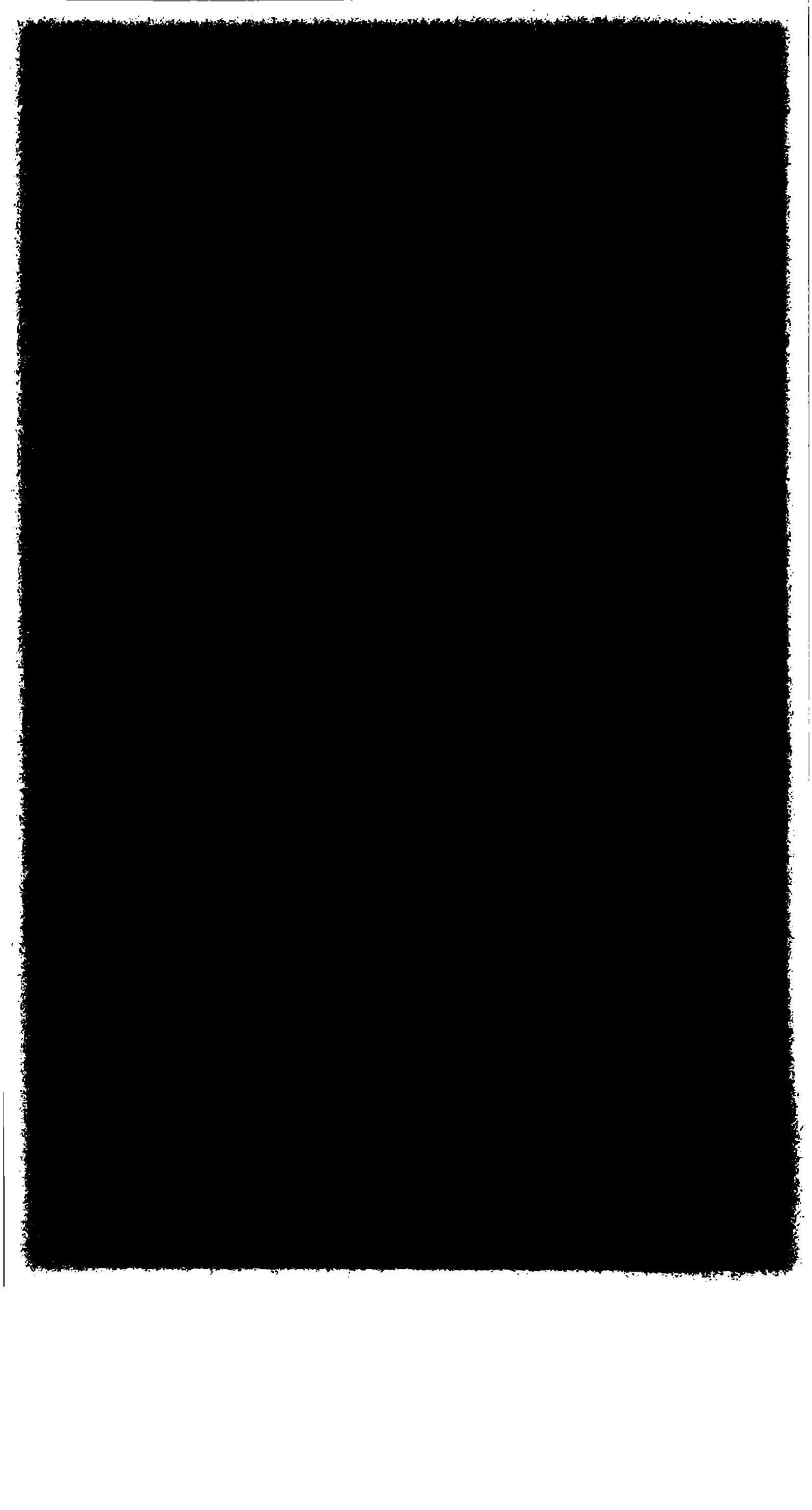
887 - BOLIVAR - 887

1911

*La Facultad no se hace solidaria
de las opiniones vertidas en las tesis.*

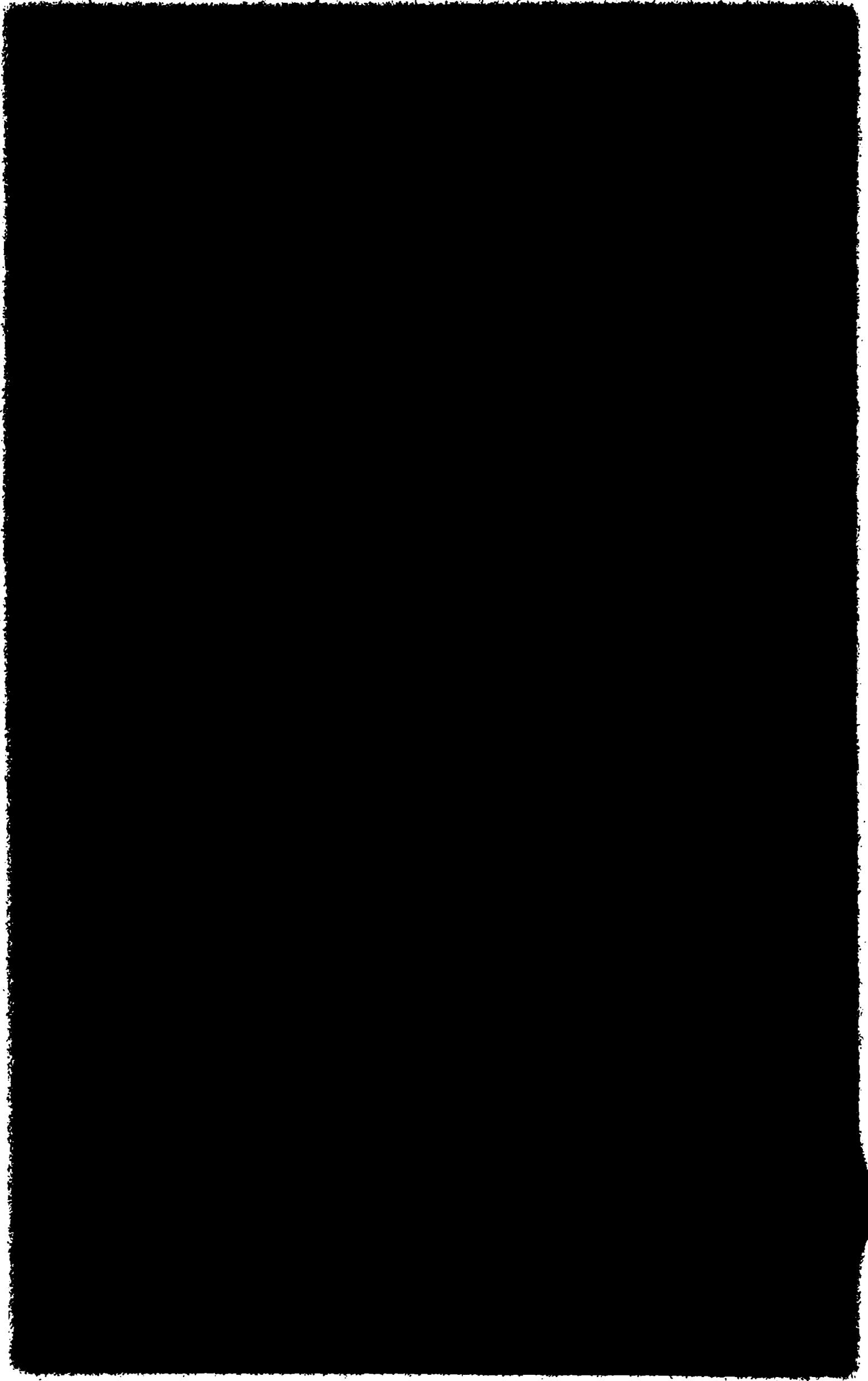
PADRINO DE TESIS

DR. ENRIQUE HERRERO DUCLOUX

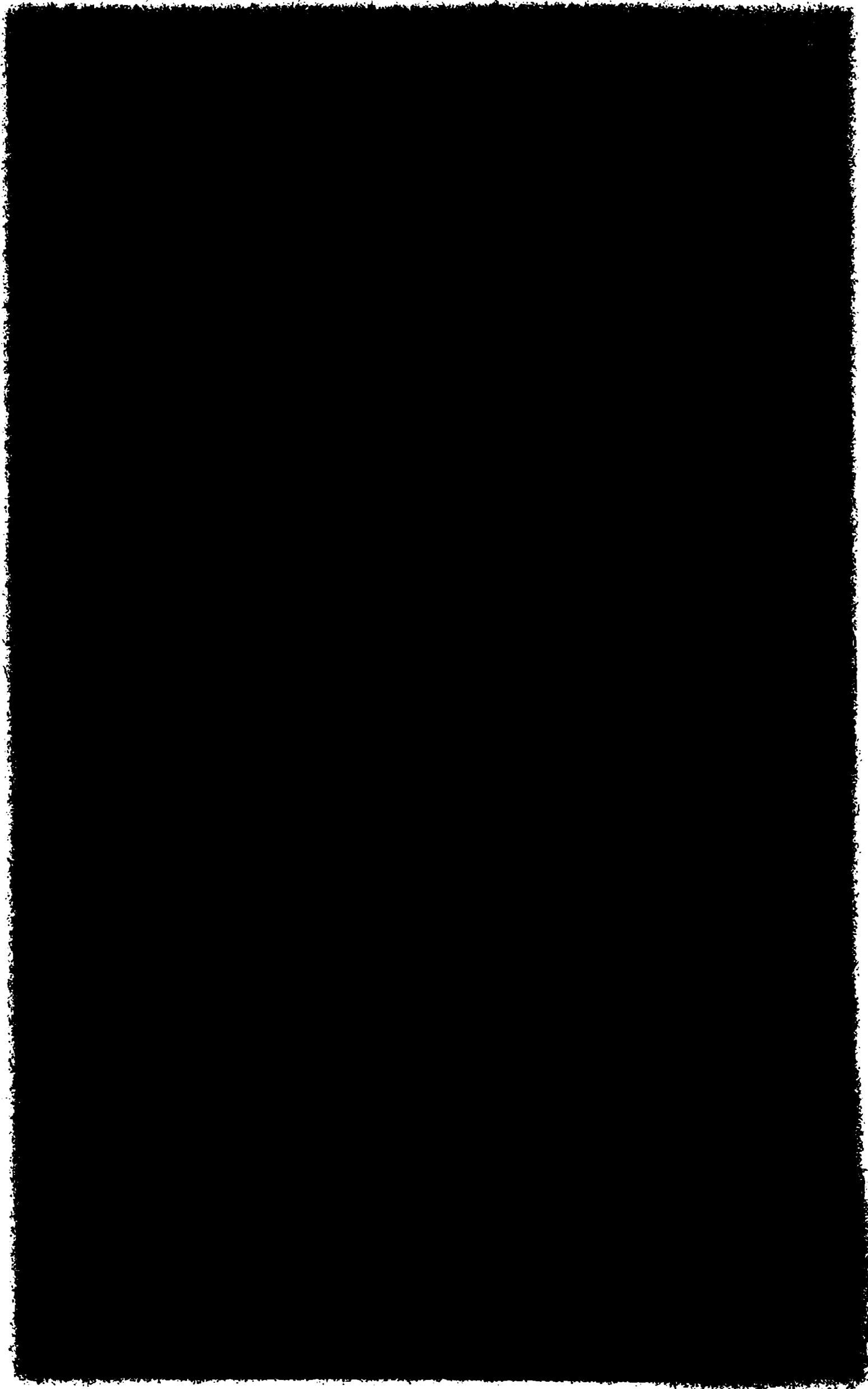


A LA MEMORIA DE MIS PADRES

LA DE MI HERMANO MANUEL

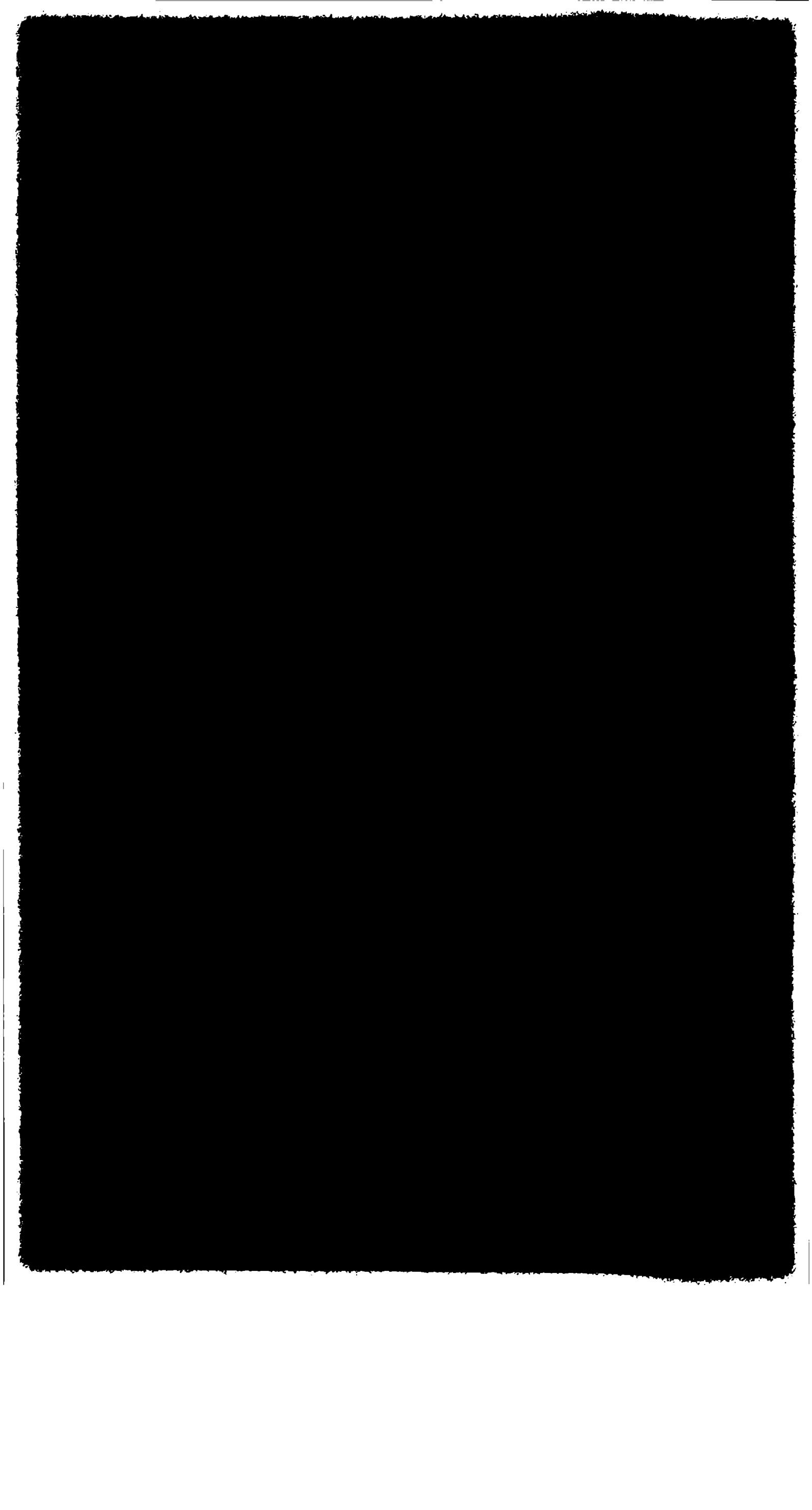


MIS HERMANOS



A MI TIO EL SEÑOR A. MAGSANIK

A MIS PRIMOS



Señores Consejeros:

Señores Profesores:

Coadyuvo en un grado limitado á lo que habéis sustentado: el estudio y el trabajo. En la labor nos encontramos con fuerzas que contrarrestan nuestras aspiraciones; esta lucha es una consecuencia de nuestro espíritu, siempre poco avezado en los estudios de la ciencia que desea dominar.

Os presento pues, una parte del trabajo que me había trazado; el análisis de las cenizas y su fusibilidad, serán el tema de una próxima memoria.

Permitidme expresar mi profundo agradecimiento al doctor Enrique Herrero Ducloux, quien á sus sanos consejos ha unido el honrarme acompañándome en este acto.

Al doctor Jacinto T. Raffo, al Profesor y amigo, mi más alta consideración por sus múltiples atenciones.

Igualmente agradecido al señor Agustín Barbagelata, Director de la Oficina Química Nacional, por haber puesto á mi disposición, los elementos necesarios para llevar á cabo este trabajo.

A mis buenos compañeros y amigos de curso, que tan eficazmente han cooperado alentándome en los momentos de vacilación, mi mayor aprecio.

