

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE APERTURA

DEL

CURSO ACADÉMICO DE 1927-28

POR EL

DR. D. BENITO A. BUYLLA

CATEDRÁTICO

DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS



OVIEDO:

TIP. DE FLÓREZ, GUSANO Y COMP.^ª

1927

12.19250



Ilmo. Sr.

Sres.:

TARDE y con daño llegó hasta mi la reglamentaria orden rectoral encargándome de este Discurso. Tarde, porque ya se aleja bastante la fecha de mi ingreso en la cátedra universitaria y, por ello, los arrestos e ilusiones de aquel tiempo feliz se han ido diluyendo fatalmente en tristes desengaños y desconsoladoras realidades. Y, con daño, porque mi palabra, harto premiosa, fatigada y rebelde, os priva de escuchar, desde esta tribuna, magistral y benedictina, otras voces mas autorizadas, y sobre todo, mas optimistas que la mia.

Basta, a veces, la impremeditación de un osado impulso para aceptar una empresa que, casi siempre, resulta

superior a nuestras fuerzas. Y esto es lo que me ocurre a mi en el momento actual cuando pienso que debo dar cima al presente discurso. Una, fantástica y aterradora proce- sión de preclaros hombres-bases de nuestra Universidad pasa ante mi evocación y, mientras miran despectivamente para mi insignificante pequeñez, yo contemplo con terror su inaccesible altura.

¿Y ha de ser en el mismo, ubérrimo, campo donde ellos desgranaron su semilla de cultura año tras año, en el que yo deposite, con la natural timidez, la pobrísima ofrenda de mi modestia?

Creo poseer, como una de mis mas altas cualidades posi- tivas, *el sentido de darme cuenta*. Un sentido muy útil y muy regional que nos atribuye a casi todos los asturia- nos Ramon Perez de Ayala. Pues bien; de él me valgo para deciros que nunca me podrian ser aplicadas aquellas sutiles palabras del antañón glorioso Maestro, y usufruc- tuario de esta cátedra, Fray Benito Gerónimo Feijoo, cuando escribe (1): «No dudo que entre los escritores ineptos es grande el número de los que, con error inven- cible tienen buena opinión de si mismos, y de sus obras. Dichosos hombres por cierto, *faelices errore suo*, como nunca llegue a ellos el desengaño; pero si viene, aunque tarde, son harto dignos de compasión, porque, al mismo tiempo que despiertan de tan dulce sueño, carga sobre su conciencia un peso intolerable».

Ciertamente la sátira está bien esgrimida. Pero a mi no me atañe. Tranquila tengo la conciencia en lo que se refiere al grave e irredimible pecado de acción en las ma- las letras. Soy el primer descontento de mi prosa y pro-

(1) D. Fr. B. G. Feijoo y Montenegro. *Teatro Critico Univer- sal* IV, 299 (1785) Pamplona.

curo detener mi pluma cuando el miedo a pecar es mas grande. Aun el mínimo pasto que doy al regodeo de la ironía pública es contra mi voluntad casi siempre.

Hoy, no obstante, me ha vencido la obligación y he tenido que domar mi justificado pavor y mi impetuosa rebeldía para llenar, lo mas discretamente posible, estos terribles momentos de monologar ante vosotros, Maestros y Estudiantes.

Voy a intentar la solución de un problema que interesa a la industria asturiana.

Pero, no quiero comenzar el desarrollo de mi tema sin, antes, cumplir con el sagrado deber del recuerdo para los que nos han abandonado, sin torna, en los doce últimos meses.

* * *

El tránsito ineludible encerró en el trágico misterio del *mas allá* a tres elementos, queridos y útiles, de esta casa. Sus nombres: Don Rogelio Jove y Bravo, Don Enrique Urios y Gras y Don Armando Gonzalez Rua.

Don Rogelio Jove queda para siempre unido al mas grande esplendor de la Universidad de Oviedo. Profesor de Derecho, periodista fino y correcto, buen literato regional, poeta de la mas española raigambre romántica, conferenciante docto y amenísimo fué, al mismo tiempo que catedrático muy distinguido, uno de los miembros mas activos de la intelectualidad local, entre los siglos XIX y XX. Los años le concedieron una jubilación bien ganada como pago a una persistente labor pedagógica. Pero aun despues de la separación oficial seguia ligado a nuestra empresa por el doble lazo de la inteligencia y el corazon.

La multiplicidad y solidez de su ingenio juntamente a su hombría de bien le permitiéron escalar los mas eminentes puestos oficiales de la provincia, y en todos supo colocar su altruismo por encima de su ambición personal.

Y así la muerte, solapada y traidora, hubo de tenderle una celada para apoderarse de él cuando aun su moza vejez se daba entera a sus semejantes con la esplendidez de los hombres fuertes que se nos figuran a nosotros eternos y eternamente útiles.

Don Enrique Urios y Gras—ante cuyo nombre una sincera y honda emoción me hace repasar mi vida de estudiante y de Profesor auxiliar—Don Enrique Urios y Gras se nos fué de súbito, en pleno quehacer docente y cuando aun no se rindiera su clara inteligencia al peso de sus achaques corporales. ¡Quiso dormir la fatiga de un pesado día de exámenes... y se durmió para no despertar ya mas!.

¿Que puedo decir yo en su elogio?. El, fué mi primer maestro de Química. Con él comencé, años despues, mis ímidos balbucesos magistrales en la Auxiliaria de Química general. El, representa en mi vida el prudente y experimentado mentor y el cariñoso y paternal amigo que, todo a lo largo de ella, la llenó de inquietudes y de enseñanzas. El guió, en fin, mis pasos hasta que mis alas fueron lo suficientemente fuertes para resistir el peso de mi cuerpo y, sobre todo—¡oh juveniles Icaros sin consejero!—para hacerse invulnerables al poder fundente del sol.

Treinta años de pródiga y fructificadora magistratura en la Facultad de Ciencias de nuestra Universidad son el mejor estímulo para que se desborde la gratitud póstuma de sus numerosos discipulos hacia el recordado Profesor a quien siempre guiaron fines elevados y colectivos.

Don Armando Gonzalez Rúa y Muñiz, catedrático jubilado de Historia en el Preparatorio de Derecho, elevó, en

toda ocasión, a la categoría de culto el cumplimiento del deber.

En sus años de profesor auxiliar, así como en los de catedrático, supo guiar a la juventud por el espacioso camino del estudio.

Y en su jubilación pudo mantener el general buen concepto y la alta estimación que se granjeara en la época fecunda de su vida.

¡Felices aquellos a quienes puede ser dicho esto a su muerte!

* * *

Y, ya cumplido este obligatorio deber para con los muertos, justo es que vuelva mis ojos hacia los vivos con deseos de serles útil. Solo esta ansia de utilidad, que acaso sea el único fin de la vida, me ha movido a torturar un poco mi cerebro en busca de tema que siendo apropiado a vuestros merecimientos alcance la claridad máxima de mis escasas luces.

No he tardado mucho en decidirme. De las distintas y un tanto variadas, disciplinas que profeso en la Universidad ninguna se presta a suministrar asuntos de provecho para la patria, en general, y para nuestra región en particular, como la Química técnica. El acierto del legislador introduciendo esta asignatura en el nuevo plan de la Facultad de Ciencias, previo consejo de los entendidos, fué indiscutible. Ella abre un nuevo y extenso horizonte a los licenciados en Ciencias Químicas, que tan limitados y poco atrayentes los tenían. Y lo abre, sin invadir el amplio y prolífico campo de los Ingenieros industriales.

El Químico, en efecto, tiene como límite superior de

sus posibilidades técnicas, el Laboratorio, con toda la extensión que quiera darse a tal palabra. El Ingeniero precisamente debería tener, como límite inferior infranqueable, este mismo Laboratorio. El Químico propone. El Ingeniero aplica. El primero resuelve el problema minuciosamente, con el escrúpulo de la balanza de precisión. El segundo extiende y completa esta solución con criterio mas amplio. El Ingeniero, preferentemente versado en los complicados artilugios de la Mecánica, vislumbra tan solo la intrincada trama y el lógico sucederse de las reacciones químicas. Lleno, el Químico, de seguridad y de conocimiento antiguo, especula con tales reacciones: doma su natural fogoso con el tormento del frio, acicata su carácter ramiso con la espuela del fuego y lee en ellas, como los Mágicos de los siglos oscuros, el secreto que ha de hacer feliz a la humanidad.

Aparece, pues, tan impropio, a los ojos de los hombres rectos y ecuánimes, un *Químico* director de una fábrica, como un *Ingeniero* investigador de Laboratorio. Ambos casos pueden dárse, y se dán en la ilógica diversidad de la vida, pero claramente se salen de la norma austera y rectilínea que debiera regir en una *Republica de Artes y Ciencias* bien gobernada.

Pues bien. Instituida, con carácter oficial, la enseñanza de Química técnica en la Facultad de Ciencias Químicas y siendo yo el encargado de explicarla en la Universidad de Oviedo, a ella le encomendé la resolución de mi perplejidad ante la elección de tema.

Y ella, guiándome con firmeza por el áspero camino de la actualidad, me puso frente a un pavoroso problema de cuyo desenrañe acaso dependa, además del porvenir industrial, la vida futura de nuestra pequeña patria Asturias.

Me refiero, como ya habreis podido comprender, a:

EL PROBLEMA DEL CARBÓN

Como complemento económico de sus infinitos y atra-yentes encantos naturales encierra, Asturias, en sus entrañas, el negro tesoro del carbón.

Ya esta riqueza enorme, que yacía al principio en una ignorancia improductiva, excitára, por los años finales del siglo XVIII, la genial penetración de nuestro Jovellanos. Como buen anglófilo no ignoraba la gran importancia que adquiriera este útil combustible en el Reino Unido, cuando los Abraham Darbys, padre e hijo, resucitaron el *viejo arte de Dud Dudley para obtener hierro con carbon mineral* (1).

Como un *leit-motiv* muy frecuente aparece, en los sabrosos «Diarios de Jovellanos» la preocupación por abrir cauce a la industria carbonera asturiana canalizando ríos y haciendo navegable el Nalón. Este proyecto, es casi seguro que también estaba inspirado por Inglaterra, donde, en el citado siglo, y debido a las másimas condiciones de las calzadas inglesas, se abrieron con este fin, los canales de St. Helens a Mersoy, el, célebre, del duque de Bridgwater, el Grand Trunk Canal, el de Staffordshire, el de Worcestershire, el de Oxford, el de Stockwith y el de Chesterfield (2).

El hecho fundamental es que data de aquí el desarrollo y beneficio de nuestras minas hulleras y que, hasta ahora, nuestras crisis no tenían carácter singular sinó que corres-

(1) W. A. Bone. *El Carbon y sus aplicaciones científicas* (trad. esp.^a) 10 (1918) Madrid.

(2) W. A. Bone. Op cit. 11-13.

pondían a estados precarios del comercio mundial motivados por el ritmo de las necesidades industriales.

Hoy la crisis es mas honda y mas particularmente nuestra. Hoy, el tráfico extranjero cumple sus pedidos interiores y aun puede—por un milagro de resurrección en la post-guerra—rebosar sus bordes nacionales para derramarse, en una competencia de superioridad de clase y de baratura inaccesible, sobre los Estados pobres en primeras materias y mas pobres aun en espíritu emprendedor y previsor.

Este alma de improvisación heroica, herencia de la raza latina, que nos caracteriza como españoles, nos creó siempre difíciles posiciones para el porvenir. Y actualmente estamos pagando las consecuencias, en lo que atañe al gravísimo problema hullero, de la falta de previsión de nuestros abuelos y, aun, de nuestros padres.

En un problema industrial de la enorme importancia del que me ocupa, sobre todo para Asturias, no debiera solo interesar a productores y consumidores el aspecto puramente económico de la cuestión, sino las complicaciones técnicas que pudieran derivarse de él y que, lógicamente, habrían de cooperar también al mas grande progreso de la economía hullera.

Hemos querido en la mayoría de los casos—por otra parte—detenernos tan solo en el fin exclusivamente *combustible* del *carbon crudo*—como dicen los ingleses—. Y esto sucedía así porque hubo tiempos en que tal cosa compensaba con creces las aspiraciones de lucro de nuestros poseedores de minas. Pero hoy la competencia y la inferioridad, en general, de nuestros combustibles minerales—ademas de otras razones que escapan de mi radio de acción—han creado la misérrima crisis actual de nuestra mas importante industria.

Y lo triste es que nos dámos cuenta del problema cuando ya está casi desentrañado y en vías de solución en las principales naciones del mundo. Y el secreto consistió en saber adelantarse al desmerecimiento, acómetiendo de una manera racional y científica su estudio directo y todas las posibles derivaciones de él.

Para ello se siguiéron dos caminos convergentes, el uno de carácter ampliamente comercial; el otro de médula mas íntimamente técnica.

El primero, en relación con la Economía nacional y la Hacienda pública, fué el que nosotros hemos venido siguiendo en todas ocasiones. Esto es: petición de medidas *proteccionistas* no siempre compatibles con la equidad y enredadas, a veces, en derivaciones políticas en las que no brilla una claridad manifiesta.

El segundo, mas noble, recto y racional, consistió en poner en manos de los técnicos ampliamente capacitados para ello, no solo las mejoras de explotación con vistas a la venta directa del producto bruto, sino todas las infinitas consecuencias industriales de una tan riquísima primera materia, que conducirían tanto al áuge económico cuanto a resolver importantísimos problemas de orden nacional y mundial.

El primer camino seguido tiene que ser necesariamente abandonado o, por lo menos, relegado a una, muy lejana, segunda fila.

No es cosa de resucitar en el momento presente la antigua y ya clásica discusión respecto a la superioridad del *Libre Cambio* sobre el *Proteccionismo*. Una serie de fáciles reflexiones en simple sentido vulgar, al alcance, por lo tanto de todo el mundo, nos conducirán facilmente a las siguientes conclusiones.

El *Libre Cambio* (1) es el régimen ideal para el consumidor porque, entre otras razones, crea la *competencia* y, con ella, la baratura del precio. También filosóficamente es superior porque no implica preferencia ni favor sino equidad y libertad, o, como dice Piernas Hurtado: «es el régimen de la paz y la armonía, y el único principio que satisface a la justicia y al interés» (2). No se le puede achacar, por otra parte, el sentimental argumento de que es la *muerte de la industria nacional* y el principal factor de las *crisis económicas*, creadas por el desequilibrio entre la mayor importación y menor exportación por que, en ambos casos, la natural *competencia* sería como a modo de acicate de nuestra pereza; como el agua en la rueda hidráulica, esto es: la energía motor que nos llevaría a la intensificación y mejora de los medios productores para resistir y vencer siempre por superioridad de producto y afinación de coste (3).

(1) Un sencillo y completo concepto de *Libre Cambio y Proteccionismo*, al mismo tiempo que una somera y certera crítica de entrambos, puede verse en J. M. Piernas. *Vocabulario de la Economía*. 140-145 y 193-194. Madrid.

(2) Op. cit. 11-13.

(3) F. Rodríguez del Busto, en su libro *El Proteccionismo en la República Argentina*. 42 (1899), Buenos Aires, dice muy atinadamente: «Pretender, pues, que nuestra exportación sea superior a la importación es pretender una locura. La importación, bajo cierta faz, es el capital; la exportación es la renta, en gran parte de ese capital importado».

«Mayor exportación significa, generalmente, muchas deudas o gran paralización; mayor importación quiere decir mucho crédito y gran actividad. Francia, postrada y endeudada, después de la guerra del 70, presenta, como una excepción en sus cuadros de comercio internacional mayor exportación que importación durante los cuatro años subsiguientes».

Más adelante, en la pág. 53 expone el siguiente, decisivo argumento en favor de su punto de vista: «Inglaterra, dice Ives Guyot, en un artículo publicado últimamente en una revista francesa, ha tenido en

El *Proteccionismo* ha sido siempre la rémora que contribuyó al estancamiento de toda Industria y particularmente—dado el valor psicológico español—de la nuestra (1). Solo podríamos presentar como argumento en pro, el último de los cinco principios generales en que condensa la *Intervención del Poder Público* el político catalán Durán y Bas (2), y que dice:

«Quinto: En el caso de que una sociedad se encuentre en un estado de civilización que no le permita con los esfuerzos privados (individuales o colectivos libres) nivelarse con las sociedades de civilización mas perfecta, puede el Estado utilizar las fuerzas sociales para la realización de la ley del progreso».

Pero, claramente se echa de ver que esta afirmación, por nuestra parte, supondría una falta absoluta de dignidad individual y colectiva, al mismo tiempo que una degra-

estos últimos cuarenta y dos años un excedente de la importación sobre la exportación de mas de: *ciento treinta mil millones de francos*, y, a pesar de esto, óiganlo bien los señores proteccionistas, esa nación es acreedora de otros países por cincuenta mil millones de la misma moneda».

(1) J. B. Say. *Tratado de Economía política* (trad. esp.) I, 228 (1804) Madrid, escribe: «Se podría preguntar aquí si conviene a una nación el comprar fuera lo que no puede producir al mismo precio. Digo que sí, siempre que puesto el género en el lugar de su consumo salga todavía mas barato que si se produjese en él. ¿Para que gastar *mas* en un producto que se puede tener de igual calidad a *menos* costa?».

«Pero, se me dirá: la nación que lo vende gana en ello. Y ¿que me importa?. Busquemos medios de crear el mismo producto al precio que ella, y entonces podrémos, sin inconveniente quitarle esta ganancia, puesto que se quiere mirar como un mal nuestro el provecho ajeno. Pero hasta hallarlos, serémos nosotros los que perdamos como lo sería aquel que para quitar la ganancia al zapatero y al sastre, quisiese hacerse sus vestidos y sus zapatos».

(2) M. Durán y Bas. *Estudios morales, sociales y políticos*. 340 (1895) Barcelona.

dante confesión de la propia impotencia. Nos rendiríamos antes de comenzar la lucha y en vez de buenas armas directas de combate, esgrimiríamos el traicionero *arancél*. La inmensa España consumidora quedaría a merced de la pequeña España productora. Y vendríamos, al fin, a confirmar desoladoramente aquella irónica definición de Bastiat (1): «El Estado es la gran ficción a través de la cual *todo el mundo* se esfuerza en vivir a costa de *todo el mundo*».

Se podría preguntar ahora si el *horror a la competencia* no es el principal estímulo que empuja a nuestros mineros, patronos y trabajadores unidos, a solicitar, con inusitada urgencia, el apoyo de rigor. Y a esto se contesta diciendo, que ese es el sello de baldon de nuestra actividad, ya que basta fijarse en el hermoso significado interno de inteligencia, acción, laboriosidad y valor que encierra la viviente palabra *competencia* para juzgar tristemente a quienes la temen y la desprecien.

De todas maneras, hombre de mi siglo y, por tanto, dúctil a cuantos argumentos puedan convencerme; espíritu, al propio, tiempo no rectilíneo como la argumentación silogística, sino adaptable a todos los recovecos, atajos, derivaciones y ondulaciones que puedan presentar las complejidades de los problemas modernos, claro está que no se me escapan razones en pro de la solución inmediata pasajera y *proteccionista*.

Desde la creación del amplio *Socialismo de Estado* que actualmente está en práctica, los problemas industriales, por otra parte, ganan en dificultad lo que pierden en rápida y definitiva conclusión. Interviene, ahora, un factor

(1) C. F. Bastiat. *Œuvres complètes. L'Etat*, IV, 332 (1854) Paris.

humanitario; un factor *de hambre*—he aquí el problema social *cuestión de estómago*—que crea un poco de corazón tierno en la frígida indiferencia del Poder público ante la eterna lucha entre el capital y el trabajo; hoy, al parecer, una lucha puramente romántica. Pero también este nuevo factor puede transformarse en un ingenioso resorte patronal para decidir la ayuda efectiva del Estado a su favor.

Téngome, empero, por más cercano al prudente Ulises que al impulsivo Aquiles, y esta auto-estimación me inclina a no despreciar sistemáticamente la marcha por el primer camino. Aun es necesaria, como remedio heróico, para mantener viva esta industria en tanto se acomete, con la urgencia que impone un abandono de decenas de lustros, la operación valiente y definitiva que ha de salvarla.

Esto solo se consigue por el segundo medio:

Así como estará en las mejores condiciones para vencer en la lucha aquel gladiador que, además de conocer los recursos y armas de su adversario, ha estudiado íntimamente los suyos y sabe oponer, con la mayor equidad, filo contra filo y puño contra puño, así vivirá—y vivirá largamente después de triunfar—aquella industria que, antes de todo, haya investigado con minuciosidad sus primeras materias, y esté presta, en cada ocasión, a oponer, en la competencia mundial, a un producto apto y puro de su adversario otro producto tan apto y tan puro como aquel.

Pero estas enseñanzas solo pueden suministrárselas a los industriales los técnicos después de un trabajo aquietador, largo, paciente y continuo.

Esta fué la ensanchada vía que siguiéron todas las naciones del mundo para resolver el problema *moderno* del carbon.

Levi y Padovani (1) escriben las siguientes, alinadas palabras, con respecto a Italia, que podian muy bien aplicarse a España:

«Desde hace años hierve en todo el mundo un intenso y multiforme trabajo en materia de combustibles: centenares y centenares de publicaciones de carácter científico y técnico han creado toda una nueva literatura sobre el problema químico del calor que hoy, quizá, despues de resuelto el problema del nitrógeno, es el mas importante y fascinador para la humanidad. En estos estudios Alemania va indudablemente a la cabeza con un imponente y paciente, sistemático trabajo y con enteros institutos dedicados a él. Pero tambien en Inglaterra, en América, en Francia, la importancia del problema de los combustibles, en sus nuevas exigencias y en sus nuevos aspectos, es profundamente sentido, y no solamente con discursos y comisiones, sino con el fervor del estudio, con instituciones y laboratorios especiales, con estaciones experimentales, con revistas técnicas, con oficinas de inspección etc. etc.

«En Italia se ha hablado y se habla mucho del problema y no faltan competentes para el estudio de él; se han dicho y se dicen muchas cosas justas pero, por desgracia, no son siempre las mas, se han hecho investigaciones experimentales, se tienen proyectos o instalaciones para el porvenir, pero ha faltado siempre el criterio de sistematizar el estudio. Se echa de menos, a veces, la serenidad y el desinterés en el juicio y, muy amenudo, ha pre-

(1) M. G. Levi y C. Padovani. *Studi e ricerche sui combustibili italiani. Analisi e distillazione a bassa temperatura di ligniti e torbe italiane. Ann. di Chim. appl.* **VIII**, 315 (1924) Bologna.

ponderado y prepondera la crítica verbosa sobre el trabajo efectivo».

Hasta aquí Levi y Padovani. Y ahora ¿que agregaría yo?. Ya vemos cual es el gran freno por el cual se han hecho inamovibles e imperdurables las plasmaciones técnicas de los conocimientos humanos: *la sistematización*. Sin ella no es posible una labor fructifera y general. Sin el bien de su marcha despaciosa y segura por un camino favorable que la inquisitiva mirada va descubriendo frente a sí, no se llegaría a lo mas perfecto, a lo más exacto, a lo mas económico. Pero la sistematización en el punto a que nos referimos significa la organización completa y, con ello, la creación del Centro directivo que irradie sus métodos de estudio, sus mejoras de procedimiento y sus investigaciones originales a los demas Centros similares.

Esto es lo que se ha realizado en el Extranjero, acuciados sus gobiernos por los terribles problemas que planteó la nefasta *Guerra Mundial*. Surgieron laboratorios oficiales, dióse carácter oficial a laboratorios e instituciones particulares que de luengos años venian significándose en el estudio del combustible. Se resucitaron antiguos problemas técnicos de la mayor importancia. Y, en fin, Europa se prepara con cuidado para la guerra industrial de la post-guerra, sin olvidar que una larga previsión es la mejor manera de evitar otras terribles guerras futuras o de afrontarlas, si se hacen inevitables, con una mejor preparación.

