

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO

el día 29 de Junio de 1904.



MADRID

IMPRESA DE LA «GACETA DE MADRID»

CALLE DE PONTEJOS, NUM. 5

1904

DISCURSO

DE

DON RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO

SEÑORES ACADÉMICOS:

Bien pocos meses há que ni en sueños acariciaba yo la idea de alcanzar algún día la alta honra de contarme entre vosotros; porque, en verdad, nunca pensé que pudiera ser llamado á figurar con los hombres que más se han distinguido en España, en el estudio de las ciencias, un Ingeniero de Minas, pobre de fama, escaso de ingenio, y sin otros méritos que sus modestas aficiones á los estudios geológicos, los cuales, si podían servirle de base para emprender interesantes trabajos de índole práctica, en el concepto teórico, sólo juzgados con gran benevolencia, debían estimarse como ténue y desdibujado reflejo de los brillantísimos, llevados á término feliz entre nosotros por distinguidos Ingenieros, sobre todo desde que tomó á su cargo la dirección del Mapa Geológico de España el insigne D. Manuel Fernández de Castro, honra preciada del Cuerpo de Minas; y, siendo así, tendreis que convenir en que á vuestra bondad debo exclusivamente la distinción con que me honrasteis llamándome á vuestro lado. Cúpleme ahora corresponder á ella en cuanto de mí dependa, haciendo ostensible la profunda gratitud que os debo y mi firme propósito de contribuir, en cuanto lo permita mi limitada inteligencia, á los árduos trabajos que os están encomendados, con-

tando siempre, por supuesto, con vuestro prudente consejo y sabias advertencias.

Por ley fatal de la Naturaleza, quedó vacío el puesto que, con aplauso general, llenara el Excmo. Sr. D. Carlos Castel y Clemente, ilustre Ingeniero del Cuerpo de Montes y varón dotado de cualidades eminentísimas que, al propio tiempo que le hicieron descollar entre los hombres de ciencia, contribuyeron á elevarle hasta importantes puestos de la Administración pública, á la que, al par que á las tareas científicas, con infatigable ardor se dedicara.

No intentaré especificar los trabajos de diversa índole que dieron merecido renombre al Sr. Castel, pues aquellos trabajos reseñados están ya, de mano maestra, en la contestación á su discurso de entrada en esta Academia; pero no puedo omitir el consignar nuevamente que, allá por los años de 1880 y 1881, colaboró en las publicaciones de la Comisión del Mapa Geológico con una extensa *Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara*, trabajo en varios conceptos muy notable que le abrió de par en par las puertas del recinto de la Geología, siendo muy de lamentar que los apremios del tiempo, para quien tan múltiples como diversos asuntos abarcara, le impidiesen continuar en aquel tan importante género de estudios. Entonces fué cuando, en los albores del ejercicio de mi profesión, hube de conocer al malogrado académico, que, inmerecidamente, me honró con su amistad, y pude apreciar sus inestimables dotes como ciudadano y caballero, y como hombre de superior inteligencia y de profundos estudios en las ciencias físico-naturales. Vosotros, los que le tuvisteis por compañero, apreciándolas de igual manera, habréis de conservar siempre de él gratísimo recuerdo, como yo no olvidaré nunca las pruebas de estimación y deferencia con que me honró en ocasiones diversas.

Quisiera yo ahora, para cumplir el precepto reglamentario que me obliga á disertar sobre algún punto relacionado con la ciencia, tener el acierto de elegir tema que despertara vuestro interés, y no sé si habré atinado en ello, al proponerme tratar del *Origen de la Hornaguera y Formación de las Cuencas Hulleras españolas*.

Cuestión es la del origen de los combustibles minerales que necesita, para su desenvolvimiento completo, espacio mucho más dilatado del que permiten disertaciones como la presente; por lo cual, procuraré limitar mi trabajo á la exposición de la importancia y dificultades de tan vasto asunto, para dar idea de lo estrictamente preciso.

Hasta que en el año de 1718 Antonio de Jussieu, el fundador de la Botánica francesa, presentó á la Academia de Ciencias de París su memoria relativa á las jacillas carbonosas, que acompañan á la hornaguera en sus yacimientos (1), puede decirse que los hombres de ciencia no habían fijado su atención en el carbón de piedra. Aquel perspicaz naturalista, miembro de una dinastía de sabios eminentes, visitó, á su regreso de España, los alrededores de Saint-Chaumont, en el Lyonnais; observó cómo ciertos dibujos, estampados en las pizarras, semejábanse completamente á las figuras de helechos, análogos á otros que Plumbier acababa de traer de las Antillas; y con sorprendente intuición, siquiera no fuese exacta, llegó á formular la hipótesis de que las corrientes marinas de las primitivas épocas de nuestro planeta debieron transportar aquellas plantas desde el Ecuador, hasta depositarlas en nuestras latitudes, sobre un suelo fangoso que, posteriormente, debió cubrirse de limo.

Antes de esta época, cuando la formación de cualquier

(1) *Examen des causes des impressions des plantes marquées sur certaines pierres des environs de Saint-Chaumont dans le Lyonnais.*

piedra, de singular aspecto, ó peregrina forma, se consideraba como resultado de un *capricho de la Naturaleza*, suponíase la hornaguera en relación estrecha con el reino mineral, atribuyéndola al grupo de las piedras; y de ahí el nombre alemán de Steinkole. Pero, aun después de haber expuesto Jussieu su teoría, todavía por el predominio de las ideas plutonianas durante medio siglo, no se vaciló en considerar la hulla, lo mismo que el asfalto, como productos directos del seno de la Tierra; siendo, sin embargo, justo consignar que en 1769 Valmont de Bomare (1), y Buffon, en 1778, en sus «*Époques de la Nature*» convinieron en admitir el origen vegetal de la hulla, atribuyendo, sobre todo este último, las vetas de carbón al arrastre por las aguas corrientes de árboles y hierbas que se desarrollaron primitivamente en determinadas islas, constitutivas del primer bosquejo de nuestros continentes.

En el mismo año de 1778, según Kalkowsky (2), Von Beroldingen suponía que las hullas procedían de los lignitos, y éstos á su vez de las turbas; y diecisiete años más tarde, en 1795, Hutton admitía que las corrientes fluviales y marinas arrastraron las substancias vegetales al fondo del Océano, donde se transformaron en carbón, por efecto del calor central, cuya acción llegó casi á fundirlas, sin que, sin embargo, se desprendieran las materias volátiles, por oponerse á ello las masas pétreas que encajaban los vegetales.

Poco antes de terminar el siglo XVIII, Scheuchzer afirmaba que la hulla procedía de vegetales amontonados en el paraje donde nacieron, ó no lejos de él, y transformados, bajo presión y al abrigo del aire, á una temperatura elevada. Y, por fin, según Patrin, autor de una «*Historia*

(1) Dictionnaire raisonné universel d'Histoire Naturelle.

(2) Elemente der Lithologie, von Dr. Ernest Kalkowsky, 1786.

Natural de los minerales» publicada en 1801, los volcanes debieron arrojar materias bituminosas que, cuando caian en el Océano, se mezclaban con la arena para formar depósitos más ó menos extensos. Más tarde, las substancias mezcladas tendieron á separarse en masas distintas, viniendo así las capas de hulla á ser el resultado de la concentración bituminosa, y quedando comprendidas entre bancos de arenisca, formados por la acumulación de la parte arenosa. El betún debió impregnar también los troncos de árboles flotantes, hasta que, aumentando su densidad, los forzó á depositarse sobre los bancos de hulla preexistentes: con lo cual se explicaría el que estos bancos estén frecuentemente cubiertos por los mencionados troncos.

De intento he especificado cuantas noticias poseo acerca de esta materia, correspondientes al siglo XVIII, no sólo en justo tributo de consideración á los primeros naturalistas que se ocuparon en ella, sino también para demostrar que ya entonces quedaron bosquejadas, aunque no con carácter científico, las dos principales teorías que habían de prevalecer en el siguiente siglo, ó sea, la que asigna á la hornaguera procedencia inorgánica, al modo de los hidrocarburos de origen volcánico, y la que, con más visos de verosimilitud, á mi juicio, supone que procede de la transformación de materias vegetales: como, dentro de ésta, aparecen por decirlo así, esbozadas, las dos teorías, de la acumulación por arrastre, ó alóctona, y la de la formación *in situ*, sedentaria ó autóctona, que hasta nuestros días han traído divididos los pareceres de los geólogos.