PRIMERA PARTE

Historia de la destilación seca de la madera

Sin caer en yerro se puede afirmar que el origen de la destilación de la madera, coincide con los comienzos de la explotación de los metales. Confirmando esta aseveración se cita lo escrito por Plinio en su tratado de Historia Natural: los egipcios, manifiesta, conocían el alquitrán vegetal y lo empleaban para embalsamar los cadáveres. Los macedonios practicaban también la carbonización en pozos, para obtener el alquitrán.

Es de notar que no ha variado en nada la manera de carbonizar la madera en el lapso de tiempo transcurrido de aquellos tiempos á nuestros días. Como el objeto principal consistía en la obtención del carbón, poco se preocupaban de los productos de destilación y á pesar de los siglos que han pasado, ciertas naciones europeas (y también nuestro país) utilizan groseros procedimientos de carbonización, á pesar de lo que con ellos se pierde.

La obtención del alquitrán y otros productos condensables ha sido tomada superficialmente, hasta que no há mucho se ha comenzado á darle su verdadero valor.

Este progreso se debe á la química que perfeccio-

nando cada vez más sus métodos de investigación, analiza los productos de destilación de la madera señalando su importancia.

Así en el año 1658, Glauber, contrariamente á lo que afirmaban Foucroy y Vauquelin, manifestaba que el *ácido* reconocido con el nombre de piroleñoso era idéntico al ácido acético, y estas controversias y otras no terminaron hasta que Taylor en 1812 demostró que el líquido del *vinagre de la madera* era igual al *espíritu del vino*.

Colín (1819) hace estudios á raíz de lo experimentado por Taylor y lo confunde con la acetona. Dobereiner lo tomó por espíritu de vino, mientras que Reichebachi lo creía una mezcla de acetona y espíritu de vino.

Por último (1), Dumas y Peligot (1835) trataron de demostrar que el vinagre de madera estaba constituido por tres líquidos característicos. El *espíritu de la madera*, la *lignona* (esta última estudiada por Liebig, Weidamn, etc.) y la *acetona*.

Con las determinaciones de Reichebachi en cuanto se refiere á los elementos del alquitrán de madera, y los de Philippe Lebón y Pettenkofer sobre la composición del gas de madera, se trató de utilizar estos productos y por tanto la creación de hornos en lugar de pozos para la carbonización de la madera se hizo indispensable.

Philippe Lebón llamó la atención sobre la fuente de riqueza que se desperdiciaba y los ingleses trataron de preparar gas de alumbrado con la madera. La termolámpara creada por Lebón fracasó, y á pesar del perfeccionamiento que le dió Pettenkofer el gas de madera no pudo competir con el obtenido destilando la hulla.

De todas estas consideraciones se deduce que hasta mediados del siglo pasado la carbonización de la madera ha sido exclusivamente hecha para la obtención de calor y de luz.

(1) KLAR ET L. GAUTIER—*Emplois Chimique du Bois*—Pág. 3 (1908).

Consideraciones generales

Sin querer entrar en detalles sobre la histología de la madera, dado que con ello me apartaría del fin que me he propuesto, sólo citaré los principios químicos que forman el sostén del vegetal.

Considerado el vegetal como un organismo, son explicables los procesos de nutrición, asimilación, etc., y como consecuencia, la ingestión de toda clase de elementos inorgánicos cuyas variaciones se deben en gran parte á la predilección del vegetal.

Así es común observar la aglomeración de una vegetación en puntos determinados, no pudiéndose hallar en otro lugar por falta de los elementos nutritivos correspondientes.

Varios autores, entre ellos (1) Saussure y Liebig, demostraron que los elementos minerales en los vegetales son indispensables sin excepción. Las materias inorgánicas son absorbidas por las raíces, bajo forma de soluciones, habiendo como se ha manifestado una verdadera selección, y no una asimilación proporcional á la mayor ó menor cantidad de sustancias minerales puestas en presencia del vegetal.

Es un hecho ya demostrado que poniendo en contacto del vegetal sustancias venenosas solubles, éste no las absorbe ó lo hace en proporciones insignificantes. La absorción de las plantas es facilitada por propiedades que poseen los terrenos propios para ser labrados, hecho demostrado por M. Liebig, Brommer, Thonson, Way y Graham.

Si se incinera un vegetal, se obtiene el residuo fijo, *las cenizas*; cuyo análisis nos dará á conocer los elementos inorgánicos que constituían el vegetal.

Los cuerpos que existen generalmente en los vegetales son: K, Na, Mg, Ca, Fe, Mn, Cl, P, S y Si. Algunos con especialidad en ciertos vegetales: Ba, Cu, Zn, Li, B,

(1) O. PETIL — *Emplois Chimique du Bois* - Pág. 16 (1883).

F, Br, I, los dos últimos muy comunes en plantas marinas.

Aunque el análisis cualitativo de las cenizas nos permitiría conocer la composición mineral de los vegetales, exceptuando aquellos compuestos volátiles que desaparecen á la temperatura del rojo sombra, las proporciones de las bases y ácidos inorgánicos no pueden determinarse exactamente, cualquiera que sea el método de incineración que adoptemos: los datos que se obtienen no son sino aproximados.

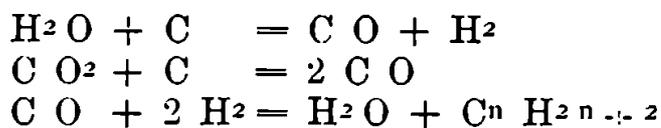
Acepción de los términos combustión y carbonización

Constituída la madera en su totalidad por compuestos que responden generalmente á los nombres de celulosa, vasculosa, cutosa; y siendo estos cuerpos combinación del carbono, oxígeno é hidrógeno veamos su transformación cuando experimentan una elevación de temperatura. Si la calefacción se efectúa al aire libre, la madera se inflama, desprendiéndose el agua higroscópica entre 100 y 110° C.

Observemos el proceso aumentando la temperatura. A 150° los principios constitutivos sufren una disociación recombinándose para volverse á disociar y así sucesivamente para finalizar con cuerpos más simples y cuya estabilidad está en relación con la temperatura que reina. La evaporación del agua no es completa, pues parte de ella encuentra el carbón en ignición y se transforma en H y C O gases inflamables que favorecen la combustión.

La formación de carburos de hidrógeno se explica teniendo en cuenta el hidrógeno libre de la vasculosa y el carbono proveniente de la descomposición de C O² en contacto con el carbono rojo.

Se puede concebir la descomposición y recombinación interpretándolas con las fórmulas que á continuación detallo:



No se transforma todo el carbono en $C O_2$ ó en $C O$ ó dando carburos; la presencia de bases en la madera hace que se combine con ellas dando carbonatos, que en parte constituyen las cenizas. El nitrógeno se encuentra casi siempre en pequeñas cantidades; en caso de un exceso de temperatura pierde el estado libre, combinándose con el hidrógeno para dar $N H_3$ cuando no es excesiva la temperatura reinante.

La inflamación de estos gases de la madera, coloca á ésta entre los cuerpos *combustibles*.

Es decir, un cuerpo es combustible, cuando experimentando una elevación de temperatura al contacto del aire, se inflama y continúa alimentándose con los gases que desprende mientras dura el fenómeno, considerado aquí en una forma particular.

Conociendo estos preliminares con los que se estudia el proceso de la combustión, concentrémonos ahora en la interpretación de la carbonización.

La madera, como en el caso anterior, experimenta una elevación de temperatura, pero en este caso su espacio de aereación es limitado, dado que se opera en una atmósfera circunscripta.

Pero es necesario especificar qué procedimiento se elige para llevar á cabo esta operación, pues varían los productos de destilación.

Podemos admitir que la carbonización puede efectuarse de dos modos:

Por carbonización parcial (de los bosques)

” ” en vasos cerrados ó destilación

Tanto en el primer caso como en el segundo, lo primero en evaporarse es su agua higroscópica; pasando la temperatura de 100° los productos varían en cada carbonización.

Carbonización en pilas

Evaporada el agua se constituyen inmediatamente cuerpos en los cuales entra como principal término el carbono; pero la estabilidad de esos productos es relativa. A medida que se han ido formando, parte de la ma-

dera se ha transformado en carbón y estando en ignición impide la existencia de cuerpos constituídos por C, H y O. El ácido acético es descompuesto aumentando con su destrucción la cantidad de $H^2 O$ y $C O^2$ que saturan esa atmósfera. De manera que gran parte del carbono se pierde bajo forma de $C O^2$, saliendo del horno sin disociarse, hecho que ha dado lugar á diversas interpretaciones. Es sabido que el $C O^2$ en presencia del carbón rojo se descompone y según Ebelmen si no se realiza lo mismo en las carboneras, es debido á que los productos volátiles dominantes envuelven al carbono, constituyendo así una capa protectora impidiendo que descomponga el $C O^2$. Fremy interpreta diciendo, que es debido á un debilitamiento interno producido por pérdidas de calor inherentes al fenómeno mismo de la carbonización. El agua constituida acciona sobre el carbón rojo dando ó engendrando carburos de hidrógeno que sirven para alimentar la carbonización.

Carbonización en vasos cerrados ó destilación

Como se acaba de manifestar, el agua higroscópica es la primera en destilar, luego se observa que la madera torna su color en pardo comenzando la destilación del ácido acético y á continuación el alquitrán.

Debemos pues admitir, que la molécula de celulosa experimenta una descomposición. Su hidrógeno y oxígeno tienden á un equilibrio constituyendo así cuerpos menos complejos que el que les dió origen, como el ácido acético. Esto se lleva á cabo siempre que la destilación sea lenta; y así constataremos que á (1) 100° destila el agua de 100° á 150° el $C O^2$, de 150° á 200° , el ácido acético y $C O$; de 200° á 300° alquitrán é hidrógeno carburado.

Todos los cuerpos destilados son ricos en carbono, por lo que como final de la destilación queda un 20 o/o de carbón que, cuando toma la humedad del aire aumen-

1) DROMART—*Carbonization du Bois*—Pág. 17.

ta su peso á un 29 y 30 o|o del peso de la madera: este es el máximum de rendimiento.

Como se nota al calentar la madera en vasos cerrados se producen ciertos productos gaseosos, líquidos y sólidos cuyos procesos de formación, son muy difíciles de explicar.

Todas estas consideraciones son aplicables siempre que se actúa dentro de los límites que acabamos de mencionar, pues una variación notable experimenta la madera cuando se procede de otro modo.

Empecemos de nuevo la destilación con el mismo peso de madera que en el caso anterior y en lugar de elevar gradualmente la temperatura, aumentémosla rápidamente á 400° y luego á 700°. Los productos en cuanto á su porcentaje no serán iguales.

Es débil la cantidad de ácido acético y alquitrán. El hidrógeno y el oxígeno del agua sometidos á esa temperatura han reaccionado sobre el carbono, dando nacimiento á la formación de gases carburados.

Carbonización de lá madera en bosques

Distintos métodos

Como se ha manifestado, la carbonización en los bosques se remonta á varios siglos atrás, y si se sigue siempre el procedimiento de pila sin perfeccionarlo, es debido á que intervienen factores que imposibilitan su modificación.

Es necesario compenetrarse de todo lo que requiere ese procedimiento para poder comprender, que no se debe su evolución á un descuido de industriales, sino que se trata de una industria en la que intervienen factores imposibles de contrarrestar por el hombre. Así influye el terreno donde se efectúa la carbonización, la bondad del tiempo, el estado higrométrico de la madera, su corte y aún más, el cuidado del carbonero mientras el horno trabaja.

Pilas verticales francesas (1)

El procedimiento que se sigue en Francia de carbonizar la madera en pila vertical, comprende cinco operaciones, escalonadas en el orden creciente de las denominaciones á continuación: *levantar, vestir, encender, cocer y demoler la pila.*

Se requiere para una buena operación, la benignidad del tiempo, aprovechándose para ello de la primavera; en otros meses se tiene un suelo demasiado húmedo, fuertes lluvias, que derrumban la cubierta arrastrando la tierra que ha servido para vestir el horno; vientos intensos que abriéndose paso por los intersticios que practican, producen incendios, interrumpiendo así la regularidad del trabajo interno.

Edificación de la pila

Se elige generalmente un semicírculo cerca de donde se hace el corte de los árboles, para evitar una pérdida de tiempo en el transporte, debiendo requerirse un terreno húmido ó algo arcilloso, despreciándose uno húmedo ó pedregoso.

Se nivela el suelo desechándose el césped y se cubre con una capa de 0.30 centímetros de tierra mezclada con fragmentos de carbón, dando á esta capa una inclinación del centro hacia la periferia. El diámetro varía mucho: de 4 á 12 metros.

Los árboles que circunscriben la pila, no se cortan pues sirven de resguardo contra los vientos; se practica entre ellos un camino de entrada y salida para los carros de transporte de la leña.

Los carboneros cifran el resultado de una buena operación en la elección del terreno donde se trabajará, por lo que prefieren levantar los hornos en el mismo lu-

(1) O. PETIT—*Emplois Chimique du Bois*—Pág. 117.

gar de los anteriores. No es extraño que manifiesten que en el rendimiento de la primera operación se pierde un 20 o/o de carbón.

El corte de los árboles, se lleva á cabo seis meses antes de hacerse uso de ellos. En ese intervalo de tiempo, la leña, pierde algo de su humedad, siendo inmejorable para su empleo. Se la corta dando á los trozos una longitud de un metro, se elimina el ramaje que los pudiera recubrir, adquiriendo una forma de cilindros, jamás biselados ó ahuecados. Su diámetro puede variar de 20 á 30 centímetros.

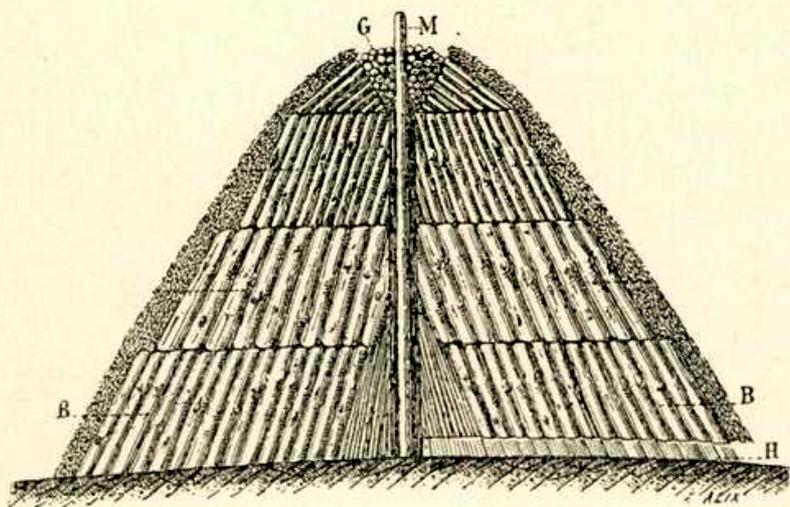


Fig. 1

Corte de un horno.—B. B., trozos apilados. H., canal horizontal. M. Mástil
G, pequeños trozos

Cuando se tiene un número de estos cortes variando de 50 á 500 estéreos, se procede á su colocación de dos maneras, según que deba encenderse el horno por arriba ó por abajo. Tratándose del primer caso, se clava en el centro del semicírculo trazado, un palo de 4 á 6 metros en relación con la pila; colocando á su alrededor astillas, hojas secas, constituyendo lo que se llama *chimenea eslava*.

Si en lugar de un mástil se clavan 3 en triángulo, separados unos de otros circunscribiendo un espacio, que

sería á su vez llenado de las mismas materias citadas con anterioridad, ésta recibiría el nombre de *chimenea gala*.

Sea una ú otra chimenea, en su parte inferior se construye un cono cuya base será el suelo de 1m. 30 de diámetro y con una inclinación de 60 á 70°, formado de leña seca no muy gruesa y cuyo objeto es producir por su combustión calor necesario para la carbonización.

A su alrededor se comienza por apilar los cortes de poco diámetro aumentando éste á medida que se ensancha el círculo, no debiendo pasar de 50° la inclinación de estas maderas para permitir que la cubierta pueda sostenerse sobre la pila.

Cuando se lleva á cabo esta operación, el círculo del apilado debe ser construído totalmente y no por segmentos, en caso contrario se tendría una desviación de este cimientó, empleándose para tener seguridad en su exactitud trozos de igual diámetro. Sobre esta sección se contruye otra en la misma forma, pudiendo emplearse los trozos más gruesos, pues á esta altura de la pila es donde se obtiene el mejor carbón.

Se termina construyendo una tercera y cuarta capa, recibiendo la última el nombre de *sombrero ó cúpula*, que lleva siempre una escotadura; con el objeto de da á la cúpula una forma más redondeada se colocan algunos trozos delgados horizontalmente.