Y hoy, las mayores naciones del mundo cuentan con los siguientes Centros principales dedicados al trabajo que nos interesa:

En Alemania hay, entre otros, el magnífico Laboratorio oficial, instalado en la cuenca carbonífera del Rhur: *Kaiser—Wilhelm Institut fur Kohlenforschung. Mulheim—*

Ruhr [Instituto del Kaiser Guillermo para investigaciones del carbon. Mulheim (Rhur)]. Está dirigido por el cono- cidísimo gran investigador Franz Fischer, profesor de la Alta Escuela técnica de Berlin (1).

En Inglaterra se creó por la *The Fuel Research Board* (Comité para el estudio del combustible), en 1917 o sea, en los terribles años de la conflagración europea, la *Fuel Research Station* (Estación para el estudio del combus- tible) dotada con Laboratorios equipados con los mas mo- dernos tipos de aparatos (2).

En Francia existen dos grandes Centros dedicados por el Gobierno a esta importantísima cuestión. El llamado *Service des Poudres et Salpêtres* que, bajo la dirección de M. Patart, se dedica a síntesis de combustibles liqui- dos (3). Y el denominado: *Société nationale de traitement des combustibles* que dirige, con gran acierto, Mr Audi- bert (4).

En los Estados Unidos, cuya vitalidad industrial es

(1) Vease la interesantísima colección de la *Brennstoffchemie* (Química de los combustibles) publicada, desde hace varios años, por este Instituto.

(2) Cit. en A. M c Culloch y Neville Simpkin. *Low Temperature Carbonisation of Bituminous Coal* (Carbonización del carbon bitu- minoso a baja temperatura) 54 (1923) Londres.

Respecto a los propositos del *Board of fuel Research* se expresan asi los autores: «Dos diversas clases de investigaciones eran perse- guidas: Primera: el registro y correlación de las diversas minas por medio de ensayos físicos y químicos. Y segunda: la resolución prác- tica de los problemas que permiten sustituir el carbon crudo por los diversos productos obtenidos del carbon por carbonización y gasifi- cación».

(3) Vease la muy interesante colección de la revista *Chimie et Industrie*. Paris.

(4) Cit. en J. Giral. *Aplicaciones industriales de los carbonos naturales que no se destinan a la combustión directa*. Conf.^a 3 (1925) Madrid.

consecuencia directa de su admirable juventud florida, se dedican a estos minuciosos y geniales trabajos. la *Engineering Experimental Station* (Estación experimental de ingeniería), la *University of Illinois* y el *U. S. Bureau of Mines, and the Mellon Institute of Industrial Research* (Oficina de minas de los Estados Unidos e Instituto Mellon de investigaciones industriales) entre otros (1).

En Italia establecieron los catedráticos de Química Levi y Padovani en 1922, un Laboratorio para el estudio de los combustibles italianos; el que sus autores consideraran como un verdadero núcleo para crear definitivamente un *Instituto italiano del carbon*. El gobierno fascista lo consideró indirectamente oficial, puesto que lo subvencionó, por medio del Ministerio de Agricultura, con 50.000 liras, a propuesta del *Comité técnico para los combustibles nacionales* (2). Y debo advertir que Italia es casi un país carente de hulla, por cuyo motivo los trabajos de los dos profesores italianos se hicieron sobre lignitos y turbas y valiéndose de los pobres carbones de la Istria y la Hé-raclea.

Y, por fin, en España hemos dado ya el primer paso. Un paso burocrático pero, quizás, un paso excelente y seguro. Instituyóse una *Comisión del Combustible* en la que figuran algunos técnicos de valor en estos menesteres.

No obstante; lo decisivo no puede ser mas que la creación del *Instituto español del carbon*, inspirado, por ahora, en los mejores modelos del Extranjero.

No creo que dude nadie respecto al lugar de emplazamiento de estos laboratorios. Todas cuantas razones puedan ocurrirsele a uno concurren en señalar para tal

(1) Cit. en Mc. Culloch y Simpkin Op. cit. 55.

(2) Levi y Padovani. Op. cit. 316. nota.

objeto a la región asturiana. Ella es la provincia absolutamente carbonífera de España. La proximidad de las vetas del combustible facilita y hace más exacto y minucioso su estudio. Y; aun concretando más, yo señalaría como sede o asiento del utilísimo Instituto a la propia ciudad de Oviedo, a la capital de Asturias, cuya Diputación, así como los ayuntamientos de la ciudad y de los distritos mineros, prestarían indudablemente su ayuda económica al Estado para el mejor arraigo de esta institución. Aun me atrevo a afirmar que la fuerte *Patronal minera* impulsaría la feliz idea y cooperaría a su inmediata implantación, hasta con esfuerzo, ya que no ignora que ella es la primera beneficiada.

He aquí, pues, lo que hace falta para acometer el problema de los combustibles con decisión y seguridad: un verdadero *Instituto español del carbón*, bien montado, sin economías risibles, bien dotado para lo futuro y con Químicos y técnicos entusiastas y capacitados. Un Instituto orientado, por ejemplo, hacia las siguientes:

BASES PARA CREAR EL INSTITUTO ESPAÑOL DEL CARBÓN

PRIMERA

Este Instituto constará de tres Secciones:

N.º 1.—Sección de Análisis.

N.º 2.—Sección de Investigación.

N.º 3.—Sección de Bibliografía y Estadística.

SEGUNDA

La Sección núm. 1 se ocupará del análisis completo del carbon y sub-productos (análisis inmediato, elemental, térmico y microgáfico, destilación a baja temperatura, rendimiento en alquitran anhidro, gas, semi-cok y agua de destilación, y análisis de cada una de estas fracciones). Todo esto atañente a situar cada carbon en el punto preciso para su mejor aprovechamiento industrial. Extenderá, también, su acción al análisis de toda clase de combustibles. Y se ocupará, finalmente de otros análisis con carácter de investigación, tales como, *el poder aglutinante (Caking index)*, la estimación del ácido húmico, la evaluación de los compuestos α , β , γ por medio de disolventes apropiados. Y todos aquellos problemas de análisis que requiera la Sección n.º 2 (1).

TERCERA

La Sección n.º 2 tendrá a su cargo los ensayos industriales de los carbones, previamente clasificados en la Sección n.º 1. Revisará, en general, métodos investigatorios de caracter puro o aplicado. Y cooperará, por último, al estudio original de problemas referentes a la com-

(1) Libros y artículos que pueden servir de guía: S. Roy Illingworth. *The Analysis of Coal and its By-Products* (1921) Londres.— J. W. Fritsche. *Unters. d festen Brenn. mit bes. Berücksichtigung der flücht Bestandteile* (Análisis de los combustibles sólidos tomando en consideración sus productos volátiles) (1922) Essen.— H. Strache y R. Lant. *Kohlenchemie* 426-552 (1924) Leipzig.— F. S. Sinnatt y A. Grounds. *The Determination of the Agglutinating Power of Coals*. J. Soc. Chem. Ind. DXXXIII, 39 (1920).

pleta dilucidación del origen, composición y aplicaciones del combustible (1).

CUARTA

La Sección n.º 3 creará una Biblioteca especial del combustible todo lo mas completa posible. Tendrá a su cuidado la recolección de datos bibliográficos, la formación de estadísticas, aun referentes a la cuestión económica de los carbones, y la revisión, corrección de estilo y pruebas de las *Memorias* que publique el Instituto.

QUINTA

El *Instituto español del carbón* radicará en la capital de Oviedo,

SEXTA

Contribuirán a su creación y sostenimiento, proporcionalmente a sus posibilidades, el Estado, la Diputación asturiana, el Ayuntamiento de Oviedo, los Ayuntamientos hulleros y la Patronal minera de Asturias.

SEPTIMA

El personal del Instituto, al fundarse, estará integrado por un Director, dos Jefes de Sección, un Bibliotecario,

(1) No es posible hacer aquí una completa bibliografía de lo referente a este punto. Como indicación señalaremos las de cuatro libros, que se complementan. La op. cit. de Mc. Culloch inserta, pg. 227, citas de artículos 117, libros 14. La op. cit. de Bone, pag. 499, inserta 54 libros. La op. cit. de Stopes, pg. 46, señala 427 obras. Y la op. cit. de Strache transcribe 18 en la pg. 38; 13 en la 64; 72 en la 108; 80 en la 266; aparte de gran cantidad en las notas marginales.

cuatro Químicos-técnicos, un Mecanógrafo y dos Mozos de limpieza.

OCTAVA

Los sueldos anuales del personal no podran ser menores de los siguientes:

Director.....	12.000 ptas.
Jefes de Sección.....	10.000 »
Bibliotecario.....	8.000 »
Químicos-técnicos.....	6.000 »
Mecanógrafo.....	3.000 »
Mozos de limpieza.....	2.000 »

NOVENA

Los gastos de instalación, así como el edificio donde, al principio, deba implantarse, vendrán fijados por el Director de acuerdo con el Estado. Este se entenderá después con las otras Entidades cooperadoras.

DÉCIMA

Los dispendios anuales de sostenimiento no bajarán nunca de:

Sección n.º 1.....	15.000 ptas.
Sección n.º 2.....	15.000 »
Sección n.º 3.....	10.000 »

En estas cantidades no estarán incluidos los gastos de alquiler del local.

UNDÉCIMA

El *Instituto español del Carbon* será autónomo. Rendirá cada doce meses sus cuentas al Estado y administrará la totalidad de su consignación anual.

DUODÉCIMA

Si la institución no cumpliera el fin para que había sido creada, podrán los Sostenedores tomar cuantas determinaciones creyeran oportunas contra ella y contra su personal.

Aquí tenemos—aunque sea malo por ser mio—lo que podría salvarnos para lo futuro de una ruina que se presiente, que se la ve avanzar sistemáticamente como un ejército destructor, que se enrosca, a la manera de un pulpo, a nuestras energías industriales y amenaza ahogarlas. Un Instituto que clasifique y estudie todos nuestros carbones, que los ordene con arreglo a las normas modernas, que ilustre al minero en las mil derivaciones que hoy alcanza el problema del aprovechamiento de los combustibles, que le hable de lo mucho que se trabaja actualmente en este sentido y de los medios que se pueden poner en práctica para vencer en la competencia y, por último, que coloque también su grano de arena—aunque sea insignificante—en el maravilloso edificio que en honor del carbon construye sin desmayo y febrilmente la Ciencia, la gran Ciencia investigadora del mundo.

ORIENTACIONES TEÓRICAS PARA EL FUTURO

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CARBÓN

Desde que en 1544 creía Agricola (1) que *el carbon procedia del petróleo*, hasta las modernas, interesantes

(1) Hinrichsen y Taczak. *Chemie der Kohle* III, 24. Véase también Weithofer. *Die historische Entwicklung der Ansichten über*

y concluyentes hipótesis de Henri Potonié (1), corroboradas por los trabajos experimentales de Franz Fischer y colaboradores (2); así como desde la tímida afirmación de Matthiolus (3) que, ya en 1598, señalaba como *origen del lignito (carbon pardo) a la madera*, hasta la definitiva evidencia microscópica, fijada y fotografiada, entre otros investigadores micrográficos por el inglés Whitham (4): *the first pioneer in the microscopical examination of coal*—según dicen Mc. Culloch y Neville Simpkin (5)—, por los franceses Bertrand y Renault (6) y, principalmente por

die Entstehung der Kohle und Kohlenflöze (El desenvolvimiento histórico de las opiniones acerca del origen del carbon y de sus minas): *Nenes Jahrb. f Mineral.* XLI; *Bericht d. Chem. Gesell.* 149 (1917). Cit. en Strache y Lant. *Kohlenchemie* I (1924) Leipzig.

(1) Una clara exposición de la doctrina de Potonié puede leerse en Strache y Lant. Op. cit. 7-18. Veanse también los números 290 a 300 de la excelente bibliografía que insertan a partir de la pag. 46. M. C. Stopes y R. V. Wheeler. *Monograph on the Constitution of Coal* (Monografía acerca de la constitución del carbon).

(2) Fischer y Schrader. *Entstehung und chemische Struktur der Kohle* (Origen y estructura química del carbon). *Brennstoff-Chemie* II, 37 (1921). *Ges. Abhandlg. z. Kenntn. d. Kohle* (1922) Berlin.

(3) P. A. Matthiolus. *Apologia et Epistolarum Medicinalium* Lib. 5 (en una de las cartas de su correspondencia con Klein). Insertas en *Opera omnia* 141-142 (1598). N.º 257 de la Bibliografía de Stopes y Wheeler. Op. cit.

(4) H. Witham y Lartington. *On the Vegetation of the First Period of an Ancient World, that is, from the First Deposition of the Transition Series to the Top of the Coalfield* (De la vegetación del primer periodo del mundo antiguo, o sea del primer depósito de la serie de transición del vértice del carbonífero). *Phil. Mag.* VII, 23-31 (1830) Londres. H. Witham. *The internal structure of Fossil Vegetables found in the Carboniferous and Oolitic Deposits of Great Britain* (La estructura interior de los vegetales fósiles existentes en los depósitos carboníferos y volíticos de la Gran Bretaña): 84. *Linn. XVI* (1833) Edimburgo. *Fossil Vegetation. Rep. Brit. Assoc.* 583-584 (1832) Oxford. Números 415, 416 y 417 de la Bibliografía de Stopes y Wheeler. Op. cit.

(5) A. Mc. Culloch y Neville Simpkin Op. cit. 14.

(6) C. E. Bertrand. *Conferences sur les charbons de terre. Les*

Marie. C. Stopes (1), los estudios acerca del origen, formación, composición y aplicaciones de todas las variedades de carbon forman una pródiga bibliografía, acaso la mas extensa de las que existen dedicadas a especialidades de esta categoria.

Produce maravilla el contemplar cómo las diversas opiniones aisladas a través de los siglos se reunen para formar, en el cielo sereno de la verdad científica, una constelación única.

A raiz de la agudeza profética de Matthiolus (2), extendida a todas las ramas del combustible mineral, ya el origen del carbon estaba definitivamente desentrañado. Pero, buscóse, entonces, el *como* de su formación, esto es: la suerte de vicisitudes por que pasara la planta primigenia viva hasta convertirse, al cabo del tiempo, en el negro y útil material.

Todavía el formidable atraso de los conocimientos, signo del gran descrédito del siglo XVIII, puso algunos ostáculos a la marcha firme y rectilínea de la hipótesis.

Bogheads a Algues. Bull. Soc. Belge Geol. Paleont. **VII**, 45-75 Pl. **IV**, **V** (1894) Bruselas. *Ce que les coupes minces des charbons de terre nous ont appris sur leurs modes de formations.* Conf. dada en la Sección de Geol. appl. 44 Pl. **IX** (1905) Lieja. *Figures bacteriformes dues a des causer diverses epaississements cellulaires, plastides liberées, precipités ferrugineux.* Comp. reud. Assoc. Frans. Avans. Scien. 600-606 (1909) Paris. Bertrand y B. Renault. *Pila Cibracensis et le Boghead d' Autun.* Bull. Soc. Hist. Nat. Autun **V**, 159-253 (1892). Vid. Bibliografía Stopes y Wheeler.

(1) M. C. Stopes. *Petrifactions of the Earliest European Angiospermes.* Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B **CCIII**, 75-100 Pl. **VI-VIII** (1912) Londres. Stopes y Wheeler. Op. cit. 21-32. Pls. **I-II-III**.

(2) Strache y Lant Op. cit. 1, apoyados en Hinrichsen y Taczak Op. cit; atribuyen esta afirmación de Matthiolus a Valerius Cordus y Baltasar Klein. Este último, como es sabido, mantuvo correspondencia epistolar con aquel. Pero no basta una indicación anónima para rectificar.

Creyóse, en efecto, en 1702 que *el carbón procedía de los bosques primitivos, barridos y anegados por el Diluvio Universal bíblico* (1). Y, aun en 1792, se afirmaba, según escriben Strache y Lant (2), que *el carbon de piedra, lo mismo que los basaltos, era originado por los volcanes*.

No obstante, a pesar de tales absurdas y risibles derivaciones de la verdad, ésta se abría paso a través del siglo para brillar intensamente en el XIX y aun con mas fortaleza, en la centuria actual. Y son dignas de mención, por lo tanto, en el XVIII las certeras opiniones de J. J. Scheuchzer (3) que deduce el origen vegetal del carbon por los *restos de plantas que en él se aprecian*, la de von Beroldingen (4) que halla, por primera vez, *el paralelismo entre carbon y turba* (5) y, principalmente, la de Williams (6) que dice que *el carbon procede de la descomposición de la madera en un depósito acuoso*.

Algunos pequeños tropiezos tuvieron todavia estas opi-

(1) J. Woodward. *An Essay Toward a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies* (Un ensayo de historia natural de la Tierra y de los cuerpos terrestres) 2.^a ed. 277 (1702) Londres.

(2) Strache y Lant. Op. cit. 1 nota segunda.

(3) Strache y Lant. Op. cit. 2.

(4) F. von Beroldingen. *Beobachtungen Zweifel; und Fragen, die Mineralogie überhaupt und insbesondere ein natürliches Mineral-System betreffend* (Observaciones, reparos y preguntas de Mineralogia en general y particularmente de un sistema general). 203 (1778) Hannover. N.º 23 de la Biblio. de Stopes y Wheeler. Cit., modificado el título en Strache y Lant Op. cit. 2.

(5) Conviene advertir que antes que von Beroldingen esto es, en 1760, Degener ya había escrito acerca de la turba como producto de las plantas pero sin establecer su relación con lignito y hulla. Strache y Lant. Op. cit. 2.

(6) J. Williams. *The Natural History of the Mineral Kingdom* (La historia natural del reino mineral) I, 1-265 (1789) Edimburgo. N.º 408 de la Bibli de Stopes y Wheeler. Strache y Lant cit. la trad. alemana: *Naturgeschichte des Steinkohlengebirges* (1798).

niones al correr del, excesivamente crítico, siglo XIX. Y así la genial teoría de von Beroldingen se vió detenida en su marcha triunfal, por unos injustos ataques de Voigt (1) el cual, envuelto en ironías para su contrario y colega, explaya una extraña hipótesis, atribuyendo a la hulla y a la antracita un origen *Paleozoico*, mientras que supone para la turba una edad correspondiente a formaciones geológicas mucho más jóvenes.

Las certeras opiniones de von Beroldingen y de Williams, a pesar de todo, hacíanse inamovibles y muy pronto nuevos motivos de recio pensar ampliaron el horizonte en cuyos límites se aposentaba la verdad.

Y fué la principal cuestión del siglo XIX, la de saber si los carbones se formaban en el propio lugar donde la madera de los bosques o la vegetación criptogámica de los pantanos, o los vegetales, en general, originarios del combustible, cayeron o si aquellos restos fueron transportados antes a otros parajes. Esto es: se dudaba entre las dos teorías conocidas con los nombres de: **teoría de traslado** o **teoría de in situ**. Prolongóse la discusión hasta ya entrado nuestro siglo XX, donde la claridad de un espíritu analítico y razonador, ya bien adulto, resolvió el asunto como no podía menos de ser, es decir: admitiendo entrambos casos de origen según las circunstancias. En este sentido es digno de atención el excelente cuadro sinóptico de Stopes y Wheeler, en el que se recogen todos los medios comprobados de formación de vetas de todas las variedades de carbones (2).

(1) J. C. Vollgt. *Versuch einer Geschichte der Stunkohlen der Braunkohlen, und des Torfes* (Ensayo de una historia del carbon de piedra, del carbon pardo y de la turba) 307 (1802) Weimar.

(2) Ob. cit. 2.

Paralelamente a esta fecunda sucesión de trabajos iniciábase otra larga y pródiga serie de investigaciones, lle-

Principales modos de acumulación de la materia vegetal originaria de los carbones.

A. En agua de mar.

I. *Material terrestre transportado a flote y libre, por tanto, de détritns minerales:*

- a. Árboles, troncos y ramas acumuladas en gran cantidad.
- b. «Islas flotantes» de varias plantas enlazadas. Generalmente muy localizado.

II. *Algas fucoideas formando una acumulación en la playa (solo es conocido un yacimiento Vid. Zalus 12) y (1915).*

B. En agua parada.

I. *In situ; material constituido por restos de bosques costeros.*

II. *In situ; plantas de pantano.*

III. *Parte in situ y parte transportado desde cortas distancias hasta el pantano.*

IV. *B: I, II, III, y A: I, A y I: b, mezclados en diversas proporciones.*

C. En agua fresca.

I. *En lagos tranquilos:*

- a. Grandes despojos transportados del bosque a poca distancia.
- b. *Plankton* puro o vida microscópica del lago.
- c. *b* mezclado con esporas, polen y restos pequeños de árboles altos.
- d. Plantas nacidas *in situ*: Juncos etc.
- e. *a, b y c* mezclados o separados y, a veces, con *d*.

II. *En estuarios, curvas de los rios y deltas:*

- a. *Material transportado* constituido por madera o leña.
- b. *Material transportado* constituido por ramas y hojas y también leña.
- c. *Islas flotantes.*
- d. Plantas de pantano o de fangal nacidas *in situ*.
- e. *a, b y d* mezclados en todas proporciones.

III. *En pantanos:*

D. En tierra.

I. *Varios tipos de plantas pantanosas de tierra alta. Tipo Musgos etc.; turba.*

II. *Turbas pantanosa y bosquediza mezcladas o alternadas.*

III. *Turba pantanosa mezclada con C: III.*

IV. *Acumulación de madera seca.*

vadas a cabo por geólogos y botánicos, y que tendian a precisar tres puntos principales:

1.º Comprobar, con la *evidencia* microscópica la naturaleza vegetal del carbon.

2.º Señalar, por medio del mismo microscópio, sinó el individuo—al que se llegó en muchos casos—por lo menos la familia de las plantas originarias del combustible.

Y 3.º Encontrar en la masa del carbon amorfo, ciertas diferencias que pudieran hacer sospechar la existencia de sus componentes incógnitos.

El segundo punto era, al propio tiempo, principio de un maravilloso eslabonamiento de hipótesis y de hechos que concurrirían a definir químicamente el carbon. Porque es hora de que diga que, a pesar de tanto trabajo y tanta energía derrochada en ello aun, este combustible, ha sabido resistir a todas las investigaciones y, en lo que se refiere, a su naturaleza química aun permanece impoluto. Todavía no ha sido posible dar una definición exacta de él. Y, hasta hoy, llenan grandes lagunas de ignorancia el tránsito de su desarrollo desde planta viva a materia fosilizada.

Por tales motivos, es de la mayor importancia el precisar la familia vegetal que pueda desvelarse de su esfíngea contextura para poder explicarse la presencia entre los productos de descomposición del carbon, por el calor o por los agentes químicos, de ciertos cuerpos líquidos o gaseosos y aun sólidos. Hay, en efecto, en todos los vegetales una gran semejanza de composición química—que en, algunos cuerpos es identidad—. Así, por ejemplo, el vegetal tipo puede considerarse integrado por:

1.º—Celulosa

2.º—Pentosanos.

3.º—Lignina.

4.º—Resinas, ceras, etc.

5.º—Proteínas.

6.º—Materias minerales.

pero no solamente varia de unas especies a otras la proporción de estos componentes sinó que cambian tambien ellos mismos, sobre todo en los grupos 2.º y 4.º (1). Por tal motivo, para poder estudiar detenidamente la transmutación de cada uno de estos cuerpos en cada uno de los productos finales del carbon, compréndese la necesidad de fijar exactamente la naturaleza del vegetal originario. Por ejemplo: la presencia en el carbon bituminoso de un líquido parecido al petróleo, puesto en libertad por la des-

(1) Para formarse una idea de como varia la proporción de cada uno de los componentes en las diversas especies de árboles, véase el siguiente cuadro compuesto por mi a la vista de los cuadros particulares hechos: para la celulosa por Hugo Müller (Pflanzenfaser, 9.150, Strache y Lant Op. cit. 123); para pentosanos Tollens y Wheeler [Ber. dtsh. chem. Gessel. **XXXII**, 1046 (1889)]; para resinas y gomas Hugo Müller Op. cit. y para proteínas Giral. Op. cit. En lo que se refiere a la lignina doy el *índice de metilo* de Benedikt y Bamberger (*Monatshefte für Chemie* **XI**, 260 (1889) y las sustancias incrustantes Strache y Lant Op. cit. 154.