Durante el siglo XIX, con el desarrollo de la Industria hubo de coincidir necesariamente el de la explotación activa de las cuencas carboníferas, verificándose con este motivo múltiples estudios por parte de naturalistas é ingenieros, los más de ellos ingleses, franceses, belgas, alema-

nes y norteamericanos, aunque también contribuyeron á dilucidar el asunto los españoles, con trabajos, por lo general, modestos, sí, pero de ninguna manera despreciables

La paleofitografía, en su desarrollo progresivo, fué auxiliar poderoso para quienes á tales tareas se dedicaron; y ya, al finalizar el siglo, cuando las grandes vías de comunicación permitieron extender por todas partes las investigaciones, circunscritas durante largo tiempo á determinadas comarcas de Europa y América, y cuando, por nuevos procedimientos, se perfeccionaron los métodos de observación, se consiguió reunir una suma de datos importantísimos que, después de ordenados metódicamente y completados con otros, todavía necesarios, habrán de dar resuelto, sin duda alguna, el interesante problema, todavía en pie, del origen y formación de los combustibles minerales.

Omito, en atención á vuestra cultura, el repetir circunstanciadamente las teorías expuestas sobre la materia en las obras didácticas (1), bastándome recordar que, durante la mayor parte del pasado siglo prevaleció en la ciencia, y todavía se admite, como la más probable, por la mayoría de los geólogos, la que tiene por fundamento suponer que los vegetales que originaron la hornaguera se desarrollaron *in situ*, á la manera como se produce actualmente la turba en los inmensos criaderos de Escocia é Irlanda. Esta teoría, fundada en la doctrina de las *Causas actuales*, de la que fué indiscutible jefe el gran sabio inglés Carlos Lyell, se fué afirmando progresivamente con la cooperación de los más autorizados geólogos; pues con ella parece que se explican en términos satisfactorios todos los pormenores su-

(1) Para el resumen de estas teorías debe consultarse el trabajo de Grand'Eury «Mémoire sur la formation de la Houille.—Ann. des Mines. 8.^a Ser. Tomo 1, 1889, pág. 99.»

geridos por la observación, y á todo se responde en ella por comparación con los fenómenos contemporáneos. Contribuyeron á robustecerla desde sus comienzos los cálculos del eminente geólogo francés Elie de Beaumont, relativos al espesor enorme que, según la hipótesi del arrastre, tal como se entendió al principio, debieron de haber alcanzado las armadias, ó masas flotantes, de árboles entrelazados; pero como, por otra parte, en la teoría de la formación *in situ* se recurre también al cálculo para llegar á una cifra inverosímil de cientos de miles de años, necesaria para la formación de ciertas capas de combustible, que alcanzan hasta cincuenta metros de espesor (1), resultan, desde este punto de vista, deficientes las dos teorías: lo cual procede de que nada hay más engañoso que los cálculos, cuando los datos que les sirven de fundamento no corresponden precisamente á la realidad.

Según la teoría autóctona, ó del origen sedentario, los vegetales de donde procede la hulla debieron desarrollarse en terrenos pantanosos; y, atendiendo á esta circunstancia y á las repetidas alternancias de las capas y lechos de combustible, que á veces por centenares se cuentan en el terreno hullero, es necesario suponer que, en aquéllas remotas épocas, el suelo debió de descender consecutivamente tantas veces cuantos son los horizontes carbonosos; y, á fe, que tan repetida movilidad de la corteza terrestre, resulta un tanto inverosímil. Con todo, y á pesar de sus deficiencias, prevaleció la teoría en todas partes durante mucho tiempo, hasta que, hacia el último tercio del pasado siglo, por una de esas evoluciones frecuentes en las ciencias experimentales, fué puesta en entredicho, volviendo á resurgir la primitiva teoría del arrastre, abriéndose camino

(2) Para la formación de las hullas del país de Gales, Heer, naturalista de Zurich, juzgó serían necesarios 640.000 años.

merced á los detenidos estudios y prolijas observaciones del geólogo francés Enrique Fayol, Ingeniero de las Minas de Comentry.

Pero, ántes de entrar en esta cuestión, y puesto que hasta ahora dimos por cierto, pero no demostrado, el origen vegetal de la hornaguera, permitidme una digresión para tratar de las observaciones que en estos últimos años han puesto fuera de duda el asunto.

Parecía razonable que, para establecer una teoría rigurosamente científica sobre la formación del carbón de piedra, se hubiera procedido, en primer término, al examen de su estructura íntima; y no faltaron observadores, tales como Göepert, Dawson, Bailey y otros que, comprendiéndolo así, llegaron á descubrir por medio del microscopio la estructura vegetal en determinados carbones; pero lo cierto es que, hasta poco tiempo há, era muy escaso lo que se sabía á propósito de esta cuestión: lo que no debe extrañarse, porque la hulla es materia muy rebelde á esta suerte de investigaciones.

Sabido es que un fragmento de hulla, ó de antracita, presenta comunmente aspecto de masa homogénea, sin que en ella se vislumbre, ni aun con la lente, el menor indicio de organización; y, no obstante, reducido á polvo el combustible mineral y tratado por reactivos oxidantes, se consigue disolver la parte que hubo de estar formada por materia amorfa húmica ó úlmica, quedando un residuo que, tratado por alcohol y amoniaco y examinado luego con el microscopio, resulta formado por multitud de restos vegetales, en los que puede reconocerse la textura de los tejidos de que proceden.

Hullas hay, sin embargo, en algunas cuencas que, presentando estructura menos homogénea, se muestran formadas por capas superpuestas, en cuyas caras de fractura transversal pueden observarse á simple vista zonas len-

ticulares, brillantes unas como el azache, y mates ó aterciopeladas las otras; y que, examinadas detenidamente, aparecen formadas: las primeras, por restos de troncos aplastados, ramas y cortezas, pertenecientes exclusivamente á especies terrestres de la flora carbonífera, todo dispuesto de plano y con tal uniformidad que hay que suponer que debieron estar flotando en el agua, y que, realmente representan, dentro de la masa del carbón, el mismo papel que las jacillas de plantas en la de las pizarras hulleras; y, las partes segundas, es decir, las de aspecto mate, resultan constituídas por materia amorfa, en la cual, no obstante, se descubre el origen vegetal, después de oxidada químicamente.

Pero sobre estas comprobaciones, ya de por sí de interés culminante, puesto que evidencian el origen vegetal de las hullas, están los resultados conseguidos últimamente con los progresos de la técnica micrográfica y los conocimientos bacteriológicos. Asunto es éste de extraordinario interés, que ha provocado estudios muy notables, entre los que merecen figurar en primer término los de Bernardo Renault, relativos á los bacteriáceos fósiles. Afirma, en efecto, este naturalista (1), que la mayor parte de formas de las bacterias vivientes se encuentran también en estado fósil, dentro de los tejidos animales y vegetales, siempre que estos tejidos hayan sido preservados oportunamente por la penetración de sustancias minerales, tales como la sílice, el fosfato ó carbonato de cal, etc. Y, por lo que á los carbones se refiere, el mismo Renault no sólo describe circunstanciadamente las plantas de que están formados, sino también las diferentes bacterias que contienen y las alteraciones que tales organismos ocasionaron en la materia vegetal. Siendo de interés para nosotros consignar que,

(1) *Compte rendu du VIII Congrès géologique international*, 1900.

entre los combustibles minerales por él estudiados, se encuentra un tipo asturiano, del Concejo de Teberga, correspondiente al género Cannel, en el que pudo determinar un alga, la *Pila lusitánica* y algunos microesporos de *Lepidodendron*.

Son también por demás curiosas las observaciones del autor acerca de la forma en que se encuentra aprisionada, por decirlo así, la mofeta en la masa de las hullas, ya retenida por afinidad capilar, ya en presión, ocupando determinados huequillos de las plantas, que debieron de rellenarse á consecuencia de las fermentaciones producidas por las bacterias. No podemos dar aquí grandes pormenores de los trabajos del Sr. Renault, porque no hay lugar para ello; pero, no obstante, consignaré un resumen del escrito siguiendo al mismo autor.

«Las bacterias, dice, han desempeñado papel interesante en la formación de los carbones minerales, ocasionando la descomposición *parcial* de los vegetales, ya en pantanos, ya en aguas profundas, contribuyendo en el primer caso á la formación de las Turbas, de los Lignitos y de los Carbones lignitoideos, y en el segundo de los Bogheads, las Hullas, los Cannels y las Antracitas.