Levantada la pila, se la recubre ya sea con césped, musgo ó paja; tiene esta capa un espesor de 10 á 15 centímetros, la que se coloca empezando por la parte inferior. Encima una capa de tierra algo húmeda, refractaria á una cocción y que sea dificultoso su agrietamiento. Puede servir también para estos casos, el polvo de carbón mezclado con tierra de otras operaciones; en caso de que fuera demasiado seco se puede humedecer removiendo durante un tiempo la masa.

El espesor de esta capa es de 6 á 7 cents. y recubre por completo á la primera, tapándose la boca del horno con un terrón de tierra.

Debido á una fuerte inclinación de la pila, sucede á

veces que la cúpula se deshace, hundiéndose. Se remedia esos inconvenientes, consolidando la cubierta con golpes dados con palas apropiadas construyendo una especie de andamio en el caso de que fuera una pila de grandes dimensiones.

Encendido del horno

Se prefiere siempre encender el horno por arriba, introduciéndose en la chimenea, carbón ó leña incandescente ó resina inflamada. El fuego baja paulatinamente facilitado por los elementos que encuentra á su paso, astillas, hojas secas, etc., llegando así hasta el cono de combustión.

Sería difícil que se comunicara el fuego á toda la leña, si no se practicasen agujeros alternados á través de las capas de envoltura. Encendido el horno se proyecta poco á poco astillas secas para que el fuego adquiriera mayor vigor, puesto que no tiene aún suficiente poder para quemar los trozos; también con el objeto de que no se ocasione vacío. Se desprenden al principio numerosos humos blancos constituídos en su totalidad por agua higroscópica de la madera, los cuales poco á poco se mezclan con uno de color pardo predominando finalmente estos últimos, de un olor acre característico, indicio de haberse comenzado la carbonización. Se cierra entonces la cúpula con tierra consolidada, dejándose abiertos los respiraderos. Parte de los vapores se condensan en las capas de madera aún frías, pero á medida que se uniforma el calor, desaparece la humedad de la leña, yendo hacia el revestimiento.

Cocción

Pasado un número determinado de horas, que varía con el tamaño del horno, comienza éste á rezumar. Es el fenómeno que los carboneros llaman la *suda del horno*. Puede durar éste varios días, durante los cuales los humos desprendidos se vuelven poco á poco azulados y

transparentes, cuando la operación sigue su curso normal, lo mismo que el descenso que entonces se ha verificado en toda la pila debe ser uniforme. Si el descenso hubiera sido irregular, se cierran los respiraderos del lado de la mayor inclinación aumentando sobre ese lado el grosor de la capa de tierra; en el sentido opuesto se abren nuevos agujeros.

Algunas veces se forman mezclas detonantes de hidrocarburos y aire, que por su explosión pueden abrir brechas en el revestimiento de la pila; el obrero debe taparlas inmediatamente, para evitar una oxidación.

Cuando se trabaja en tiempo muy seco se preconiza el riego de la tierra que envuelve al horno, pues ella se vuelve pulverulenta y es arrastrada por el viento. Con todas las precauciones, á veces se derrumba el *sombrero* del horno debiéndose construir otro, cuyo sostén serán los mismos bordes de la hendidura formada.

Terminada la exudación, se cierran algunos respiraderos y se aumenta el espesor de la capa de tierra, con el objeto de realizar una verdadera destilación seca, aprovechando del calor acumulado en el interior.

Cumplidos estos requisitos se practica el *gran fuego* consistiendo éste en llevar la carbonización á los trozos exteriores del horno. Alrededor de la pila y empezando por la parte superior se hacen dos hileras de agujeros ó respiraderos, separadas una de otra de 0.30 á 0.40 metros de distancia.

Se tienen abiertos estos respiraderos hasta cesación de humos blancos, cerrándolos entonces y practicando otra hilera de agujeros debajo de la anterior, y así se va llevando el fuego hasta llegar á la base de la pila. Cuando los humos de estos últimos respiraderos son apenas perceptibles, la carbonización ha terminado.

Extracción del carbón

Se deja enfriar el horno, se cierran con ese fin todos los respiraderos, reforzándose la capa de tierra. Pasado cierto número de días se comienza por sacar el car-

bón por segmentos tapando con tierra la parte que se pone al descubierto; generalmente es bueno emplear tierra desmembrada, la que penetra fácilmente por los poros del carbón preservándolo de una oxidación.

Este trabajo se hace de noche para notar los carbones incandescentes y cubrirlos en seguida. Se sigue sacando poco á poco el carbón obteniéndose en el centro el mejor producto, pero el vecino á la chimenea es de calidad inferior, es demasiado carbonizado. El de las partes periféricas es por el contrario poco carbonizado sirviendo para otra operación, construyéndose una pequeña pila en caso de que hubiera un exceso de estos carbones.

El carbón, como se puede ver, es clasificado y luego resguardado de la intemperie previo enfriamiento completo debajo de la tierra.

Rendimiento

Accionan diversos factores que modifican el rendimiento del carbón; es necesario tener en cuenta la naturaleza, la edad y el grado de humedad de la madera, lo mismo que la menor ó mayor regularidad durante la operación.

Puede valorarse que sobre 100 kilos de carbón contenido en la madera, la carbonización en muela da 47 kgs. 4 de carbón al estado de carbón de leña, y absorbe 52 kgs. 6; parte de este peso es transformado en materias volátiles, perdiéndose lo restante en el trabajo de la carbonización.

Edificación de la pila cuando se enciende por abajo

En ese caso, una vez colocada la chimenea y dispuesta la capa de mezcla de tierra y trocitos de carbón, se dispone en la superficie del suelo, partiendo de la chimenea hacia la circunferencia un trozo de 0m. 25 de diámetro. Se construye como anteriormente el cono de combustión y una vez terminado se saca el trozo y se

continúa apilando la leña, como en la operación precedente, teniéndose al finalizar el círculo un canal (H) de 0m. 25 de diámetro y que servirá para encender el horno. Se termina la construcción como se dijo anteriormente.

Para encenderla se llena el canal de carbones incandescentes, haciendo llegar hasta la chimenea por medio de un palo largo, una bola de resina inflamada.

Se establece una corriente de aire entre este canal y la chimenea, se echa de vez en cuando por esta última astillas y materiales fácilmente inflamables, hasta que se crea restablecido el fuego interiormente.

Cerrado el canal, el cuidado del horno vuelve á ser el mismo para las pilas que se encienden por arriba.

(1) Ebelmen ha verificado que, una vez carbonizada la madera, presenta la pila la forma de un tronco de cono invertido, demostrando con esto que la carbonización marcha de arriba hacia abajo y del centro hacia la periferia.

Pilas verticales italianas (2)

La elección del terreno, su nivelación y la forma que se da con la mezcla de tierra y carbón, se hace como en el procedimiento francés, salvo la chimenea que en lugar de llenarse con astillas y hojas secas, se deja vacía. No se construye el cono de combustión, apilándose primeramente los trozos horizontales uno al lado de otro. Luego sobre éstos se edifica el resto de la pila colocando los trozos más gruesos contra la chimenea y verticalmente, se da á los otros una pequeña inclinación á medida que se alejan del centro, sobre ésta se coloca una 2.^a, 3.^a y 4.^a sección, hasta terminar con una cúpula.

Todo se recubre con una mezcla de tierra y pequeños trozos de carbón, algo húmeda para su retención, llegando á veces á tener en su base un espesor de 70 centímetros, el cual disminuye á medida que se eleva el hor-

(1) ENCICLOPEDIA FREMY—*Charbon du Bois*—Pág. 12 (1885).

(2) O. PETIT—*Obr. cit.*—Pág. 128.

ENCICLOPEDIA GIARRESCHI—Tomo V - Pág. 949.

no. A veces se construye un andamio alrededor de la pila para permitir al obrero trabajar sin tropiezos de ninguna clase.

El horno se enciende por arriba, echando el obrero por la chimenea un tapón de astillas que lo empuja con fuerza hasta un metro de profundidad, sobre el cual hace caer luego carbones incandescentes. Las astillas no tardan en quemarse cayendo el tapón al fondo de la chimenea, se sigue echando astillas tomando el fuego cada vez mayor incremento.

Después se continúa el trabajo del mismo modo que en el procedimiento francés.

Ventajas sobre el procedimiento francés

Es conveniente la construcción del tablado de los trozos, pues se evita la desecación del suelo facilitando el escurrimiento de líquidos que se producen en el curso de la operación.

Pero tiene también sus inconvenientes consistentes en el instantáneo encendimiento de todo el horno, que da lugar á una rápida evaporación del agua, ejerciendo ésta una presión tan intensa que derrumba las paredes, produciendo el incendio de la pila. Evítase este mal colocando contra la chimenea trozos gruesos y secos, adelgazando en lo posible la parte superior del horno. En cada pila se emplea hasta 500 estéreos, haciéndose así más costosa debido al transporte de la leña alejada del corte.

Pilas horizontales (Procedimiento Austriaco) (1)

Son empleadas únicamente cuando se trata de maderas resinosas. Su forma difiere en absoluto de las primitivas construyéndose el horno en un terreno que tenga una inclinación de 0m. 30. Se clavan en varios puntos del rectángulo trazado fuertes palos, cuyo objeto será el de guardar la simetría de lo apilado. La cara an-

(1) O. PEIT -- *Obra citada* -- Pág. 131.

terior de la pila que sobresale por su mayor altura, se asegura con troncos inclinados apoyados en esa pared. Se apila la leña colocando los trozos horizontales, en el sentido de la inclinación del terreno.

Se colocan primeramente los trozos medianos, luego los más gruesos reservándose los delgados para la parte superior. A veces se intercalan perpendicularmente á ellos trozos para facilitar la cocción.

No teniendo las partes laterales inclinación, sería imposible cubrirlas con tierra, por lo cual se construyen tabiques inclinados que tienen sus asientos en el suelo y en la pared; sobre éstos se echa la mezcla de tierra y desperdicios de carbón de otras operaciones. El tabique no es cerrado totalmente, en su centro se practica una abertura que servirá para encender el horno. A esa altura se ha dejado un lugar hueco que constituirá el canal por donde se echará los primeros elementos de combustión.

Encendido el horno por los procedimientos descritos se favorece el desarrollo del fuego echando poco á poco astillas y hojas secas.

Cuando se está seguro de su completo desarrollo, se cierra la abertura, y se practican respiraderos en la parte superior uniformando así la combustión. Una vez que hubiera llegado el fuego á la parte citada se le hace descender por medio de nuevos orificios que atraviesan la envoltura de la pila, cerrándose los anteriores.

Pasado un número determinado de semanas, desde el momento que se trata de hornos muy grandes, se procede á deshacer la pila empezando por abajo. Así es que el horno no sufre un enfriamiento, sino que todo lo contrario, el carbón se extrae todavía en completa ignición, apagándosele en grandes recipientes de agua.

Ventajas sobre las pilas verticales

1.º Se puede carbonizar gran cantidad de madera; 2.º, el fuego se puede regular con más facilidad; 3.º, exige menos obreros. Tiene también sus inconveniencias con-

sistentes en el empleo exclusivo de madera resinosa y en la obtención de un carbón liviano. En cuanto al rendimiento, supera al porcentaje de carbón obtenido por los procedimientos anteriores.

Hornos chinos y mexicanos (1)

No queriendo entrar en detalles sobre estos dos hornos de relativa importancia, desde que el rendimiento de carbón es inferior al de las pilas, aunque algunos autores manifiestan que el horno chino supera al de las pilas, suprimo su descripción.

Industria carbonera argentina

El procedimiento de carbonización que se sigue en la República Argentina es el de las pilas verticales; diferenciándose muy poco de las extranjeras. En la provincia de Córdoba se fabrica el carbón en otro tipo de horno, no habiendo podido conseguir las informaciones requeridas, me veo obligado á no poderlo describir.

Fabricación del carbón en pilas

Desmunte. — Se practica en cualquier época del año, se cortan los árboles á fuerza de hacha dándoseles á los trozos una longitud de 1 á 1m. 20, pudiendo tener cualquier diámetro. Si la leña cortada es verde, se deja á la intemperie unos 5 ó 6 meses, tiempo suficiente para que la madera abandone parte de su humedad.

Construcción de la carbonera

Se elige un terreno seco, no lejos del corte y rodeado por algunos árboles. La leña se descarga alrededor del lugar donde se trabaja, tratándose de apartar los trozos muy gruesos, que sólo se colocan en la base y ale-

(1) O. PETIT—*Obra cit.*—Pág. 133.

jados del centro. El diámetro del horno oscila entre 6 y 20 metros.

Con astillas de leña de 0.30 cents. más ó menos, se construye, como puede verse en la fotografía núm. 2, una casilla cuadrangular aplilándose á su alrededor trozos delgados y secos. La casilla va creciendo á medida que los trozos que se apoyan sobre ella alcanzan su altura.



Fig. 2

Provincia de Entre Rios—La carbonera en su comienzo. En el centro se vé el principio de construcción de la casilla cuadrangular

Es necesario que sea repartida la leña, evitándose siempre un exceso de trozos delgados é inversamente, en caso contrario, se dificultaría el gobierno del horno, siendo fácil la producción de un desequilibrio, se quemaría más de un lado que del otro, habría pérdida de carbón y aún más resultaría de una calidad inferior.

Construído el armazón como en las pilas extranje-

ras, se reviste con palos delgados que uniforman los puntos salientes, haciéndolo más homogéneo, como puede verse en el grabado. Se recubre á continuación con paja ó pasto de un espesor de 5 á 10 cents., con el objeto



F g. 3

Alisado del horno por medio de trozos delgados

de evitar la caída de la tierra en su interior. La capa de tierra varía de 15 á 25 cents. prefiriéndose tierra arenosa, porque como dicen los trabajadores, *abriga mejor*.

Encendido del horno

Se echa por la boca de la carbonera, tres ó cuatro paladas de brasas, que caen sobre menudos de leña puesta con anterioridad en el fondo de la casilla. Se activa

el fuego, practicando respiraderos por la parte inferior, los que se cierran una vez que el fuego se hubiera desarrollado. Este avanza á lo largo de la casilla facilitado por ser ésta de madera seca, por lo que para evitar su destrucción, se echa astillas secas para dar de *comer al horno*.



Fig. 4

Carbonera pronta para ser recubierta de paja

Cuando el fuego ha tomado su mayor incremento alcanzando á tener en la boca un metro de diámetro, es indicio de que se carboniza el centro de la pila. Al cabo de un cierto tiempo se efectúa el descenso del horno; el fuego finaliza su trabajo abarcando la base de la carbonera.

El manejo del horno requiere durante el curso de su trabajo el mismo cuidado que las pilas verticales francesas é italianas. Si la leña apilada es verde aumenta la

cantidad de astillas que se tiene que echar para alimentar el horno.

Un porcentaje elevado de agua evaporada bruscamente ocasiona un vacío interno; el obrero práctico en estos casos introduce brasas mezcladas con elementos fácilmente combustibles.



Fig. 5

Carbonera recubierta totalmente con paja

Si se trata de leña seca, casi no requiere cuidado; teniendo el fuego á su alrededor el material, se desarrolla con facilidad.

El tiempo que tarda un horno en carbonizarse depende de varios factores: tamaño de la carbonera y si la leña es de madera verde ó seca. En cuanto á la temperatura reinante influye notablemente, aprovechando los carboneros la estación fría y húmeda del invierno,

manifiestan que el horno trabaja mejor; teniendo el carbón que resulta un temple perfecto que lo acredita.

En tiempo más ó menos normal, una carbonera de 20 toneladas se puede quemar en 12 días ó aún en menos, aumentando el número de días cuando experimenta al-



Fig. 6

Dos días después de haber sido encendida la pila. Los trozos colocados exteriormente evitan la caída del revestimiento de tierra

ternativas la temperatura. Enfriado el horno, se procede á la extracción del carbón, empezando por abajo y alrededor de la carbonera. Esta operación se lleva á cabo por medio de palas de cabo largo llamadas badiles, que permiten al obrero trabajar alejado de la excesiva temperatura del horno. Puesto el carbón en descubierto,

se vuelve á tapar con tierra, conservándolo así durante varias horas, tiempo suficiente para su completo enfriamiento.

El carbón clasificado, puesto que suelen encontrarse trozos mal carbonizados, es guardado en bolsas y expedido así al comercio. El carbón de leña verde resulta de mayor peso, tiene brillo, no se enciende con facilidad y tarda en consumirse. Siempre que una carbonera ha rendido $\frac{1}{4}$ de carbón por tonelada de leña, puede considerarse que la operación ha sido realizada con toda regularidad.

Las carboneras que se construyen en el país, tienen como punto saliente que las distingue de las extranjeras, la construcción de la casilla cuadrangular que facilita la introducción de astillas. Sus deficiencias se relacionan á la falta de un cono de combustión, que uniformaría el calor, subsanándose quizá así la explosión del horno que sucede al poco tiempo de haberse encendido, trayendo como consecuencia la destrucción de la pila y por tanto su nueva reedificación.