	Celulosa	Pentosanos	Lignina		Resinas, ceras, etc.	Proteínas
			Índice de metilo	Sustancias incrustantes		
Alamo negro.	62,8 %	—	—	—	1,37 %	—
Abeto.	57,0	—	2,15 %	26,9 %	0,97	—
Sauce.	55,7	—	2,31	28,7	1,23	—
Abedul.	55,5	25 %	2,57	28,2	1,14	—
Aliso.	54,6	—	2,89	31,3	0,87	—
Pino	53,3	—	2,25	28,2	1,63	0,7 %
Tilo	53,1	—	—	29,3	3,93	—
Castaño.	52,6	—	—	28,5	1,10	—
Caoba	49,1	—	—	27,6	1,02	—
Boj.	48,1	—	—	35,7	0,63	—
Haya	45,5	23-33	3,15	—	0,41	—
Roble.	39,5	20	2,86	34,3	0,91	—
Guayaco.	32,2	—	—	35,2	15,63	—
Hoano	30,0	—	—	4,81	2,54	—
Alamo	—	18	2,59	20,8	—	—

tilación a baja temperatura presupone en el vegetal primitivo un árbol que produzca resinas esto es una Conifera.

Pues bien; en los ochenta y seis años transcurridos desde el 1833 en que el botánico inglés Witham ve, por vez primera: «un regular y hermoso tejido en el centro de una pieza de hulla» (1), hasta que, en 1919 descubrí el, también naturalista inglés, Stopes, valiéndose del microscopio, los quizás *cuatro constituyentes originales* del carbon (2), se sucedieron afanosamente los ojos atentos y las mentes en reflexión de los micro observadores.

En el 1835 el mismo Witham es el primero que encuentra una estructura *conifera* en los carbones de *Bovey* y de *Jet* (3). Un año mas tarde el naturalista alemán Goeppert (4), siguiendo la marcha del anterior, halla restos vegetales claros, quemando con cuidado el carbon y observando minuciosamente las cenizas. Este procedimiento fué aprovechado y perfeccionado al año siguiente por el inglés Reade (5), el cual descubre en las plantas vivas un esque-

(1) Witham Op. cit. (1833). N.º 418 de la Bibli.ª de Stopes y Wheeler.

(2) Stopes. *Proc. Roy. Soc.* (1919). *Ber. d. dtsh. Chem. Gesell.* XC, 470.

(3) Witham. *Fossil Vegetation. Rep. Brit. Assoc.* (1835) Londres.

(4) H. R. Goeppert. *Die fossilen Farukraüter. Nova Acta Leop. Carol. Acad. Nat. Curios.* XVII Suplem. 1-486 Plaz. 1-XLIV (1835) Breslan. *Über den Zustand in welchem sich die fossilen Pflanzen befinden, und über der Versteinerungs-process insbesondere (Acerca del estado en que se hallan las plantas fosiles y particularmente acerca del proceso de petrificación). Poggendorfs; s Anu Phys. Chem.* XXX VIII, 561-573 (1836) Leipzig. N.ºs 140 y 141 de la Bibli.ª de Stopes y Wheeler.

(5) J. B. Reade. *Further Observations on the Structure of the Solid Materials found in the Ashes of recent and Fossil Plants* (Nuevas observaciones acerca de la estructura del material sólido fundido en las cenizas de las plantas recientes y fósiles). *Philos. Mag. and Journ. Sci.* XI 413-417 (1837) Londres.

leto mineral como en los animales; esqueleto que hace rígidas las células y que forma parte de su estructura, permaneciendo, finalmente, en las cenizas del carbon.

Un medio de observación y análisis tan útil y seguro como el micrográfico tenía que dar resultados inesperados en manos expertas. Y un americano, Rogers, (1) lo aplicó inmediatamente al desentrañe de ese problema descubierto, en 1826 por Karsten (2) referente a la llamada *madre del carbon*.

Ya es sabido que esta parte de la hulla se presenta como una sustancia brillante, desmenuzable que tizna de negro los dedos y que está incrustada en planos horizontales entre la masa amorfa del combustible. Como el nombre de *madre del carbon*, así como el de *madera carbonizada* o el de *carbon de leña mineral* (mineral charcoal), fundados estos en una equivocada interpretación de su origen, sugerida quizás por Rogers (3) y adoptada por Daubrée (4) y hasta por el propio Karsten (5), y definitiva-

(1) H. D. Rogers. *An Enquiry into the Origin of the Appalachian Coal Strata, Bituminous and Anthracitic* (Una pesquisa respecto al origen del carbon de los Apalaches, bituminoso y antracítico) 453-544 Pls **XIV-XXI** (1843).

(2) E. J. B. Karsten. *Untersuchungen über die Kohligen Substanzen des Mineralreiches überhaupt, und über die Zusammen- setzung der in der Preussischen Monarchie vorkommenden Steinkohlen insbesondere*. (Examen de los minerales carbonosos en general y de la composición de los de la monarquía prusiana en particular). *Archiv. Bergbau.* **XII**, 283-296 (1865) Viena. N.º 214 de la Biblio.^a de Stopes y Wheeler.

(3) Op. cit.

(4) A. Daubrée. *Examen de charbons produits par voie ignée á l' époque houillère et à l' époque liasique*. *Bull. Soc. Géol. France* **III**, 153-157 (1846) París. *Notice sur les gisements du bitume du lignite et du sel dans le terrain tertiaire der environs de Bechelbronn et de Lobsann* (Bas-Rhin). *Bull. Soc. Géol. France* **VII**, 444-455 (1850) París. Núms. 89 y 90 de la Bibliog.^a de Stopes y Wheeler.

(5) Op. cit.

mente demolida por Jeffrey (1); como estos nombres, repito, originaban gran confusión y erróneas interpretaciones, Stevenson (2) en 1911-13 propuso darle el nombre francés de *fuseno* (fusain) que se prestaba mejor a toda clase de derivaciones gramaticales.

Y, en fin, vieron con el microscopio, Rogers (3) y otros muchos micrógrafos, que se podía considerar al *fuseno* tal y como le apreció por primera vez Karsten (4) en 1826, esto es: «como despojos que han perdido mas rápidamente sus productos volátiles que el resto de la masa carbonosa».

Y esto puede apreciarse con toda claridad en el siguiente análisis elemental hecho por Green y colaboradores con el *fuseno* extraído de dos carbones al lado del mismo análisis de los carbones originarios (5):

	CARBON BETTER BED		CARBON HAIGH MGOR	
	Fuseno	Carbon	Fuseno	Carbon
Carbono	90,8	85,7	86,4	80,5
Hidrógeno.....	3,6	5,4	3,9	5,5
Oxígeno y Nitrógeno.	5,6	8,9	9,7	14,0

Pronto se advierte como crece el carbono y disminuyen parejamente el hidrógeno y el oxígeno-nitrógeno.

(1) E. C. Jeffrey. *The mode of origin of coal*. Jouru. Geol. **XXIII**, 218-230 Fgs. 1-14 (1915) U. S. A.

(2) J. J. Stevenson. *Formación of Coal Beds*. (Formación de los lechos de carbon). Proc. Amer. Phil. Soc. D L 1-116, 519-643 (1-111); LI, 423-553 (1912); LII, 31-142 (1913) Lancaster.

(3) H. D. Rogers. *The Geolog y of Pennsylvania a Government Survey, with a General view of the Geolog y of the United States. Essaye on the Coal Formation and ets fossils, and a description of the Coal-fields of North America and Great Britain*. 667-1045. Pis. I—**XXIII** (1858) Londres y Philadelphia.

(4) Op. cit.

(5) Stopes y Wheeler. Op. cit. 23.

El descubrimiento de mas importancia, no obstante, llevado a cabo por este excelente método de investigación fué el realizado en 1919 por Stopes (1). Pudo, en efecto, el gran micrografo inglés contemporáneo separar, despues de aguda y paciente observación, hasta *cuatro componentes* de la sustancia propia del carbon.

Les llamó, por analogia con el que acabamos de ver: *vitreno* (vitrain), *clareno* (Clarain), *dureno* (durain) y *fuseno* (fusain).

Las características de cada uno de ellos se resúmen así:

Vitreno. Bandas estrechas; según Stopes nunca excedentes de 8 milímetros, Sinnat (2) afirma que en unas muestras de carbones de Lancashire halló bandas de media pulgada y hasta de tres y cuatro pulgadas. Tiene el vitreno un fuerte lustre, es quebradizo por la presión disgregandose en pequeñas piezas cúbicas. Y su característica, es la ausencia en toda su extensión de restos de plantas.

Clareno. Dificilmente diferenciable del vitreno. Stopes dice que (3): «presenta una definida y bruñida superficie con fractura en ángulo recto en el plano horizontal y aquella ostenta un pronunciado lustre o brillo». Es, no ostante, menos lustroso que el *vitreno* y se diferencia de este en que manifiesta, al exámen microscópico, restos desintegrados de plantas, tales como: hojas, tejidos, microsporas, megasporas y, a veces, nódulos de resina.

(1) Stopes. *Remarks on vitrain. Fuel.* Feb. 22 (1922). *The Four visible Ingredients in Banded Bituminous Coals. Proc. Roy. Soc.* (1919). Ber. d. dtsh-Chem. Gesell. XC, 470.

(2) F. S. Sisonat. *Journ Soc. Dyers and Col.* CVIII, 37 (1921)-Cit. en Mc. Culloch y Neville Simpkin. Op. cit. 20.

(3) Mc. Culloch y Neville Simpkin. Op. cit. 20.

Dureno. Al contrario de los anteriores, este es duro, mate y sin lustre. Aparece completamente homogéneo. Tiene textura apretada y grano definido. Contiene gran cantidad de megas poras con alguna microspora.

Fuseno. Es el, ya caracterizado y descrito antes como *madre del carbon.*

Todavía no ha llegado el momento de encarecer, basándose en numerosos y evidentes hechos experimentales, la importancia máxima de este hallazgo de Stopes. La incerteza respecto al número de componentes y a su exacta reparación, la absoluta ignorancia atañente a su composición inmediata—pues, tan solo se ha determinado, como ya se ha indicado para el *fuseno*, su composición elemental (1) y el desconocimiento, en fin, de si se trata o no de especies químicas definidas, nos impone una cierta y natural cautela.

Es, sin embargo, digno de detención este descubrimiento porque en el día de hoy solo existen dos vagas indicaciones que nos permitan penetrar en la oscuridad de la materia propia del carbon:

1.^a Los α , β y γ compuestos que se obtienen por tratamiento del combustible bituminoso con pirídina.

Y 2.^a Los cuatro componentes, que me ocupan, de Stopes.

(1) D. Florentin en su Conferencia: *Les progrès récents dans la Chimie du Carbone et de la Houille.* Bull. Soc. Chim. de France. XXXI-XXXII, 733 (1922) Paris. inserta la siguiente composición centesimal:

	<u>Vitreno</u>	<u>Clareno</u>	<u>Dureno</u>	<u>Fuseno</u>
C	78,5	79,1	80,8	84,8
H	5,15	5,2	5,1	3,9
O	13,9	13,4	11,8	9,7
N	1,33	1,28	1,23	1,05
S	1,12	1,02	1,0	0,65

La primera es, en absoluto, fragmentaria, como ya veremos mas adelante. La segunda, acaso ensanche el horizonte de nuestras adquisiciones útiles. Marca, por lo menos una orientación pródiga de trabajo experimental.

Por lógicas deducciones apriorísticas se puede llegar a la conclusión de que han de ser varios los componentes inmediatos de la masa del carbon. Y, los métodos experimentales indirectos (acción de disolventes, destilación a diversas temperaturas etc.) lo han confirmado. A cada parte individual integrante del vegetal vivo (celulosa, lignina, resinas etc.) debe corresponder —por obra de los agentes biológicos y físicos seculares— una parte individual integrante del carbon. Pero, los medios prácticos indirectos conducen —aun los mas templados— a la destrucción de estas voluminosas, complejas moléculas intermedias. Precisa, pues, la Ciencia actual el medio de aislar estos compuestos sin destruirlos. ¿Estarán acaso formados por el *vitreno*, *clareno*, *dureno* y *fuseno*? He aqui la pregunta cuya contestación se vé aun muy lejana.

La enorme dificultad con que se tropieza se basa en la complejidad de la molécula.

Esta afirmación es una consecuencia de la genial teoría enunciada por Berthe Cot (1) en 1869, que Stopes y Wheeler (2) llaman, con gran perspicacia: *de resolución acumulativa*. Puede expresarse, en líneas generales, del siguiente modo:

La *acción* destructora de los agentes naturales, físicos y químicos sobre las moléculas orgánicas, supone una *reacción* proporcional en éstas, mediante la cual adoptan

(1) M. Berthelot, *Sur l'analyse immediate des diverses variétés de carbon*. *Compt. rend.* LXXIII, 183-187; 331-335; 392-395 (1869) Paris.

(2) M. Stopes y R. Wheeler. *Op. cit.* 40.

formas lógicas de defensa. Los hidrocarburos alifáticos, por ejemplo, ante la agresión del calor, en vez de sucumbir descomponiéndose, agrúpanse cambiando el mayor número de enlaces entre sí. De este modo nace el carburo acetileno, que señala el máximo de resistencia de los compuesto lineales no saturados. La persistente energía calorífica sobre este hidrocarburo le obliga a *ciclizarse* tres moléculas para poder presentar por todas partes un frente de máxima resistencia al enemigo destructor. Se enquista a la manera de los seres vivos contra los poderes atentatorios de su vitalidad. Ya tenemos de este modo originados los compuestos *cíclicos bencénicos* cuya contextura *exagonal*, según los modernos estudios de los Bragg y otros, es tan profunda que afecta a las moléculas cristalinas. Los bencenos, por fin, se defienden del calor polimerizándose en grupos *naftalénicos*, *antracénicos*, *fenantrénicos* y aun de mayor agrupación de núcleos exagonales.

El paso de las moléculas orgánicas a las biológicas señala una mas profunda complicación, una mayor *resolución acumulativa*. La defensa, en este caso, ha de ser mucho mas activa: hasta aquí se luchó por conservar la integridad molecular inanimada tan solo, ahora se pelea o mejor, se defiende la vida. Y así vemos crecer en polimerización y, por tanto, en volumen y en complejidad de constitución las moléculas de los compuestos vegetales, hasta el punto de no estar aun suficientemente aclarada su arquitectura ínfima, como vamos a ver a continuación:

Para la celulosa, no menos de seis fórmulas distintas han sido propuestas con verdadero fundamento, aparte de las decenas de modificaciones agregadas por distintos autores a estas formulas fundamentales: la de Vignon (1),

(1) *Bull. Soc. chim.* XXI, 569 (1899).

la de Cros y Bevan (1), la de Greensch (2), la de Tollens (3), la de Hess (4) y la de Cleve von Euler (5).

Para la lignina existen actualmente hasta cuatro razonadas fórmulas: la de Cros y Bevan (6), la de Green (7) la de Klason (8) y la de Doré y Cumingham (9).

El estudio de las resinas es tan fragmentario que solamente se citan componentes de la molécula (10).

Y, aun, amplificado, se puede decir lo mismo respecto de las proteínas (11).

Ante esta inseguridad de los elementos de partida puede comprenderse la falsa posición de la ciencia actual para resolver el problema del conocimiento químico de las moléculas formadas, en el combustible, por *resolución acumulativa*. Pervive, empero, la afirmación de que sus complejidades vendrían considerablemente aumentadas por razón de su resistencia contra las acciones demolidoras de las bacterias fungias y anerobias de Renault (12), o de

(1) *Journ. Chem. Soc.* LXXXIX, 366 (1901). Cit. en Strache y Lant. Op. cit. 144.

(2) *Journ. Chem. Soc.* LXLI, 811 (1906). Cit. en Strache y Lant. Op. cit. 145.

(3) *Handb. d. Kohlenhydrate*, Trewendt, (1914) Breslau. Cit. en Strache y Lant. Op. cit. 144.

(4) *Ber. d. dtsh. Chem. Gesell.* LXIV, 499 (1921).

(5) *Chem. Ztg.* 977 (1921).

(6) *Cellulose* 3 ed. (1916). Londres.

(7) *Ztschr. f. Farben. u. Textilchemie* III, 97 (1904). Cit. en Strache y Lant. Op. cit. 167.

(8) *Ber. d. dtsh. Chem. Gesell.* 706 y 1862 (1920).

(9) D. Florentin. conf. cit. 731.

(10) Vid. Strache y Lant. Op. cit. 169-203. Vid. tambien. Bone El Carbon y sus aplicaciones científicas, 94-97.

(11) Vid. Strache y Lant. Op. cit. 244-254.

(12) B. Renault, *Recherches sur les Bactériacées fossiles. Ann. Sci. Nat. Sér. 8 Bot.* II, 275-349 (1896) Paris. *Les microorganismes des lignites. Compts. Rend. Acad. Sci.* CXXVI, 1828-1831 (1898) Paris. *Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles.*

las fuertes presiones subterráneas, o de la acción oxidante del aire y del agua, o de la potente energía solar y geotérmica.

Es evidente que uno de los primeros conocimientos que ha de adquirir el químico frente a una molécula desconocida, es el saber exactamente su magnitud. Para ello cuenta con dos direcciones prácticas principales: 1.^a Determinar su volumen al estado de vapor. Y 2.^a Determinar su volumen al estado de disolución diluida en disolventes física y químicamente neutros.

La primera dirección, ya sea por modos directos, ya por modos indirectos, es absolutamente inaplicable al carbon porque el calor, antes de gasificarle, lo descompone.

En cuanto a la segunda, es, como ya dije antes, fragmentaria, incompleta. No existe un solo disolvente del carbon. Ni aun existen disolventes de cada una de las partes de Stopes.

A pesar de ello, la acción extractiva de la porción soluble del carbon por líquidos adecuados, forma un extenso capítulo del estudio moderno de este cuerpo.

En el día de hoy ha sido ya completamente agotado el tema. En pocas palabras pueden resumirse los resultados obtenidos. Stopes y Wheeler (1) los condensan en tres hechos principales:

1.^o La evidencia de que existen en los carbones bituminosos pequeñas cantidades de resinas extraídas con éter.

Bull. Soc. l' Indust. miner. XIII, lib. 4 (1899) y XIV, lib. 1 (1900) St. Etienne B. Renault y A. Roche. *Notice sur la Constitution des Lignites et les organismes qu'ils renferment.* *Bull. Soc. Hist. Nat. Autun.* **XI**, 1-39 (1898) Autun.

(1) Stopes y Wheeler. Op. cit. 7.

2.º La seguridad de que hay hidrocarburos líquidos libres, en pequeña cantidad, en muchos carbones.

Y 3.º Que, sea de la forma que sea, la piridina extrae toda la materia soluble del carbon hasta hacer fácil su examen químico.

A estos hechos, pueden agregarse algunos mas del mayor interés.

Desde 1862, en que de Marsilly (1) hizo el primer estudio sistemático acerca de la acción disolvente de alcohol, éter ordinario, sulfuro de carbono, benceno y cloroformo, sobre diversas variedades de carbones, se sucedieron los ensayos, variando el disolvente y las condiciones de temperatura (2).

Los disolventes ensayados fueron los siguientes: éter ordinario, alcohol ordinario, mezcla de los dos, éteres de petroleo, mezcla de estos con benceno o con tolueno, cloroformo, cloroformo y alcohol, benceno, tolueno, acetona, anhídrido sulfuroso líquido, quinolina, anilina, piridina, bases pirídicas, tetrahydroanilina, acetato de amilo, sulfuro de carbono, fenol, pinacolina, difenilo y éter metílico del β naftol (3).

(1) C. de Marsilly. *De l'action des dissolvants sur la houille*. *Ann. Chim. Phys.* Sér. 3, LXVI, 167-171 (1862) Paris.

(2) Como precursores de estos estudios hay que citar a A. Schrö-
tter. *Ueber die Beschaffenheit und den technischen werth der im
Kaiserthum Oesterreich Vorkommen Braun und Steinkohlen*. *Sit-
zungsber. K. Akad. Wiss.* III, Abt. 2, 240-257 (1849) Viena. *Ueber
die chemische Beschaffenheit einer unter einem Torflager bei
Aussee gefundenen gelatonosen Substanz*. *Sitzung. K. Akad. Wiss.*
III, Abt 2, 285-287 (1849) Viena. M. Delesse. *Etudes sur le metamor-
phisme*. *Ann. Mines.* Ser 5, XII, 89-326 (1857) Paris. Frémy. *Compt.
rend.* LII, 114 (1861) Paris.

(3) Aparte de trabajos clásicos que citaré en el texto creo con-
veniente reproducir la siguiente bibliografía de Strache y Lant. Op.

TURBAS

Disolvente	Núm. de pruebas	Extraído por 100	Temperatura	Observaciones
Eter ordinario . . .	11	6	Ebullición	Plantas de turbera
Alcohol.	7	18,02	Tres a ebullición y 4 a 200°-250°	Tres plantas de turbera y cuatro turbas
Benceno	26	7,88	14 a ebullición y 12 a 150°-250°	Turbas
Cloroformo. . . .	1	2,9	Ebullición	Turbas
<i>Media total de.</i> . . .	<i>45</i>	<i>8,7</i>		

LIGNITOS

Disolvente	Número de pruebas	Extraído por 100	Temperatura
Eter ordinario.	2	7,75	Ebullición
Benceno.	21	12,57	15 a ebullición y 6 a 70°-280°
Acetona.	1	7,6	Ebullición
<i>Media total de.</i>	<i>24</i>	<i>9,30</i>	

HULLAS Y CARBONES CANNEL

Disolvente	Número de pruebas	Extraído por 100	Temperatura
Benceno.	9	1,96	4 a ebullición y 5 a 80°-275°
Píridina.	15	13,8	4 a ebullición 5 en frío y 6 en caliente.
Anilina	3	11,9	A 182°
Media total de. . . .	27	9,22	

Una conclusión inmediata se puede establecer a la vista de estos tres cuadros. Y es, la siguiente:

Los dos mejores disolventes de la substancia soluble del carbon (aparte de la turba) son el *benceno* (lignítos), y, la *píridina* (hullas).

La píridina fué usada por primera vez por Bedson (1) sobre carbones de Nueva Zelanda y otros. En sus trabajos hace ya resaltar la importancia de este disolvente. Las soluciones eran pardo oscuras con fuerte fluorescencia verde y la percentual de la parte soluble variaba desde 0 en las antracitas hasta de 35 a 40% en los buenos carbones de gas.

Después de Bedson, usaron este precioso disolvente, entre otros, Anderson y Henderson (2), Baker (3), Wahl

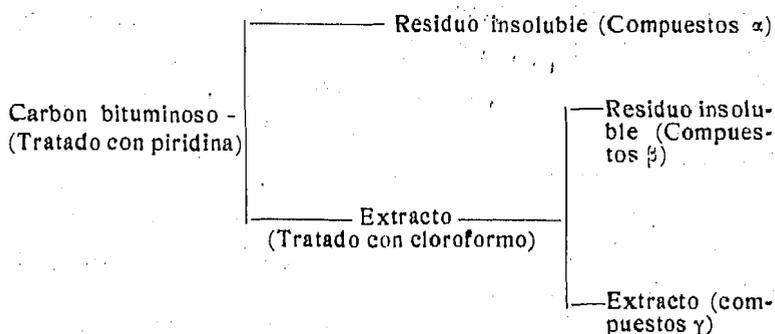
(1) P. P. Bedson. *Results of the analysis of samples of New Zealand coal and Ambrit and of Barbadoes manjak*. *Trans. Fed. Inst. Min. Eng.* XVI, 388-390 (1899) Newcastle. *Notes on the proximate constituents of coal*. *Journ. Soc. Chem. Indust.* XXVII, 117-149 (1908) Londres.

(2) W. C. Anderson y J. A. R. Henderson. *The coals of Bengal and Japan*. *Journ. Soc. Chem. Indust.* XXI, 237-242 (1902) Londres.

(3) T. Baker. *The solvent action of pyridine on certain coals*. *Trans. Fed. Inst. Min. Eng.* XX, 159-162 (1901) New-castle.