»La naturaleza de los vegetales parece haber tenido cierta influencia en la calidad de los combustibles producidos.

»Los Bogheads han sido formados por la acumulación de Algas de agua dulce.

»Los Cannels por una especie de selección entre fructificaciones de Criptógamas y de Algas de agua dulce.

»Y las Hullas por la aglomeración de toda suerte de órganos de plantas, maderas, cortezas, hojas, frutos, etc., dependiendo su composición de la alteración más ó menos profunda de estos materiales, producida por la fermentación microbiana. Tratándose de ciertas antracitas

»debe tenerse en cuenta, además, otra intervención: la de
»los diversos fenómenos del metamorfismo.»

Además de los de Renault, varios micrógrafos han efectuado otros trabajos muy estimables, como lo son las monografías de Eduardo Bertrand, referentes á los carbones *gelósicos* ó *bogheads* y *húmicos*, ó pizarras bituminosas (1). Pero nos alejaríamos demasiado de nuestro objeto si hubiéramos de especificar cuánto se ha discurrido y escrito sobre la materia, bastando lo expuesto para aceptar de buen grado el origen vegetal de las hornagueras: con lo cual continuaremos la interrumpida reseña de las teorías sobre la formación de las cuencas hulleras.

La de los deltas fué formulada por Fayol para explicar la formación de la cuenca de Commentry, donde, gracias á que las capas se explotan á cielo abierto, con grandes tajos que llegan hasta 200 metros de profundidad, pueden estudiarse, mejor que en parte alguna, las relaciones mutuas entre los diversos elementos que constituyen el terreno. Resalta allí, en primer término, la falta de paralelismo entre los bancos de arenisca, de pizarra y de combustible mineral, dispuestos de tal suerte que, si se examinan atentamente en toda su extensión, se observa que se entrelazan unos con otros, viéndose además los estratos de rocas estériles cual si convergiesen hacia los de carbón, hasta acabar por desaparecer dentro de la masa de la hulla. Obsérvanse también repetidas ramificaciones en los lechos de combustible, y es manifiesta la conglobación de ciertos grupos de capas, hasta reunirse en un solo banco de gran espesor, siendo por demás frecuentes las intercalaciones de rocas estériles en la masa del combusti-

(1) Consignaré como dato curioso que Bertrand ha descubierto dentro de la masa del boghead de Autun coprolitos intactos de reptiles ictiófagos, llenos de escamas de peces ganoides.

ble, así como los cambios de naturaleza en las que forman la caja de las capas de carbón; como también debe notarse que hay en ellas plegaduras, fallas y derrubios locales, limitados á determinadas regiones, sin que se extiendan por las capas inmediatas.

Estas y otras particularidades llamaron la atención de ingeniero tan sagaz como Fayol, induciéndole á sostener la completa semejanza entre la estratificación de tales depósitos y la de los deltas torrenciales modernos, según lo confirman los resultados obtenidos por medio de experimentos bien concebidos y apropiados (1).

Mas para establecer sólidamente su teoría necesitaba Fayol discutir el fundamento, al parecer irrefutable y esencial, de la hipótesi que admite el origen sedentario de la hornaguera, ó sea la existencia en el terreno hullero de troncos de árboles en posición perpendicular á los estratos, como si, arraigados en el paraje donde crecieron, se conservaran en pie todavía, y á veces en tal número que simulan verdaderos bosques en estado fósil.

Notabilísimos son los estudios del referido Ingeniero referentes á esta dificultad, y tan variados y minuciosos, que resultaría muy prolijo consignarlos todos. Concretándose siempre á la cuenca de Commentry, advierte, en primer lugar, que los mencionados troncos no son, en realidad, árboles arraigados, sino fragmentos de estos, á veces con raíces, dispuestos en variedad de posiciones, correspondiendo sólo á los verticales el 5 por 100 de los que pudieron ser examinados, y siendo de notar que alguno se encontró completamente invertido, teniendo las raíces en lo alto. Y asimismo advierte que las capas situadas debajo de

(1) La exposición completa de la teoría de Fayol se halla inserta en el *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale de Saint-Etienne*. Tom. xv, 3^{me} y 4^{me} livraisons, 1886.

tales troncos y las que forman el muro de los lechos de hulla no presentan indicios de haber pertenecido á suelos donde arraigaran las plantas, y llama además la atención acerca de la manera como se han colocado los sedimentos alrededor de los troncos, lo que sólo puede explicarse como producto de corrientes de agua. En resumen, los árboles verticales, lejos de sugerir un argumento en contra de la teoría de los deltas, contribuyen á confirmarla, puesto que, sea cualquiera la posición en que las maderas fósiles se encuentren, muéstranse siempre como materiales arrasados por las corrientes, y no como resultado del desarrollo de la vegetación *in situ*.

Según esta teoría, las cuencas hulleras del centro de Francia se formaron por el relleno de depresiones bien circunscritas situadas entre los pliegues de los macizos antiguos: pliegues ocasionados por un fenómeno general, que debió ocurrir hacia la mitad de la época carbonífera, determinante de una topografía muy marcada, por virtud de la cual las partes más profundas quedaron en condiciones á propósito para transformarse en lagos.

Por otra parte, en aquella época el clima debía de ser cálido, muy húmedo y uniforme, por no sentirse apenas la sucesión de las estaciones; y al parecer, aun cuando el supuesto no está del todo confirmado, la atmósfera contenía mayor proporción de ácido carbónico que en la actualidad. En semejantes condiciones climatológicas, una exuberante vegetación, compuesta principalmente de criptógamas gigantesas, hubo de producirse y desarrollarse en las orillas de los lagos y ascender por las vertientes hasta tocar en las cimas de las montañas que los rodeaban; y mientras así, con crecimiento rápido, se agostaban pronto, al pie de los árboles gigantesos de aquellas selvas impenetrables se acumulaban despojos en prodigiosa cantidad, que formaban una espesa capa de materia vegetal, unas

veces apenas alterada, y otras descompuesta casi por completo, que se mezclaba con los principios grasos y feculentos de las mismas plantas que la habían originado, quedando con esto preparados los materiales que, más adelante, habían de transformarse en hornaguera.

Así se concibe fácilmente que, durante los períodos de abundantes lluvias, que por entonces debían ser frecuentes, las aguas que se precipitaban por las laderas arrastrasen á las vaguadas aquellas enormes masas de vegetales macerados y de troncos de árboles, envolviéndolo todo entre arenas, guijos y légamo, para transportarlo por fin hasta los lagos, en cuyas aguas tranquilas se separarían los materiales por orden de densidad y tamaño. Caerían primero los cantos gruesos y el guijo, depositándose en los bordes en forma de bancos muy inclinados; á estos seguirían las arenas y los cienos que, arrastrados más lejos, se estratificaron con pendiente más suave; y, por fin, se depositaron las materias vegetales, formando capas casi horizontales. Y renovándose las avenidas, reprodujéronse los mismos fenómenos muchas veces, hasta formarse poco á poco el delta lacustre, explicándose de este modo la repetición de las capas de combustible, sin necesidad de admitir como inevitable un enorme tiempo para la formación hullera, ni exigirse la repetida movilidad del suelo, conforme supone la teoría autóctona.

Pero si en esta forma puede explicarse satisfactoriamente la formación de las reducidas cuencas hulleras del interior de Francia, esto no autoriza para que la misma teoría pueda aplicarse con iguales probabilidades de éxito á los yacimientos del Norte de aquel país, ó á los de Inglaterra, Bélgica, Westfalia, y, sobre todo, á los de los Estados Unidos de América. En estos países las capas de carbón son muy extensas, y aunque en general menos gruesas, también son, en cambio, más repetidas, más com-

pactas y más regulares que en el centro de Francia, faltando además los bancos de conglomerados, y siendo las rocas detríticas de elementos muy ténues y uniformes.

No obstante, semejantes diferencias tratan de explicarse por la teoría de los deltas, suponiendo que los sedimentos se depositaron en el fondo de estuarios, situados junto á extensas costas, que vertían á ellos con suaves declives. Por lo cual los materiales procedentes del derrubio de las lejanas sierras, tuvieron que recorrer grandes trayectos antes de verterse en el estuario, depositándose la guija en la llanura, mientras que las arenas finas, los légamos y los vegetales en masa, completamente triturada, se extendieron por la amplia superficie del delta, y, al depositarse las materias úlmicas, se desprendieron de los légamos en que iban envueltas.