Composición de los gases desprendidos en el curso de la carbonización

Después de varias experiencias (1), Ebelmen ha podido aseverar que los humos parduscos que se manifiestan en el principio de la carbonización responden á la siguiente composición:

Acido carbónico.	26.7
Oxido de carbono	9.7
Hidrógeno	9.9
Nitrógeno.	53.7
	<hr/>
	100.0

(1) O. PETIT—*Obra cit.*—Pág. 127.

Estos productos son inflamables y contienen por litro de gas seco 1.03 grs. de productos condensables, semejantes á los obtenidos destilando la madera en vasos cerrados.

Cuando los gases se tornan transparentes, señalando el final de la carbonización, responden á esta composición:

Acido carbónico	22.6
Oxido de carbono	5.7
Hidrógeno	12.3
Nitrógeno	59.4
	<hr/>
	100.0

Ha podido notar que la cantidad de ácido carbónico y óxido de carbono van disminuyendo á medida que finaliza la operación, mientras que el hidrógeno aumenta notablemente.

Humos claros:

Acido carbónico	28
Oxido de carbono	22.8
Hidrógeno	49.2
	<hr/>
	100.0
	<hr/>

(1) La aparición de los humos blancos y transparentes, indica que los gases no atraviesan más que un combustible de composición uniforme debiendo los resultados analíticos ser comparables con los obtenidos en los vasos cerrados.

Pero parece suceder lo contrario, pues los gases que acompañan á los humos blancos corresponden á combustibles de composición variable, y no pueden ser comparables con los formados en los vasos cerrados.

(1) ENCICLOPEDIA FREMY — *Obra cit.* — Pág. 78.

Llega á dos conclusiones :

1.º “El oxígeno del aire que penetra en la pila por los respiradores se transforma en ácido carbónico, sin mezcla de óxido de carbono.

2.º El oxígeno del aire actúa sobre el carbón, siendo nula su acción sobre los productos de destilación de la madera”.

(1) *Propiedades generales.* — Tanto el color como la dureza y la sonoridad del carbón dependen de la temperatura á que ha sido sometido. Violette ha podido experimentar que á 270º, la carbonización de la madera es perfecta; el carbón que resulta es tenaz y arde con facilidad.

Entre los carbones analizados se ha presentado un caso en el carbón Retamo, que se encendía con facilidad al ponerle en contacto con el mechero, y arder produciendo humos.

De 270º á 300º la carbonización es completa, es más negro y muy duro. A la temperatura de 350º se tiene el carbón para fabricar la pólvora de guerra.

Combustibilidad del carbón. — Depende de la naturaleza de la madera; si éstas son duras el carbón que resulta es menos combustible.

Eso puede notarse en maderas duras como el quebracho, ñandubay, etc.

Violette ha constatado que:

Obtenido á los	260º	el carbón se inflama á los	340º
”	”	”	”
”	”	”	”
”	”	”	”
”	”	”	”

Como estos carbones tienen la propiedad de absorber los gases, suele suceder que el aire condensado desarrolla una elevación de temperatura suficiente para

(1) O. PEITZ—*Obra cit.*—Pág 106.

ocasionar un incendio en los grandes depósitos de carbón.

(1) *Higroscopicidad.* — Recientemente extraído el carbón de la pila, es muy ávido de humedad, por lo que absorbe de 4 á 16 o/o dependiendo esa absorción, de la temperatura á que ha sido sometida la madera y de su naturaleza. Se puede manifestar que el porcentaje de agua absorbida está en razón inversa de la temperatura que ha experimentado el carbón.

Reducido á polvo, su absorción aumenta dos veces más que cuando se encontraba en pequeños trozos.

Elección de la muestra

Han sido tomadas en su generalidad, de pilas recientemente carbonizadas, se empaquetaban y resguardaban de la humedad. Se ha dado siempre preferencia al carbón de madera perfectamente carbonizado, desechándose las muestras que no hubiesen reunido esa condición.

Parte del trozo se cortaba en otros más pequeños, guardándolos en frascos de boca ancha; conservando 100 gms. pulverizados en frascos de tapón esmerilado, incluyendo en la pulverización la corteza.

Métodos de análisis

Densidad real. — He preferido determinar la densidad real, debido á la porosidad de los carbones. Si se tomara en trozos, es decir, la densidad aparente, se tendrían datos que no se podrían relacionar puesto que la cifra obtenida variaría en un mismo carbón, no siendo posible obtener dos trozos iguales.

He operado con picnómetro, eligiendo la bencina como líquido. La densidad obtenida, pesando el picnómetro juntamente con la bencina y la substancia, difiere

(1) JEAN ESCARD—*Le carboné et son industrie*—Pág. 528 (1906).

en absoluto si se deja en reposo durante un par de horas. A pesar de tratarse de un cuerpo pulverizado, la absorción de aire que retiene es tan grande, que la variación de las cifras obtenidas es considerable. Un ejemplo: El carbón Retamo dió al principio una densidad de 1.310; una hora después, 1.389; 3 horas después, 1.400; á las 6 horas, 1.489. Otro: Carbón algarrobo (La Rioja), al principio 1.2069, á las 6 horas 1.4889.

Teniendo en cuenta estas variaciones, seguí el siguiente procedimiento: Llenaba el picnómetro con bencina hasta la mitad, golpeando varias veces durante 6 horas para facilitar el desprendimiento de las burbujas de aire retenido, enrasaba y pesaba.

Para la densidad aparente obtuve para el Retamo 0.9124. para el algarrobo (La Rioja) 0.9158.

Con carbones de distintas temperaturas (1) Dromart obtuvo la siguiente densidad real:

Carbón obtenido á	150°	tiene por	densidad	1.507
”	200°	”	”	1.417
”	300°	”	”	1.422
”	350°	”	”	1.500
”	432°	”	”	1.709
”	1000°	”	”	1.841
”	1250°	”	”	1.862

Como puede notarse, la densidad aumenta con la temperatura á que ha sido sometido el carbón.

El carbón groseramente pulverizado sobrenada en el agua, cayendo al fondo del recipiente cuando está finamente pulverizado. Se explica por la cantidad de poros que tiene, siendo, según Mitscherlich (2), el diámetro de cada uno, de un centésimo de milímetro.

(1) DROMART—*Carbonisation des bois en forets*—Pág. 66.

(2) OTHON PETIT—*Emplois chimique du bois*—Pág. 106.

Humedad

Distintos procedimientos

(1) *Por desecación en la estufa á 100°.* — Se pesa algunos gramos de carbón, que hubieran atravesado el tamiz número 40, en recipiente de vidrio tarado. Se deja en una estufa de agua entre 98 y 100° durante 3 ó 4 horas.

(2) *Por desecación en el vacío.* — Una cantidad variando entre 2 y 3 gramos, se introduce en un recipiente de vidrio de boca ancha y se le somete al vacío en presencia de ácido sulfúrico concentrado, hasta obtener un peso constante.

Si bien es un procedimiento exacto, exige mucho tiempo pudiendo variar entre 3 y 5 días su determinación.

(3) *Por desecación en una corriente de gas inerte.*— Para los carbones minerales, se ha notado que si se quiere dosar el grado de humedad, haciendo pasar una corriente de aire, en lugar de disminuir de peso, aumenta considerablemente. Ello es debido á una oxidación del carbón. Para los carbones vegetales ocurren casos análogos, como se verá en los ejemplos que más adelante citaré.

El procedimiento que se sigue es el siguiente:

Dentro de un balón tarado de 100 cm.³ se introduce la substancia, se cierra bien con un tapón de goma atravesado por dos tubos de vidrio encorvados, uno que comunica con un tubo lleno de Cl² Ca y éste á su vez con el aparato productor del gas, generalmente hidrogéneo; mientras que el otro está unido á un segundo tubo de

(1) A. MEURICE—*Analyse Quantitative des Materies Minérales*—pág. 2 (1908).

(2) A. MEURICE—*Obra cit.* pág. 2.

(3) A. MEURICE—*Obra cit.* pág. 2.

Cl² Ca. El balón descansa sobre un baño-maría llevado á la ebullición. Después de 3 horas, se deja enfriar, pesándose el balón y el segundo tubo de Cl² Ca; se obtiene una disminución y un aumento respectivamente.

Se puede emplear con muy buenos resultados como gas inerte el (1) C O²; el dispositivo es distinto.

Es una estufa con tubos de vidrios horizontales, dentro de los cuales se introducen navecillas de porcelana con la substancia. Los tubos de vidrio pueden ser alargados en su extremidad, con el objeto de que puedan ser unidos á un aparato de absorción (2).

(3) *Por desecación en una estufa á 105°.*—Se puede pesar en una cápsula de porcelana, ó entre dos vidrios de reloj, 2 ó 3 gramos de carbón pulverizado, recipientes que se introducen en una estufa de aire á 105° hasta obtención del peso constante.

Método seguido. — En una estufa de aire á 105° introducía un recipiente de vidrio de tapa esmerilada y de 4 cent. de diámetro con una cantidad de carbón que oscilaba entre 7 y 8 gramos, después de haberlo hecho pasar por un tamiz de 4 mallas por cm².

Las pesadas se hacían á partir de las dos primeras horas, con un intervalo de 1½ hora; es necesario seguir ese procedimiento, debido á la fácil oxidabilidad de estos carbones, que pueden aumentar de peso en un 0.80 o|o en pocas horas.

El carbón quebrachillo (E. Ríos), me dió á las dos horas 9.3531 o|o de humedad, aumentando á 9.40.28 á la media hora y así para otros casos.

Procedimiento á seguirse. — De los métodos expuestos el que reúne todas las condiciones exigibles sería

(1) POST Y NEUMANN — *Analysts Chimique appliqué aux Essals Industriels.* página 40.

(2) K. VOIGT—*Chem. Ztg.* 1905, pág. 691.

(3) PROST—*Manuel d'Analyse Chimique*, pág. 16.—BOURREY Y MARQUET—*Analyse Chimique*, pág. 78.

FISCHER—*L'Essai des combustibles*, pág. 28.

el de dosar la humedad por una corriente de gas inerte. El método que se sigue por el vacío, se hace demasiado penoso, requiere varios días y sólo sería aplicable en caso de un estudio especial; para un ensayo industrial, el primero imperaría.

Materias volátiles

(1) *Procedimiento por medio del crisol de platino.*— Se sigue el método indicado por Munck. En un crisol de platino de 4 cents. de altura y 3 centímetros de diámetro superior, se pesa un gramo de carbón pulverizado, se cierra con su correspondiente tapa, haciéndolo descansar sobre un triángulo de tierra refractaria, de modo que puesto el crisol en contacto de la llama de 18 centímetros de altura esté á 5 cent. del orificio del mechero de Bunsen. La temperatura se eleva gradualmente, teniéndose el crisol en la llama un minuto después de haber desaparecido la llama fuliginosa que rodea la tapa; se deja enfriar sin levantar esta última y se pesa. El ensayo se repite hasta obtenerse una diferencia de 0.3 por ciento.

(2) *En una atmósfera reductriz.* — Es necesario proveerse de una caja refractaria midiendo 16 X 10 centímetros y varios crisoles de porcelana conteniendo el combustible á analizar. La altura de estos crisoles puede ser de 5 cent. La caja se llena con carbón de leña, privado de polvo y se introduce todo en una mufla; se eleva poco á poco la temperatura hasta el rojo vivo. Se deja enfriar y se pesan los coques que contiene.

Método seguido. — Adopté el procedimiento de Munck, con una diferencia en cuanto se refiere al tiempo de tener el crisol en la llama. Como los carbones de que me ocupo carecían de materias volátiles, salvo dos ca-

(1) MEURICE—*Obra cit.* pág. 4.

↪ MEURICE—*Obra cit.* pág. 4.

sos, tuve que adoptar un número igual de minutos de calcinación para tener así datos concordantes.

Habiendo ensayado las materias volátiles con diverso número de minutos, he podido notar que á partir de los 2 m. 1½ de tener el crisol en la llama del mechero, las diferencias de aquellas eran insignificantes. Así puede citarse los datos obtenidos con el carbón de algarrobo pesando siempre un gramo de carbón á los 2 m. 12.20 o|o de materias volátiles, á los 2 m. 1½, 12.25; á los 3 m., 12.29. Es de notar que no para todos los carbones había esa diferencia de cifras, pero la mayoría guardaba esos límites.

Para el carbón Retamo y Molle cuyo porcentaje de materias volátiles era de 38.16 o|o y 23.00 o|o, respectivamente, he tenido que seguir el procedimiento indicado por Munck, esto es, de tener el crisol un minuto después de haber desaparecido la llama que recubre los bordes de la tapa.

La proporción elevada de materias volátiles obtenidas con el carbón Retamo (1) me hizo dudar de la completa carbonización del trozo que tenía á analizar, por lo que habiendo ensayado con otras muestras obtuve 33 y 34 o|o de materias volátiles.

El aspecto de todos los coques era igual, sueltos, salvo el del Retamo, un poco consolidado.

(2) Cenizas

(3) *Calcinación por medio del mechero Bunsen.*—Se pesa en una cápsula de platino 2 ó 3 gramos de carbón pulverizado y se le calienta suavemente para evitar una pérdida por proyección, se aumenta poco á poco la temperatura, removiendo la masa con un hilo de platino, facilitando así su incineración. En caso de que se quiera estar seguro de la incineración, se sigue el método de

(1) Debo á las atenciones del señor PONCIANO L. ARCE el haber conseguido esas muestras.

(2) FRESSENIUS—*Chimique Quantitative*. Tomo II, pág. 456.

(3) MEURICE—*Obra cit.* pág. 6.

Munck haciendo caer sobre la ceniza enfriada 1 cm.³ de alcohol puro; en caso que hubiera partículas de carbón sobrenadarían.

(1) *Calcinación por medio de la mufla.* — Es uno de los métodos que proporciona mejores resultados. Se pesa 2 gramos de carbón pulverizado en una cápsula de platino chata, se la coloca á la entrada de la mufla hasta la expulsión de las materias volátiles. Desaparecidas éstas se introduce más la cápsula en la mufla teniéndose ésta al rojo cereza; una temperatura más elevada sería nociva. Se agrega alcohol para comprobar la posible existencia de partículas de carbón, se le hace evaporar, se calcina nuevamente y se pesa.

Practicando con los dos ensayos las diferencias son insignificantes por lo que adopté el procedimiento de la mufla. Es preferible antes de introducir la cápsula de platino con la substancia, secarla en un baño de arena, no debiendo tener una temperatura elevada, para evitar pequeñas proyecciones del carbón.

Es necesario también dejar un poco abierta la mufla, para facilitar la oxidación, removiéndose de vez en cuando la masa con un alambre de platino. Se debe evitar que las cenizas lleguen á una temperatura extrema, pues su fusibilidad, á veces, no es escasa. Repetidos los ensayos dan resultados bastante satisfactorios.

(2) *Fusibilidad de las cenizas.* — Es conocida la importancia que tiene el conocer la mayor ó menor fusibilidad de las cenizas. Si un carbón ardiese lentamente bajo un tiraje moderado, las cenizas quedarían pulverulentas y caerían en el cenicero, á medida que se produjesen, pero tratándose de un tiraje poderoso, las condiciones cambian por completo; los carbonos dan en ese

(1) MEURICE - *Obra cit.* pág. 7.

(2) MEURICE - *Obra cit.* pág. 21.

SIDERSKY - *Essais des combustibles*, pág. 65.

caso cenizas que funden y se extienden sobre las parrillas, formando una especie de escoria que se opone á la entrada del aire, obligando á una continua limpieza de aquellas.

Se puede determinar la fusibilidad calentando pequeños conos fabricados con las cenizas, tomando luego la temperatura de su fusión por comparación con las *pirámides de Seger*.

(1) *Método experimental*. — Seger ha construído 58 pirámides á base de arcillas y cuya temperatura de fusión está comprendida entre 710 y 2.180° Once de las pirámides, las más difícilmente fusibles, son compuestas de silicatos de aluminio, de potasio y de calcio, ó bien de silicatos de aluminio. Tienen la forma de pequeñas pirámides triangulares, de 15 milímetros del lado de la base, y 5 centímetros de altura. Se pulveriza previamente las cenizas, cuyo grado de fusibilidad se quiere determinar, se agrega agua y una substancia que tendrá por objeto consolidarlas, eligiéndose con buen resultado el engrudo de almidón. El molde se puede construir de yeso, abierto también en la extremidad donde está el vértice de la pirámide.

Para confeccionar una de éstas se comienza por aplicar una hoja de papel dentro del molde y que tomará su forma. A continuación se echa la pasta hecha de las cenizas y almidón, apretando contra los bordes con un cortaplumas. La hoja de papel queda adherida á la pirámide y contribuye á solidificarla.