(1) y Hofmann y Damm (2). Pero los estudios mas interesantes son los de Wheeler y sus colaboradores (3) que voy a resumir brevemente:

En un Soxhlet sometian diez gramos del carbon pulverizado a la acción de 200 cm^s de *piridina pura* a su punto de ebullición, durante una semana sin interrupción y agitando periodicamente la masa. Obtenian asi, previa eliminación de la piridina, un sólido de color chocolate. Diez gramos de este sólido lo trataron aparte, y tambien en Soxhlet, con 200 cm^s de *cloroformo puro*, durante dos semanas. De este modo han llegado a la siguiente separación:



Los autores consideran a los compuestos α y β como de *naturaleza celulósica* y al compuesto γ como de *naturaleza resínica*. Así lo hace pensar, al menos, el exámen de sus productos de desintegración. Véase, en efecto que los componentes α y β dan cuerpos de carácter *furánico* cuando se les somete a una *destilación destructora*: lo

(1) A. Wahl. *Recherches sur la houille. Compt. rend.* CLIV, 1094 (1912) Paris.

(2) Brennstoff-Chemie. **III**, 73 (1922). Cit en Strache y Lant Op. cit. 192.

(3) Burgess y Wheeler. *Journ. Chem. Soc.* IC, 649 (1911) Londres. Clark y Wheeler. *Journ. Chem. Soc.* CIII, 1704 (1913) Londres.

que prueba que el cuerpo primitivo era de naturaleza celulósica. Por el contrario, el componente γ contiene cuerpos donde van unidos átomos de carbono y radicales hidrogenados aromáticos a grupos más complejos.

Ciertamente que si ésta extracción no tuviese, ya a primera vista, grandes motivos de error—confesados noblemente por sus autores—la separación de Wheeler y Clark conduciría, como los citados componentes de Stopes, al probable conocimiento de una parte de la sustancia íntima del carbon. Pero, comparando la composición centesimal del combustible de origen con la de los α , β y γ compuestos de desdoblamiento (1), advierten dichos experimentadores: un aumento del contenido de nitrógeno, indicador de no haber sido perfectamente eliminada la piridina disolvente; un desmesurado aumento de oxígeno, consecuencia de operar, en caliente, al aire, con cuerpos fácilmente oxidables como el carbon; y, sobre todo, la presencia, en el compuesto γ de nitrógeno y azufre, por lo que parece un poco aventurado el llamar a este cuerpo: *componente resinoso*.

Trabajos, por otra parte, muy concienzudos de Fischer y Schrader (2) prueban la absoluta eliminación, en forma de productos gaseosos, por fermentación, de la celulosa-

(1) Una de las pruebas dió el siguiente resultado:

	Composición centesimal	Composición centesimal	Composición centesimal	Composición centesimal
Carbon	C..82,92	Comp ^o α C..85,33	Comp ^o β C..77,32	Comp ^o γ C..80,81
	H.. 5,58	H.. 7,08	H.. 5,14	H.. 5,23
	N.. 1,35	N.. 1,71	N.. 2,07	N.. 2,14
	S.. 1,70	S.. 1,32	S.. 1,21	S.. 1,41
	O.. 8,45	O.. 4,56	O.. 14,26	O.. 10,41

(2) Fischer y Schrader. *Brennstoffchemie* II, 225-241 (1921). *Entstehung und chemische Struktur der Kohle* II ed. (1922) Essen.

primitiva del vegetal, durante la formación del carbon. No puede pues atribuirse origen celulósico a los componentes α y β sino mas bien *lingínico* o *proteínico*.

La objeción mas seria opuesta a los anteriores trabajos de Wheeler y colaboradores, se debe a Bone (1). Repitió las experiencias de Wheeler y Clark, pero en atmósfera de nitrógeno (eliminando así todo efecto de oxidación del aire), al mismo tiempo, llegó a separar compuestos *resínicos puros*, esto es, solamente integrados por carbono, oxígeno e hidrógeno. Para ello sometió el carbon a una mezcla hirviente de alcohol metílico y piridina en la misma proporción (siempre fuera de la acción directa del aire). Pero, con todo esto, observó, como hecho fundamental, que la piridina a ebullición ejerce una *acción despolimerizante* sobre los componentes incógnitos del combustible. Y, por lo tanto, resuelve la materia complicada del carbon en moléculas de una mayor sencillez.

La extracción con piridina, a pesar de esto, ha sido adaptada, con todas las transcritas modificaciones, a la práctica industrial (2). Y esto obedece a que los tres componentes α , β y γ influyen en el *poder cokizante* en la forma siguiente (3):

1.º La propiedad *cokizante* del carbon depende de los constituyentes *resinosos* (porción soluble al mismo tiempo en piridina y cloroformo), los cuales han de hallarse en una proporción, por lo menos, del 5 al 6 por 100, para que se produzca cok.

2.º Los diferentes tipos de carbones productores de

(1) Bone. Op. cit. (ed. española) 108-110 (1923).

(2) S. Roy Illingworth. *The Analysis of Coal and its By-Products*. 333-338. (1921).

(3) S. Roy Illingworth. Op. cit. 112-113.

cok se distinguen por la relativa estabilidad del componente γ , comparado con el β (porción soluble en piridina pero no en cloroformo). Los verdaderos carbones cokizantes (especies orto y meta-bituminosos) contienen un tipo de esta última sustancia que es relativamente muy inestable comparado con el componente γ ; mientras que en los carbones de gas la estabilidad de estas dos sustancias es aproximadamente la misma. El carbon que produce cok denso contiene muy poco β , y solo de 7 a 9 por 100 de γ , que debe compararse con el 12 a 15 por 100 de estas sustancias en otros carbones cokizantes.

3.º Se sabe que las sustancias γ y β se agrupan en tres tipos: a). Las descompuestas por debajo de 350º C b). Las descompuestas entre 350º-400º C. c). Las descompuestas sobre 400º sin llegar a 450º.

Los carbones de gas contienen en partes iguales a) y b). Los verdaderos carbones de cok no contienen a) sino b) y pequeña cantidad de c). Por último, los carbones de cok denso tienen pequeña cantidad del tipo b) y sus propiedades cokizantes son debidas al γ del tipo c).

Los ya citados trabajos de Bedson, corroborados por los, también citados de Wahl muestran que no hay relación alguna entre la cantidad de los componentes extraídos y los *productos volátiles*. Pero esto debe atribuirse a que la piridina no recoje la totalidad de la materia soluble del carbon. En efecto, en 1915 Parr y Hadley (1) sustituyendo la piridina por fenol caliente y efectuando la extracción por veinte horas en atmósfera de carbónico, separan hasta el 40 por 100 en los carbones ricos en volátiles y hasta el 30 en los pobres. En todos los casos los *produc-*

(1) S. W. Parr. y H. F. Hadley. *The analysis of coal with phenol as solvent. Illinois Univ. Eng. Exp. Sta. Bull. N.º 76* (1915) Urbana.

los volátiles pasan casi íntegramente a la solución, así como la materia aglutinante. Este método de extracción se adaptó también a la práctica diaria del Laboratorio (1).

Ante la acción destructora de la piridina, primero Fischer y Glud (2) y más tarde Pictet con Ramseyer y Keiser (3) se fijaron en el benceno como disolvente no despolimerizante y efectuaron extracciones con él. Los primeros operaban en un cilindro de acero que resistiese presiones de 200 atmósferas. En estas condiciones sometían el carbon a la acción de benceno a 27E° y a 55 atmósferas. Cada extracción la hacían durar una hora. Después de cuatro o cinco extracciones con cada carbon consideraban que ya estaba disuelta toda la materia soluble. Trataban la solución con éteres ligeros de petróleo y recogían un polvo pardo sin punto de fusión fijo, entre 140°-150°, que consideraron como productos resínicos.

Los segundos sometieron a extracción, *a reflujo*, 5 kilos y medio de buen carbon de Montrambert con benceno a ebullición durante cuatro días. Separaron, como los anteriores, la parte insoluble en éteres ligeros de petróleo. Eliminado el disolvente de la parte soluble apareció un líquido muy parecido a un *alquitran de vacío* ya estudiado por ellos. La destilación fraccionada les condujo a una suma de hidrocarburos casi igual a la hallada en el petróleo del Canadá. Esto les llevó a definir el carbon como

(1) S. Roy, Illingworth. Op. cit. 338-340.

(2) F. Fischer y W. Glud, *Neue Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Kohlenextraktion*. (Nuevos resultados en la investigación referente a la extracción del carbon). *Glückauf* Vol. 52, 721-729 (1916) Essen.

(3) Pictet y Ramseyer. *Ann. der. Chemie.* 10 (1918). *Ber. dtsh. Chem. Gesell.* XLIV, 2486 (1911). Pictet, Ramseyer y Kaiser. *Ber. dtsh Chem. Gesell.* CLXIII, 358 (1916).

«un solido hidrocarbonoso impregnado de un líquido igual al petróleo»; definición que va demasiado lejos.

Los resultados anteriores, como se vé, no aportan, ni nuevas orientaciones, ni nuevas pautas, ni inversiones de provecho.

La acción de los cuerpos que teóricamente no obran mas que de una manera física sobre la materia íntima del carbon fué complementada por el uso de reactivos de conocidas o facilmente estudiable manera de actuar.

Desde el punto de vista teórico poco de utilidad ha podido aprovecharse para el desentrañe del problema que nos ocupa por este nuevo medio. Dicen Stopes y Wheeler (1): «Considerados por si mismos los hechos deducidos del estudio de la acción de reactivos sobre el carbon, no son muy prometedores (excepto los relativos a la formación de los *compuestos úlmicos*) ni indican futuras direcciones de trabajo». No obstante, algunos—acción del oxígeno y acción del hidrógeno—tienen una elevadísima importancia técnica que llena de posibilidades los horizontes industriales de las regiones carboníferas como Asturias.

Los reactivos principales aplicados a los carbones pueden agruparse del siguiente modo:

1.º *Reactivos de oxidación*: Acido nítrico (2). Acido

(1) Stopes y Wheeler. Op. cit. 38.

(2) Dado su doble carácter oxidante y nitrante, el acido nítrico produce, sobre los carbones *ulminas* y *nitroulminas*. Estudiaron este asunto, entre otros: Mulder. *Untersuchungen uber die Hummussubstanzen*. *Journ. f. pract. Chemie*. XIX, 246 (1840); XX, 267 (1840); XXI, 360 (1840); XLVII, 329 (1844). Fremy-*Recherches chimiques sur les combustibles minereaux*. *Compt. rend.* LXII, 114-118 (1861). Guignet. *Sur la constitution de la houille*. *Compt. rend.* LXXXVIII, 590-592 (1879). Friswell. *Proc. Chem. Soc.* 9 (1891-2). Y Donath Bräunich. *Chem. Zeit.* XXXVI, 373 (1912).

crómico (1). Hipocloritos alcalinos (2). Solución de Schulze (cristales de clorato potásico en solución diluída de ácido clorhídrico) (3). Mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico (4). Ozono (5). Y Oxígeno (6).

2.º *Reactivos de disgregación*: Alcalis cáusticos (7).

3.º *Reactivos de halogenación* (adición y sustitución): Aguas de cloro (8), de bromo (9), y solución de yodo (10).

Y 4.º *Reactivos de reducción*: Ácido yodhídrico (11).

(1) C. F. Cros y E. J. Bevan. *Journ. Chem. Soc.* XLI, 90-110 (1882) Londres. *Phil. Mag. Ser.* 5 XIII, 325-328 (1892).

(2) Fremy. Op. cit.

(3) Fischer y Gluud: *Ber. d. deutsch. Chem. Gesell.* 49, I, 472 (1916).

(4) La Bibliografía será dada mas adelante.

(5) J. Wiesner. *Über den mikroskopischen Nachweis der Kohle in ihren verschiedenen Formen.* *Monat. Chem.* XIII, 371-410 (1892) Viena.

(6) Fremy. Op. cit. 114-118.

(7) Han sido empleados álcalis cáusticos (y amoniaco) en solución y álcalis cáusticos fundidos. Usaron los primeros, entre otros: 1.º *sobre la turba* por Fischer y Schrader [*Ges. Abhandlg. z. Kenntn. d. Kohle.* V. 353 (1922)]; Shneider y Schellenberg [*Ges. Abhandlg.* etc. V. 405, (1922)]; Popp [*Brennstoff Chemie*, 1,73 (1920)]. 2.º *sobre el lignito* Donatz y Dietz [*Osterr. Ztschr. f. Berg. u. Hüttenwesen* S. 310 (1903), *Ztschr. f. prakt. Geologie* XX, 2 (1914); *Chem. Zentralbl.* II, S. 147 (1903)]. Y 3.º *sobre la hulla* por Fischer y Gluud. [*Ges. Abhandlg.* etc III, 243 (1919)]. Los segundos fueron usados, entre otros: 1.º *Sobre el lignito* por Schinnerer y Morawski [*Ber. d. deutsch. Chem. Gesell.* IV, 185 (1871)]; Donath y Bräunlich [*Chem-Ztg.* S. 373 (1912)]. Y 2.º *sobre la hulla* por los mismos y por Bone Op. cit. 100.

(8) Cros y Bevan. *Phil. Mag.* 5, Sec. XIII, 328 (1882) Londres.

(9) Fischer de Gottingen. *Gas. World.* 13 Abril (1901). Cit. Bone Op. cit. 100.

(10) F. Hart. *Ein kleiner Beitrag zur Chemie der Steinkohlen* (Una pequeña contribución a la Química del carbon de piedra) *Chem. Zeitg.* XXX, 1204-1205 (1906) Cöthem.

(11) Berthelot: *Ann. chim. phys.* XX, 516 (1870); Fischer y Tropsch. *Ges. Abhandlg.* etc. II, 154. (1918).

Formiato sódico (1). Oxido de carbono (2). Hidruro de calcio (3). E Hidrógeno (4).

Los reactivos de oxidación conducen todos a obtener, como productos intermedios interesantes y aun no completamente desentrañados, las *ulminas* y *ácidos úlmicos*, semejantes a los recogidos del *mantillo* del suelo (5) o a los producidos sintéticamente en los Laboratorios (6).

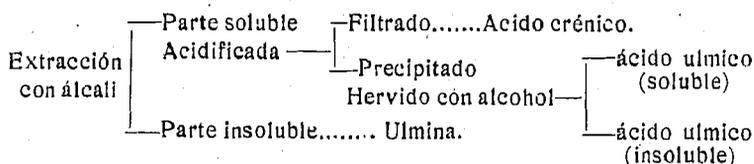
(1) Fischer y Schrader. *Ges. Abhandlg.* etc. 472 (1922). *Brennstoff-Chemie* II, 161 (1921).

(2) Fischer y Schrader. *Ges. Abhandlg.* etc. 503 (1922). *Brennstoff-Chemie* II, 257 (1921).

(3) Mayer y Altmayer. *Ber. d. dtsh Chem Gesell.* XLI, 3079 (1908). *Chem Zentralbl.* II, 1244 (1908).

(4) Bergius. D. R. P. 301-231; 333. 893-309 282.

(5) Estas *sustancias úlmicas* del suelo tienen la máxima importancia en el estudio de la materia propia del carbon porque se supone que son los productos intermedios, bien claros —aunque todavía no se haya dado su definición exacta— de *resolución acumulativa*, formados, en el paso secular y geológico desde los restos vegetales hasta la turba. El primero en estudiarlos fué Vauquelin [*Sur une maladie des arbres qui attaque spécialement l'orme et qui est analogue a une ulcère. Ann Chim.* XXI, 39-47 (1797). N.º 390 de la Bibl.^a de Stopes y Wheeler.] que les describe como «una composición de carbonato potásico con una materia vegetal particular». [Vid. Stopes y Wheeler. Op. cit. 32]. Renault [*Compt. Rend.* XCVII, 531-533; 1019-1021; 1439-1441 (1883)] halló que las *ulminas* se formaban por la acción de las bacterias fungias y anerobias sobre la fibra vegetal. Uno de los que mas trabajaron para poner en claro estas sustancias fué Mulder [*The Chemistri of Vegetal and Animal Physiology* Part. I-4, 827 (1840). N.º 264 de la Bibliog.^a de Stopes y Wheeler] el cual, con otros, los consideró como procedentes de la *celulosa*. La separación de estas sustancias es la siguiente (Stopes y Wheeler Op. cit. 34):



(6) Han obtenido *compuestos úlmicos* sintéticos, entre otros autores: 1.º De los *azúcares*; M. Malaguti [*Actión des acides étendus sur le sucre. Ann Chim Phys.* LIX, 407-423 (1835) Paris]; Berzelius

Entre estos reactivos de oxidación descuella el oxígeno. Su acción sobre los carbones tiene un interés técnico indudable, ya por la serie de importantes fenómenos de inflamación espontánea que se realizan en la hulla cuando se la abandona, largo tiempo, en contacto del aire, o ya por el efecto que a presión ejerce sobre los carbones pulverizados.

El primer hecho ha sido objeto de largos y profundos estudios, pues, no solamente el carbon apilado al aire pierde en *calorías* y en *poder cokizante* hasta llegar a la probabilidad de la combustión *per se*, sinó que hay que temer siempre esta misma combustión espontánea en las propias minas, cuando la explotación no es bien llevada (1).

Hasta que serios trabajos de Laboratorio, de los que me ocuparé mas adelante, indicaron la verdadera ruta a seguir en la investigación del origen de esta inflamación; es decir, hasta bien entrado el siglo XIX, creíase que la

¹ *Lehrbuch der Chemie* III, 389-393 y 405 (1839); Mulder [*Journ. f. prakt. Chem.* XXII, 203 y 321 (1840)] y Ehrenberg [*Chem.-Ztg.* I, 157 (1910)]. 2.º De la *celulosa*; Stein [*Chem. Zentralbl.* II, 950 (1901)] y Bergius [*Die Anwendung hoher Druck bei chem. Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle.* (1913) Halle]; Sestini [*Chem. Zentralbl.* II, 182 (1902)]; Michelet y Sebelien [*Chem.-Ztg.* XXX, 356 (1906)] y van Schermbeek [*Chem. Zentralbl.* II, 624 (1907)]. 3.º De las sustancias *albuminosas*; Kossel y Kutscher [*Ztschr. f. physiolog. Chemie.* XXXI, 164; *Chem. Zentralbl.* I, 124 (1901)]; Maillard [*Compt. Rend.* CLIV, 66; CLV, 1554; *Chem. Zentralbl.* I, 717 (1912; I, 648, (1913)]. 4.º De los *polioxibencenos*; Fritz Holmann [*Brennstoff-Chemie* I, 2 (1920)]; Eller y Koch [*Brennstoff-Chemie* I, 5 (1920)]. 5.º De los derivados *furánicos*; Marcusson [*Ber. d. dtsh. chem. Gesell.* LXIV, 545 (1921)]. 6.º De la *lignina*. Fischer y Schrader [*Brennstoff-Chemie* II, 37 (1921)]. Y 7.º De los compuestos *sulfúricos de la fabricación de la celulosa*: Ehrenberg [*Brennstoff-Chemie* II, 37 (1921)].

(1) Vid. Bone. Op. cit. Cap. IX, 166 (edic. española).

elevación de temperatura de las pilas de carbon expuestas al aire se debia a la oxidación de las piritas de hierro que acompañan muy frecuentemente a dicho combustible. Esta oxidación, favorecida por la hidratación, segun ellos, producía el calor suficiente para procurar la unión del carbon con el oxígeno del aire y el subsiguiente desprendimiento de oxido de carbono, anhídrido carbónico y vapor de agua, seguido de la ignición *per se* de toda la pila del combustible.

La idea, sin embargo, no podia ser mas equivocada. En efecto: el calor de oxidación de un 2 % de piritas por tonelada de hulla piritosa se calcula en 125°. Y el calor que necesita el carbon para oxidarse es, como minimum, de 200°; sin contar que el que requiere para comenzar su ignición se eleva a 350°.

En los años 1868-70 E. Richter (1) efectuó los primeros ensayos, en este asunto, que demostraron plenamente: 1.º Que la oxidación de las piritas de hierro no influye en la inflamación espontánea del carbon. 2.º Que éste absorbe oxígeno por si mismo tanto al aire humedo como el seco. Y 3.º Que al cabo de 70 80 días del carbon al aire, pierde gran parte de su *potencia calorífica* y de su *poder coki-zante*.

Henry Fayol en 1879 (2) agregó a lo anterior que el poder absorbente del carbon para el oxígeno crece con su estado de división y que su *punto de inflamación* aumenta progresivamente desde el lignito, que es de 150°, hasta la antracita, que llega a los 300°.

(1) E. Richter. *Dingler's Polyt. J.* CXCIII, 51; CXCV, 315. Vid. Florentin Conf. cit. 740.

(2) H. Fayol. *Bull. Ind. Min.* (1879). Vid. Bibliog.^a Florentin Conf. cit. 749.

Algunos investigadores ingleses como Threlfall (1) y Haldane (2), y americanos como S. W. Parr (3) trabajaron en un sentido práctico dictando reglas para evitar la auto inflamación de los carbones en las bodegas de los buques que lo transportan, o en las galerías de las minas, o en el apilamiento al aire libre.

Boudouard (4) fué el primero que explicó la formación de *ácidos úlmicos* a expensas de los *componentes celulósicos* del carbon por la acción del oxígeno del aire. Y P.

(1) Este investigador estudió la inflamación espontánea del carbon en los buques, Afirma que aumenta: 1.º Con el tonelaje y la temperatura a que se carga el carbon. 2.º Con el estado pulverulento de este último. Y 3.º Con la escasez de ventilación durante el viaje. *Journ. Soc. Chem. Ind.* XXVIII, 759 (1909). Vid. Bone. Op. cit. 170 (edición española).

(2) Contra los temibles fuegos espontáneos en el interior de las minas, propone Haldane, las siguientes precauciones: 1.º Ensayar particularmente la tendencia de cada una de las capas de carbon a incendiarse por si misma. 2.º Si se observa que esta tendencia es muy grande debe explotarse la mina de modo que se produzca un minimum de fisuras. Y 3.º Evitar la circulación de aire por los minados con carbon, para lo cual deben construirse galerías espaciosas con ese fin, y al mismo tiempo se procurará hacer lo mas impermeables posible los rellenos y los minados.

Todo esto lo resumen el autor diciendo que se evitarían por completo los fuegos de las minas, extrayendo todo el carbon bueno y malo, sin dejar en ellas abandonados *los menudos* *Inst. Mining. Engineers.* IV, LIII, 194 (1917). Vid. Bone Op. cit. 174-175.

(3) Parr y colaboradores, de la Universidad de Illinois; indican las siguientes medidas a tomar cuando se apila el carbon: 1.º Evitar todo calor externo que coopere a la inflamación espontánea. 2.º Eliminar todo lo posible el polvo de carbon. 3.º Apilarlo perfectamente seco. 4.º Enfriar por medios artificiales la pila, evitando el hacerlo por corrientes de aire, que aumentan el oxígeno. Y 5.º Sumergir el carbon en agua. *University of Illinois. Bulletin.* N.ºs 17 (1908) y 46 (1911). Vid. Bone Op. cit. 171 (edición española).

(4) O. Boudouard. *Sur les matières humiques des charbons.* *Compts. Rend.* CXLVII, 956-958 (1908) Paris. *Action de l' air et des agents oxidants sur les charbons.* *Compts. Rend.* CXLVIII, 284-286 (1909) Paris. N.ºs 45 y 46 de la Bibliog.^a de Stopes y Wheeler.

Mahler (1) demostró que se forman en esta oxidación los productos naturales de ella: óxido de carbono, anhídrido carbonico y vapor de agua.

Los trabajos mas modernos de Wheeler y colaboradores (2) así como los de Bone (3) no agregan nada nuevo interesante a lo ya hallado; unicamente perfeccionan el procedimiento y agotan el tema. Así Wheeler y ayudantes afirman que la capacidad de inflamación espontánea del carbon crece con el contenido en oxígeno absorbido y que probablemente se forme, al principio un compuesto de adición entre el carbon y el oxígeno. A resultado semejante llega Bone (4) el cual dice: «los dos gases (CO_2 y CO) son producidos principalmente por descomposición secundaria térmica de un complejo primario *oxigenado* particularmente inestable originado por la oxidación de algunos componentes del carbon.....».