Por otra parte, la observación y la experiencia demuestran que, cuando los sedimentos se depositan en el seno de aguas tranquilas, forman capas inclinadas, irregulares y de corta extensión, en tanto que, cuando están movidas por las olas, la inclinación de los estratos es menor, y tanto más extensos y regulares cuanto los materiales sean más ténues ó ligeros y las aguas estén más agitadas.

En cuanto se refiere á las intercalaciones de capas, con fósiles marinos, entre los sedimentos de estas cuencas, atribúyese su procedencia á desviaciones de las corrientes, frecuentes en los deltas: desviaciones que motivaron la invasión de las aguas del mar en determinados parajes, antes ocupados por los depósitos del estuario.

No excluye la teoría de que tratamos la posibilidad de que determinadas capas de carbón se hayan formado excepcionalmente *in situ*, pues bien se comprende que en aquellas zonas donde los rellenos del delta alcanzaron á la superficie pudo desarrollarse la vegetación y desaparecer

más adelante, cubierta por nuevos aluviones, resultando con esto al fin, depósitos de origen mixto.

Realmente, la teoría de Fayol parece muy racional, aplicada á las cuencas lacustres, y aun á las marinas de reducida extensión; pero ¿puede, acaso, explicar satisfactoriamente la sedimentación de esos inmensos mantos de combustible, que se encuentran en las grandes cuencas, sobre todo en los Estados Unidos de América, donde, según Leo Lesquereux (1), una sola capa de carbón en Pittsburgo, mide más de *ochenta kilómetros* de largo por otros tantos de anchura, es decir, una superficie mayor que la de todo el hullero de España, y cubicado el carbón de la misma capa resultan más de diez mil millones de toneladas, ó sea tanto como todo el de la rica cuenca de Newcastle en Inglaterra?

Quizás me he detenido más de lo necesario en reseñar la teoría de Fayol: teoría que cuenta en Francia partidarios tan convencidos y entusiastas como el conocido geólogo Alberto de Lapparent, quien, al final de una memoria sobre el origen de la hulla, publicada en el año de 1892 (2), se expresaba en esta forma: «Esperemos, pues, que la teoría de los deltas habrá de dar muy pronto la vuelta al mundo, y que llegará día en breve, en que solo podrá sorprendernos una cosa: y es que, no le haya bastado darse á conocer para verla aceptada inmediatamente.»

Sin embargo, han transcurrido los años, y la teoría en cuestión sigue en litigio, con poderosos adversarios enfrente; entre los cuales se cuenta al Sr. Grand'Eury, autoridad suprema entre cuantos en Francia se dedican al

(1) Grand'Eury — Formation des couches de houille et du terrain houiller. Men. Soc. geol. de Franc. 3^{me} Sér. Ser. T. IV 1887.

(2) Revue des questions scientifiques T. 32.

estudio de la paleontología vegetal, quien, no há más de cuatro años (1), sostenía que, si bien los troncos de árboles hulleros, arraigados en los estratos carboníferos, han vivido en el paraje donde se encuentran, los vegetales que principalmente han contribuído á formar la hulla son plantas de pantanos, que se desarrollaron con sus cepas sumergidas en el agua, y que las capas que los contienen se formaron por transporte al lugar donde ahora se encuentran desde los pantanos que rodeaban las cuencas. Admitía también que lo mismo ocurre con los lignitos; y, en suma, que de las formaciones turbosas de todas las épocas geológicas solo ha quedado la parte que pudo ser transportada, y que, cubierta luego por los limos, resultó en condiciones de conservación. El mismo Grand'Eury, más recientemente, en el pasado mes de Marzo (2), insiste en afirmar el carácter palúdico de las plantas que formaron los combustibles de todas las edades, y, refiriéndose á la cuenca lacustre de Saint-Etienne, afirma que, lo mismo en las capas de hulla que en las pizarras, presenta la uniformidad, continuidad y asociaciones *propias de una vegetación autóctona*; pues si bien se mezclan con las plantas pantanosas algunas otras, correspondientes á tierras secas, esto sucede casualmente, habiendo sido su influencia nula para la formación del combustible; y, generalizando sus observaciones á otros carbones más modernos, las estipitas, hullas pardas y lignitos, sostiene, después de consignar los múltiples yacimientos que ha visitado de estos combustibles, que en ellos predominó igualmente la vegetación palustre.

En opinión, pues, de Grand'Eury, los carbones fósiles se han formado en pantanos ó lagos de aguas tranquilas,

(1) Congrès géologique international de 1903. -- Comptes rendus de la VIII sesión en France.

(2) Comptes rendus des seances de l'Academie des sciences T. CXXXVIII 14 y 21 de Marzo de 1904.

ó apenas agitadas, no corrientes, y *poco profundas*, en cuyo fondo se desarrollaron, durante el período hullero, masas de rizomas rastreros, que después formaron el carbón *in situ*. Rizomas que se presentan envueltos en el mantillo fósil, producto semejante á la turba, que hubo de ocasionar la muerte de las grandes plantas arraigadas, cuyos despojos se encuentran, ya en el mismo paraje donde crecieron, ya transportados á mayor ó menor distancia del mismo, resultando así las hullas con caracter mixto de formación *in situ* y por transporte.

En resumen: según este reputado geólogo, los carbones de toda especie y de todas las edades se formaron siempre debajo del agua, y tienen origen mixto, por formación *in loco* y por transporte de los restos de su propia vegetación en toda el área de los pantanos lacustres: de suerte que, en realidad, no les pueden ser aplicadas, sino con ciertas restricciones en sus acepciones respectivas, las palabras *autóctona* y *alóctona*.

La reciente teoría de Grand' Eury presenta, en consecuencia, analogías manifiestas con la más antigua aceptada, resultando siempre que la de los deltas hulleros dista todavía mucho de ser admitida generalmente. Lo cual, señores, procede, á mi entender, de que en éste como en otros muchos puntos muy cuestionados en las ciencias, los contendientes han avanzado demasiado en cada uno de sus campos respectivos, queriendo generalizar observaciones locales y limitadas: cuando lo probable es que haya verdad en las dos teorías, pudiendo aplicarse una ú otra, ó ambas á la vez, en ciertos casos de formaciones mixtas.

A ellas se atienen pues, con variantes de poca monta, la mayoría de los geólogos (1); mas no faltan algunos que

(1) Como dato curioso haré constar que en un folleto, publicado en Granada en 1856, con el título de «Teoría sobre la causa de la gravedad, comproba-

atribuyen á las hullas origen neptuniano, suponiendo que sean el residuo de ciertos organismos marinos inferiores, sobre todo de algas. Pero como ya hemos visto que, en general, el carbón está compuesto de fragmentos de vegetales palustres ó terrestres, solo por excepción pudiera verse confirmada la hipótesis neptuniana.

Cualquiera que fuese el procedimiento empleado por la Naturaleza para acumular los vegetales hulleros, falta saber ahora cómo se carbonizaron y definir las causas que produjeron las diferentes clases de combustibles minerales. Bien sabido es que un árbol, arrancado del suelo y abandonado á la acción del aire, concluye por desaparecer bajo la acción incesante de los fermentos vivos, esparcidos abundantemente en la atmósfera, y que transforman la materia vegetal casi por completo en productos gaseosos, quedando, al fin, un puñado de mantillo como testimonio de la existencia de la planta. Pero si esta, se halla rodeada de un medio antiséptico, como por ejemplo el agua con ciertas sales en disolución, ó con determinados productos resultantes de la acción de bacterias sobre los mismos vegetales, en tal caso la materia orgánica puede conservarse casi indefinidamente, aun cuando con algunas modificaciones en su composición. Así puede explicarse la conservación de las plantas hulleras; pero, ¿cómo se carbonizaron luego?

Supúsose al principio que el calor fué el principal agente en tal transformación; y las experiencias que Fournet, Cagliard de la Tour, Göepert, Violette, Daubreé y Barouiller efectuaron desde 1835 á 1858, sometiendo la made-

da por fenómenos físicos, astronómicos y geológicos» original del Comandante graduado, Capitán de Infantería, D. Elias Tuñón y Quirós, se intenta explicar la formación de la hulla por la infiltración de la nafta en antiguos y sepultados bosques, conservándose así la materia vegetal como los antiguos egipcios conservaban sus momias (Bibliografía mineral hispano-americano de los señores Maffey y Rua Figueroa, núm. 2.580)

ra dentro de una atmósfera de vapor de agua y fuera de la intervención del aire, á temperaturas y presiones elevadas, parecían confirmar tal hipótesi; porque, en efecto, obtuviéronse así productos, de aspecto semejante á la hulla y á la antracita. Mas como las capas de estos combustibles se encuentran á profundidades que no concuerdan con las temperaturas correspondientes á su carbonización, fué necesario recurrir al supuesto de la acción del tiempo y del metamorfismo general, en el cual el calor interno del Globo desempeñaba también su papel correspondiente; y con este recurso se explicaba el enriquecimiento en carbono de los depósitos vegetales, á consecuencia de la eliminación lenta y progresiva de sus elementos volátiles.