La fusión se efectúa en un horno á gas. Las pirámides de las cenizas y las de Seger, se colocan alternadas, unas á continuación de otras. Terminada la fusión se examinan las modificaciones que experimentaron las pirámides de las cenizas por comparación con los tipos.

(1) MEURICE—*Obra cit.* pág. 131.—PROST, *Obra cit.* pág. 125.
SIDERSKY—*Essais des combustibles.* pág. 66.

(1) Prost ideó un procedimiento que permite calcular el grado de fusibilidad de las cenizas por su análisis. Se calcula la cantidad de oxígeno de Si O_2 , $\text{Al}_2 \text{O}_3$, $\text{Fe}^{2+} \text{O}_3$, Mg O y Ca O .

Se establece las relaciones A y B.

$$A = \frac{\text{oxígeno de Si O}_2}{\text{oxígeno de Al}_2 \text{O}_3}$$

$$B = \frac{\text{oxígeno de Al}_2 \text{O}_3}{\text{oxígeno de Fe}^{2+} \text{O}_3 + \text{Ca O} + \text{Mg O}}$$

dividiendo A por B se obtiene:

Q coeficiente de fusibilidad.

Si Q > 3,	las cenizas son fusibles á 1500°
” ” > 2,	” ” ” ” ” 1450°
” ” > 1,	” ” ” ” ” 1300°
” ” < 1,	” ” ” ” ” 1000°

Según algunos autores, los resultados comparados con los determinados por medio del pirómetro han dado una diferencia de 200° y algunas veces más. Para que pueda aplicarse la fórmula con exactitud, la cantidad de $\text{Fe}^{2+} \text{O}_3$ no debe exceder de 5 á 6 o/o.

Azufre total

Procedimiento Eschka. — Consiste en calentar un peso conocido de carbón pulverizado con carbonato de potasio y óxido de magnesio en un crisol de platino. El azufre de los sulfuros se transforma en sulfatos solubles. Se toma la masa enfriada por agua, se

(1) *Moniteur du Dr. Quesneville*, 1905.

(2) MEURICE—*Obra cit.* pág. 21.

oxida con bromo los sulfuros y sulfitos y se precipita con cloruro de bario.

Práctica del método. — En un crisol de platino se pesa 1 gr. de carbón pulverizado, y se agrega uno ó dos gramos de una mezcla constituida por magnesia calcinada y una parte de carbonato de potasio. Se recubre finalmente con una capa de magnesia. Se calienta con una lámpara de alcohol, removiendo de vez en cuando la masa con un alambre de platino, para activar la combustión. Si se quiere practicar varios ensayos, se puede hacer uso de la mufla, cuidando que el gas exterior no penetre en su interior.

Terminada la combustión, se retira el crisol, se le deja enfriar y se introduce la masa en un vaso conteniendo agua destilada. Se oxida con un poco de bromo, elevando la temperatura hasta 60° y se filtra lavando con agua caliente. Se acidifica con ácido clorhídrico y se hace hervir hasta la desaparición del bromo.

Si se tratara de un carbón de mucha sílice es conveniente insolubilizarla, precipitando luego con cloruro de bario.

(1) *Por el obús de Mahler.* — Es una operación secundaria al determinar el poder calorífico. Cuando se termina un ensayo, se lava el obús perfectamente con agua destilada recogiendo el líquido del lavaje juntamente con las cenizas en un vaso de precipitación. Se acidifica con ácido clorhídrico, se filtra y se precipita el ácido sulfúrico.

(2) *Método de Bruck.* — Consiste en calentar el carbón con una mezcla de dos partes de óxido de cobalto y una parte de carbonato de sodio, se coloca la mezcla en una navecilla y ésta en un tubo de combustión, en el que circula una corriente de oxígeno. Los resultados obtenidos son bastante exactos.

(1) SIDERSKY—*Obra cit.* pág. 131.—BOURREY Y MARQUET. *Obra cit.* pág. 81.

(2) *Seitsch. f. Angew. Chem.* 1905, pág. 39.

(1) *Oxidación por fusión en presencia de reactivos oxidantes.* — Transcribo á continuación el procedimiento. Son métodos abandonados por ser demasiado penosos, son de una manipulación delicada, exigiendo grandes cantidades de sales alcalinas.

a) Según Balling, se mezcla un gramo de carbón con 16 de cloruro de sodio, 8 gramos de nitrato de potasio, 4 gramos de carbonato de potasio. Se funde con la lámpara de alcohol ó por medio de la mufla, se toma la masa por el agua, se acidifica con ácido clorhídrico, se evapora á sequedad, se toma con agua, se filtra y precipita con $\text{Cl}^2 \text{Ba}$.

b) Blair recomienda la operación de otra manera: Se funde 1 gramo de combustible con 10 gramos de carbonato de sodio y 6 de nitrato de potasio. La reacción es muy viva y hay pérdidas de proyección.

c) Hempel mezcla con 1 gramo de carbón 3 gramos de bióxido de sodio en polvo, se introduce en una cápsula de platino, se agrega agua, se seca y se calcina con cuidado. Se deja enfriar y se continúa como en el método de Balling.

Oxidación por vía húmeda. — Los métodos estudiados por Lunge, Rivot, Daguin, etc., son poco empleados; el azufre orgánico no se oxida completamente.

a) Según Lunge, se trata 1 á 2 gramos de combustible en un vaso de Elermeyer con ácido nítrico puramente ó agua regia. Se eleva la temperatura hasta la ebullición, se deja enfriar, se diluye, acidifica con ácido clorhídrico y evapora á sequedad; se toma con agua, se filtra y precipita con cloruro de bario.

b) Según Rivot y Daguin, se pesa 1 gramo de combustible que se introduce en una solución de potasa cáustica muy concentrada, se hace pasar una corriente de cloro haciéndolo actuar durante dos horas; se agrega ácido clorhídrico, se filtra y precipita el ácido sulfúrico.

(1) MEURICE—*Obra cit* pág. 14.

Dosaje del azufre bajo la forma de sulfato alcalino terroso. — Se sigue el procedimiento propuesto por Calvet. En un frasco se puede usar de Elenmeyer, se introduce 1 á 2 grs. de carbón pulverizado agregando luego el mismo peso de carbonato de sodio puro y 300 cm.³ de agua. Se tiene en ebullición durante 24 horas; se filtra, se agrega ácido clorhídrico y evapora á sequedad. Se toma con agua y la operación se reduce á los casos anteriores.

(1) *Dosaje del azufre existente bajo la forma de sulfuro ó combinaciones orgánicas.* — *Método Sauer.* — Consiste en quemar la materia en una corriente de oxígeno, recogiéndose el ácido sulfuroso formado en una solución de ácido clorhídrico con bromo.

Transcribo el procedimiento. — En un tubo de vidrio de 60 á 80 cent. de longitud colocado en un horno de combustión, se introduce la substancia en una pequeña navicilla de porcelana. El tubo alargado por una de sus extremidades y encorvado penetra en un tubo de bolas lleno de ácido clorhídrico con bromo.

Se hace pasar en el tubo una corriente de oxígeno calentando al rojo la navicilla. El bromo arrastrado por el oxígeno puede ser absorbido por una solución de potasa, colocada á continuación del tubo de ácido clorhídrico bromado.

Terminada la operación se lava el tubo de vidrio con agua, recogiéndose ese líquido, pues arrastra parte del S O₂ condensado en las paredes. Eliminado por ebullición el exceso de bromo se precipita el ácido sulfúrico. Este azufre es conocido con el nombre de azufre nocivo.

Dosaje del azufre de los sulfatos y sulfuros—Sin tener en cuenta el azufre orgánico. — *Método Drown.*— Se pesa un gramo de carbón pulverizado, cantidad que se introduce en un vaso que contiene 10 cm.³ de una so-

(1) MEURICE - *Obra cit.* pág. 16

lución de soda bromada, preparada de la siguiente manera: Se satura por medio del bromo 30 cm.³ de una solución de soda de 1.25, se agregan 30 cm.³ de la misma y se agita. Se calienta un poco agregándose ácido clorhídrico hasta reacción débilmente ácida. El líquido debe hervir durante 5 á 10 minutos, se introduce una nueva cantidad de soda bromada, se acidifica nuevamente y se hace hervir.

La solución se evapora á sequedad, luego la temperatura se hace elevar hasta 120°. Agrégase ácido clorhídrico y agua caliente, se filtra y precipita el ácido sulfúrico.

Azufre total

Procedimiento seguido. — He seguido el método de precipitar el azufre lavando el obús después de haber determinado el poder calorífico. La facilidad que se tiene en oxidar rápidamente la substancia por una presión de 25 atmósferas, me ha inducido á seguirlo.

Influencia del azufre. — He dosado en todos los carbones únicamente el azufre total. Como el porcentaje de azufre total que se permite es de (1) 1.25 o/o y siendo las cifras obtenidas con los carbones á analizar inferiores al máximo, se deduce, que se encuentran en los límites prescriptos y que la cantidad de azufre volátil que habría sería insignificante.

Poderees caloríficos

El poder calorífico de un carbón puede determinarse basándose:

- 1.º En el análisis elemental.
- 2.º En el análisis inmediato.
- 3.º Por medio del calorímetro.
- 4.º Por el poder reductor.

(1) G. GHERARDI—*Carb. ni Fossili.* pág. 145.

(1) *Por el análisis elemental.* — Es un hecho demostrado, como prácticamente lo ha experimentado (2) Violette, que varía la composición del carbón según la temperatura á que ha sido sometida la madera.

El carbón obtenido á	250°	contiene	65 o|o	de carbono
„ „ „	á 300°	„	73 o|o	„
„ „ „	á 400°	„	80 o|o	„
„ „ „	á 1500°	„	96 o|o	„

(2) M. M. Favre y Silberman, constataron que el poder calorífico absoluto del carbón de leña, conteniendo 3.5 de cenizas y 6 á 7 o|o de humedad, era de 7.200 calorías. Trabajos de M. Berthelot y Petit demostraron que ese poder era de 8.137 calorías.

El poder calorífico de las muestras analizadas oscila entre 7.000 y 7.800 calorías.

Conocido el carbono y el hidrógeno, se puede determinar el poder calorífico del carbón, basándose en la ley siguiente: “El calor desprendido por un combustible es igual á la suma de las cantidades de calor desprendido por la combustión de los elementos que lo constituyen, no teniéndose en cuenta el hidrógeno que podría formar agua con el oxígeno del combustible”.

Fórmula de O. Petit (3)

$$P = 8.080 \times c + 34.462 h - 5733 H - 637 A$$

en que

P = Poder calorífico absoluto del carbono.

C = Carbono determinado.

$$h = H - \frac{8}{O} \left\{ \begin{array}{l} O = \text{oxígeno} \\ H = \text{hidrógeno determinado} \end{array} \right.$$

A = Agua determinada.

(1) BOURREY Y MARQUET—*Analyse chimique*, pág. 48.—MEURICE, A. *Quantitative des Matieres Minerale*s. pág. 23.—BEHAL. *Chimique Organique*, pág. 30.

(2) FREMY—*Enciclopedia Charbon du bois*, pág. 2.

(3) O. PETIT—*Emplois Chimique du bois*, pág. 109.

Apliquemos la fórmula para los carbones algarrobo y ñandubay que responden á la siguiente composición:

Algarrobo	Ñandubay
C = 0.8084	C = 0.8112
H = 0.0317	H = 0.0298
Ceniza = 0.0639	Ceniza = 0.0670
H ₂ O = 0.0648	H ₂ O = 0.0513
O = 0.0312	O = 0.0407
1.0000	1.0000

Para el primero

$$P = 8.080 \times 0.8084 + 34462 \times 0.0278 - 5733 \times 0.0317$$

$$P = 7.408 \text{ calorías}$$

Teniendo en cuenta la suma de las cenizas y del H₂O, se tendrían:

$$P = 7.408 \times \frac{87.13}{100} - \frac{637 \times 6.5}{100} = 6.513 \text{ calorías}$$

Para el segundo:

$$P = 8.080 \times 0.8112 + 34462 \times 0.0248 - 5.733 \times 0.0298$$

$$P = 7.338$$

Teniendo en cuenta la suma de las cenizas y del H₂O:

$$P = 7.338 \times \frac{88.17}{100} - \frac{637 \times 5.1}{100} = 6.437 \text{ calorías}$$

Comparadas estas cifras con las obtenidas con la bomba calorimétrica de Mahler y por las fórmulas de Goutal y De Paepe, se vería que no haciendo entrar las

cenizas y el H² O, se acercarían más á una posible relación:

O. Petit	Mahler	Goutal	De Paepe
1.º 7.408	7.067	7.391	7.450
2.º 7.338	7.407	7.788	7.978

(1) *Fórmula de Dulong:*

$$P = 8.080 C + 34.500 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Aplicación:

Carbón algarrobo

$$P = 8.080 \times 0.8084 + 34.500 \times 0.0278 = 7.590.8$$

Carbón ñandubay

$$P = 8.080 \times 0.8112 + 34.500 \times 0.0248 = 7.410$$

(2) Meunier Dollfus y Scheuner Kestner modificaron la fórmula de Dulong así:

$$P = 8.080 C + 34.500 H$$

Aplicación:

Carbón algarrobo

$$P = 8.080 \times 0.8084 + 34.500 \times 0.0317 = 7.625 \text{ calorías}$$

Carbón ñandubay

$$P = 8.080 \times 0.8112 + 34.500 \times 0.0298 = 7.582 \text{ calorías}$$

(1) BOURREY Y MARQUET—*Analyse chimique*, pág. 106.

(2) G. GHERARDI—*Carboni Fossili*, pág. 111.

Como se puede ver da más calorías que la anterior. No se la tuvo en cuenta y se abandonó.

(1) M. Arth, modificó la fórmula de Dulong teniendo en cuenta el azufre:

$$P = \frac{8.080 C + 34.500 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2.162 S}{100}$$

(2) Mahler aconsejó usar la fórmula de Dulong teniendo en cuenta el N y adoptando otros factores:

$$P = \frac{8.080 \times C + (34.500 H - 3.000 (O + N))}{100}$$

(3) La Asociación de Ingenieros Alemanes hace actuar en la fórmula, el calor de formación del agua.

$$P = 8.100 C + 29.000 H \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2.500 S - 600 E$$

No tuvo aceptación.

Meurice expresa de otra manera la ley de Dulong, cuando tiene en cuenta el calor de vaporización del agua:

$$P = \frac{8.080 C + 34.500 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2162 S}{100} - \frac{9 H}{100} 619$$

- (1) BOURREY Y MARQUET—*Obra cit.* pág. 106.
 (2) MEURICE—*Analyses Quantitative*, pág. 33.
 (3) GHERARDI—*Obra cit.* pág. 112.

En la cual 619 significaría el número de calorías correspondiente á la vaporización de 1 grm. de agua, proveniente de la combustión del hidrógeno.

Otro autor Schwackhoëfer no tiene en cuenta el azufre:

$$P = 8.080 C + 34.500 \left(H - \frac{0}{8} \right) 637 E.$$

Ferrini dió otra fórmula:

$$P = 8.100 C + 34.500 H - 540 (E - 9 H)$$

en la cual no tiene tampoco en cuenta el azufre.

Los poderes caloríficos obtenidos por medio de la fórmula de Dulong, dan siempre un número elevado de calorías. Meurice interpreta esta anomalía, manifestando que no se tiene en cuenta, cuando se trata de carbones con muchas cenizas y si éstas son carbonatadas, del carbono del $C O_2$ proveniente de esta descomposición, aumentando así el porcentaje de carbono total. Se podría subsanar ese error dosando el $C O_2$ de los carbonatos sobre un ensayo especial.

Determinación del poder calorífico por el análisis inmediato

(1) O. Petit ha propuesto una fórmula de determinación del poder calorífico sumando los pesos de las cenizas (p) y del agua (p'), la enuncia así:

$$P = 8.000 \times \frac{100 - (p + p')}{100} + \frac{637 \times p'}{100}$$

Aplicando esta fórmula da resultados muy bajos.

(2) Favre y Silbermán ensayaron otra fórmula, sumando las cenizas y las humedades y restando de cien.

(1) O. PETIT - *Obra cit.* pág. 111.

(2) O. PETIT - *Obra cit.* pág. 109.