Se conocen ya directos procedimientos prácticos para determinar el número de centímetros cúbicos de oxígeno absorbidos por gramo de carbon a temperaturas comprendidas entre 30 y 60 grados. A esta cantidad la llamaron Charpy y Decorps (5) *índice de oxidación*. Un método de

(2) P. Mahler. *Compts. Rend* CL, 521; CLXXXI, 645 (1910). *Experiences sur l'oxidation de la houille. Ann Mines. Ser. II, IV, 163-198* (1913) Paris.

(3) R. V. Wheeler. *First Report of the Departmental Committee on Spontaneous Combustion of Coal in Mines.* 81-92 (1916) Londres. Para el excelente estudio del sistema reversible: $2 \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{C}$. vid. R. V. Wheeler y Read. *Trans Chem. Soc.* 2, 178 (1910); 99, 1, 1141 (1911); *J. Chem. Soc.* CI, 846 (1912); CIII, 461, 1210 (1913).

(4) Bone. Op. cit. 175-180 (trad. española).

(5) Bone. Op. cit. 179 (trad. española).

(1) G. Charpy y G. Decorps. *Comp. Rend.* CLXXIII, 807 (1921) Paris.

Laboratorio muy bien perfeñado para hallar este número se le debe a T. F. Winmill (1).

Y queda agotado el tema en cuanto se hable de los trabajos de Tideswell y Wheeler (2), así como los de Sinnat (3) respecto de la absorción de oxígeno por los *vitreno*, *clareno*, *dureno* y *fuseno*. Esta absorción va disminuyendo desde el último al primero, hasta el punto de que se atribuye al *fuseno* el origen del incendio espontáneo del carbon.

Es, también, muy digna de nota la oxidación de los carbones pulverizados por medio del oxígeno a presión, llevada a cabo con grandes medios, en los últimos tiempos, por Fischer, Schrader y Treibs (4); Fischer y Schrader (5) y Fischer y Schneider (6). Efectuaron sus trabajos con aire a 20 atmósferas de presión, calentando hasta 200 grados centígrados en autoclaves especiales inventadas por el prof. Fischer (7), y colocando, casi siempre, el combustible pulverizado, suspendido en solución de carbonato sódico. Oxidaron de este modo, turbas, lignitos y hullas; obteniendo los mejores resultados con estas últimas, las cuales llegaron a transformarse en un 50 % de combinaciones solubles. Entre los ácidos que pudieron caracterizar perfectamente como productos finales se encuentran indicios de ácido oxálico y, al rededor de un 12 % de mezcla de ácido benzoico y ácido isoftálico. En algunas

(1) T. F. Winmill. *Transactions of the Institution of Mining Engineers*. Vid. S. Roy Illingworth. Op. cit. 352.

(2) Tideswell y R. V. Wheeler. *J. Chem. Soc.* CXX, 1318 (1915).

(3) F. S. Sinnat. *Journ Soc. Dyers and Col.* XXXVII, 108 (1912).

(4) *Ges Abhandlg.* etc. V, 319 (1922); V, 290 (1922); V, 267 (1920).

(5) *Ges Abhandlg.* etc. IV, 342 (1920); V, 200 (1922).

(6) *Ges Abhandlg.* etc. IV, 310 (1919); V, 154 (1922).

(7) *Entwicklung der Druckoxydation und Apparaturen. Ges. Abhandlg.* etc. IV, 13 (1920).

pruebas, aunque solo en demostración cualitativa, sin hallar cantidad apreciable gravimetricamente, pudieron percibirse de la existencia de los ácidos ortofosfórico, tereftálico, trimesínico, benzo pentacarbónico y melítico.

Los reactivos de disgregación, o sea, los álcalis cáusticos dan lugar, cuando se les usa fundidos, a mezclas complejísimas de cuerpos cuya inmensa mayoría se encuentra al estado coloidal. Bone (1), después de complicadas y difícilísimas separaciones, pudo aislar un ácido que identificó con el adípico.

Los reactivos de halogenación—adición y sustitución—son, como ya se ha visto, las aguas de cloro y bromo y la solución de yodo. Aparte de su acción oxidante, obran sobre los carbones como si estos contuviesen compuestos no saturados (adición) o cuerpos cíclicos y aromáticos (sustitución). Ha podido establecerse una relación entre la absorción de bromo y la ignición espontánea. El primero que delató el hecho de que «a mayor absorción de bromo, mayor ignición *per se*, fué el ya citado Fischer de Göttingen, relacionandolo con el acrecimiento de absorción de oxígeno que se observa en dichos carbones. No deben tampoco ser, olvidados, en esta sazón, los notables estudios de Dennstedt y Bunz (2) en demostración de que los compuestos no saturados son destruidos cuando el carbon se abandona a la intemperie—*weathered*—o se somete a la destilación a baja temperatura. Y, por último, son dignas de tenerse en cuenta las afirmaciones de Nü-

(1) Bone. Op. cit. 100.

(2) M. Dennstedt y R. Bunz. *Die Gefahren der Steinkohle* (Los peligros del carbon de piedra). *Zeits. angew. Chem.* XXV, 1825-1835 (1908) Berlin. N.º 102 de la Bibliog.^a de Stopes y Wheeler.

bling y Wanner (1), sujetas, por otra parte, a muchas excepciones, que dicen que los compuestos no saturados son presentes tan solo en la porción del carbon insoluble en piridina.

Pero, los verdaderamente importantes son los reactivos del cuarto grupo. La reducción de los carbones ha entrado en una fase interesantísima porque ha logrado pasar de la nota bibliográfica a la patente de invención.

Los dos mejores, y casi únicos, reductores técnicos de estos combustibles son el *oxido de carbono* y el *hidrógeno*. Uno y otro acaparan actualmente la atención mundial, con especialidad, en aquellas regiones carboníferas que aspiran a sacar el mayor rendimiento posible de su primera materia.

El oxido de carbono y el hidrógeno mezclados han sido siempre considerados como los dos mas óptimos materiales para sintetizar compuestos orgánicos alifáticos. La facilidad, y las pocas complicaciones, de obtención del llamado *gas de agua* (reacción endotérmica entre el vapor de agua y el carbon incandescente a elevadas temperaturas) influye tambien largamente en sus aplicaciones técnicas.

Los químicos franceses Patart y Audibert (2) utilizan en la actualidad dicha mezcla para sintetizar el alcohol metílico ($\text{CO} + 2 \text{H}_2 = \text{H} \cdot \text{CH}_2 \text{OH}$). La síntesis viene favorecida por un presión y una temperatura óptimas (150-250 atmósferas y 400-420 grados centigrados) y por la intensa acción catalítica de mezclas de zinc y oxido de cinc

(1) R. Nübling y H. Wanner. *Beitrag zur Selbstentzündlichkeit der Kohlen*. *Journ. Gasbeleuchtung* LXVIII, 515-518 (1915) Munich. N.º 266 de la Bibliog.^a de Stopes y Wheeler.

(2) Vid. *Chimie et. Industrie*. Cit. en Giral. Conf. cit. 13.

(Patart) o subóxidos de cromo, vanadio, molibdeno u otros metales (Audibert).

Pero el estudio de verdadera hidrogenación de los carbones por medio de óxido de carbono se debe a Fischer y colaboradores (1). Sus primeros trabajos se redujeron a la experimentación con el formiato sódico, ya que este, a 400° desprende su hidrógeno en las mejores condiciones para reducir el carbon (2). De este modo llegaron a obtener hasta cerca de un 50 % de sustancias solubles en eter (aceites). El formiato sódico, sin embargo, es poco adaptó para una aplicación industrial por su excesivo precio. Y fué entonces cuando hicieron uso del gas de agua (3), o mejor, comenzaron por una mezcla de oxido de carbono y agua, con objeto de efectuar la reacción: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Esta mezcla a 400° todavia no reduce. Manteniendo una presión de 90-100 atmosferas—en autoclave de hierro—crece el rendimiento de materias solubles en el éter con la temperatura, siendo el máximum a 450° C. en atmósfera de oxido de carbono—28,3 %—. Y a 140 atmósferas aun crece el rendimiento hasta un 35,1 %. La temperatura mejor para obtener el rendimiento máximum no puede nunca alcanzar los 500 grados centigrados porque entonces tanto las sustancias hidrogenables del combustible como los aceites formados se descomponen. La solución eterea de los productos de reacción aparece como un aceite rojo pardo y su destilación con vapor de agua sobrecalentado produce:

15 % de un aceite ligero de color pardo.

(1) F. Fischer. *Die Umwandlung der Kohle in Ole* (La transformación del carbon en aceite). (1924).

(2) F. Fischer y H. Schrader. *Ges Abhandlg.* etc. V, 472 (1922).

(3) F. Fischer y H. Schrader. *Brennstoff-Chemie*. II, 257-261 (1921).

40 % de una sustancia amarilla de consistencia de man-
feca.

Y 12 % de una materia parda con aspecto de pez.

La conclusión general que se puede sentar a la vista de esta primera serie de experiencias es que el hidrógeno producido por la acción del oxido de carbono sobre el agua es mas activo que el hidrógeno molecular y que, en igualdad de circunstancias es mas reductor el formiato sódico que el oxido de carbono (1).

Una segunda serie de ensayos, todavia mas importante que la anterior, fué emprendida por Fischer y Tropsch dos años despues (2); en ella se proponian ya buscar directamente el combustible líquido por reducción del carbon pobre o los *semicoks* de destilación a baja temperatura, mediante los productos del *gas de agua* ($\text{CO} + \text{H}_2$). La probable acción catalítica del hierro que constituía las paredes del autoclave en las experiencias anteriores les movió a estudiar la acción de un catalizador integrádo por una mezcla de limaduras de hierro y carbonato potásico (3). A una temperatura ($400^\circ\text{-}450^\circ$) y presión (150 at.) óptimas,

(1) En un ensayo comparativo dan los autores las siguientes cifras:

	Productos solubles en eter	
	Con CO	Con formiato sódico
Briquetas de lignito del Rin.	35 %	45 %
Semi-Cok de lignito.	22 »	32
Carbon de gas.	13 »	39
Semi-Cok de carbon de piedra.	0,6 »	10

(2) F. Fischer y H. Tropsch, *Ber. d. dtsh.* LXVI, 2428-2442 (1923).

(3) En sus estudios fueron sustituyendo uno y otro por antimonio, níquel, yodo, carbonatos e hidratos alcalinos, pero al final se pronunciaron por la supremacia del hierro y del carbonato potásico o de rubidio. *Die Umwandlung*, etc.

asi como valiendose de aparatos rotatorios para facilitar la unión del catalizador con la mezcla gaseosa, obtenian gran variedad de productos alifáticos separados en dos capas: la superior de un aceite y la inferior (doble de tamaño que la otra) de una solución acuosa de alcoholes, aldehidos, cetonas y ácidos. La destilación de entrambas lleva a gran cantidad de una mezcla llamada *Sintol* (10 % de acidos alifáticos hasta C⁸; 29 % de alcoholes, aldehidos y cetonas solubles en agua; 11 % de un aceite miscible parcialmente con agua y 48 % de aceite arrastrable por el vapor de agua, formado por hidrocarburos, alcoholes, aldehidos, cetonas y eteres). Obtuvieron tambien un 2 % de aceites no arrastrables por el vapor de agua. El *Sintol* parece proceder de unos primitivos productos solubles formados (metanol, etanol, propanol y acetona) que llamaron *Prosintol*. Y, por ultimo, calentando el *Sintol* en autoclave a presión, despréndese vapor de agua y se forma una mezcla de hidrocarburos con olor a petróleo, rica en metano, y que denominaron *Sintina*. Tanto el *Sintol* como la *Sintina* han sido ensayados como combustibles líquidos o como bases de mezclas carburantes, con resultados muy satisfactorios.

La reducción directa del carbon con hidrógeno a presión es totalmente obra de Federico Bergius en su Laboratorio de Hannover. Hace proximately diez años que comenzó su trabajo en este sentido y hoy sus patentes han sido ya llevadas a la realidad en Alemania y en otras naciones. En un autoclave de acero, provisto de un movimiento de vaivén, coloca el carbon en polvo y hace llegar una corriente de hidrógeno a 150-200 atmósferas de presión y 300-400 grados centígrados de temperatura, tomando todas las precauciones personales necesarias contra el peligro de explosión. Mas de un 80 % (que llega, a ve-

ces, hasta el 99·0% del carbon) se fluidifica, transformándose en aceite cuya composición se aproxima mucho, según Fischer y Schrader (1) a la de los petróleos juntamente con cuerpos de carácter fenólico. Aun cuando F. Fischer y sus colaboradores (2) negasen en 1920 la importancia industrial de este procedimiento (hijo de la antigua *berginización de los petróleos*) es lo cierto que ya su paso a la industria está cumplido, con las últimas patentes (3) y que abre un horizonte magnífico a las regiones que, como Asturias, necesitan fortificar su economía hullera con aplicaciones de este género (4).

Y para terminar estas rápidas orientaciones voy a ocuparme ahora de la acción del calor sobre el carbon, que es la parte del estudio de los combustibles minerales mas importante ya por su alto valor teórico ya por sus consagradas y numerosas aplicaciones a la práctica.

Cuatro series de motivos fundamentales sirvieron de hitos en la marcha segura y llena de intuición maravillosa, que siguieron estos trabajos a través del tiempo: motivos de economía, motivos de higiene, motivos de oportunidad y motivos de alta investigación de química pura.

Los *motivos de economía* refléjanse en el continuo deseo, seguido, casi siempre, de inmediata realización, de aprovechar racionalmente los combustibles minerales. Un

(1) F. Fischer y H. Schrader. *Brennstoff-Chemie* II, 161 (1821).

(2) F. Fischer. *Brennstoff-Chemie* I, 35 (1920).

(3) D. R. P. 303.893; 309.282. Vid. Tropsch: *Ges. Abhandlg z. etc.* I, 167 (1917). Todavía existen patentes mas modernas.

(4) Para mas detalles de esta fabricación y su aplicación a Asturias tengo mucho gusto en recomendar al lector el excelente artículo de mi querido amigo y antiguo discípulo J. M. Pertierra: *La licuación de la hulla y el porvenir minero asturiano. El Carbayon* N.º 16.369. (1927). Al mismo tiempo le agradezco desde aquí su cariñosa alusión a mi persona.

carbon no es tan solo, un agente dedicado con exclusividad a producir calor. En sus entrañas se acumulan muchos factores de mas utilidad que pueden servir para resolver graves crisis industriales, cuando se le someta a un tratamiento especial. Y así efectivamente se realizó, como ya se ha visto y se verá mas adelante.

Por otra parte; un alta razon económica que aconsejaba y aconseja, no desperdiciar esta utilísima primera materia, en beneficio de nuestros lejanos descendientes, se deduce de un somero estudio comparativo entre las reservas mundiales de carbon y su gasto anual en todos los paises:

Las reservas probables de carbon en toda la tierra fueron calculadas. en 1913 (1), hasta los 600 pies de profundidad. La cifra aproximada es de: 7.2397.553.000.000 de toneladas. De estas reservas corresponden (2):

A America.....	69 %
» Asia	17,3
» Europa.....	10,6
» Africa.....	0,8
» Oceania.....	2,4

El carbon de piedra gastado en el mundo desde 1900 a 1919 ha sufrido las siguientes variaciones (3):

(1) *International Geological Congress*. Vid. Mc. Culloch y Neville Simpkin. Op. cit. 1-2.

(2) Bone, Op. cit. 17.

(3) *Brennstoffvorräte der Welt Coal Age XIX*, 60 (1921). Vid. Strache y Lant Op. cit. 117.

EN MILLONES DE TONELADAS

	1900	1905	1910	1915	1916	1917	1918	1919
Europa....	423,3	450,3	527,5	485,2	509,1	511,4	455,2	361,7
América..	249,7	264,2	466,7	506,6	549,8	645,7	635,3	486,0
Asia.....	—	20,8	43,7	—	—	—	68,0	—
Africa.....	—	—	16,0	8,3	10,1	10	—	—
Australia..	0,9	8,2	12,2	11,2	10,0	—	11	—
Total....	673,9	743,5	1.056,1	1.011,3	1.079,0	1.127,1	1.169,5	847,7

Considerando el gasto correspondiente al año 1918 como gasto medio (pues estos aumentan progresivamente, sin contar con que Bone (1) hace ascender el de 1913 a 1.250 millones de toneladas) una simple división nos dará el número de años aproximadamente que le resta de existencia al carbon mineral. Este número es de 6.325 años que Arrhenius hace descender a 1.500 años solamente.

¡De todos modos larga es, en verdad, la fecha, para nuestra satisfacción actual. Pero, además de que ha de acortarse este número por motivo de las crecientes necesidades industriales, no debemos fiar a nuestro egoísmo un sensual *statu quo* y una inercia suicida. Debemos velar por el porvenir con el mismo interés con que nuestros antepasados pensaron en nosotros. Es, pues, nuestra obligación aprovechar integralmente los combustibles minerales que nos ofrece la tierra y no olvidarnos de buscarles sustitutos para el día de mañana [energía del agua, del viento, del Sol, de los mares, repoblación intensiva de los bosques con vista al carbon de madera etc. etc. (2)].....

(1) Bone Op. cit. 19.

(2) Vid. S. Arrhenius. *The problem of the world's supply of energy*. Memoria presentada al Instituto Franklin de Filadelfia (1920).

Los *motivos de higiene* refierense en su totalidad a los perjuicios de todo género que originan *los humos* fabriles, consecuencia del uso del carbon crudo.

Lo nocivo de los humos para la vegetación, para los edificios y para los seres vivientes, reiteradamente puesto de relieve en Inglaterra y otras naciones, por múltiples informes de higienistas, naturalistas, ingenieros y químicos (1) creó, ya desde mediados del siglo XVII, la necesidad de buscar el *combustible sin humo*. Pensaron y realizaron, los investigadores, para conseguir su objeto, separar del carbon de piedra la mayoría de los productos volátiles, aprovechables en usos importantísimos. Y llegaron de ese modo al *combustible semi-cokizado*, como dice Bone (2).

(1) En lo que atañe a los daños a la vegetación vid. Blackman y Brown: *Phil. Trans.* 185, 502 (1895). *Proc. Royal Soc. A.* 70, 397 (1902); B 76, 402 (1905). J. B. Cohen *Report of the Committee on Smoke and Noxious Vapours Abatement. J. Soc. Chem. Ind.* XL (1922). G. A. Ruston: *Informe a la British Association* respecto a los daños en la vegetación de Leeds. *Report of Discussion upon Smoke Abatement and Air Pollution at the British Association* (1915) Manchester. *Report of the Sanitary Committee of the City of Manchester on Air Pollution*. Abril (1915). Vid. también Mc. Culloch y Simpkin, *Op. cit.* 10; 228 y Bone *Op. cit.* 260-261.

En lo referente a los daños en los edificios vid. Cohen y Ruston *Smoke A Study of Town Air* 45 (1912).

Y en lo atañadero y a los daños inferidos a los seres vivientes vid. G. H. Bailey y otros: Investigación efectuada a instancias de la *Manchester Field Naturalists Society*. Delepine: *Report of the Royal Commission on Arsenical Poisoning* I, 195. C. W. Salleeby. *Conferencia en la British Commercial Gas Association*. Octubre (1919).

(2) Bone, escribe en su *Op. cit.* 270-271 (ed. española): «Las esperanzas de acabar por nosotros mismos con estos daños pueden cifrarse en tres direcciones, todas las cuales son practicables hoy o lo serán muy pronto. La primera es una extensión mayor del empleo de los combustibles gaseosos para usos de calefacción y todos los investigadores que se dedican a aumentar la eficiencia de la combustión de gases o a facilitar la generación y aplicación de los mismos están

La mas antigua noticia aplicable a este proyecto, aunque muy vaga, se encuentra en la literatura industrial inglesa. En 1656 escribia Evelyn en su periódico la genial idea de Sir Jhon Winter de «quemar el carbon para eliminarle el sulfuro y hacerle así mas útil a los usos domésticos (1).

Desde entonces hasta 1839 las patentes inglesas dirigiense mas a recoger y utilizar los productos líquidos (breas y alquitranes) para pintar con ellos los cascós de los buques y la madera con objeto de hacerles mas resistentes y durables, que a preparar combustible sin humo (2).

Sin embargo, en ese mismo año aparece una patente importantísima en la cual su autor, Alejandro Cruicksands

indudablemente ayudando a la muerte del dragon de los humos. La segunda es una extensión mayor de la electricidad en sus aplicaciones a la energía, proposito que ya no es un proyecto sino que está en vias de realización y está llamado a revolucionar la industria inglesa. La tercera es la forma de fabricar y consumir una cantidad mayor de carbon semi-cokizado obteniendo así un combustible doméstico sin humo a un precio que no exceda al del carbon y este es un problema cuya solución pone actualmente a prueba nuestros mas hábiles investigadores. Debemos considerar que en un porvenir no muy lejano el uso bárbaro y directo del carbon como agente de calefacción o energía con sus humos, cesará practicamente en todos los lugares civilizados».

(1) Mc. Culloch y Simpkin Op. cit. 40.

(2) Entre las patentes inglesas de ese intervalo merecen citarse: la 247 (1685) de Carlos Corcelles, que propone: «un nuevo camino para preparar alquitran o brea que preserve a los barcos de la carcoma», indicando que con una sola capa de barniz se hace seis veces mas durable, la made a. sin fundirse al Sol. La 405 (1716) de Eduardo Talbot que registra la producción de alquitran, brea y aceite. Las 1015 y 1772 (1766) de Cristino Guillermo Baron Von Haak que describe la destilación del combustible mineral en un cilindro de hierro donde preparaba «la materia fluida producida por el carbon» y, al mismo tiempo, obtenia vitriolo, nitrógeno y negro de humo por un adecuado tratamiento de esta materia fluida. La 1291 (1781) del Conde de Dudonald que ya especifica una destilación del alquitran producido por carbonización. Para mas detalles, vid. Mc. Culloch y Simpkin Op. cit. 40-41.

indica la *mezcla, en pequeñas proporciones de carbon cokizante con carbon no cokizante* para preparar un cok suficientemente duro, adelantandose asi, con mucho, a los métodos modernos (1).

La primer patente inglesa llevada a la práctica, y hoy en plena acción, es la de Tomas Parker (2). En 1890, registraba este inventor, un procedimiento para obtener combustible sin humo «haciendo pasar una corriente de vapor, o de gas de agua, o de gas de carbon sobrecalentados a la temperatura de 600-650 grados centigrados, a través de la masa de carbon encerrado en una retorta». Diez y seis años despues el mismo autor perfeccionó el método con dos nuevas patentes (3) y dió definitivamente el nombre de *Coalita* al semi-cok obtenido (4).

Desde entonces la fabricación de semi-cok, derivado de la destilación de carbones a baja temperatura, hasta para usos de calefacción doméstica, se ha extendido grandemente y se han multiplicado los nuevos procedimientos y las modificaciones a lo antiguo. Y asi: a la *Coalita* inglesa, corresponde el *Carbocoal* americano propuesto por C. H. Smith de Nueva York que es aplicable a lignitos y carbones cokizantes, semi-cokizantes y no cokizantes, usando para éstos ultimos, de un procedimiento de *bri-*

(1) Patente inglesa N.º 8.141. Hennebute, en el *Congres des Mines et de la Metallurgie de Liege* (1907) presentó trabajos muy completos, aunque sin resultado satisfactorio, referente a este punto concreto. Vid. H. Le Chatelier *Le Chauffage Industriel* 3^{er} edit. 233 (1925) Paris.

(2) Patente inglesa N.º 67 (1890).

(3) Patentes inglesas N.ºs 365 y 17.347 (1906).

(4) La primer Sociedad constituida para explotar esta patente fue la *Coalita Limited* que elevó, en 1909, una fábrica en Plymouth, hoy se ha sucedido la *Messrs. Low Temperature Carbonisation Limited, Barnugh*, Barusley, Yorkshire. Para detalles de fabricación vid. Mc. Culloch y Simpkin. Op. cit. 87-94.

quetización con breas como agente aglomerante (*binding agent*) (1).

Como oportunas modificaciones al procedimiento de la *Coalita* señalanse los métodos de Maclaurin (2) y de L. M. N. con retorta rotativa (3), fundados entrambos en la destilación a baja temperatura usando como fuente de calor el gas de carbon.

Dos procesos originales; el uno de carácter físico y el otro de índole química son: el *Pure Coal Briquette* (4) y el de Illingworth (5).