A tales hipótesis, ciertamente vagas é incompletas, han sucedido otras más precisas, vislumbradas, va ya para cinco lustros, por Van Tieghem, y fundadas en la acción de los microorganismos sobre la celulosa. Los estudios de Bertrand, y sobre todo, los de Renault, por los años 1899 y 1900, de los que ya he hablado anteriormente, pareceme que ponen fuera de duda la intervención de los fermentos en la génesis de los combustibles minerales; siendo de notar que, en oposición á las ideas anteriores sobre la influencia del metamorfismo general, deduce el Sr. Renault de sus trabajos, que las materias vegetales se transformaron en hulla antes de su enterramiento en los deltas: idea que armoniza, hasta cierto punto, con la opinión de Fayol acerca de la rapidez con que debieron formarse los combustibles en las cuencas carboníferas, y que se funda en el hecho de haber encontrado, entre los elementos componentes de los bancos de conglomerado de las cuencas de Commentry y de la Alta Dordoña, muchos cantos de hulla, procedentes, sin duda alguna, de otras capas preexistentes.

La transformación de las plantas en hulla presenta, se-

gún Renault, dos fases sucesivas: primeramente, al fermentar, pierden parte de sus elementos llegando, como resultado final, á la carbonización, puesto que en la masa mineral aumenta la proporción de carbono y disminuye la de hidrógeno. La segunda fase, enteramente mecánica, produce la desecación y compresión del combustible entre las rocas permeables que forman la caja, y según sea la intensidad de ambas acciones, química y mecánica, así las hullas varían y adquieren las diferentes propiedades que las caracterizan.

Considerada la transformación de los vegetales en combustibles fósiles como una verdadera fermentación, faltaba averiguar si era ésta comparable á otras fermentaciones mejor conocidas y estudiadas; y á tal propósito enderezó sus investigaciones el Ingeniero francés Sr. L. Lemièrre (1), quien dedujo de sus estudios comparativos, entre el procedimiento de la fermentación alcohólica, obtenida por el tratamiento de los cereales y tubérculos, con lo que debió ser la fermentación hullera, que entre ambas existe completa analogía, opinando además que la causa productora de la transformación de los vegetales en combustibles fósiles fué siempre la misma en todas las épocas geológicas: la acción de los fermentos sobre la celulosa, substancialmente invariable, y con cambio solo en sus condiciones según el transcurso de los tiempos, para producir sucesivamente, y conforme los casos, antracitas, hullas, lignitos ó turbas, salvo algunas excepciones fácilmente explicables. Además, en concepto del Sr. Lemièrre, la formación de la hulla no fué necesariamente anterior á su enterramiento, sino que pudo adquirir su composición química definitiva

(1) *Compte rendu du VIII Congrès géologique de 1900.*— Sur la transformation des végétaux en combustibles fossiles, por M. L. Lemièrre.— *Essai sur le rôle des ferments.*

después que se incorporaron los vegetales á los sedimentos, puesto que aquellos llevaban consigo los gérmenes que habían de producir la fermentación. Así, y al cabo de tiempo determinado, cada combustible adquirió un estado definitivo, de modo que, salvo la intervención de influencias exteriores, la turba será eternamente turba, y los lignitos jamás llegarán á convertirse en hulla, ni ésta pasará á ser antracita. Lo cual vale tanto como decir que del estado vegetal pasó la acumulación de plantas al mineral, cumpliendo su obra el tiempo, que, ante la materia inerte es por sí solo incapaz de modificarla, á pesar de su inmensidad.

De modo tan categórico expone su opinión el Sr. Lemièrè; y sin embargo, ocurre pensar que, tal vez también en este camino, hayan ido demasiado lejos algunos sabios micrografos y bacteriólogos, atribuyendo á los microorganismos eficacia exclusiva, ó por lo menos exagerada; porque hecho indudable es la acción del metamorfismo general sobre toda clase de rocas, tanto más manifiesto cuanto que éstas sean más antiguas; y si tal acción es evidente en los filadios, en las cuarcitas, y en otras muchas rocas, todas de composición química más estable que la de las horna-gueras, ¿por qué no lo ha de ser en éstas? No cabe dudarlo: las rocas, los minerales, la materia inorgánica, en suma, no es un cuerpo sin vida; porque sobre ella actúan infinidad de fuerzas, pequeñísimas sí, pero que, en junto, producen efectos portentosos: como los de la electricidad, las acciones moleculares, las reacciones micro-químicas, las de todos los agentes, en fin, cuya eficacia describió maravillosamente en este mismo lugar el sabio Fernández de Castro, cuando formuló su teoría sobre la influencia que ha podido ejercer en el metamorfismo de las rocas y en la formación de los criaderos metalíferos, el movimiento molecular debido á las acciones eléctricas.

Tal es el resumen de las teorías que explican la forma-

ción de los combustibles minerales. Su fundamento esencial es indiscutible, porque, ante el testimonio de los bosques fósiles, y de las jacillas delicadísimas de sus frondas, que parecen conservadas por la Providencia en las pizarras y en las samitas para mostrarnos la flora hullera en todos sus detalles; ante lo que nos revelan el microscopio y la química, desentrañando el contenido de la rebelde masa de los carbones y poniendo de manifiesto, no sólo los tejidos de las plantas, sus frutos, sus semillas y sus granos de polen, sino también las legiones de microbios acumulados en ellas, como para enseñarnos que, en los antiguos tiempos, los cuerpos organizados más pequeños fueron los más importantes; ante tales pruebas no cabe dudar, no; el carbón de piedra es de origen esencialmente vegetal.

Y, sin embargo, la primitiva hipótesis que le suponía inorgánico, defendida por Wolster, Raumer, Fuchs y Wagner al principio, y luego por Judycky, conserva todavía partidarios; pues aún no hace medio año que el Ingeniero de Minas H. Lenicque, presentó á la Sociedad de Ingenieros Civiles de Francia (1) una nueva Teoría química de la formación de las rocas terrestres, en la cual por comparación con las reacciones obtenidas por efecto de las elevadísimas temperaturas del horno eléctrico, supone la existencia de diferentes carburos metálicos en lo interior de la Tierra, los cuales, en contacto con el agua que circula á grandes profundidades, hubieron de descomponerse y generar las rocas que constituyen la corteza terrestre, al par que diferentes carburos de hidrógeno gaseosos, líquidos y viscosos; siendo estos últimos los que, después de solidificarse, formaron el carbón de piedra. Semejante

(1) *Mem. et Compte rendu, des trav. de la Soc. des Ing. Civ. de France*
Bull. Octobre 1903, p. 346.

teoría, original y peregrina en cuanto se refiere á las rocas, no es nueva en cuanto concierne á los hidrocarburos; pues ya, con anterioridad M. Mendéleeff (1), había supuesto que el petróleo procedía de la acción del agua sobre los metales carburados del núcleo central terrestre: punto único, por cierto, en que á mi juicio, aquella teoría pudiera aproximarse en algo á la verdad; porque, aun cuando su ingenioso autor la presenta revestida con seductores ropajes, demostrando así sus profundos conocimientos en química, me parece en conjunto tan fuera de la realidad, que me imagino que no será fácil encontrar prosélitos verdaderamente convencidos para tan extraña doctrina.