Así para los carbones que responden á la siguiente composición:

	Algarrobo	Ñangubay	Quebracho colorado
Cenizas	6.3900	6.7000	3.5150
Humedad	6.4800	5.1300	5.9585

Aplicando la fórmula se tendría:

Para el 1.º carbón

$$P = \frac{8.080 \times 87.13}{100} - \frac{637 \times 6.5}{100} = 6.988 \text{ calorías}$$

Para el 2.º carbón:

$$P = 8.080 \times \frac{88.17}{100} - \frac{637 \times 5.1}{100} = 7.091 \text{ calorías}$$

Para el 3.º carbón:

$$P = \frac{8.080 \times 90.53}{100} - \frac{637 \times 5.95}{100} = 7.276 \text{ calorías}$$

Comparando con los obtenidos por Mahler:

Fabre y Silberman	Mahler
1) 6.998	7.067
2) 7.091	7.407
3) 7.276	7.514

Como se nota, se obtienen siempre cifras inferiores á las obtenidas por el obús de Mahler.

(1) Vivién ideó la siguiente fórmula:

(1) *Congreso Internazionale de Chimique applicate tenuto a Bruselas (1894).*

$$P = \frac{8.080 C + 10.000 A}{100}$$

C = Carbón fijo.

A = Materias volátiles.

Los resultados que se obtienen son muy elevados.

(1) O. Gmelin, tiene en cuenta el agua higroscópica y las cenizas:

$$P = |100 - (H^2 O + Cenizas \times 80 - C \times H^2 O)|$$

C puede variar según el agua, y tiene los siguientes valores:

Con H ² O hasta 3 o|o	C = — 4
de 3 á 4.5 o|o	C = — 6
de 4.5 á 8.5 „	C = — 12
de 8.5 á 12 „	C = — 10
de 12 á 20 „	C = — 8
de 20 á 28 „	C = — 6

Los resultados obtenidos son bajos.

En el año 1896, (2) Goutal preconizó una fórmula para determinar el poder calorífico, basándose en las materias volátiles, obtenidas por el procedimiento de Munck:

$$P = \frac{8.150 C + A M}{100}$$

P = Poder calorífico.

C = Carbón fijo (coke-cenizas).

M = Materias volátiles.

A = Coeficiente variable según las materias volátiles.

(1) *Oest, Zeist.* (1891) págs. 365-660.

(2) MEURICE—*Obra cit.* pág. 48.

A = 13.000	para	M = 2 á 15
A = 10.000	„	„ = 15 á 20
A = 9.500	„	„ = 31 á 35
A = 9.000	„	„ = 30 á 40

(1) M. De Paepe da para A otros valores y calcula las materias volátiles del combustible, suponiéndolo privado de agua y de cenizas.

Así se tienen los valores de A dados por De Paepe:

A = 14.000	para	M' = 2 á 12
A = 12.000	„	„ = 12 á 17
A = 11.000	„	„ = 17 á 24
A = 10.200	„	„ = 24 á 30
A = 9.400	„	„ = 30 á 35
A = 8.000	„	„ = 35 á 38
A = 7.900	„	„ = 38 á 40
A = 7.600	„	„ = 40 á 50

He aplicado esta fórmula sin haber calculado las materias volátiles privadas de agua y cenizas, pues las diferencias son relativas dando mayor número de calorías que las obtenidas por el calorímetro de Mahler y por la fórmula de Goutal.

Las cifras obtenidas pueden verse en el cuadro.

Determinación del poder calorífico *por la bomba calorimétrica de Mahler (2)*

Sin entrar en detalles sobre el aparato, demasiado bien descrito en todos los tratados, sólo me concretaré á detallar el proceso de un ensayo. Debo hacer notar que las tres cuartas partes de las muestras á analizar han sido repetidas, obteniendo cifras cuya diferencia era insignificante.

(1) *Bulletin de l'Association Belge des chimiste 12e. année, pág. 287.*

(2) P. MAHLER—*Etudes sur les combustibles solides, liquides et gazeux, pág. 29 y siguientes, Paris, 1903.*

Para la corrección, Mahler cita las siguientes reglas:

“La ley de decrecimiento de la temperatura observada á continuación del máximo representa la pérdida de calor del calorímetro antes del máximo, y para un minuto, considerado con la condición que la temperatura media de este minuto no difiera más de un grado de la temperatura del máximo.

“Si la temperatura considerada difiere de más de 1 grado, pero de menos de 2 grados de la temperatura del máximo, la cifra que representa la ley del crecimiento en el momento del máximo disminuído de 0.005, daría la corrección buscada.”

La fórmula que sirve para el cálculo se representa así:

$$Pc = (P + P') (\Delta + \alpha) - (0'23 p + 1.6 p')$$

Pc = poder calorífico.

P = peso del agua del calorímetro.

P' = equivalente en agua del obús y sus accesorios.

Δ = diferencia de temperatura observada.

α = corrección del enfriamiento.

p = peso del ácido nítrico formado.

0'23 = es el calor de formación de 1 gramo de ácido nítrico.

p' = peso del hilo de hierro.

1.6 = calor de combustión de 1 gramo de hierro.

Supongamos un ensayo:

Período preliminar

0 minutos	16.05	grados
1 " 	16.05	"
2 " 	16.04	"
3 " 	16.04	"
4 " 	16.03	"
5 " 	16.03	"

La ley de variación de la temperatura en el calorímetro, durante el período preliminar, se expresa:

$$\alpha_0 = \frac{16.05^\circ - 16.03^\circ}{5} = 0.004$$

Período de combustión

5 minutos $\frac{1}{2}$	16.10 grados
6 " 	16.90 "
7 " 	18.39 "
8 " 	18.69 "
9 " 	18.71 "

Período después del máximo

10 minutos	18.71 grados
11 " 	18.70 "
12 " 	18.69 "
13 " 	18.67 "
14 " 	18.66 "

La ley de variación de la temperatura, en el calorímetro después del máximo, es:

$$\alpha_t = \frac{18.71 - 18.66}{5} = 0.010$$

La diferencia bruta de la temperatura ha sido:

$$18.71 - 16.03 = 2.68^\circ$$

/

Veamos las correcciones:

$$\frac{1}{2} \alpha_o = 0.002$$

$$\frac{1}{2} \alpha_o = 0.005$$

Para la temperatura entre los minutos 6 y 7 se tiene:

$$0.010 - 0.005 = 0.005$$

Para los minutos 7 y 8, 8 y 9 se tiene:

$$0.010 \times 2 = 0.020$$

Finalmente: Hacemos la suma de $\frac{1}{2} \alpha_o$ y $\frac{1}{2} \alpha^t$

pues la temperatura descendía en el primer período $0.002 + 0.005 = 0.007$, cifra que agregamos á la corrección de los otros minutos:

$$\begin{array}{r} \text{de 6 á 7} = 0.005 \\ \text{„ 7 á 8} = 0.010 \\ \text{„ 8 á 9} = 0.010 \\ \hline \phantom{\text{de 6 á 7}} 0.025 \\ + \phantom{\text{de 6 á 7}} 0.007 \\ \hline \alpha = 0.032 \end{array}$$

Tendríamos así el valor de α ó sea de la temperatura corregida. Este valor se suma á la diferencia bruta de temperatura.

$$0.032 + 2.68^\circ = 2.712^\circ$$

Cantidad de agua del agua del aparato, 2.200.
Equivalente de agua del aparato, 348.
Peso del carbón, 1.0392.
Peso del alambre de Fe, 0.034.
Acidez = 1.9 cm³.
Poder calorífico = 6.594 calorías.

En algunos carbones he calculado la acidez formada con ácido nítrico, pero en la mayoría dosaba el ácido sulfúrico y por diferencia obtenía el ácido nítrico.

La cantidad formada de ácido nítrico, como se puede ver, en el cuadro general es casi siempre despreciable.

Poder calorífico determinado por el Dr. Herrero Ducloux

Carbón Espinillo	6.603
Carbón Molle	6.391
Carbón Algarrobo	7.016
Carbón Tala	6.387

Estos poderes caloríficos han sido determinados por medio de la bomba calorimétrica.

**(1) Determinación del poder calorífico por el poder reductor
Procedimiento Berthier**

Transcribo el método. — Se basa sobre la ley de Walter: “El poder calorífico de un combustible es proporcional á la cantidad de oxígeno necesario á su combustión”.

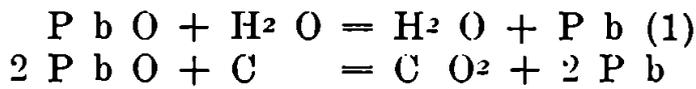
Esta no es aplicable á las condiciones de experiencia imaginadas por Berthier:

1.º No se tiene en cuenta del calor de formación de compuestos examinados.

2.º Si se atribuye al carbono solamente la reducción del plomo, se comete un error muy apreciable, tanto más elevado, cuanto más hidrógeno disponible tiene el combustible.

(1) MEURICE—*Obra cit.* pág. 46.

En efecto:



Nosotros vemos una parte (1) que 2 gramos de H producen 206.9 gramos de P b.

Ahora 2 gramos de H, al arder, desprenden:

$$34.500 \times 2 = 69.000 \text{ calorías}$$

Por lo que 1 gramo de P b reducido corresponde á:

$$\frac{69.000}{206.9} = 333.5 \text{ calorías}$$

Por otro lado (2), 12 gramos de C producen

$$206.9 \times 2 = 413.8 \text{ gramos de P b.}$$

Ahora 12 gramos de C, al arder desprende:

$$8.080 \times 12 = 9.6960 \text{ calorías}$$

Entonces 1 gramo de P b reducido corresponde á:

$$\frac{9.6960}{413.8} = 234 \text{ calorías}$$

Esos números están pues, en relación de 1:1.42 y el error será tanto más grande, cuanto la cantidad de H sea más elevada.

Se pesa un gramo de carbón, reducido á polvo impalpable y se le mezcla íntimamente con 40 ó 50 grs. de litargirio pulverizado.

Se coloca la mezcla, en un crisol de tierra, se le recubre con 20 á 30 grs. de litargirio, se cierra bien con

(1) MEURICE—*Obra cit.* pág. 46.

una tapa apropiada dejando pequeñas hendiduras y se introduce en un horno.

La temperatura se eleva gradualmente hasta el rojo vivo, que se mantiene durante una media hora. Se deja enfriar, se saca el plomo, se le martilla y pesa.

Cálculo:

$$\begin{array}{r} C + 2 PbO = 2 P b + C O_2 \\ 1 \text{ de } C = 34.5 \text{ de } Pb \\ \text{luego: } 1 \text{ gr. de } C = 8.080 \text{ c} \\ \quad 8.080 \\ \hline \quad 34.5 \\ \quad \quad = 234 \text{ c.} \end{array}$$

Multiplicando el peso del plomo por 234, se obtiene el poder calorífico del combustible ensayado.

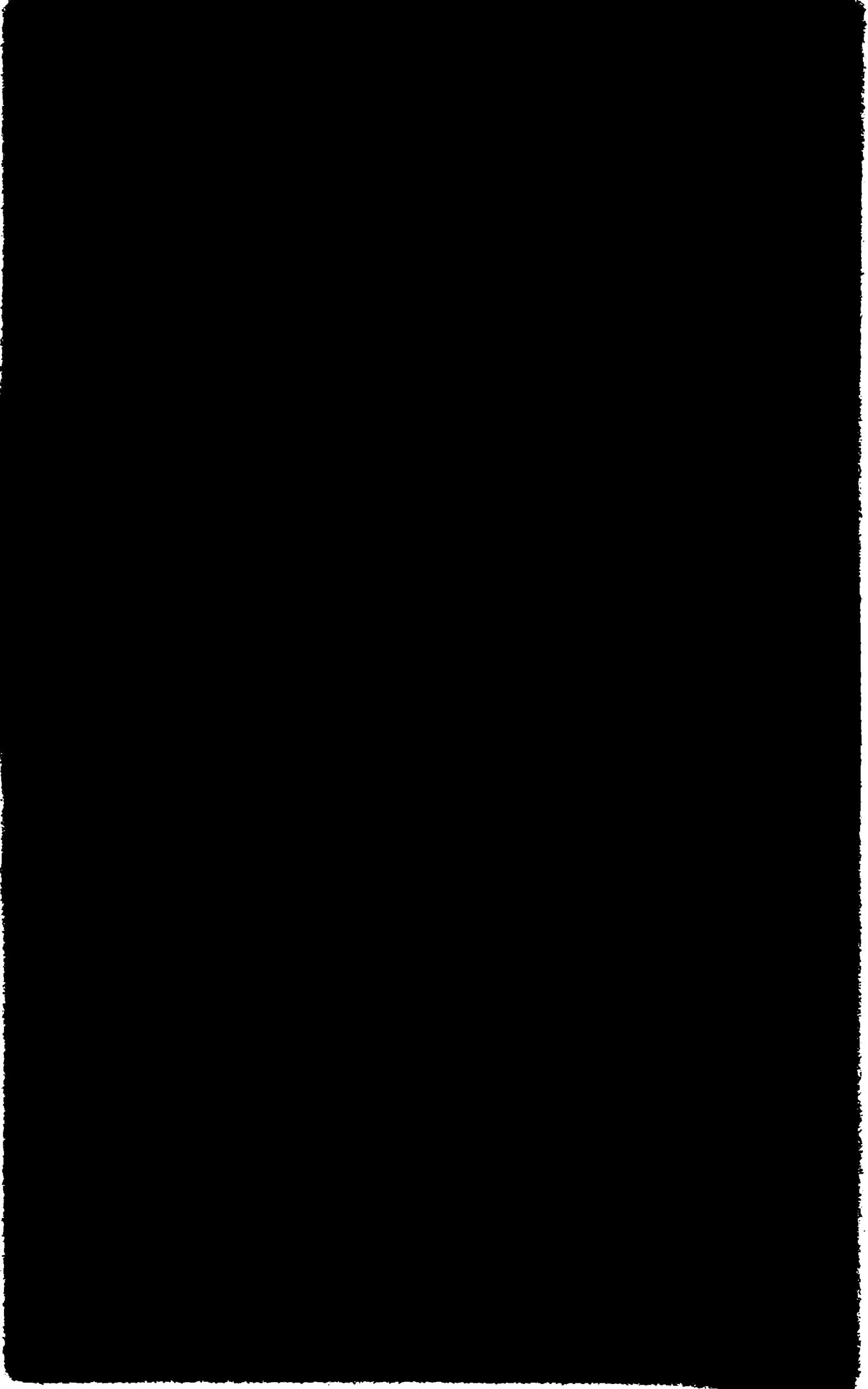
No he practicado el procedimiento de Berthier con ningún carbón.

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO

No. de la muestra	Naturaleza de la muestra	Procedencia	DATOS FÍSICOS					DATOS QUÍMICOS							
			Aspecto	Color	Fractura	En la llama	Color de la raya	Densidad	Humedad %	Materias volátiles totales %	Materias volátiles reales %	Carbón fijo %	Coke %	Cenizas %	S Total %
1	Relamo	(V) La Rioja	Homog.	Pard obs.	Concoidal	Arde con facilidad	Pardusco	1.4891	5.5484	38.16	32.6116	54.6663	61.8400	7.1733	0.2952
2	Algarrobo	(V) id	Homog.	Negro bril.	Laminar	No arde	Negro	1.4889	6.4087	12.29	5.8813	81.3110	87.7100	6.3990	0.1407
20	Algarrobo	(V) E. Rios	Homog.	Negro opaco	Laminar	No arde	Negro	1.6100	4.7750	11.6600	6.8850	75.0860	88.3400	13.2600	0.0732
15	Algarrobo	(V) Córdoba	Homog.	Negro	Laminar	No arde	Negro	1.2567	5.6949	12.0500	6.3551	77.7950	87.9500	10.1550	0.0562
3	Nandubay	(S) E. Rios	Homog.	Negro bril.	Laminar	No arde chisp. poco	Pardusco	1.4594	5.3991	15.3200	9.9206	80.8500	84.6800	3.8300	0.0829
23	Nandubay	(V) Chaco	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Negro	1.6902	5.1377	11.0400	5.9023	82.2600	88.9600	6.7000	0.1048
4	Tala	(S) E. Rios	Homog.	Negro	Concoidal	No arde	Negro	1.6332	4.8020	10.1300	5.3280	71.4600	89.8700	18.4100	0.1191
14	Tala	(V) Córdoba	Heterog.	Negro opaco	Laminar	No arde	Negro	1.4399	8.3180	12.1500	3.8319	77.5450	87.8500	10.3050	0.6607
9	Queb. color.	(V) Santa Fé	Heterog.	Negro metál.	Laminar	No arde chisp. poco	Pardusco	1.4599	5.9585	11.0000	5.0415	85.4850	89.0000	3.5150	0.0495
11	Queb. color.	(V) S. Estero	Heterog.	Negro p.bril.	Laminar	No arde chisp. poco	Negro	1.4828	4.8096	10.5000	5.6904	82.0450	89.5000	7.4550	0.0727
10	Queb. blanco	(V) Santa Fé	Heterog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Pardusco	1.6273	8.0628	11.9230	3.8572	83.3300	88.0800	4.7500	0.0739
12	Queb. blanco	(V) S. Estero	Homog.	Negro mate	Concoidal	No arde	Pardusco	1.3815	5.4790	13.4900	8.0110	79.2445	86.5100	7.2645	0.0476
13	Queb. blanco	(S) S. Estero	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Pardusco	1.3720	3.8842	15.3000	11.4158	77.5800	84.7000	7.1200	0.0872
3	Coronillo	(V) E. Rios	Homog.	Negro bril.	Laminar	Chisp. se deshace	Pardusco	1.3821	6.5485	14.6700	8.1215	79.7050	85.3300	5.6250	0.0247
6	Guayabo	(S) id	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Pardusco	1.3153	4.0106	18.1700	14.1594	79.0150	81.8300	2.8150	0.0547
7	Espirillo	(V) id	Homog.	Negro p.bril.	Concoidal	No arde	Pardusco	1.3633	7.0978	10.9200	2.8222	82.3200	89.0100	7.7600	0.0614
8	Blanquillo	(V) id	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Pardusco	1.2150	5.7340	8.2800	2.5460	86.1450	91.7200	5.5750	0.0628
16	Chañar	(V) Córdoba	Homog.	Negro p.bril.	Concoidal	Chisp. poco-no arde	Pardo	1.2477	6.1055	20.8000	14.6945	73.1894	79.2000	6.0106	0.0259
17	Brea	(V) E. Rios	Homog.	Negro brilla.	Laminar	No arde - chisporrot.	Pardo	1.7484	9.5083	11.8600	2.0547	82.2900	89.1400	6.8500	0.0519
18	Viraró	(V) id	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde-chisp. poco	Negro	1.6757	7.4811	11.4800	3.9989	83.5200	89.5200	6.0000	0.1736
19	Quebrachillo	(V) id	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde-chisp. poco	Negro	1.6152	9.3531	11.2500	1.8869	79.1400	88.7500	9.6100	0.0390
21	Molle	(V) Córdoba	Heterog.	Negro brilla.	Concoidal	Chisp. poco-deshace	Pardusco	1.5800	6.5000	23.9200	17.4000	71.7250	76.0800	4.3550	0.0683
22	Garrapato	(V) S. Estero	Homog.	Negro opaco	Concoidal	No arde	Negro	1.5815	5.8417	14.3500	8.5083	75.7450	85.6500	9.8050	0.1048