El primero es consecuencia de las investigaciones de Laboratorio llevadas a cabo por Evans y Sutcliffe (6) respecto a la estructura física del buen semi-cok, así como a su contenido mínimo en materias volátiles para que, una vez encendido, continúe ardiendo hasta agotarse. La condición—que ellos consideran predominante—se refiere a que el buen semi-cok, visto al microscopio, presente infinidad de diminutos poros llenos de aire, distribuidos por toda su masa y no tapizada su pared, de grafito. Y en lo

(1) La Sociedad encargada de este proceso se llama *International Coal Products Corporation*. Y posee fábricas en Irvington, New Jersey y South Clinchfield (Virginia) protegida por el gobierno de los Estados Unidos.

(2) Patente inglesa N.º 24.426 (1913). Ha sido llevada a la práctica por la *Glasgow Corporation Gas Committee*, con fábricas en Port Dundas y Grangemouth.

(3) Ha sido propuesta por Messrs. B. Laing, F. D. Marshall y H. Nielsen, y llevada a la práctica por la *Carbon Products Company of India*.

(4) Ha controlado este procedimiento la *Pure Coal Briquette Ltd.*

(5) Patente inglesa N.º 161.104 (1921).

(6) E. R. Sutcliffe y E. C. Evans. *Low Versus High Temperature Carbonisation for the Production of Smokeless Fuel*. *Proc. S. Wales Inst. Eng. Gas J.* CLVIII, 631 (1922). *The Influence of Structure on the Combustibility and other Properties of Solid Fuels*. *J. Soc. Chem. Ind.* XLI, 196 (1922).

referente al contenido de volátiles de este buen semi-cok, lo fijan en un diez por ciento. La técnica de su fabricación la concentraron en conseguir estos dos resultados.

El proceso de Illingworth es consecuencia de lo ya dicho anteriormente (1) atañedero a la distribución de los componentes α , β , γ y compuestos úlmicos en la producción de un cok bien coherente (2). Este método constituye el paso mas decisivo en la marcha del antiguo procedimiento de Cruksands, promediada por el del *Carbocoal*, Calculase, por lo menos el día en que la fabricación llegue a su modo perfecto, que el problema quede absolutamente resuelto con unos previos análisis semi-industriales del cok en el aparato de Illingworth (3).

Existen, por fin, infinidad de modificaciones del tipo de retorta de destilación; tales como la de Chiswick (4), Fischer y Gluud (5), la múltiple de Freeman (6), la de Traer (7), la de Thyssen que produce semi-cok pulverulento (8), la americana de Thomas con el mismo fin (9) etc. etc. etc.

El hecho fundamental, en todos los casos, está en preparar *semi-cok*, o sea, un producto sólido del carbon que contenga todavía materias volátiles y capaz de originar

(1) Illingworth. Op. cit. de Análisis. 110-118; 331.

(2) La patente ha sido aplicada en pequeña escala en Treforest y ya existe una fábrica en marcha.

(3) Illingworth. Op. cit. de Análisis. 113-118.

(4) Los resultados de esta retorta pueden verse en *A Treatise on British Mineral Oil* (1919).

(5) F. Fischer y W. Gluud. *Ber. d. Dtsch. Chem. Gesell.* LXII, 1035-1039 (1919).

(6) Adoptada por la *British Oil and Fuel Conservation Ltd.*

(7) G. W. Traer. *Low Temperature Distillation of Illinois and Indian Coals. Bull. Am. Inst. Min. Eng.* 141; 1463 (1918).

(8) Thyssen. *Stahl und Eisen.* 743 (1920).

(9) Thomas. *Coal Age.* XX; 914 (1921).

suficientes calorías para su utilización industrial y doméstica. Y, aprovechando para ello carbones inferiores; hasta los no cokizantes.

El siguiente cuadro comparativo (1) aclarará mas el asunto:

	Cok de retorta múltiple de Freeman (2)	Cok de retorta rotativa L. M. N. (5)	Carbocoal	Coalita	Cok Hargreaves	Cok de Proceso Maclaurin (4)	Cok metalurgico (5)
Humedad.	—	1,90	2,03	—	0,60	—	3,5
Cenizas	16,35	15,90	15,66	6,4	10,70	8,52	10,6
Materia volatil.	—	13,40	5,94	—	7,80	—	4,8
» » orgánica	10,39	11,50	3,91	10	7,20	4,77	1,3
Cok	89,61	86,60	94,06	90	92,20	—	95,2
Carbono fijo	73,26	70,70	78,40	83,6	81,50	86,71	84,6
Azufre	—	1,70	—	—	—	—	1,9
Poder calorífico..	—	3.162,600 cal.	2,915 cal.	—	3.321,360 cal.	—	—
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

- (1) Mc. Culloch y Simpkin. Op. cit. 64.
 (2) Ensayo sobre un carbon de Derbyshire que contenia: 14,85 de cenizas y 5,30 de humedad.
 (3) Ensayo sobre carbon bituminoso con: 12,4 de cenizas y 2,8 de humedad.
 (4) Ensayo sobre un carbon con: 6,19 de cenizas y 10,40 de humedad.
 (5) Cok obtenido por el *Pure Coal Briquette Process for Metallurgical Work*.
 (6) Análisis del autor U. H. Freeman.
 (7) Análisis de F. D. Marshall. *Low Temperature Carbonisation Gas. J.* 142-381 (1918).
 (8) Análisis de F. S. Sinnatt. *Journ. Roy. San. Inst.* XLII, N.º 1 (1921).
 (9) Análisis insertado en el *Engineer ing.* 112; 598 (1921.)
 (10) Análisis de F. S. Sinnatt. *Journ. Roy. San. Inst.* XLII N.º (1921).
 (11) Análisis del autor: *J. Soc. Chem. Ind.* 36; 620 (1917).
 (12) Análisis de E. C. Evans. *Aspecto of Low Temperature Carbonisation of Coal. J. Soc. Chem. Ind.* 31; 2125 (1918).

Los *motivos de oportunidad* desencadenáronse con una urgencia aterradora en los terribles años de la Guerra Europea. Crecieron, entonces, desmesuradamente las demandas de *esencias de motor*, y las fuentes principales de petróleo, además de pertenecer a determinadas naciones beligerantes con perjuicio para las otras no le producían en suficiente cantidad para tan excesivas demandas.

De aquí surgió la necesidad de buscarles sucedáneos, ya por medio de mezclas de líquidos orgánicos volátiles, ya desenterrando viejos trabajos de destilación de carbones que, hasta entonces solo habían tenido un interés teórico.

Alemania e Inglaterra llevaron la iniciativa en este último punto. Alemania, en los terribles años transcurridos desde el 1914 al 1919, lo consideraba como asunto actualísimo de vida o muerte, porque veía cerradas todas sus fronteras a la importación de petróleos. Inglaterra, la tenía por una buena regla de previsión para lo futuro, dado su carácter insular y, por tanto, fácilmente aislable.

Pocos años después, hizo suyo el problema América del Norte. Sus razones eran de otra índole: el agotamiento de sus pozos de petróleo. En efecto; según David T. Day (1) en los Apalaches, la cantidad de petróleo extraído disminuyó desde 207 barriles en 1861 a 173 en 1907. En el Oeste de Virginia el descenso fué un 56 por ciento en 1910. En los campos neoyorkinos y Pensilvania bajó desde 1891 a 1898 en un 50 por ciento. Y, generalizando, casi puede decirse lo mismo de las otras regiones petrolíferas. En re-

(1) D. T. Day. *U. S. Geological Survey*.

sumen: que, en opinión de Svante Arrhenius (1) solo hay petróleo para unos noventa años.

Los estudios principales de sustitución dirigiéronse en el sentido de la destilación de los carbones a baja temperatura o a baja presión.

El asunto no era nuevo. En 1853. John Perkins de Manchester (2) patentó una destilación de las materias carbonosas a baja temperatura; y aun, sustituyó el carbon por esquistos, sustancias vegetales como esparto, etc. etc. para obtener finalmente parafina y aceites de parafina óptimos para la lubricación. Y en 1854 James Wolfe Sparr de Birkenhead (3) registró tambien una patente para destilar sustancias carbonosas, incluyendo carbon, con objeto de producir *aceite mejor que gas*; y agregó que dicha destilación debia ser hecha bajo *un gran vacio*.

Por el lado teórico tambien se estudió la cuestión desde fecha muy alejada. Merecen ser citados los trabajos de Delesse (4), C de Marsilly (5), Williams (6) y Schorlemmer (7) todos los cuales estudian la destilación a baja tempe-

(1) S. Arrhenius. Memoria cit. Por otra parte Sir Boverton Redwood en *J. Roy. Soc. Arts.* LXII, 103 (1913) razona diciendo que en 1901 la producción total de petróleo era de 23 millones de toneladas, y que en 1911 se dobló esta cantidad 46,500.000 toneladas, es decir, un aumento del 2,8 al 4,3 por ciento de la producción mundial. De aquí, los Estados Unidos dan el 63 %, Rusia el 20 %, Mejico el 4,7 % y los demás estados el 12,3 %.

(2) Patente inglesa N.º 307 (1853).

(3) Patente inglesa N.º 430 (1854). Vid. Mc Culloch y Simpkin Op. cit. 41.

(4) M. Delesse. *Ann. Mines Ser. XII*, 89, 326 (vid. 127), (1857) Paris.

(5) C. de Marsilly. *Ann. Chim. Phys.* LXVI, 167, 171 (1862) Paris.

(6) Williams. *J. Chem. Soc.* XV, 130 (1857); *Ann* CII, 126 (1857); CVIII, 384 (1858).

(7) Schorlemmer. *Ann* CXXV, 103 (1863); CXXVII, 313 (1863); CXXXVI, 257 (1865); CXXXIX, 244 (1866).

ratura y algunos, como el último la naturaleza de los *aceites ligeros* procedentes de los *cannelcoals* ingleses (1).

Alemania, durante la guerra, hizo ya funcionar fabricas destinadas a destilar carbon a baja temperatura usando como primera materia el lignito. Y en Inglaterra—muy poco despues que en Alemania—, el Ministro de Municiones llamaba la atención acerca de los siguientes puntos:

1.º La necesidad de economizar los suplementos de carbon.

2.º La gran demanda de benceno y tolueno para explosivos y otras municiones de guerra.

3.º El, tambien creciente, pedido de aceites combustibles de varias clases: espíritus de motor, aceites para máquinas Diesel y aceites combustibles para la Armada.

En Octubre de 1916 planteó esta cuestión en el Parlamento el Doctor Addison, en el sentido de usar los *cannel* y los *esquistos* para destilarles a baja temperatura. Formáronse entonces dos Comites: uno, constituido por la *Comisión de tecnólogos del Petróleo* y otro nombrado por el Ministro de Municiones. Entrambas entidades dieron sendos informes afirmativos y minuciosos desde el punto de vista económico (2). Y este fué el origen del auge que tomo esta industria en el Reino Unido, pues todas las

(1) Para mas detalles Strache y Lant. Op. cit. 342.

(2) Los apartados 4.º y 5.º del Informe de la *Comisión de tecnólogos del Petróleo* dicen:

4.º Como resultado de algunos ensayos se establece que puede obtenerse por tonelada del material inglés de 15 a 80 galones (1 galon de agua = 4,5 h litros) de aceite crudo. Este aceite despues de refinado deja 8% de esencia de motor y 40-50 % de aceite combustible.

5.º El Comite crée que pueden ser tratadas por dia 10.000 toneladas de material para subvenir a las necesidades del Gobierno. Y admitiendo un promedio de 30 galones por tonelada, se pueden preparar diariamente 300 000 galones de aceite crudo, o sea 400 000 toneladas al año.

fábricas, ya enumeradas, que producen semi-cok, recogen su *alquitran primario* o su *alquitran de vacío* para someterle a la destilación fraccionada con objeto de obtener aceites combustibles.

El inmenso depósito de lignitos que existe en el Canadá, beneficiado por la *Lignite Utilisation Board of Canada*, elevó en Saskatchewan una fábrica para trabajar 200 toneladas de lignito crudo por día (1).

Y hoy día multiplicáronse las fábricas por todas las naciones, sin olvidar a España que destila sus lignitos y sus esquistos carbones, entre otras, en su *Fabrica de productos químicos del Puig* (Valencia).

Y así va creandose poco a poco el combustible líquido que ha de sustituir al, pronto desaparecido, petróleo.

Los *motivos de investigación de química pura* respecto a la verdadera composición de los carbones, se basan en los productos de descomposición que el calor origina sobre ellos.

Ya el lector habrá visto planteado el problema unas páginas mas atrás. Actualmente nos es desconocida la verdadera constitución de la materia propia de los carbones. Todavía persiste nuestra ignorancia actual en lo que se refiere a ciertas sustancias integrantes del vegetal primitivo. Y esto dificulta enormemente nuestro raciocinio para seguir, con lógica, toda la evolución secular desde la planta viviente al carbon.

Mas, ya que no el problema en su integridad, la ciencia actual procura sentar los mas sólidos fundamentos para el trabajo futuro. Y hoy se ha preocupado de resolver dos cuestiones interesantísimas:

(1) Stansfield. *J. Ind. Eng. Chem.* XIII, 17 (1921).

1.^a ¿La celulosa de la planta cuaternaria ha persistido, con las consiguientes modificaciones, a través de todas las vicisitudes que han dado origen al carbon actual?

Y 2.^a ¿Existen o no existen *benceno* y *naftaleno* entre los productos de destilación de los carbones a baja temperatura?

A que dominase en la ciencia, hasta 1922, la falsa teoría de que algunos de los componentes primitivos del carbon procedían integramente de la celulosa originaria, cooperaron muchos investigadores de nota.

Así; Renault (1) afirmaba que, por la acción de microorganismos, la celulosa se transformaba en carbon bituminoso, correspondiente a la fórmula empírica $C_9 H_6 O$ [C=83,1 %; H=4,6 %; O=12,3 %].

Contribuyeron también a esta errónea suposición los trabajos experimentales de S. Stein (2) y, sobre todo, los de Bergius (3). El primero calentando, a 290°, madera húmeda, obtenía un carbon parecido a la hulla [C=81,3 %; H=3,8 %; O=14,9 %]. Y el segundo sometiendo la celulosa a 340° bajo fuerte presión, producía una materia carbonosa artificial, de notable semejanza, en el aspecto y la composición, al carbon natural [C=84,0 %; H=5,0 %; O=11 %].

Mas modernamente y en sus amplios trabajos acerca de la acción del calor sobre el carbon, Wheeler y sus cola-

(1) B. Renault. *Notes pour servir a l'histoire de la formation de la houille* *Compt. Rend.* XCVII, 531-533; 1019-1021; 1439-1441 (1883) Paris. *La houille. Le Genie Civil* VI, 136-139 (1884) Paris.

(2) S. Stein. *Geolog. Centralblatt* I, 607. *C. S. Abstracts* 87 (1902). *Chem. Centralblatt*. II, 950 (950 (1901).

(3) Bergius. *Die Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle* (1913) Halle.

boradores (1) ahincaron aun en mayor grado, la *teoría celulósica*. En efecto: redestilando hasta 300° los alquitranes, obtenidos por destilación de carbones a baja temperatura [430°] y presión [5-40 m. ms.], obtienen un 12-15 por ciento de *cuerpos fenólicos* (cresoles, y xilenoles). Destilando, en iguales condiciones, petróleo, se recoge una mezcla de cuerpos, principalmente *naftenos* como en el caso anterior, pero *sin indicios de fenoles*. La diferencia entre carbones y petróleos está, pues, en el cuerpo primitivo productor de fenoles.

Ahora bien: destilados por Jones y Wheeler los compuestos α , β , γ , observaron que solamente las porciones α y β producían aceites fenólicos. Afirmaron entonces que los fenoles se formaban a expensas de los grupos *furánicos*, que existen en la molécula de la celulosa, en virtud de una destilación destructora (2). Y concluyeron con que los compuestos α y β eran de naturaleza *celulósica*.

Fischer y Schrader echaron abajo definitivamente esta teoría en 1922 (3) pues demostraron, entre otras cosas que se dirán mas adelante, que la celulosa por fermentación se transforma íntegramente en anhídrido carbónico, metano y ácidos alifáticos; en que los dos primeros son expulsados al aire y los segundos son absorbidos por el terreno. Y construyeron, para sustituir a la fenecida *teoría celulósica*, una *teoría lignínica* mas racional, ya que la *lignina* explica mejor los hechos conocidos. En lo que se refiere a los compuestos α y β de Wheeler dicen que basta sustituir la palabra *celulósicos* por la frase: *procedentes*

(1) *J. Chem. Soc.* CV, 141; 526 (1914). CVII, 318 (1915). CIX 708 (1916).

(2) *The Constitution of Coal.* *J. Chem. Soc.* CIX, 707 (1916).

(3) *Entstehung und chemische Struktur der Kohle* (1922) Essen.

de la lignina originaria para que la verdad quede restablecida (1).

Son dignos de notar, antes de estos últimos trabajos, algunos estudios que vienen a afianzar la teoría *lignínica* en contra de la *celulósica*.

Así, por ejemplo en 1897 ya H. von Feilitzeny B. Tollens (2) observaron, al analizar el tanto por ciento de celulosa de una turbera, que disminuía con la profundidad como se vé en el cuadro siguiente:

	Por ciento medio de celulosa
<i>Spagnum cuspidatum</i> en superficie....	21,1
Turba a 20-100 cm. de la superficie.....	15,20
Turba a 100-200 » » »	6,87

Esto lo atribuiría Renault a que la celulosa se transformaba en compuestos *úlmicos* por acción de las bacterias del suelo; pero también podía ser debido a una destrucción por fermentación de la celulosa.

Por otra parte Chardet en 1914 (3) afirma que las bacterias celulófagas hidrolizan la celulosa transformandola en dextrinas y azúcares que ulteriormente se tornan en ácido graso y anhídrido carbónico. Y para explicar la formación de *ácidos úlmicos* supone que en la turbera el medio anerobio impide las acciones oxidásicas y entonces las acciones de oxidación, activadas por la presión y el calor producirán sobre los azúcares los ácidos úlmicos ya inatacables por los agentes naturales.

(1) *Entstehung* etc. 54.

(2) *Ber d. Dsch. Chem. Gesell.* XXX, 2571-2584 (1897).

(3) *Le Chímisme des Sols. Revue general de chimie pure et appliquée* XVII, 214 (1914).

No obstante, los verdaderos impugnadores de la *teoría celulósica* para crear en su puesto la *teoría lignínica* son, como ya he dicho antes, Franz Fischer y Hands Schrader. En su citado folleto exponen y desarrollan, minuciosamente con gran acopio de datos experimentales, hasta diez y seis razones en pro de su justo punto de vista (1). Aquí únicamente se hará mención de las importantes.

La celulosa presenta una constitución de tipo alifático intercalada de anillos furánicos. La lignina, por el contrario es toda ella de carácter aromático. Pues bien; la oxidación del carbon, como ya se he visto mas atrás, conduce, según estos autores, a los ácidos melítico, piromelítico, trimelítico, benzopentacarbónico, ftálico, isoftálico, tereftálico y benzoico. Todos ellos de núcleo aromático y *precisamente iguales* a los preparados por oxidación de la lignina. La celulosa, por el contrario, dá en idénticas condiciones, ácidos fumárico, succínico y oxálico, es decir, ácidos alifáticos (2).

Si se admite con Chardet que los azúcares, libertados por fermentación de la celulosa den lugar a los ácidos úlmicos de Malaguti, debiera encontrarse en el carbon subsiguiente, el grupo furánico, ya que éste pasa de la celulosa al azúcar y de aquí a la azúcar-ulmina. Sin embargo, no sólo el carbon no le contiene, sino que tampoco se le halla ni en el ácido úlmico natural, ni en el lignito (3).

Y lo propio sucede con el grupo *metoxilo* fijado y caracterizado por Willstätter (4) en la lignina, que persiste

(1) F. Fischer y H. Schrader. Op. cit. 20.

(2) F. Fischer y H. Schrader. Op. cit. 48. Tabla 8.

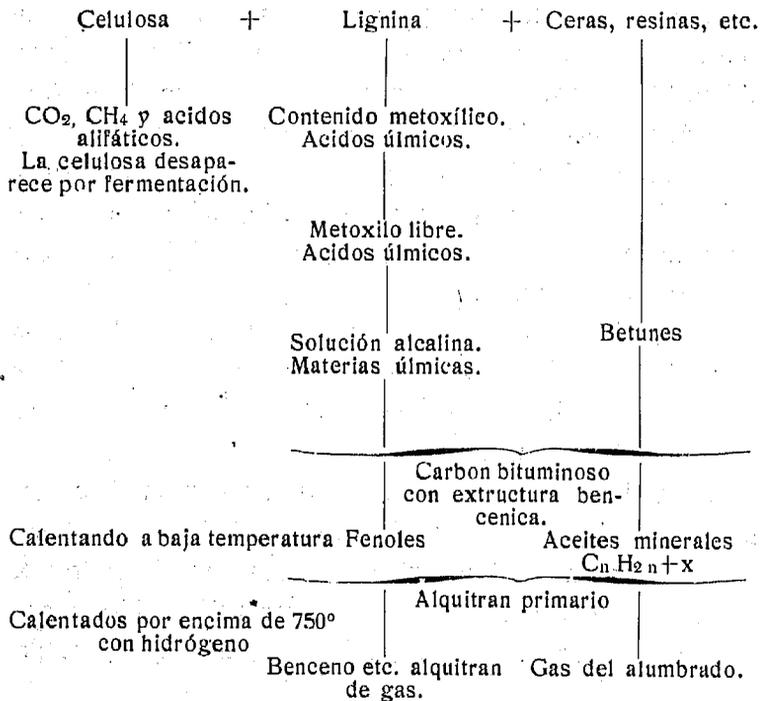
(3) F. Fischer y H. Schrader. Op. cit. 46. Tabla 7.

(4) Willstätter y Zechmeister. *Ber. d. dtsh Chem. Gesell.* XLVI, 2401 (1913).

a través de la turba, hasta el lignito, mientras no es posible hallarlo en la celulosa (1).

Estas y otras razones mas, que pueden recojerse del folleto original, demuestran, de una manera clara, que la parte aromática del carbon de piedra procede de la lignina.

Y ellas han conducido a los autores que me ocupan a exponer, en un gráfico, la supuesta formación de los carbonos bituminosos haciendoles derivas de la lignina y de las *ceras, resinas* etc. del siguiente modo, que no necesita explicación: (2).



(1) F. Fischer y H. Schrader. Op. cit. 40. Tabla 6.

(2) F. Fischer y H. Schrader. Op. cit. 57 Esquema I. *Brnnstoff-chemie* II, 225-241 (1921).

El químico francés D. Florentin modifica, un tanto, el esquema citado, previas algunas atinadas consideraciones que voy a resumir brevemente (1).

Fischer y Schrader se olvidan, en su sólida argumentación, del contenido en nitrógeno de las hullas. Este contenido tiene dos singularidades: 1.^a la de ser muy importante (entre 1 y 2 por ciento) y 2.^a la de existir en forma muy estable, ya que, durante la oxidación lenta de la hulla, permanece aproximadamente constante.

Parándose, ahora, un instante, en los trabajos, un poco desdeñados por la literatura extranjera, de L. C. Maillard (2); acerca de la naturaleza del nitrógeno en los combustibles, se vé como los azúcares libres de la celulosa pueden fijar los ácidos aminados de las materias proteicas, con pérdida de agua y carbónico, para dar lugar a sustancias úlmicas, descritas por el autor. Y estas úlminas por el calor, pueden producir bases pirídicas.