Pasaré por alto otras hipótesis improbables y hasta extravagantes, como la formulada por cierto físico, sostenedor de que, durante la época hullera, la composición de la atmósfera era tal, que frecuentemente debieron ocurrir lluvias de hidrógenos carbonados, los cuales, arrastrados al fondo de las cuencas, formaron las capas de hulla (2). Tales hipótesis sólo pueden formularlas, como dice Saporita en una de sus interesantes reseñas sobre la hulla, aquellos á quienes seduce la paradoja, con tanto empeño en huir de la verdad, como otros más sensatos en perseguirla. Y con esto, daré por terminado cuanto se refiere á las teorías sobre el origen de la hornaguera, para tratar de

(1) E. Fuchs et. L. De Launay.—*Traité des gîtes métallifères.*

(2) En un folleto publicado en 1855 por la «*Société des Sciences des Arts et des Lettres du Hainaut*», expone y refuta el Sr. Ch. Le Hardy de Beaulieu esta hipótesis, estimándola como digna de la geología de los griegos y los romanos, y admite que la hulla no es más que el humus ó mantillo que, con el transcurso de los siglos, se acumuló en el suelo de los bosques de la época carbonífera, formando espesa y compacta capa abundante en carbón; y atribuye la repetición de las capas de combustible, que alternan con rocas detriticas, á los movimientos oscilatorios de la corteza terrestre.

aplicarlas, en lo posible, á la formación de las cuencas hulleras españolas.

Por su valor industrial, han sido estas cuencas objeto preferente de la atención de ingenieros y geólogos, así nacionales como extranjeros, que han conseguido reunir con sus trabajos copia muy importante de datos, apropiados para la emisión de racionales conjeturas acerca del origen probable de las cuencas á que nos referimos.

Al comenzar la época carbonífera debía de hallarse emergida la región central y occidental de nuestra Península, presentando el suelo un relieve montañoso bien definido; y el mar que bañaba, por la parte del Norte, las comarcas ocupadas por la cordillera cantábrica, la pirenáica y parte de la Ibérica, penetraba por el Sur hasta la región de la Sierra Morena. Hacia las costas se formaron entonces las enormes masas calizas que constituyen la base del sistema carbonífero; y después, en los comienzos del período hullero, se depositaron otros sedimentos dentro de los mares, siguiéndose á ellos los que contienen las capas de carbón verdaderamente explotables.

El cambio de clima, que durante el período hullero motivó extraordinario desarrollo de la vegetación, debió de iniciarse ya al finalizar el devoniano, puesto que entre los estratos más altos de este terreno comienzan á presentarse lechos carbonosos; pero las verdaderas capas de hulla, en condiciones de explotación, no se encuentran en nuestra Península hasta llegar al período hullero propiamente dicho.

Este terreno se halla distribuído en España en forma de manchas irregulares, de muy desigual extensión, que corresponden á cuencas distintas, siendo entre ellas la más importante, por su valor industrial y su amplitud, la que pudiera denominarse Cantábrica, pues que se extiende por las dos vertientes de la cordillera, buena porción de Astu-

rias, y parte de las provincias de León, Palencia y Santander, en una superficie cuatro veces mayor que el resto de nuestras cuencas reunidas.

En la cantábrica se hallan representados los tres tramos en que los geólogos dividen el terreno hullero, resaltando en ellos, por su carácter petrográfico, diversos horizontes de conglomerados, almendrones y brechas, siendo el más constante el que, sirviendo de tránsito entre los tramos inferior y medio de la formación, constituye un nivel estratigráfico de rocas detríticas, donde predominan los conglomerados de elementos voluminosos y que, tanto por su aspecto cuanto por el peculiar relieve que comunica la suelo, es un horizonte de referencia muy útil para la interpretación de la complicada estratigrafía de comarca tan quebrada y ríscosa.

Se presentan estos conglomerados á la manera de cordones, que corren á lo largo de la cordillera en sus dos vertientes; pero no en forma de fajas de espesor continuo, sino con muy desiguales gruesos y frecuentes soluciones de continuidad: parajes hay en que, alternando con areniscas, pizarras y también lechos de carbón, alcanzan hasta un quilómetro de espesor, mientras que en otros se reduce á pocos metros, y llegan á desaparecer en largos trayectos. Suelen observarse también variaciones graduales en el volumen de los elementos, lo mismo según la dirección de los bancos que en el sentido del buzamiento, de suerte que pasan insensiblemente á ser areniscas groseras, luego finas, y, por fin, pizarras: no siendo raro que un banco se divida en dos ó más ramales, con intercalaciones de cuñas ó lentejones de otras rocas de elementos menudos.

Otro tanto puede decirse respecto á las variaciones en la naturaleza y tamaño de los elementos de las areniscas y pizarras, así como de la falta de paralelismo é irregularidades en el espesor de las capas que tales rocas consti-

tuyen, si bien las variaciones suelen ser tanto menos manifiestas cuanto de más finos sedimentos se trate.

Carácter peculiar del hullero de la cuenca Cantábrica, entre las españolas, es la existencia de fósiles marinos, no sólo en ciertas capas del tramo inferior, sino también en algunos lentejones de areniscas, pizarras y calizas arcillosas, intercaladas en el hullero medio y aun quizá en el superior (1).

En lo referente á las capas de carbón, obsérvanse diferencias muy notables, no sólo en sus espesores y naturaleza de los combustibles, sino también en la composición de las rocas que forman sus cajas, y en su número y distribución; examinando la cuenca en conjunto, vése que, por su región meridional, son frecuentes las formas en rosario y en haces que, á veces alcanzan espesores muy considerables, como sucede, por ejemplo, en las minas de Santa Lucía de la provincia de León, donde tres bancos de carbón, separados por pizarras, acaban por reunirse en uno solo de hasta 40 metros de espesor, quedando, sin embargo siempre, dentro de la masa, la huella de las pizarras. También en Sabero se han explotado bolsadas de carbón de 31 metros de grueso, y en el alto Torío cerca de Canseco se encuentra otra con 7 metros, descubiertos en el ensanche de una capa; mientras que en la región central asturiana son las capas de hulla más regulares, en mayor número y, en general, más limpias: caracteres que les dan cierto parecido con las de las cuencas del Norte de Francia.

Atendiendo á las particularidades petrográficas y estra-

(1) En la cuenca del Rubagón, ó sea en las minas de Barruelo y Orbó, de la provincia de Palencia, hay un grupo de capas con fósiles vegetales, que corresponden á uno de los niveles más altos del hullero superior; y en el pendiente de una de las capas de carbón se encuentran varias especies de *Spirifer*.

tigráficas que acaban de reseñarse, y á otras muchas que pudiera consignar, pero que omito por no ser prolijo, creo que hay fundamento para aplicar á la cuenca cantábrica la teoría de los deltas hulleros y admitir que se ha formado por sedimentación de los materiales arrastrados hasta el mar por varias corrientes que, después de circular por una comarca montañosa muy próxima, formaron en sus desembocaduras los deltas correspondientes. La situación de éstos debió de ajustarse á aquellos parajes donde actualmente presentan los bancos de conglomerado sus mayores espesores; y en las avenidas, los vegetales acumulados se depositaron en los estuarios, ya en grandes masas de forma irregular, que dieron origen á ciertos yacimientos en rosario, ya en capas continuas, por haberse distribuído en superficie más extensa, regularizándose además su sedimentación por la acción incesante de las olas y de las mareas. En cuanto á las intercalaciones locales de capas con fósiles marinos, se explican fácilmente por la variación en el curso de los ríos, cerca de sus desembocaduras, y también por cambios en el caudal de sus aguas ó en su fuerza de transporte.

Bosquejada en esta forma la aplicación de la teoría de Fayol á la cuenca Cantábrica, serían necesarios para completarla muchos pormenores, cuyo estudio, aun contando con los interesantes del Sr. Barrois, está todavía por hacer: falta, en efecto, explicar por esta teoría la causa que motivó la distribución de los diferentes tramos hulleros en la cuenca, donde, á pesar de los trastornos estratigráficos, parece comprobado que se suceden en estratificación transgresiva, de Oriente á Poniente, en orden de mayor á menor antigüedad; y faltan también los estudios especiales, referentes á la determinación de los parajes, si es que los hay, donde los vegetales se presenten arraigados en el mismo punto donde vivieron. Además, sábase muy poco

acerca de la composición íntima de los carbones; y en fin, en esta cuenca, como en el resto de las españolas, queda á los geólogos campo extenso para sus observaciones y estudios, que, aun cuando al parecer sean de interés puramente especulativo, podrán, sin embargo, reportar gran utilidad en sus aplicaciones á la explotación de las minas.