(V) - abreviatura de verde

(S) - abreviatura de seca

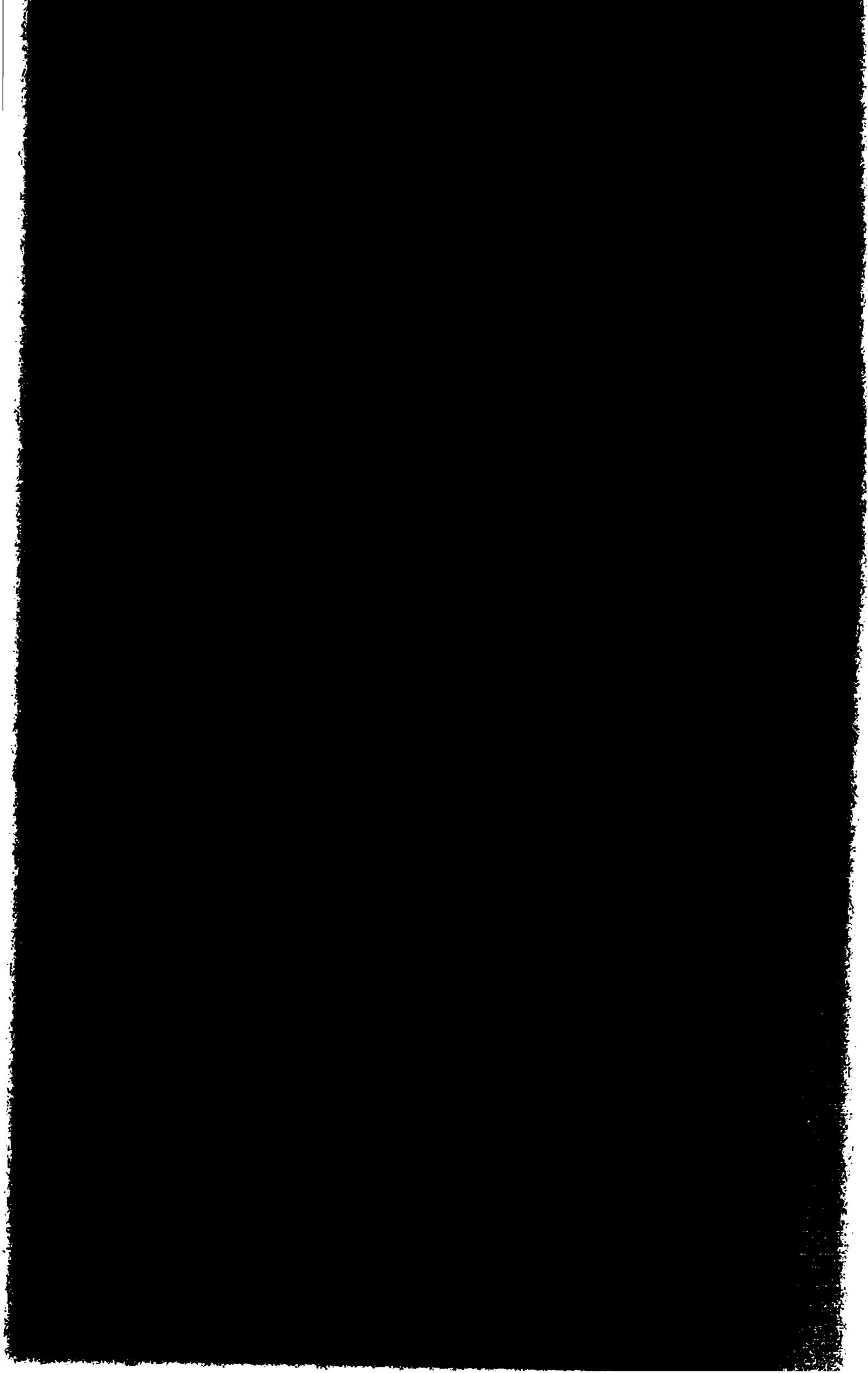


DATOS CALORIMÉTRICOS

N.º de la muestra	Naturaleza del carbón	Procedencia	Peso del carbón	Agua del calorímetro	Equivalente del sistema en agua	α_0	α_1	α	Δ	Peso del hierro	Hno ³ formado	H ₂ SO ₄ formado	Poder calorífico Mahler	Poder calorífico Goutal	Poder calorífico de Paeppe
1	Retamo	(V) La Rioja	0.9491	2.200	348	0.010	0.041	0.046	2.300	0.030	8.500	6.100	6.142.2	7.400	7.520
2	Algarrobo	(V) La Rioja	1.1190	2.200	348	0.008	0.053	0.058	3.070	0.036	1.900	0.150	7.067.3	7.391	7.450
20	Algarrobo	(V) E. Rios	1.0244	2.200	348	0.008	0.044	0.048	2.530	0.030	1.500	1.235	6.359.5	7.006	7.073
15	Algarrobo	(V) Córdoba	1.0734	2.200	348	0.008	0.062	0.068	2.870	0.035	4.600	.....	6.912.6	7.166	7.229
3	Nandubay	(S) E. Rios	0.9857	2.200	348	0.020	0.097	0.107	2.780	0.033	2.400	1.001	7.407.6	7.788	7.978
23	Nandubay	(V) Chaco	0.9930	2.200	348	0.020	0.100	0.110	2.780	0.030	3.000	0.953	7.351.0	7.471	7.530
4	Tala	(S) E. Rios	1.0355	2.200	348	0.010	0.049	0.051	2.450	0.037	6.500	0.773	6.097.9	6.516	6.569
14	Tala	(V) Córdoba	1.0392	2.200	348	0.004	0.030	0.032	2.680	0.034	2.000	.....	6.594.9	6.818	6.856
9	Queb. colorado	(V) Sta. Fé	1.0879	2.200	348	0.006	0.055	0.058	3.170	0.030	2.000	1.532	7.514.2	7.622	7.672
11	Queb. colorado	(V) S. Estero	1.0950	2.200	348	0.014	0.041	0.048	7.100	0.030	6.800	.....	7.204.4	7.426	7.483
10	Queb. blanco	(V) Santa Fé	1.1504	2.200	348	0.004	0.041	0.043	3.180	0.030	4.200	1.900	7.092.6	7.292	7.531
12	Queb. blanco	(V) S. Estero	1.0959	2.200	348	0.012	0.083	0.089	3.200	0.030	6.800	.....	7.582.7	7.489	7.509
13	Queb. blanco	(S) S. Estero	1.1107	2.200	348	0.012	0.109	0.115	3.140	0.035	6.400	.....	7.409.4	7.786	7.992
5	Coronillo	(V) E. Rios	1.1286	2.200	348	0.006	0.048	0.051	3.264	0.040	3.400	0.935	7.422.7	7.550	7.632
6	Gráyabo	(S) E. Rios	1.1505	2.200	348	0.010	0.067	0.072	3.340	0.010	3.300	1.774	7.506.3	7.855	8.138
7	Espinillo	(V) E. Rios	1.1090	2.200	348	0.006	0.055	0.058	3.060	0.035	2.500	1.234	7.111.3	7.075	7.104
8	Blanquillo	(V) E. Rios	0.9341	2.200	348	0.006	0.078	0.081	2.550	0.035	6.900	0.956	7.099.8	7.361	7.366
16	Chinar	(V) Córdoba	1.0672	2.200	348	0.008	0.052	0.056	2.840	0.036	5.700	.....	6.855.5	7.434	7.728
17	Brea	(V) E. Rios	1.0835	2.200	348	0.004	0.038	0.040	2.850	0.040	2.300	.....	6.688.7	6.892	6.912
18	Viraró	(V) E. Rios	0.9835	2.200	348	0.002	0.030	0.031	2.680	0.036	5.800	.....	6.982.0	7.326	7.366
19	Quebrachillo	(V) E. Rios	1.0502	2.200	348	0.000	0.020	0.020	2.760	0.038	8.600	.....	6.679.2	6.695	6.714
21	Molle	(V) Córdoba	1.0729	2.200	348	0.002	0.013	0.014	2.960	0.032	2.400	1.410	7.000.6	7.585	7.659
22	Garrapato	(V) S. Estero	1.0501	2.200	348	0.008	0.051	0.055	2.780	0.030	4.100	2.281	6.695.6	7.187	7.372

(V) - abreviatura de verde

(S) - abreviatura de seca



SEGUNDA PARTE

Es de notar las propiedades de algunos carbones, tales como el Coronillo y Molle, que en contacto de la llama chisporrotean deshaciéndose por completo. Se hace difícil su utilización como carbón de cocina, empleándose únicamente para motores de cualquier género, puesto que el poder calorífico del Coronillo es de 7.422 calorías.

Por su número elevado de materias volátiles el carbón Retamo tampoco es empleado en los usos domésticos, pero para las fraguas el resultado es inmejorable, siendo casi el único carbón que se emplea con tal fin en la provincia de La Rioja.

En los resultados analíticos detallados á continuación, he suprimido en algunos carbones la cifra del ácido nítrico, puesto que no ha sido dosado, dando la acidez del líquido obtenido en el obús en ese ácido. Lo mismo en lo que respecta al ácido sulfúrico.

Retamo

(*Bulnesia Retamo* (Gill.) Griseb.)

Altura: 5 m. Diámetro: de 1½ m.

Usos: Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. Prov.: La Rioja (Chilecito)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Pardo oscuro
Fractura	Concoidal
En la llama	Arde con facilidad
Color de la raya	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.4891

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	5.5484
Materias volátiles totales	„	38.1600
Materias volátiles reales	„	32.6116
Carbón fijo	„	54.6663
Coke	„	61.8400
Cenizas (color: parduzco	„	7.1733
| aspecto: no son voluminosas		
S — total	„	0.2952
H ² S O ₄	o|oo	6.1500
H N O ₃	„	8.5000
Poder calorífico (Mahler)	—	6.1422
Poder calorífico (Goutal)	—	7.400
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.520

(1) Debo agradecer al Dr. Cristóbal M. Hicken el haberla clasificado.

Algarrobo

(*Prosopis nigra* Hieron)

Altura: 8 á 10 m. Diámetro: 1 m.

Usos: Construcciones; fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. Prov.: La Rioja (Chilecito)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro brillante
Fractura	Laminar
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.4889

Análisis químico

Humedad á 105° 3 h.	o|o	6.4087
Materias volátiles totales	„	12.2900
Materias volátiles reales	„	5.8813
Carbón fijo	„	81.3110
Coke	„	87.7100
Cenizas ( | color: blancas	„	6.3990
| aspecto: poco voluminosas	„	0.1407
S total	„	0.1407
H ² S O ₄	o|oo	0.1400
H N O ₃	„	1.900
Poder calorífico (Mahler)	—	7.0673
Poder calorífico (Goutal)	—	7.391
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.450

Algarrobo

(Prosopis Juliflora D C.)

Altura : 10 m. Diámetro : 3¼ m.

Usos : Construcciones ; fabricación de carbón.

Muestra : De madera verde. Prov : E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	—
En la llama	No arde
Color de la raya	Negro
Densidad á + 15° C.	1.6100

Análisis químico

Humedad á 105° 3 h.	o|o	4.7750
Materias volátiles totales	„	11.6600
Materias volátiles reales	„	6.8850
Carbón fijo	„	75.0800
Coke	„	88.3400
(1) Cenizas (color: blancas	„	13.2600
(1) Cenizas (aspecto: poco volum.	„	0.0732
S total	o|oo	1.2350
H ² S O ₄	„	1.500
H N O ₃	—	6.3595
Poder calorífico (Mahler)	—	7.006
Poder calorífico (Goutal)	—	7.073
Poder calorífico (De Paepe)	—	

(1) MAX SIEWERT en el libro de RICARDO NAPP.—*La R. Argentina* (1876), p. 269.

Algarrobo

(*Prosopis nigra* Hierón)

Altura: 10 á 12 m. Diámetro: 1 m.

Usos: Construcciones; fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. Provincia: Córdoba.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro
Fractura	Laminar
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.2567

Análisis químico

Humedad á 105° 3 1/2 H	o/o	5.6949
Materias volátiles totales	„	12.0500
Materias volátiles reales	„	6.3551
Carbón fijo	„	77.7950
Coke	„	87.9500
Cenizas (color: blancas	„	10.1550
| aspecto: poco voluminosas	„	0.0562
S total	„	—
H ² S O ₄	„	—
H N O ₃	„	—
Poder calorífico (Mahler)	—	6.9126
Poder calorífico (Goutal)	—	7.166
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.229

Ñandubay

(1) (Prosopis Algarrobilla Griseb.)

Altura: Diámetro:

Usos: Fabricación de carbón. — Postes.

Muestra: De madera seca. Prov.: E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro brillante
Fractura	Laminar
En la llama.	No arde chisporrotea poco
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.4594

Análisis químico

Humedad á 105° 4 H	o|o	5.3994
Materias volátiles totales	„	15.3200
Materias volátiles reales	„	9.9206
Carbón fijo	„	80.8500
Coke	„	84.6800
Cenizas (color: blancas	„	3.8300
(aspecto: no son voluminosas		
S total	„	0.0829
H ² S O ₄	o|oo	1.001
H N O ₃	„	2.400
Poder calorífico (Mahler)	—	7.4076
Poder calorífico (Goutal)	—	7.788
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.978

(1) MAONIN—Destilación Pirogenada de las Maderas Argentinas—Cuadro de las esencias.

Los nombres científicos de las maderas tratadas han sido tomados del cuadro citado.

Ñandubay

(Prosopis Algarrobilla Griseb.)

Altura: 12 m. — Diámetro: 1 m.

Usos: Fabricación de carbón. — Postes.

Muestra: De madera verde (Chaco-Santafecino).

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.6902

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	5.1377
Materias volátiles totales	„	11.0400
Materias volátiles reales	„	5.9023
Carbón fijo	„	82.2600
Coke	„	88.9600
Cenizas (color: blancas	„	6.7000
| aspecto: no son voluminosas		
S total	„	0.1048
H ² S O ₄	o|oo	0.953
H N O ₃	„	3.000
Poder calorífico (Mahler)	—	7.351
Poder calorífico (Goutal)	—	7.471
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.530

Tala

(*Celtis sellowiana* Miq.)

Altura: 4 á 8 m. — Diámetro: 1|5 m.