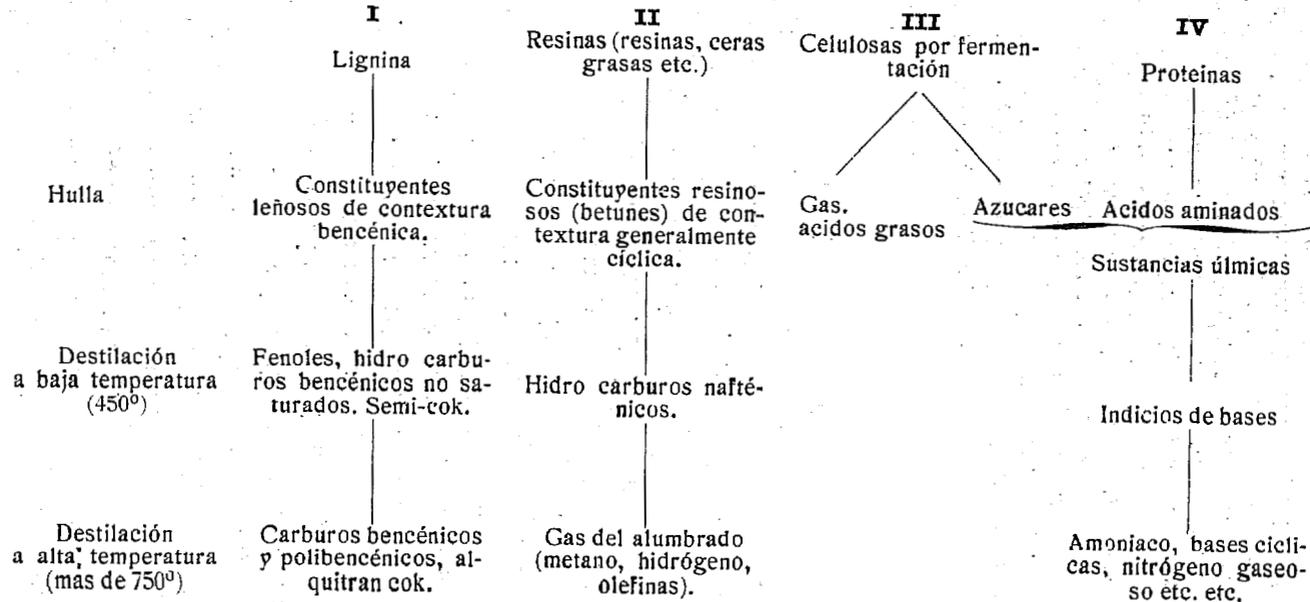
Desde este punto de vista, el esquema de Fischer y Schrader es modificado por Florentin del siguiente modo (3):

(1) D. Florentin. Conf. cit. 742-743.

(2) L. C. Maillard. *Action des acides aminés sur les sucres; formation des melanoïdines par voie méthodique. Compt. Rend.* CLIV, 66-68 (1912) Paris. *Formation d'humus et de combustibles minéraux sans intervention de l'oxygène atmosphérique, des microorganismes, des hautes températures, ou des fortes pressions. Compt. Rend.* CLV, 1554-1556 (1912) Paris. *Origine des bases cycliques du goudron de houille. Compt. Rend.* CLVII, 850-852 (1913) Paris. *Synthèse des matières humiques par action des acides aminés sur les sucres reducteurs. Ann. Chim. Phys. Ser. 9. V, 258-317 (1916) Paris. Identité des matières humiques de synthèse avec les matières humiques naturelles. Ann. Chim. Phys. Ser. 9. VII 113 152 (1917).*

(3) D. Florentin. Conf. cit. 744.

MADERA LEÑOSA



La primera pregunta queda, pues, contestada, hasta el presente, de una manera negativa.

A la segunda pregunta puede ya responderse, en absoluto, diciendo que no existen ni benceno, ni naftaleno en el alquitrán primario (1) o en el alquitran de vacío. La pequeña cantidad de benceno que E. C. Jones (2) encuentra entre el gas de una destilación inicial de diversos combustibles (desde madera hasta antracita) debe ser considerada, se-Stopes y Wheeler (3) olefinas de los últimos términos. Con la negación antedicha se le asesta un rudo golpe a la teoría de *resolución acumulativa* de Berthelot, porque serios trabajos de Pictet y colaboradores (4) y de Jones y Wheeler (5), realizados con alquitran de de vacío demuestran que el naftaleno se forma por descomposición pirogenada de dicho alquitran (6). Por otra parte, la discusión entre F. Fischer (7) y F. Schüt y colaboradores (8) acerca de la probable presencia, en un alquitran primario obtenido por Schüt, de una cantidad, predominante de benceno a expensas de la de fenol, fija este investigador la temperatura de 700° para la aparición del naftaleno y un poco menos para la de los

(1) Se llama *alquitran primario* al obtenido por la destilación del carbon a baja temperatura.

(2) E. C. Jones. *Coal and its By-Products*. *J. Franklin Institut.* CLXXVII, 511-531 (1914) Filadelfia.

(3) Stopes y Wheeler. *Op. cit.* 9.

(4) Pictet y Ramseyer. *Ber. d. Dtsch. Chem. Gesell.* XLVI, 3349 (1913). Pictet y Bouvier. *Compts. Rend.* CLVII, 1436 (1913), CLX, 629 (1915) Pictet, Kaiser y Labonchère. *Compts. Rend.* CLXV, 113 (1917). *Ber. d. Dtsch. Chem. Gesell.* XLVIII, 926 (1915).

(5) D. T. Jones y Wheeler. *J. Chem. Soc.* CV, 141 (1914); CVII, 1318 (1915); CIX, 708 (1916).

(6) D. Florentin. *Conf. cit.* 738.

(7) F. Fischer. *Ber. d. Dtsch. Chem. Gesell.* LVI, 601-603 (1923); LVI, 1791-1794 (1923).

(8) F. Schütz. W. Buschmann y H. Wissebach. *Ber. d. Dtsch. Chem. Gesell.* LVI, 1091-1096 (1923).

aceites antracénicos (1). Y demuestra Fischer que el benceno encontrado es también un producto de pirogenación, producida por las paredes calientes de la caldera destilatoria.

Y, voy a terminar este trabajo estudiando, con un mayor detenimiento que hasta aquí, lo que, en el día se sabe respecto a la acción del calor sobre los carbones.

Se dice ordinariamente que los carbones destilan por acción del calor. Pero, en realidad, no está muy bien aplicado el término destilación al efecto descomponente producido por la energía calorífica sobre los combustibles sólidos. Los precisos términos de la idea de destilación, es decir: un ciclo físico con cambio de estado hasta gas a temperatura primero creciente y después decreciente (sólido-vapor-sólido; líquido-vapor-líquido); no son adaptables a este caso concreto. Por tal motivo se ha hecho seguir la palabra destilación, cuando se trata de los carbones, del adjetivo *seca*, o, más propiamente, del adjetivo *destructora*. Y así; *destilación destructora* del carbón es el resultado que el calor produce sobre esta clase de combustibles, mediante el cual sufren una parcial descomposición en porciones gaseosas y líquidas y abandonan un depósito sólido.

La destilación destructora del carbón produce, como es notorio, tres partes fundamentales: el *gas del alumbrado*, el *alquitran*, líquido y el *coque*, sólido. A diversas temperaturas, no obstante, la composición de estas tres porciones varía considerablemente.

Por eso, este pequeño estudio ha de abarcar los siguientes apartados:

1.º—*Destilación inicial.*

(1) Para más detalles acerca de esta interesante cuestión vid. Strache y Lant. Op. cit. 391-416, y, particularmente, 406-407.

2.º—*Destilación a baja temperatura,*

3.º—*Destilación a elevada temperatura.*

Destilación inicial. —Es interesante conocer la mas baja temperatura a que se descompone un carbón por el calor. Este asunto fué trabajado por primera vez, con poca diferencia de años, por Delesse en 1857 (1) y por De Marsilly en 1862 (2). Los resultados de este último no merecen detención porque dió, por señal de inicio de descomposición, el desprendimiento de los gases *ocluidos* en el combustible mineral: alrededor de 100º. Según analisis de Horace y Porter (3) ya el carbón a la temperatura ordinaria exhala anhídrido carbónico, óxido de carbono, oxígeno, metano, hidrógeno y nitrógeno.

Delesse, mejor orientado, considera como principio de la descomposición el *olor empireumático* y la destilación de las primeras porciones. En este sentido, dió los siguientes valores;

Turbas.....	»	proximadamente a los 250º
Lignito.....	»	a los 300º
Y Hullas...	»	a los 400º

Estos valores, muy próximos a los modernos, permanecieron inalterables hasta que 37 años después P. Mahler (4) fijó mas los términos de la cuestión. Estudiando, este químico, la oxidación del carbón a bajas temperaturas, observó que el hacer pasar a través de él una corriente de aire a 200º, esta lleva consigo una cierta cantidad de agua. Ese

(1) M. Delesse. *Etudes sur le metamorphisme*. Ann. Min. Ser. XII, 89-326; vid. 127 (1857) Paris.

(2) C. de De Marsilly. *De l'action des dissolvants sur l'houille*. Ann. Chim. Phys. LXVI, 167-171 (1826).

(3) Horace y Porter. *U. S. Geological Survey* (1907-1908).

(4) P. Mahler. *Experiences sur l'oxidation de la houille*. Ann. Mines IV, 163-198 (1913) Paris.

agua contiene indicios de ácidos fórmico y acético, acetona y alcohol metílico. Un estudio sistemático del agua desprendida a temperaturas crecientes, da: a 100° agua pura; a 250°, agua con ácido acético; a 300° agua con reacción ácida que contiene hidrocarburos.

Los experimentadores de nuestro siglo agotaron el tema, no en el sentido de hallarle nuevas derivaciones o sustituciones de lo antiguo, sino en el de aquilatar perfectamente todos los términos del problema experimental, por más que en las explicaciones, aun la enconada discusión es señal de no haber sido alcanzada, hasta ahora la teoría cierta.

Abren marcha M. C. Burgess y R. V. Wheeler (1), los cuales en un aparato especial con calentamiento eléctrico y con un dispositivo para hacer el vacío dentro de una retorta de platino provista de un separador de alquitran (2) calentaban 200 gramos de carbón y recogían los gases en una campana. De este modo obtuvieron resultados que pueden reunirse en los siguientes apartados: 1.° los gases condensados u ocluidos son separados en pequeña cantidad entre 150°—200°. Estos gases contienen principalmente hidrocarburos parafínicos en que predominan los altos términos de la serie. 2.° Se aprecia un punto singular de descomposición hacia los 200° caracterizado por un copioso desprendimiento de agua (con pequeñas cantidades de gases). El agua continúa desprendiéndose hasta 450° (la temperatura más alta de la experiencia). 3.° Los gases exhalados durante la más rápida formación de agua contienen un alto porcentaje de óxido de carbono y anhídrido carbónico. 4.° La descomposición de la mayoría de los compuestos

(1) M. J. Burgess y R. V. Wheeler. *The distillation of coal in a vacuum*. *Trans. Chem. Soc.* CV, 131-140 (1914) Londres.

(2) Un dibujo de este aparato puede verse en Bone Op. cit. 117.

sulfurados orgánicos suceden entre 200°—300° (comienza a 270° y termina a 300°). Juntamente con hidrógeno sulfurado se recogen elevadas olefinas; pero estas terminan de desprenderse a 350°. 5.º Desde los 310° destila un aceite rojizo-oscuro. El punto crítico de la descomposición es alrededor de los 350° en que se desprende una rápida y gran cantidad de gas y destila mucho aceite viscoso (1).

Rau y Lambris (2) se interesaron, con especialidad, en la formación de agua durante la destilación destructora. Afirman que la cantidad de vapor recogida, a igualdad de

(1) Todas estas observaciones se condensan en el siguiente cuadro:

Temperatura hasta..	100°	100°-200°	200°-300°	300°-350°	350°-450°	
Volumen de gas desprendido en cm ³ por 100 g. de carbon	34,0	65,5	58,5	98,5	4.000	
Composición centesimal de los gases	H ₂ S.	—	—	35,35	1,70	0,70
	CO ₂	6,7	1,4		20,95	2,85
	CO.	1,4	2,66	10,50	3,40	3,40
	C ₂ H _n	0,85	0,85	1,05	1,90	2,35
	C _n H _{2n}	1,30	2,90	18,85	17,90	6,15
	C _n H _{2n} + 2	84,55	81	18,85	37,22	46,55
	H ₂	1,90	2,75	13,35	15,35	36,90
	O ₂	1,65	0,70	(² H ₂ = 0,55)	(² H ₂ = 0,15)	(² H ₂ = Indistinx)
OBSERVACIONES	Parafinas hasta por encima del C ₃ H ₈	Parafinas hasta C ₄ H ₁₀	H ₂ S aparece a 270°. C ₄ H ₁₀ aislado	Cesa H ₂ S a 300° Descomposición crítica a 350°		
	Gases oclusionados hasta 200°		El agua se desprende a 200° y los aceites a 310°.			

(2) O. Rau y G. Lambris. *The formation of water in the dry distillation of fuels*. Gas. World. LXIX, 259-274 (1913) Londres.

temperatura, es mayor cuando el calentamiento es lento y por grados. Dicen además que en idénticas condiciones de calor, el combustible de elevado contenido en oxígeno produce más agua, y, a más baja temperatura, que el que contiene más carbono. Así; la celulosa tiene su principal formación de agua entre 240°—250° y el carbón bituminoso entre 400° y 650°.

En 1914 E. C. Jones (1) volvió a ocuparse de la temperatura inicial de descomposición del carbón. Operó en una retorta de fundición de hierro y consideró como punto culminante el desprendimiento rápido de gases. De este modo halló.

	<u>Se descompone a</u>
Madera.....	150°
Lignito pardo	230°
Lignito negro	260°
Carbón de Illinois.....	300°
Carbón de gas	330°
Carbón sin humo,	330°
Antracita	340°

Analizó también los productos gaseosos pero sus resultados son algo inciertos.

Mucho más importantes aparecen las investigaciones de Porter y Taylor (2), en las que sus autores eliminaron prácticamente la causas de error debidas, entre otros motivos, a la pirogenación. Para ello operaron a gran vacío (hasta 10 mm,) y calentaron en una ampolla de vidrio dentro de un

(1) E. C. Jones. *Coal and its By-Products*. *J. Franklin Inst.* CLXXVII, 511-531 (1914) Filadelfia

(2) H. C. Porter y G. B. Taylor, *The mode of decomposition of coal by heat*. *Amer. Gas. Inst.* IX, 234-288 (1914). *Ann. meet Chem. Sect* 1-50 (1914).

baño de nitratos sódico y potásico para hacer el calentamiento uniforme. Llegaron a las temperaturas 250°, 350° y 450°. Sus conclusiones se resumen así 1.º Mas de los dos tercios de la sustancia del carbon se descompone por debajo de 500'. 2.º Los primeros cuerpos que se descomponen producen anhídrido carbónico, óxido de carbono y agua. Y 3.º Mas tarde la descomposición da lugar a hidrocarburos líquidos y gaseosos (1).

Desorientados por su creencia de que el carbon estaba constituido por cuerpos *celulósicos* y cuerpos *resínicos* (2), atribuyen, tanto Wheeler y colaboradores como Porter y Taylor, esta primera descomposición térmica a los derivados de la celulosa. Según Jones y Wheeler (3) "los derivados celulosos, que son probablemente pocos, dan lugar a los fenoles" (4). Y según Porter y Taylor: "los derivados celulosos se descomponen, produciendo agua, anhídrido carbónico, óxido de carbono e hidrocarburos".

En cuanto a la temperatura inicial de descomposición de los derivados *resinosos* hay que relacionarla, como ya es sabido, con el *poder cokizante*.

Percy (5) en 1857 indica la temperatura de 300° como la de *volatilización del principio cokizante*. Anderson en

(1) «El que estas descomposiciones sean el tipo predominante o no por debajo de 500°, depende del carácter de los carbones y como regla general cuanto mayor sea la proporción de oxígeno en el carbon tanto menor es la de hidrocarburos y alquitranes en las materias volátiles; en el caso de un carbon semi-graso la reacción: agua—CO₂ predomina hasta 450°. Bone. Op. cit. 138.

(2) Admitida ya la teoría *lignínica*, a esta debe atribuirse lo referente a la celulosa.

(3) Jones y Wheeler. *The Constitution of Coal*. Trans. Chem. Soc. CIX, 707-714 (1916) Londres.

(4) *J. Chem. Soc.* 109,707 (1916).

(5) *J. Percy. Metallurgy. Introduction, refractory materials and fuel.* (1875) Londres.

1897 (1) discute los resultados de los anteriores y los encuentra una fuerte causa de error: la oxidación, pues operaban al aire. El, trabajó en corriente de carbónico y dedujo que el poder cokizante depende de los componentes *resinosos* los cuales desaparecen por extracción con disolución diluida de potasa y por elevación de temperatura. Pero esta teoría es absurda porque estos compuestos extraídos por potasa no son *resinosos* sino las *ulminas* que nada tienen que ver con aquellos. Harger en 1914 (2) asegura que los carbones cokizantes contienen siempre productos resinosos. Y estos, calentados a baja temperatura producen una pequeña cantidad de sustancia fusible a más alta temperatura, donde reside precisamente el poder aglomerante del carbón.

En un estudio de Jones y Wheeler ya citado (3) se dice que los cuerpos resinosos contienen nafteno hidrocarburos hidroaromáticos no saturados unidos a grupos más complejos. Y Porter y Taylor dicen que los compuestos resinosos se descomponen a un calor moderado dando principalmente parafinas y probablemente hidrógeno.

Posteriormente confirmaron en parte estas conclusiones Fischer y Schrader valiéndose de su aparato destilatorio de aluminio (4) con o sin corriente de vapor de agua y adaptado por Fritsche (5) al análisis de los gases desprendidos. El

(1) W. C. Anderson. *A contribution to the chemistry of coal, with special reference to the coals of the Clyde Basin. Trans. Glasgow Phil. Soc.* XXIX, 72-96 (1897). *The chemistry of coke* (1904) Glasgow.

(2) J. Harger. *Coal and the chemistry of its carbonisation. Journ. Soc. Chem. Indust.* XXXIII, 389-392 (1914) Londres.

(3) Véase página 81).

(4) F. Fischer y H. Schrader. *Ztschr. f. angew. Ch.* XXXIII, 172 (1920). *Brennstoffchemie* I, 87 (1920).

(5) W. Fritsche *Brennstoffchemie* II, 382 (1921).

resumen de sus observaciones puede verse en el esquema transcrito en la página 82.

Y no debe olvidarse tampoco el de Florentin de la página 84.

Destilación a baja temperatura.—La destilación de los carbones a baja o a elevada temperatura son dos problemas antagónicos, entrambos de indudable importancia industrial. Destilando a elevada temperatura búscase el mas grande rendimiento en gas. Efectuando esta destilación a baja temperatura interesa principalmente el semi-cok y el alquitran primario.

Hay, empero, aparte de estos problemas técnicos, un asunto teórico del mayor valor en la destilación a baja temperatura. Y es este, un progresivo aumento de hidrógeno desprendido a medida que crece el grado de calor. Ya Börnstein (1) estudiando comparativamente la descomposición a 300°; -350°, 350°-400° y 400°-450° de la madera, de la turba y del lignito observa una exhalación de hidrógeno libre que va desde 3,7 a 17,3 en la madera, disminuye en la turba: 0,3 a 3,1 y crece algo mas en el lignito: 0,3 a 11,9. Mas posteriormente Porter y Ovitz (2) estudiaron carbon americano y observaron que el desprendimiento de hidrógeno seguía creciendo hasta los 1.026°; siendo, en dos ensayos, 3,7 y 3, a 500° y de 58,7 y 60,2 a los 1.026° aproximadamente. Burgess y Wheeler (3) consideran la presencia de un punto crítico en el calentamiento del carbon determi-

(1) E. Börnstein. *Über die Zersetzung der Steinkohle bei geringer Hitze. Verhandl. Ger. Dtsch. Naturf. Aerzte.* 141-142 (1904) Berlin.

(2) H. C. Porter y F. K. Ovitz. *The volatile matter of coal.* N. S. A. Bur. Mines Bull. 1, 1-56 (1910).

(3) M. J. Burgess y R. V. Wheeler. *The volatile constituents of coal.* Trans. Chem. Soc. XCVII, 1917-1935 (1910) Londres; XCIX, 64-667 (1911).

nado por un aumento rápido en desprendimiento de hidrógeno, situado entre 700°-800°. Vignon (1) confirma la teoría de Wheeler agregando que a medida que crece el rendimiento de hidrógeno disminuye el de hidrocarburos alifáticos. No obstante Porter y Taylor (2) suponen que este punto crítico a 750° puede ser originado por una descomposición secundaria del alquitran favorecida por el poder catalítico del platino que forma la retorta de Burgess y Wheeler. Y Bone (3) analizando fríamente estas dos últimas conclusiones dice: "aun no puede resolverse si el gran aumento en el desprendimiento de hidrógeno, entre 700 y 800° se ha de atribuir a la descomposición secundaria del alquitran. En parte debe ser así, pues bien conocido es el modo de conducirse de estos cuerpos; pero también es posible que ese desprendimiento sea debido a la descomposición de los compuestos *lignínicos* (4) de los cuales los grupos hidróxidos han sido precisamente eliminados a bajas temperaturas".

La importancia fundamental de este desprendimiento de hidrógeno—cuestión aun no suficientemente estudiada en el Laboratorio—estriba en su mas que probable participación en la *aromatización* de alquitran primario debido al aumento de temperatura. Bone, por lo menos así lo cree (5). E igualmente D. T. Jones (6). Y también Fischer y Schrader

(1) L. Vignon. *Distillation fractionnée de la houille*. *Compt. rend.* CLV, 1514-1517. (1912)

(2) H. C. Porter y G. B. Taylor. *The mode of decomposition of coal by heat*. *Proc. Amer. Gas. Inst.* 234-383 (1914).

(3) Bone Op. cit. 143.

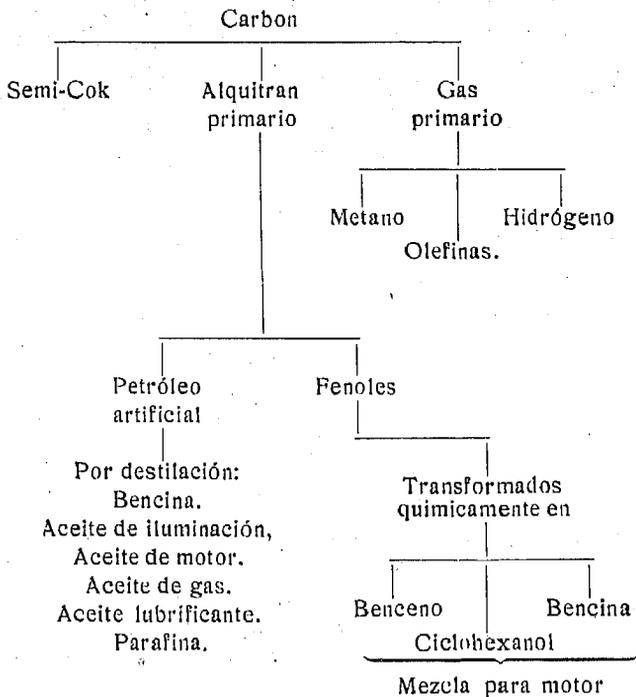
(4) El autor como es natural, dice todavía: *celulósicos*.

(5) Bone. Op. cit. 161.

(6) D. T. Jones. *The thermal decomposition of low-temperature coal-tar*. *J. Soc. Chem. Ind.* XXXVI, 3-7 (1917) Londres.

(1); los cuales atribuyen al hidrógeno la transformación del tolueno en benceno y metano, y Fischer, en su esquema ya transcrito (2) indica la transformación de los fenoles en benceno por este medio.

Volviendo ahora a la destilación industrial del carbon a baja temperatura conviene hacer constar que su progreso en estos últimos años ha sido tan constantemente creciente que hoy puede considerarse como problema resuelto. Esta destilación se sintetiza en el siguiente esquema de F. Fischer: (3)



(1) F. Fischer y H. Schrader. *Brennstoff-Chemie* I, 22 (1920).

(2) Página 83.

(3) F. Fischer. *Brennstoff-Chemie* II, 225 (1921).

Del semi-cok y del gas primario ya se ha hablado lo suficiente. No me resta sinó estudiar el alquitran primario. En este punto, sin embargo, no puede uno olvidarse de incluir entre los alquitranes de baja temperatura, el *alquitran de vacío* de tan alto valor teórico.