Pero si la teoría de Fayol parece aplicable á la cuenca Cantábrica, mucho más lo es todavía á la que le sigue en orden de importancia: la de Espiel y Belmez, en la provincia de Córdoba, donde aparecen con relieve grandemente acentuado los caracteres de sedimentación, propios de los deltas terrenales. Entre todas las españolas es, en efecto, esta cuenca andaluza la que presenta en sus sedimentos hulleros pruebas más patentes del arrastre tumultuoso y desigual acumulación de los derrubios, adquiriendo en ella los conglomerados extraordinario desarrollo, en forma de bancos muy irregulares, entre cuyos elementos suelen encontrarse las jacillas de los vegetales que, envueltos con ellos, fueron arrastrados por las corrientes. En ella, además, las capas de combustible están dispuestas en caprichosas líneas de lentejones, de espesor á veces verdaderamente extraordinario, pues sitios hay donde se explotaron masas de carbón de hasta ochenta metros de grueso; correspondiendo á la parte central de la faja hullera, la mayor riqueza, en calidad y cantidad de combustible, todo lo que va menguando hacia los extremos de la zona; y á cierta distancia, dentro ya de la provincia de Badajoz, en el isleto de los Santos, resto de la prolongación occidental, no se ha encontrado carbón explotable.

Cierto que á la forma irregular de tales depósitos debe haber contribuído la acción dinámica terrestre, dislocando, rompiendo y plegando los estratos, y aun también influyendo en la formación de los ensanches y estrecheces de los más plásticos. Pero la causa eficiente y principal de las

variaciones, en la naturaleza y espesor de los sedimentos en cuestión, es originaria, y se deriva de la época en que se depositaron.

Por otra parte, el terreno hullero de la cuenca se encuentra en contacto, ó muy inmediato, al carbonífero inferior, representado en su forma marina por calizas fosilíferas, que resaltan allí en pintorescos picachos, y en la litoral por ciertas grauwacas y pizarras que contienen algunos restos de plantas, de suerte que, aun cuando á diferencia de lo observado en la cuenca Cantábrica, no se han encontrado hasta ahora en la andaluza intercalaciones con fósiles talásicos dentro del terreno hullero, la circunstancia de estar inmediato éste á los depósitos del Culm, induce á suponer que, como en Asturias, se formó también la cordobesa en un estuario marino, situado en la costa meridional del continente de aquella época, y dentro de la región actualmente ocupada por Sierra Morena.

Además de la cuenca de Belmez aparecen en la comarca cordobesa, así como en las provincias de Sevilla y Badajoz, varias superficies hulleras que, juzgando por sus caracteres petrográficos, debieron pertenecer á una sola cuenca, mucho más extensa, que desapareció en gran parte por efecto de enérgicos derrubios, quedando subsistentes algunos retazos aislados, que constituyen los asomos en cuestión. Entre ellos el más importante, industrialmente considerado, es el de Villanueva del Río, ó de la Reunión, en la provincia de Sevilla, donde el terreno hullero se encuentra tocando á las rocas estrato-cristalinas y cambrianas; no faltando motivo para suponerlo, además, en conexión con una faja del carbonífero inferior, que, representado por calizas, con coralaris y crinóides, y aun quizá por las grauwacas pizarreñas del Culm, asoma á corta distancia, tras una zona diluvial.

Escusado es decir que á la cuenca de Villanueva del

Río, como á las restantes porciones de la masa principal, debe asignárseles el mismo origen que á ésta.

En la provincia de Ciudad Real encuéntrase la cuenca hullera de Puertollano, cuya importancia industrial estriba principalmente en su ventajosa situación para los transportes á Madrid. Allí aparecen las rocas de la formación carbonífera cual depositadas en un lago interior aislado, de forma casi elíptica, como de dos quilómetros de amplitud media, por veintidós de largo. Mas semejante aislamiento no debe reputarse como cierto é indudable desde su origen; porque, precisamente, en la prolongación occidental de la cuenca, como á unos 45 quilómetros de distancia, comienzan, antes de llegar al término de Almadenejos, varias manchas carboníferas y devonianas, que obligan á admitir que los mares de aquellas remotas edades debieron extenderse también por toda aquella región, quedando, como testimonio de su presencia y como retazos respetados en los posteriores derrubios, la faja hullera de Puertollano y los isleos del Puente de las Ovejas y de Almadenejos. Siendo natural admitir la acción de causas marinas en la formación de la referida cuenca; pues que en ella se han encontrado, además de los fósiles talásicos devonianos, otros carboníferos, pertenecientes á los géneros *Ortoceratites*, *Avicula*, *Productus* y *Actinocrinus*, junto con algún pez de la familia *Omplyteridæ*.

Y en verdad que estos fósiles contribuyen admirablemente á explicar, por la teoría de Fayol, todas las particularidades de la cuenca de Puertollano; pues, si en efecto, las rocas de esta cuenca se hubieran formado en un lago angosto, donde las aguas á él afluentes hubieran depositado sus deltas torrenciales, presentaría los caracteres propios de esta suerte de depósitos; mas nada de esto se observa, sino que, por el contrario, las rocas dominantes son pizarras, arcillas y areniscas, con intercalaciones de carbón, dispuesto todo

con regularidad bastante para constituir una verdadera cuenca, es decir, en capas casi horizontales hacia el centro y suavemente levantadas por los bordes. Faltan allí, ó por lo menos no se han encontrado en más de doscientos metros de profundidad, alcanzados por pozos y sondeos, sin haber conseguido atravesar la formación, los inclinados bancos de conglomerado, que caracterizan á los deltas torrenciales lacustres; y, sin decir con esto que tales rocas no habrán de presentarse á mayor profundidad, lo cierto es que las descubiertas hasta ahora indican, por su disposición, naturaleza y regularidad, así como por contener algunos fósiles propios de agua salada, que debieron depositarse en un estuario, mar adentro, y lejos ya de la desembocadura de los ríos.

De dimensiones más reducidas que las de la cuenca de Puertollano es la de San Juan de las Abadesas, en la provincia de Gerona, puesto que forma una faja de solo 15 kilómetros de longitud, por 2280 metros de anchura. Sus estratos se presentan rotos, levantados, plegados y hasta invertidos, tal vez por el empuje de las masas porfídicas; se apoyan, en aparente concordancia, sobre las calizas de la base del carbonífero inferior; y en ellos se observa manifiestamente la forma irregular con que se depositaron. El máximo espesor de la cuenca corresponde á la parte central, donde también las capas de combustible son más gruesas y en mayor número, advirtiéndose además claramente la falta de paralelismo de los bancos, no sólo en sus afloramientos, sino en profundidad, puesto que las labores mineras han comprobado que, en la región Sur hay tres capas de carbón que se van juntando hasta reunirse en hondura, para formar un solo banco de 14 metros de grueso.

Los lechos de combustible están comprendidos dentro de una zona en que predominan las pizarras carbonosas

con multitud de restos vegetales; sobre este horizonte descansa poderoso conjunto de bancos de conglomerado, almendrón y arenisca, que también contienen jacillas de plantas hulleras; y, bien considerado, todo parece indicar que la cuenca de San Juan de las Abadesas, cual las anteriormente descritas, se formó en un delta marino, situado hacia el extremo oriental de la región pirenaica.

Además del de San Juan, se encuentran otros depósitos carboníferos á lo largo de los Pirineos y en condiciones de yacimiento semejantes; si bien, al parecer, poseen menos valor industrial, ya por consecuencia de la inferior calidad de sus carbones y escasez del combustible, ya principalmente por su situación desfavorable para el transporte á los puntos de consumo. Por tales motivos, y por no hacer demasiado larga esta reseña, debiera dar por terminado lo referente á las cuencas pirenaicas; pero un deseo, en mí disculpable, porque emana de sagrado recuerdo y filial afecto, me obliga á citar la de Erill Castell, situada en el Pirineo de Lérida, puesto que al estudio de ella, como al de todos los más importantes criaderos minerales de Cataluña, irá siempre unido el nombre de mi buen padre Don Eusebio Sánchez, quien, como jefe de aquel distrito minero, hubo de reconocerlos, y publicar el resultado de sus trabajos allá por los años de 1861, en una Memoria geológico-industrial que lleva el título de *Noticias sobre la Riqueza Minera de Cataluña*.

En territorio de Burgos y Logroño hállanse también depósitos hulleros que forman, en la primera de aquellas provincias, un grupo de manchas situado hacia el extremo occidental de la cordillera Ibérica; y en la segunda, una faja muy estrecha, limitada por fallas y como encajada entre los conglomerados terciarios y las calizas del triásico superior. Tienen estos depósitos valor industrial; pero su mayor interés procede de su estudio geológico,

porque, si se atiende á su situación y á la circunstancia de presentarse en uno de los burgaleses un asomo pequeño de rocas fosilíferas, correspondientes al carbonífero inferior, fundamento hay para suponer que el mar carbonífero y los depósitos hulleros de la cuenca cantábrica debieron de extenderse por el S.E., hasta rebasar la Rioja, en los 200 quilómetros que separan los límites orientales de las manchas cantábrica y logroñesa; resultando tales depósitos ocultos, casi totalmente, por otros terrenos más modernos y á profundidades probablemente inasequibles para la industria minera.