Usos: Carpintería. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera seca: Prov.: E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.6332

Análisis químico

Humedad á 105° 4 1|2 h.	o|o	4.8020
Materias volátiles totales	„	10.1300
Materias volátiles reales	„	5.3280
Carbón fijo	„	71.4600
Coke.	„	89.8700
Cenizas (color: blancas	„	18.4100
| aspecto: voluminosas.		
S total	„	0.1191
H ² S O ₄	o|oo	0.0773
H N O ₃	„	6.5000
Poder calorífico (Mahler)	—	6.0979
Poder calorífico (Goutal)	—	6.516
Poder calorífico (De Paepe)	—	6.569

Tala

(*Celtis sellowiana* Miq.)

Altura: 8 á 15 m. — Diámetro: 1|2 m.

Usos: Carpintería. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. — Prov.: Córdoba

Análisis físico

Aspecto	Heterogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Laminar
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.4399

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	8.3180
Materias volátiles totales	„	12.1500
Materias volátiles reales	„	3.8319
Carbón fijo	„	77.5450
Coke	„	87.8500
Cenizas (
| color: blancas	„	10.3050
| aspecto: voluminosas.		
S total	„	0.0607
H ² S O ⁴		—
H N O ³		—
Poder calorífico (Mahler)	—	6.5949
Poder calorífico (Goutal)	—	6.818
Poder calorífico (De Paepe)	—	6.856

Quebracho Colorado

(*Schinopsis Lorentzii* (Griseb) Engl.)

Usos: Construcciones. — Curt. — Fabricación de carbón
 Muestra: De madera verde. — Prov.: Sgo. del Estero.

Análisis físico

Aspecto	Heterogéneo
Color	Negro poco brillante
Fractura	Laminar
En la llama.	No arde chisporrotea poco
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.4828

Análisis químico

Humedad á 105° 5 h.	o|o	4.8096
Materias volátiles totales	„	10.5000
Materias volátiles reales	„	5.6904
Carbón fijo	„	82.0450
Coke	„	89.5000
Cenizas (color: blancas	„	7.4550
| aspecto: voluminosas.	„	0.0727
S total	„	—
H ² S O ₄	„	—
H N O ₃	„	—
Poder calorífico (Mahler)	—	7.2044
Poder calorífico (Goutal)	—	7.426
Poder calorífico (De Peape)	—	7.483

Quebracho Blanco

(Aspidosperma Quebracho blanco Schlecht)

Altura: 14 m. — Diámetro: 1 m.

Usos: Construcciones. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. — Prov.: Sgo. del Estero.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro mate
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde ni chisporrotea
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.3845

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	5.4790
Materias volátiles totales	„	13.4900
Materias volátiles reales	„	8.0110
Carbón fijo	„	79.2445
Coke	„	86.5100
Cenizas (aspecto: voluminosas.	„	7.2645
| aspecto: poco voluminosas		
S total	„	0.0476
H ² S O ₄		—
H N O ₃		—
Poder calorífico (Mahler)	—	7.5827
Poder calorífico (Goutal)	—	7.489
Poder calorífico (De Peape)	—	7.569

Quebracho Blanco

(Aspidosperma Quebracho blanco Schlecht)

Altura: 14 m. — Diámetro: 1 m.

Usos: Construcciones. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera seca. — Prov.: Sgo. del Estero.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	—
En la llama.	No arde ni chisporrotea
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.3720

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o/o	3.8842
Materias volátiles totales	„	15.3000
Materias volátiles reales	„	11.4158
Carbón fijo	„	77.5800
Coke	„	84.7000
Cenizas (color.: blancas	„	7.1200
| aspecto: poco voluminosas	„	0.0872
S total	„	—
H ² S O ⁴	„	—
H N O ³	„	—
Poder calorífico (Mahler)	—	7.4094
Poder calorífico (Goutal)	—	7.786
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.992

Coronillo

(*Scutia buxifolia* Reiss)

Altura: 6 á 8 m. — Diámetro: 1|3 m.

Usos: Combustible. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. Prov.: E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro brillante
Fractura	Laminar
En la llama	Chisporrotea y se deshace
Color de la raya	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.3821

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	6.5485
Materias volátiles totales	„	14.6700
Materias volátiles reales	„	8.1215
Carbón fijo	„	79.7050
Coke	„	85.3300
Cenizas (color: blancas	„	5.6250
| aspecto: poco voluminosas		
S total	„	0.0247
H ² S O ⁴	o|oo	0.9350
H N O ³	„	3.4000
Poder calorífico (Mahler)	—	7.4227
Poder calorífico (Goutal)	—	7.550
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.632

Guayabo

(*Blepharocalix cisplatensis* Griseb.)

Altura: 15 m. — Diámetro: 1½ á ¾ m.

Usos: Combustible. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera seca. Prov.: E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.3153

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	o|o	4.0106
Materias volátiles totales	„	18.1700
Materias volátiles reales	„	14.1594
Carbón fijo	„	79.0150
Coke	„	81.8300
Cenizas (color: blancas	„	2.8150
| aspecto: no son voluminosas		
S total	„	0.0547
H ² S O ₄	o|oo	1.774
H N O ₃	„	3.300
Poder calorífico (Mahler)	—	7.5063
Poder calorífico (Goutal)	—	7.855
Poder calorífico (De Paepe)	—	8.138

Espinillo

(Acacia Cavenia H. A.)

Altura: 5 á 6 m. — Diámetro: 1|5 m.

Usos: Combustible. — Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. Prov.: E. Ríos (Domínguez)

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro poco brillante
Fractura	—
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.3633

Análisis químico

Humedad á 105° 5 h.	o|o	7.0978
Materias volátiles totales	„	10.9200
Materias volátiles reales	„	2.8222
Carbón fijo	„	82.3200
Coke	„	89.0100
Cenizas (color: blancas	„	7.7600
| aspecto: voluminosas.	„	0.0614
S total	„	0.0614
H ² S O ₄	o|oo	1.234
H N O ₃	„	2.900
Poder calorífico (Mahler)	—	7.1113
Poder calorífico (Goutal)	—	7.075
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.104

Blanquillo

Usos: Fabricación de carbón.
 Muestra: Madera verde. — Provincia: Entre Ríos.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Pardusco
Densidad á + 15° C.	1.2150

Análisis químico

Humedad á 105° 5 h.	o|o	5.7340
Materias volátiles totales	„	8.2800
Materias volátiles reales	„	2.5460
Carbón fijo	„	86.1450
Coke	„	91.7200
Cenizas (color: pardusco	„	5.5750
| aspecto: voluminosas.		
S total	„	0.0628
H ² S O ₄	o|oo	0.9560
H N O ₃	„	6.900
Poder calorífico (Mahler)	—	7.0998
Poder calorífico (Goutal)	—	7.361
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.366

Chañar

(*Gourliea decorticans* Gill.)

Altura: 5 á 7 m. — Diámetro: 1|2 m.

Usos: Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. — Provincia: Córdoba.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro poco brillante
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde chisporrotea poco
Color de la raya.	Pardo
Densidad á + 15° C.	1.2477

Análisis químico

Humedad á 105° 4 1|2 h.	o|o	6.1055
Materias volátiles totales	„	20.8000
Materias volátiles reales	„	14.6945
Carbón fijo	„	73.1894
Coke	„	79.2000
Cenizas (color: blancas	„	6.0106
| aspecto: poco voluminosas	„	0.0259
S total	„	—
H ² S O ₄	„	—
H N O ₃	„	—
Poder calorífico (Mahler)	—	6.8555
Poder calorífico (Goutal)	—	7.434
Poder calorífico (De Paepe)	—	7.728

Brea

(*Caelsalpinia praecox* R. P.)

Usos: Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. — Prov. E. Ríos.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro brillante
Fractura	Laminar (sonido metálico)
En la llama.	No arde chisporrotea
Color de la raya.	Pardo
Densidad á + 15° C.	1.7484

Análisis químico

Humedad á 105° 5 h.	„	9.5083
Materias volátiles totales	„	11.8600
Materias volátiles reales	„	2.0547
Carbón fijo	„	82.2900
Coke.	„	89.1400
Cenizas (color: blancas	„	6.8500
| aspecto: poco voluminosas		
S total	„	0.0519
H ² S O ₄		—
H N O ₃		—
Poder calorífico (Mahler)	„	6.6887
Poder calorífico (Goutal)	„	6.892
Poder calorífico (De Paepe)	„	6.912

Viraró

(*Ruprechtia Virarú* Griseb.)

Altura. — Diámetro: 3¼ m.

Muestra: De madera verde. — Prov. E. Ríos.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde chisporrotea poco
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.6757

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	„	7.4811
Materias volátiles totales	„	11.4800
Materias volátiles reales	„	3.9989
Carbón fijo	„	83.5200
Coke.	„	89.5200
Cenizas (color: blancas	„	6.0000
| aspecto: volum.		
S total	„	0.1736
H ² S O ₄		—
H N O ₃		—
Poder calorífico (Mahler)	„	6.9820
Poder calorífico (Goutal)	„	7.326
Poder calorífico (De Paepe)	„	7.366

Quebrachillo

(*Acanthosyris—Spinescens* Griseb.)

Altura: 6-8. — Diámetro: 1¼ á 1½ m.

Usos: Fabricación de carbón.

Muestra: De madera verde. — Prov. E. Ríos.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde chisporrotea poco
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.6152

Análisis químico

Humedad á 105° 2 h.	„	9.3531
Materias volátiles totales	„	11.2500
Materias volátiles reales	„	1.8869
Carbón fijo	„	79.1400
Coke.	„	88.7500
Cenizas (color: blancas	„	9.6100
| aspecto: poco voluminosas		
S total	„	0.0390
H ² S O ₄		—
H N O ₃		—
Poder calorífico (Mahler)	„	6.6792
Poder calorífico (Goutal)	„	6.695
Poder calorífico (De Paepe)	„	6.714

Molle

Usos: Construcciones. — Fabricación de carbón.
Muestra: De madera verde. — Prov. Córdoba.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro brillante
Fractura	Concoidal
En la llama.	Chisporrotea y se deshace
Color de la raya.	Pardo
Densidad á + 15° C.	1.5800

Análisis químico

Humedad á 105° 4 1/2 h.	„	6.5000
Materias volátiles totales	„	23.9200
Materias volátiles reales	„	17.4000
Carbón fijo	„	71.7250
Coke.	„	76.0800
Cenizas (color: blancas	„	4.3550
| aspecto: poco voluminosas		
S total	„	0.0683
H ² S O ₄	o|oo	1.4100
H N O ₃	„	2.4000
Poder calorífico (Mahler)	„	7.0006
Poder calorífico (Goutal)	„	7.585
Poder calorífico (De Paepe)	„	7.659

Garrapato

(*Mimosa Lorentzii* Griseb.)

Altura: 4 á 6 m. — Diámetro: 1|10 m.

Usos: Carpintería. — Fabricación de carbón.

Análisis físico

Aspecto	Homogéneo
Color	Negro opaco
Fractura	Concoidal
En la llama.	No arde
Color de la raya.	Negro
Densidad á + 15° C.	1.5815

Análisis químico

Humedad á 105° 4 h.	„	5.8417
Materias volátiles totales	„	14.3500
Materias volátiles reales	„	8.5083
Carbón fijo	„	75.7450
Coke.	„	85.6500
Cenizas (color: pardusco	„	9.8050
| aspecto: poco voluminosas .		
S total	„	0.1048
H ² S O ₄	o|oo	2.2810
H N O ₃	„	4.1000
Poder calorífico (Mahler)	„	6.6956
Poder calorífico (Goutal)	„	7.187
Poder calorífico (De Paepe)	„	7.372

CONCLUSIONES

1.º No debe esperarse la completa sazón de los árboles para llevar á cabo el desmonte, como se practica en algunos puntos de provincias. Se facilitaría así otra vez el desarrollo de los árboles.

2.º Debe construirse en las carboneras un *cono de combustión*, que serviría para uniformar el fuego en la base, y tratar de apilar leña gruesa alrededor de la chimenea, para evitar quizás así las frecuentes explosiones, producidas al poco tiempo de haber sido encendido el horno.

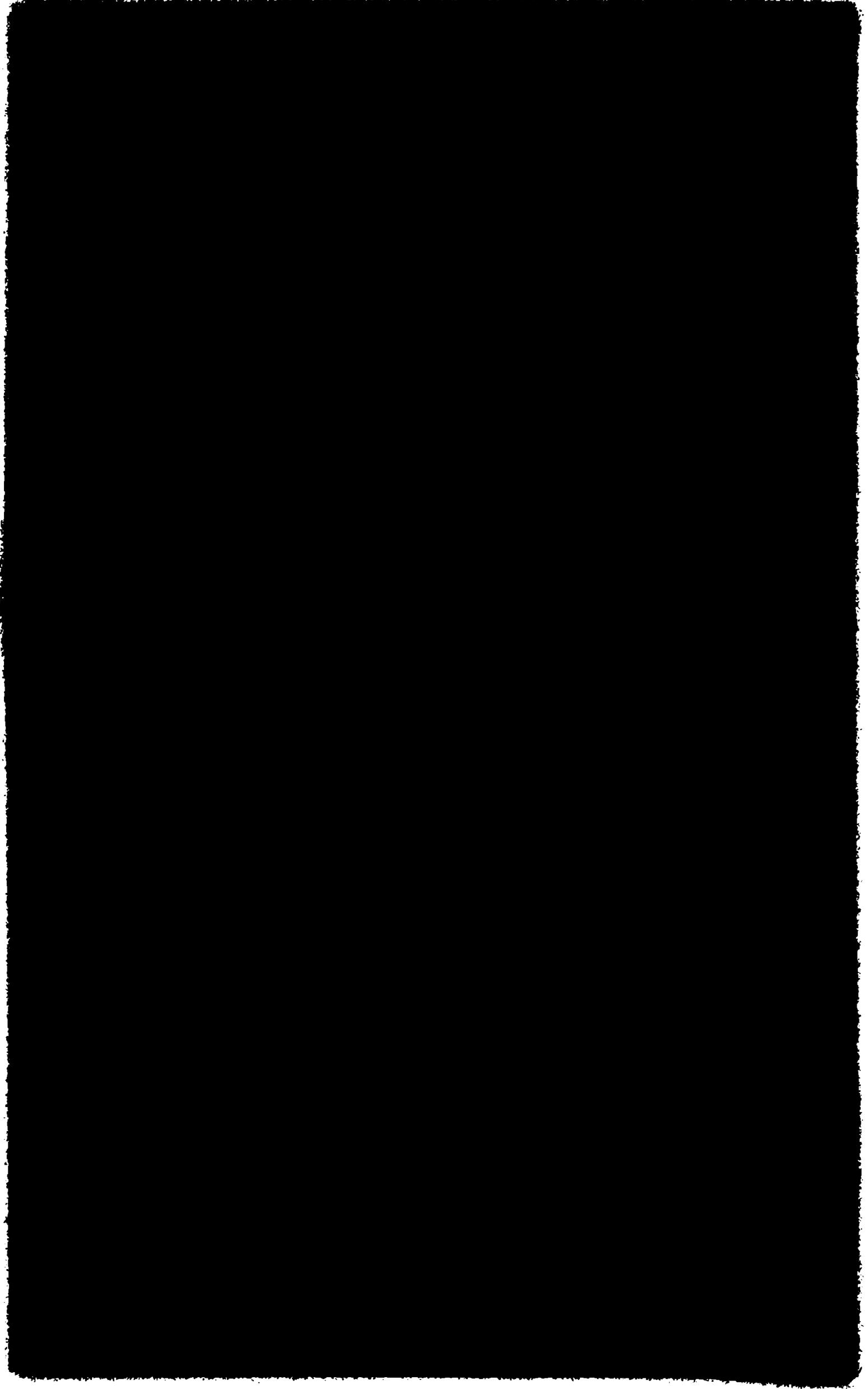
3.º Se requiere un estudio de destilación en vasos cerrados, de las maderas tratadas, á excepción de varias estudiadas, con el objeto de saber si tendría utilidad la implantación de hornos de destilación en los bosques.

4.º Habiendo varios carbones cuyo poder calorífico equivale á los obtenidos del quebracho blanco y colorado, debe evitarse la carbonización de estas maderas desde que ellas proporcionan otros productos cuyo valor es superior al carbón.

5.º Por la cantidad de azufre que contienen los carbones analizados, se deduce que están dentro de los límites requeridos para su aceptación.

6.º Dados los poderes caloríficos obtenidos con las fórmulas de Goutal y De Paepe, se puede afirmar que dan cifras elevadas, si se comparan con las obtenidas con el calorímetro de Mahler.

MIGUEL PATTIN.



En la ciudad de Buenos Aires, á los seis días del mes de Noviembre de mil novecientos once, los miembros de la Comisión Examinadora N.º 24 tomaron en consideración la tesis presentada por el ex-alumno Miguel Pattin, para optar el grado de Doctor en Química y resuelven aceptarla.

EDUARDO L. HOLMBERG
ENRIQUE HERRERO DUCLOUX
CRISTÓBAL M. HICKEN
JULIO J. GATTI
ATILIO A. BADO