El alquitran de vacío ha sido objeto de las investigaciones de Burgess y Wheeler (1), Jones y Wheeler (2), Porter y Taylor (3), Randohr (4), Schneider y Tropsch (5), Aschan (6), Klason y Bergh (7) y principalmente Pictet y sus colaboradores Bouvier (8) y Kaiser con Laboucherie (9).

Pueden considerarse como los resultados más definitivos los hablados por estos últimos investigadores que trabajaron con tonelada y media de carbon francés de Montrambert a 15-20 mm. de mercurio y has 440°. (10)

El alquitran, que comienza a destilar alrededor de los 100°, es claro, ligero, de color pardo, con gran fluorescencia verde y con marcado olor a petróleo. En sus primeras determinaciones, los autores solo hallaban indicios de productos oxigenados (alcoholes preferentemente) y un 0,2 por ciento de bases nitrogenadas. Separadas estas dos últimas clases de compuestos por acción del sodio y eliminados los hidrocarburos no saturados por adición de sulfuroso líquido,

(1) *J. Trans. Chem. Soc.* CV, 2526 (1914); CVII, 1318 (1915); CIX, 708 (1916); XXXVI, 3 (1917) Londres.

(2) *J. Trans. Chem. Soc.* CV, 141 (1914).

(3) *The modo of Decomposition of Coal by Heat.* Rev. cit. (1914).

(4) Scheithaner. *Die Schwelteere.* 22 (1911). Cit. Strache y Lant. Op. cit. 334.

(5) *Ges. Abhandlg. e Kenntn. d. Kohle* II, 28 (1918).

(6) *Brennstoff-Chemie* IV, 129, 145, 164 (1923).

(7) *Archiv. f. Kemi Min. och. Geol.* III, 8 (1908).

(8) *Chem. Ztg.* 38 (1914). *Compts. Rend.* CLVII, 1436 (1913); CLX, 629 (1915).

(9) *Compts. Rend.* CLXV, 113, 358 (1917).

(10) *Ber d. dtsh Chem. Gesell.* XLVIII, 926 (1915).

destilaban el resto a presión ordinaria. Y recogían una serie de hidrocarburos nafténicos — $C^n H^{2n}$ — con enorme y sugestivo parecido a los caracterizados en el petróleo americano y de Galizia por Mabery (1) como puede verse en el siguiente cuadro comparativo:

Alquitran de vacío	Petróleo americano	Formula	DENSIDAD		Índice de refracción	
			del alquitran	del petróleo	del alquitran	del petróleo
135°-137°	135°	$C_9 H_{18}$	0,7590 (2)	0,7591	1,4212 (2)	
172°-174°	173°-174°	$C_{10} H_{20}$	0,7765 (3)	0,7770	1,4196 (3)	1,4149
188°-191°	189°-191°	$C_{11} H_{22}$	0,7838 (4)	0,7832	1,4234 (4)	1,4231
211°-213°	212°-214°	$C_{12} H_{24}$	0,7862 (5)	0,7857	1,4293 (5)	1,4289
227°-229°	228°-230°	$C_{13} H_{26}$	0,7953 (6)	0,7979	1,4379 (6)	1,444

Aislaron también el hidrocarburo $C^{30} H^{60}$ que llamaron *meleno* por su color de miel y que se encontró en el petróleo galitziano.

Posteriormente Pictet, Kaiser y Labouchère (7) examinaron una fracción fenólica en la que caracterizaron hexahidro-p-cresol y otros fenoles superiores. Y determinaron varias bases: ¿toluidinas?, ¿quinolinas?

Por fin; sometiendo al *cracking* el alquitran de vacío dieron con una gran cantidad de *gas de carbón* y una porción de cuerpos aromáticos: benceno y homólogos supe-

(1) *J. Amer. Chem. Soc.* XIX, 470 (1897); XXV, 267-276 (1903); XXXIII, 264 (1911):

(2) A 20°

(3) A 23°

(4) A 22°

(5) A 21°

(6) A 20°

(7) *Compls. Rend* CLXV, 113 (1917).

riores, naftaleno, antraceno y bases pirídicas análogas a las del alquitran de elevada temperatura.

El *alquitran primario* difiere en composición según el procedimiento de extraerle. Sin embargo, siempre se encuentran en él cuatro clases de sustancias: *hidrocarburos*; *compuestos oxigenados*—ácidos del alquitran: *tar acids*—; *compuestos nitrogenados sulfurados*, y, por fin, *brea* y *carbon libre*. La presencia de este último cuerpo distingue este alquitran del de *vacio*.

Como resumen de una composición general de las fracciones que contienen solamente hidrocarburos en el alquitran primario dáse el siguiente (1):

Fracción 20°-60°—Parafinas saturadas—probablemente pentano y hexano. Hidrocarburos no saturados.

Fracción 60°-100°—Mezcla de parafinas y naftenos y una pequeña cantidad de hidrocarburos no saturados.

Fracción 100°-125' y 125°-190°—Mezcla de parafinas, naftenos e hidrocarburos aromáticos complejos.

Continuando el fraccionamiento, ya con carácter industrial, se llega a las siguientes partes, según Glud (2): Lavada con sosa y ácido sulfúrico la porción 150°-300° destila, entre 150°-220° un *aceite de iluminación* y las mas altas fracciones suministran *aceites de motor, de gas y lubricantes*.

La parte que pasa a mas de 300° hay que someterla a una destilación a presión reducida o a corriente de vapor de agua sobrecalentado y produce un aceite viscoso y parafinas sólidas. Puede considerarse esta mezcla como una excelente *grasa lubricante* con una viscosidad de 6°-20° Engler a 20° y un *punto de inflamación* de 120°-200°.

(1) Mc. Culloch y Neville Simpkin. Op. cit. 174.

(2) *Ges. Abhandlg. z. Kennntn. d. Kohle* III, 46 (1918).

La fracción llamada *ácidos del alquitran* contiene como se sabe, fenoles que se separan por tratamiento con sosa cáustica en forma de fenatos. De estos se ponen en libertad los fenoles por acción de un ácido débil, como el carbónico. La determinación cuantitativa de los fenoles en el alquitran primario fué propuesta por Fischer y Glud en 1919 (1).

El mismo Fischer y sus colaboradores (2) fijan la cantidad de *ácidos del alquitran*, siempre en menos del 50 %, del alquitran. Y, como es lógico, la percentual de ellos varía con la naturaleza del carbon. Así Fischer y Schraeder (3) dan las siguientes cantidades:

ESPECIE DE CARBON	Rendimiento en alquitran por 100	Contenido de fenoles en alquitran por 100
Carbon magro (<i>Magerkohle</i>).	cerca de 1,5	0
Carbon graso (<i>Fettkohle</i>).	» 3,5	15-20
Carbon de gas (<i>Gaskohle</i>).	» 8	Cerca de 30
Carbon de llama larga (<i>Gasflammkohle</i>).	» 12	» 45

Morgan y Soule (4) en el procedimiento del *Carbocoal* hallan un 14,7 por ciento que se distribuye así en las diversas porciones de la destilación:

(1) *Ges. Abbandlg. z. Kenntn. d. Kohle* III, 13 (1919).
 (2) *Ges. Abbandlg. z. Kenntn. d. Kohle* III, 89 (1918). *Brennstoff-Chemie* I, 31, 47 (1920).
 (3) *Ges. Abbandlg. z. Kenntn. d. Kohle* V, 453 (1922).
 (4) *Chem. Met. Eng.* XXVI, 926 (1922).

<u>Fracción</u>	<u>Temperatura</u>	<u>Tanto por ciento total de fenoles.</u>
1.....	182°-189°.....	7,3
2.....	189°-195°.....	6,8
3.....	195°-202°.....	10,8
4.....	202°-207°.....	12,7
5.....	207°-214°.....	8,6
6.....	214°-220°.....	7,9
7.....	220°-227°.....	2,5
8.....	227°-260°.....	18,3
9.....	260°-300°.....	16,5
10.....	Brea	8,6
		100,0

El estudio particularizado de esta *fracción de ácidos del alquitrán* conduce a asegurar la existencia en él de fenol ordinario (en pequeña cantidad), cresoles, xilenoles, pirocatequina (mas que indicios), altos fenoles (superiores a los xilenoles) que contienen trimetilfenoles y ácidos resínicos.

El tanto por ciento de cada uno de estos fué dado por Fischer (1) en la siguiente forma.

Fenol ordinario.....	0,6
Cresoles.....	1-2
Xilenoles.....	1-2
Pirocatequina.....	0,25
Altos fenoles.....	30-32
Ácidos resínicos	10
45	

(1) *Brennstoff-Chemie* I, 35 (1920).

Este análisis se refiere al contenido en fenoles del carbon de llama larga (*Gasflammkohle*) indicado en el cuadro anterior de Fischer y Schrader.

Finalmente, los citados Morgan y Soule, dan la composición que sigue en el 14,7 por ciento de *ácidos del alquitrán* hallados por ellos en el proceso del *Carbocoal*.

Fenol ordinario.....	0,6
Cresoles	4,9
Xilenoles	2,8
Altos fenoles.....	5,1
Brea (y resinas).....	1,3
	<hr/>
	14,7

Los *compuestos nitrogenados* se encuentran en mucha menor cantidad; Rara vez llegan al 1 por ciento.

Gollmer (1) trató el alquitrán con ácidos diluidos, filtró las partes sólidas, puso en libertad las bases con alcalis y fraccionaba. Separó los diversos cuerpos por cristalizaciones sucesivas de las sales dobles (generalmente clorhidratos de la base y de mercurio, zink, cadmio, oro y platino y picratos. Así obtuvo un 0,93 por ciento, constituido piridina, quinolina, y algunos de sus homólogos, picolina, pirrol, bases primarias (un 4,5 por ciento de la fracción sobre 240°) como anilina, toluidina xilidina.

Morgan y Soule (2) apreciaron también la presencia de la piridina y de otras bases (un 20 por ciento de secundarias y un 80 por ciento de terciarias; siendo curioso que no obtienen bases primarias) en el proceso del *Carbocoal*.

Los *compuestos sulfurados* no han sido todavía com-

(1) *Brennstoff—Chemie*, IV, 1 (1923).

(2) *Chem. Met. Eng.* XXVI, 977 (1922).

pletamente estudiados en el alquitran primario. Se apreció la presencia del ácido sulfhídrico. Morgan y Soule (1) hallan en las dos primeras fracciones del destilado de 0,08 a 0,1 de hidrógeno sulfurado. Weissgerber (2) parece ser que halla tionafteno y sulfuro de bifenileno y sospecha la presencia del anillo tiofénico. En general, puede sentarse que el azufre orgánico del alquitran a baja temperatura difiere considerablemente del de alta temperatura.

En cuanto al *carbon libre* (formado, al parecer por la descomposición del vapor de alquitran al contacto de las paredes calientes de la retorta) y la brea, se les encuentra en una proporción de 3 por ciento del primero y un 20-35 por ciento de la segunda.

Antes de acabar este asunto indicaré las patentes inglesas y alemanas para industrializar la separación de los diversos aceites útiles del alquitran.

Una patente de Maclaurin (3) consiste en agitar el alquitran a 40°-50° con agua que contenga el 3 por ciento de ácido sulfúrico: se forman tres capas, la inferior con las materias resinosas del alquitran, la intermedia con las bases, y la superior con los aceites hidrocarbonados.

La patente alemana N.º 310,653 (1917) sirve para preparar aceites lubricantes, lavando las fracciones de elevado punto de ebullición con sosa cáustica o alcohol para separar los *ácidos del alquitran*.

Las patentes alemanas N.ºs 301,775, (1915) y 301,777 (1915), tratan, de calentar los aceites de alquitran bajo presión a 400°, en presencia de catalizadores y a reflujo.

Y por último, la patente alemana N.º 355,189 (1918) sirve

(1) Rev. cit.

(2) *Brennstoff-Chemie*. II, (1921)

(3) Patente Inglesa N.º 108.448 (1916)

para preparar *grasa lubricante* de los aceites de alquitran. Consiste sencillamente en saponificar el aceite con una legía alcalina.

Ya son harto conocidos los múltiples y diversos usos que de las fracciones del alquitrán primario pueden hacerse. Aparte del aprovechamiento, ya muy renumerativo, de las porciones constituidas por hidrocarburos; aceites ligeros hasta (160°) nafta (de 160° a 200°); aceites de iluminación (de 200° a 270°); aceites de gas (de 270° a 300°); y aceites lubricantes (de 300° a 350°) (1), señálanse las aplicaciones de los *ácidos del alquitrán* que son las siguientes:

Para la *creosolización* de la madera y para la preparación de desinfectantes e insecticidas ya que, según Fischer, (2) en la fracción [de cresoles predomina el isómero *meta* y Dittborn asegura (3) que el *m-cresol* tiene el mayor poder germicida de los tres isómeros:

La mayor parte de los líquidos desinfectantes que hoy se venden hácese con esta fracción ácida: las *Creolinas* A, B e *Italianas* que se preparan saponificando el aceite de alquitrán con sosa cáustica a 100°; el *Lisol* que se obtiene tratando los *ácidos del alquitrán* con aceite de coco, o aceite de linaza, y saponificando la mezcla con una legía alcalina y agregándole un poco de alcohol para solubilizarlo; el *Lisocrol*, el *lisoformo*, el *saprol* etc. etc.

En 1907 Backeland (4), siguiendo vagas indicaciones de Baeyer en 1872, descubrió que los productos de condensación, de naturaleza resinosa, entre los fenoles y el

(1) Según una clasificación y separación efectuada por la *Fuel Research Station, East Greenwich* 1920-1921. Sección segunda.

(2) *Brennstoff-Chemie* I, 35 (1920).

(3) *J. Soc. Chem. Ind.* XXXIX, 799 (1920). *Centr. Blat* I, 82, 483 (1918).

(4) *J. Eng. Chem.* I, 149; 545 (1909); V, 506 (1913); XIII, 135 (1921).

aldehído fórmico crecen hasta un grado industrial con la presencia de una pequeña cantidad de un agente alcalino de condensación. A estos cuerpos muy variados, se les llamó *bakelitas*, y pueden usarse como aisladores eléctricos, para artículos de lujo: cortaplumas, mangos de pluma, botones etc., para barnices resistentes etc. etc. Su industria adquirió mayor vigor desde que pudo hacerse uso de los *ácidos del alquitran* como primera materia (1).

La *brea*, produce por destilación un asfalto parecido al del petróleo y que encuentra pleno uso en el asfaltado de calles y carreteras.

Y, en fin, las *bases* (piridina, picolina, lutidinas) pueden ser un excelente desnaturizador del alcohol ordinario. O pueden usarse como disolventes especiales,

Destilación a elevada temperatura. Esta clase de destilación, de un uso industrial muy generalizado desde los tiempos de Ph. Lebon en 1.788 (1), solo acusa un interés secundario en lo que afecta al conocimiento de la naturaleza íntima del carbón. Su fin, casi exclusivo, es producir, a espensas de la temperatura, la mayor cantidad de *gas del alumbrado* en unos casos, y de *cok metalúrgico* en otros. Toda su técnica maravillosamente trabajada hasta hoy, se dirige a ese fin. Además, el, bien calculado aprovechamiento de los numerosos y útiles productos secundarios cooperó notablemente a su economía y expansión.

Para el muy concreto plan del presente estudio, interesa

(1) Para sus aplicaciones Vid. *Chem. Met. Eng.* XXIV, 661 (1921); *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.* 1201 (1918); *Ges. Abhandlg. d. Kenntn. d. Kohle* IV, 221 (1919). Vid. también Mc Culloch y Simpkin. Op. cit. 198.

(1) Bone, en su Op. cit. 292 indica a William Murdoch como inventor de la industria del *gas del alumbrado* y fija la invención en los años 1792-1796. Mas, como se ve, la prioridad de Lebon es indiscutible.

principalmente fijarse de un modo comparativo en los productos de desilación a elevada y a baja temperatura.

Del viso del rendimiento puede hacerse el siguiente esquema:

	A baja temperatura (450°-550°)	A elevada temperatura (900°-1100°)
<i>Gas.</i>	De 60 a 100 m ³ por tonelada de carbon	De 250 a 350 m ³ por tonelada de carbon.
<i>Alquitran.</i>	Siete por ciento.	De cuatro a siete por ciento.
Sulfato amónico.	De 2 a 4 Kgs. por tonelada de carbon	De 8 a 12 Kgs. por tonelada de carbon.
Residuo	Semi-cok	Cok metalúrgico.

Y si se refiere la composición media de cada una de las partes puede establecerse así:

	A baja temperatura (450°-550°)	A elevada temperatura (900°-1100°)
<i>Gas.</i>	Principalmente: Metano. Etano. Parafinas superiores. Olefinas. Hidrógeno (menos del 15 %)	Principalmente: Metano (25-35 %) Hidrogeno (45-55 %) Olefinas. Benceno (0,5-1 %).
<i>Alquitrán.</i>	Principalmente Parafinas Naftenos	Principalmente: Benceno y homólogos Fenoles. Naftalina. Antraceno. Piridina.
<i>Residuo</i>	Semi-cok con 15 % de volátiles.	Cok metalúrgico sin volátiles (carbono cenizas).

La mayor discrepancia existe en el alquitrán, cuyo rendimiento y cuya composición varía grandemente de un límite a otro. Al alquitrán primario se le llama también *parafínico* y al de elevada temperatura se le nombra; *alquitrán bencénico*. Este último, como se vé, no es mas que el resultado de las reacciones secundarias que el calor efectúa sobre los cuerpos que integran el primero. Y como este es de naturaleza completamente alifática y el otro de carácter *aromático*, el fenómeno de la formación de *alquitrán de elevada temperatura* no es otra cosa que una *ciclización y aromatización del alquitrán primario*.

Ahora bien: ¿cómo se ha efectuado esa *ciclización* y esa *aromatización*? A esta pregunta se dan varias respuestas que procuraré condensar en el menor espacio.

La más antigua teoría explicativa de esta cuestión es la ya citada de Berthelot, llamada de *resolución acumulativa*. Modernamente ha sido ampliada y adaptada a algunos hechos modernos, como ejemplo, la luminosidad de las llamas de los hidrocarburos, por Vivian B. Lewes (1).

Estos autores consideran como el más estable de los carburos de hidrógeno, el acetileno. Y, por lo tanto, la descomposición pirogenética de todos ellos conducirá siempre a dicho cuerpo. Ahora bien, es un hecho probado que el benceno se sintetiza fácilmente por la ciclización de tres moléculas de acetileno. No obstante; aunque los trabajos de Laboratorio así lo confirman, falta sin embargo, hacer un necesario enlace en el caso del alquitrán. Y es que el acetileno, en las retortas de gas, aparece en cantidad mínima para asignarle un papel tan definitivo. Puede suponerse, por otra parte, que se forma, como se ha dicho, por piro-

(1) *J. Chem. Soc.* LXIX, 322 (1892). *Proc. Roy. Soc.* LV, 90 (1894); LXVII, 394, 450 (1875).

lisis de las parafinas y olefinas originarias. Pero esta suposición es bastante aventurada, a pesar de ser defendida por hombres de la altura de Berthelot y Lewes. En efecto; los estudios directos y prácticos de ese género condujeron: o a parafinas y olefinas más bajas [Thope y Yung (1)]; o a olefinas normales e hidrocarburos bencénicos sin indicios de acetileno [Armstrong y Miller (2)]; o a la eliminación del metano y formación subsiguiente del amileno, en el caso de la acción del calor sobre el *n*-hexano. [Haber (3)]. Como se vé nada claro y nada seguro. La formación de naftalina, así como la del antraceno y fenantreno, explícate en esta sugestión teoría: o por la unión de un anillo bencénico a dos moléculas de acetileno en el caso de la primera, o por la condensación de dos anillos bencénicos con dos moléculas de acetileno en el caso de los segundos. Todavía se da una explicación más sencilla, suponiendo la soldadura de dos o de tres ciclos bencénicos por acción del calor. Pero todo esto, la experiencia no lo confirma de una manera definitiva. Antes aún; los hechos parecen discrepar de la teoría. Así; Englantine Peitral (4) afirma que el benceno se transforma en difenilo; Zanetti y Egloff (5) dicen que a 750°, sobrecalentado el vapor de benceno, sufre una fuerte carbonización; y, por otra parte, Meyer y Hoffmann (6), sobrecalentado el vapor de los homólogos del benceno hallaron una destrucción del grupo metilo y una condensación que conducía a compuestos del tipo difenilico o di-

-
- (1) T. E. Thorpe y J. Young. *Proc Roy Soc.* XXI, 184 (1873).
 - (2) H. E. Armstrong y A. K. Miller *J. Soc. Chem.* XLIX, 74 (1886).
 - (3) F. Haber. *Ber. d. dtsh Chem. Gesell.* XXIX, 2191 (1886). *J. J. Gasbel.* XXXIX, 377 (1896)
 - (4) *Bull. Soc. Chim.* XXIX, 44 (1921).
 - (5) *J. Ind. Eng. Chem.* IX, 350 (1817).
 - (6) *Monatshefte fur Chemie.* XXXVII, 681 (1916).

bencilico, advirtiéndolo que encontraban pequeñas cantidades de cuerpos de los tipos antracénicos y fenantrénico. A pesar pues, de lo enormemente atrayente de esta teoría, no puede ser admitida en toda su integridad como explicación de los hechos que se comentan.

Otra teoría con más fuertes fundamentos experimentales, es la que se deduce de los minuciosos trabajos de D. T. Jones (1) respecto a la descomposición térmica de los hidrocarburos, con especialidad de los saturados cíclicos. Puede condensarse en los siguientes términos: 1.º El acetileno toma una parte muy secundaria en la aromatización del alquitrán. 2.º Por el contrario; el etileno y demás olefinas pueden *ciclizarse* por el calor dando lugar a naftenos. 3.º Estos naftenos, por el calor, pueden perder seis hidrógenos transformándose en benceno y sus derivados: 4.º A su vez los naftenos, juntamente con las parafinas y otros hidrocarburos no saturados, por pirogenesis dan lugar a olefinas, y 5.º Las olefinas superiores originan la naftalina. Por temperaturas puede explicarse así: Hasta 550° se pueden formar principalmente naftenos a expensas de las olefinas. Desde aquí hasta 750° (punto crítico de Burgess y Wheeler caracterizado por gran desprendimiento de hidrógeno) hay descomposición de naftenos y otros hidrocarburos en olefinas y al propio tiempo *aromatización* de aquellos, Y entre 550° y 750° hay formación de naftalina a expensas de las olefinas gaseosas.

Por último; de estudios muy precisos y fecundos de Bone y Coward (2) puede establecerse otra teoría, muy aproximada.

(1) *J. Chem. Soc.* CVII, 1582 (1915); *J. Soc. Chem. Ind.* 3 (1917).

(2) W. A. Bone y A. F. Coward, *J. Chem. Soc.* 1197 (9108). *Trans. Inst. Gas. Engineers* 178 (1908). Op. cit. de Bone, 156-165.

Estos investigadores sentaron que el metano es el más estable de los tres carburos de hidrógeno, tipos de los alifáticos de cadena abierta: metano, etileno y acetileno; y que puede considerársele siempre como su producto de descomposición. A temperaturas comprendidas entre 500° y 800° los metano, etano, etileno y acetileno sufren una *descomposición primaria* dehidrogenándose y dando lugar a una serie de equilibrios inestables entre residuos no saturados: *metilenos* con dos enlaces libres y *metilidenos* con tres enlaces libres. Estos residuos, dentro del citado intervalo de temperatura, pueden agruparse constituyendo *naftenos* los primeros y *bencenos* los segundos. La transformación de esos residuos en metano tiene lugar a más elevada temperatura: 800°-1000°. Los residuos *metilénicos* pueden, a su vez transformarse, entre 500°-800° en residuos *metilisénicos* aptos para ciclizar en bencenos. El metano, en fin, por *contacto* con las paredes de las retortas, calientes a más de 1.000°, se descompone, depositando un carbón brillante y duro, aspecto grafitico que influye de gran manera en las propiedades del cok resultante.

Los hidrocarburos bencénicos, según esos autores, se forman por dos motivos: 1.° Por *dehidrogenación* de los naftenos. Y 2.° Por condensación de las olefinas, o mejor, de los *residuos no saturados* a que ellas dan lugar. Estas dos causas, más bien que la *acetilénica*, explican la *aromatización* del alquitrán primario.

FIN