Por lo demás, resaltan notablemente en las manchas de que se trata, sobre todo en la mayor de las burgalesas, los caracteres propios de los depósitos costeros de estuario; pues forman en ella los conglomerados potente masa de bancos, de irregular espesor, con intercalaciones de areniscas y vetas de hulla. Las areniscas contienen frecuentemente partículas carbonosas, y las pizarras, más ó menos llenas de carbón, penetran repetidamente entre las capas de combustible. La falta de paralelismo de los estratos también es cierta; y, en fin, cuantos pormenores se consignan en la teoría de los deltas, pueden fácilmente advertirse en estas cuencas, comprobatorias de la certidumbre ó verosimilitud de aquella teoría.

Para terminar la reseña de las cuencas carboníferas españolas más interesantes, mencionaré, finalmente, la de Henarejos, en la provincia de Cuenca, donde el terreno hullero ocupa superficie muy reducida, hallándose constituido en la base por areniscas, que con frecuencia se cambian en pudingas de elementos gruesos, y en la parte alta, por pizarras, con interpolaciones de carbón. Es cuenca, al parecer, de escaso valor industrial; pero que, por su situación y por encontrarse allí el terreno hullero apoyado sobre el devoniano, ofrece indudable interés geológico, pues-

to que, no sólo demuestra la presencia del mar devoniano en una región de la Península muy apartada de las demás manchas de la misma edad, sino que además, y atendiendo al enlace indudable entre los mares carboníferos y devonianos, permite sospechar si la cuenca de Henarejos se depositaría también en un delta marino.

Habéis visto, sin duda, cómo en rama tan importante de la Geología, cual es la que estudia el origen y formación del más útil de los productos del reino mineral, se refleja el adelanto de las ciencias experimentales, consecuencia de los admirables progresos de la Física, la Química y la Paleontología; y también habéis visto, cómo una de las teorías más en boga en estos últimos años, puede explicar la formación de las cuencas hulleras españolas: teoría que, si bien cuenta con partidarios de gran autoridad práctica y científica, es no obstante combatida por otros reputados autores. ¿Qué tiene, pues, de extraño que el problema siga en pie, si en ésta como en todas las cuestiones sustentadas por hipótesis, más ó menos probables, las teorías que sobre ellas se levantan y apoyan no representan, en suma, sino la evolución de los conocimientos científicos con ellas relacionados? No obstante, el persistente afán del saber, en su noble intento de desentrañar los misterios de la Naturaleza, va sucesivamente sondando la majestuosa corriente de la verdad, alentado por la esperanza de llegar por completo á dominarla.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. DANIEL DE CORTÁZAR

SEÑORES ACADÉMICOS:

Viajaba la Reina Doña Isabel II por Guipúzcoa, y pronto había de pasar por un pueblecito llamado Mendaro, al que dan fama en el país los exquisitos bollos que allí se preparan para tomar chocolate.

De advertir es que en toda aquella región vasca el castellano es poco menos que desconocido; y, como el Alcalde del lugar lo ignoraba por completo, hubo de rogar al Cura que se encargase de dar la bienvenida á la Soberana. Resistióse cuanto pudo el padre de almas, pues sus conocimientos de la lengua oficial no eran mucho mayores que los de la Autoridad civil; pero al fin se resignó y, tras no fácil trabajo, preparó la arenga con que, según lo acordado por el Ayuntamiento de la Villa, al mismo tiempo que se felicitase á la Reina, se le había de ofrecer, sobre bandeja de plata, una muestra de las famosas golosinas.

Llegó Isabel II, salió el pueblo entero al encuentro, y al comenzar el Cura su estudiado discurso, se le aňudó la garganta y quedó sin poder articular palabra. En situación tan crítica, el sacristán, portador de la bandeja del regalo, se adelantó y dijo á la Soberana: «A tú, Reina, yo, sacristán en Mendaro, biscochos da pues».

Agradeció mucho Isabel II el obsequio, y todavía más lo compendioso de la oración, por lo cual con todos los allí

reunidos se mostró muy complacida; sonó en seguida la música y diéronse los vivas que marcaba el protocolo, para que siguiese su marcha la real comitiva; y asegúrase, que desde entonces, siempre que la Reina se veía obligada á escuchar las latas arengas conque pretendían obsequiarla en solemnes fiestas, con su ingénita gracia madrileña decía *sotto voce* á las damas que la acompañaban: ¡qué falta está haciendo aquí el sacristán de Mendaro!

Para que vosotros ahora no le echéis también de menos, procuraré cumplir brevemente la obligación que me habéis impuesto de felicitar en este acto al nuevo compañero, que desde su juventud lo es mío por oficio y por ocupación; pues D. Rafael Sánchez Lozano, Ingeniero Jefe del Cuerpo de Minas, há veintisiete años que pertenece á la Comisión encargada de formar el Mapa Geológico de España, donde ha dado constantes pruebas de su ciencia y saber, publicando en las Memorias y en el Boletín de la misma Comisión multitud de trabajos, apreciados, no sólo por los que al estudio de la Geología se dedican, sino por cuantos en algo estiman la cultura y la erudición científicas; y si la labor así realizada no la pregona la fama, yo lo atribuyo á que el apellidarse Sánchez, Fernández, ó Rodríguez es como no llamarse nada ante el vulgo innúmero, que encuentra mejor y de mayor efecto todo sobrenombre extraño, siquiera sea japonés ó ruso, de pronunciación tan enrevesada como obscuro significado.

Y, no obstante, en el Cuerpo de Minas el patronímico Sánchez es de brillante tradición, pues lo llevó con general estima aquel D. Eusebio, infatigable Ingeniero y consumado Geólogo, á quien, á mediados del pasado siglo, el sabio francés De Verneuil dedicó alguno de los fósiles que en el terreno devoniano de España descubriera por entonces, al par que, denominando otras especies, simultáneamente encontradas, rememoró para siempre á Ezquerria,

Prado, Naranjo y Pellico, todos Ingenieros de Minas, á quienes, por sus incuestionables méritos, se abrieron sucesivamente las puertas de esta Academia.

Como habéis oído al Sr. Sánchez Lozano, fué D. Eusebio su padre; y á celebrar el recuerdo de este Ingeniero, muerto prematuramente, me impulsan, no solamente la ocasión y la justicia, sino también la gratitud, nacida del singular afecto y cariñosa protección con que tan buen jefe me distinguiera, cuando ni pensar podía que, andando el tiempo, llegase yo á celebrar su ciencia y encarecer juntamente los merecimientos que, como herencia paterna, resaltan en su hijo. Pues, en efecto, el Sr. Sánchez Lozano, no sólo se ha señalado por sus trabajos oficiales, antes mencionados, sino que tiene reputación envidiable entre los industriales mineros, que con frecuencia acuden á él en demanda de consejo y dirección acertada para emprender y llevar á buen término las empresas más difíciles, donde hay necesidad de aplicar los frutos de competencia científica y de aptitud industrial, justificados en muchas obras dadas á luz por mi amigo, y de las cuales basta citar ahora la *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño*; la *Noticia de la geología de la tierra burgalesa*; los *Datos geológicos de la provincia de Santander*; el *Estudio de la formación vealdense en Castilla la Vieja*; la *Nota de algunos criaderos argentíferos del N. de Madrid*, y los *Estudios mineros de las provincias de León, Cáceres, Baleares, Granada, y Ciudad Real*.

Trabajos son éstos que sobradamente justifican el acierto de la Academia cuando eligió al Sr. Sánchez Lozano para sentarse en la silla de la Corporación, que con anterioridad y sucesivamente ocuparon y honraron el ilustrísimo Sr. D. José Martín de León, sabio Doctor en Farmacia, Decano de su Facultad en la Universidad de Madrid, y Catedrático de Botánica aplicada; el Excmo. Sr. D. Ca-

siano de Prado, Inspector general de Ingenieros de Minas, Superintendente y Director de los Establecimientos mineros de Almadén y de Río Tinto, geólogo eminentísimo, y gloria perpetua del Cuerpo á que perteneció; el Sr. D. Laureano Pérez Arcas, Doctor en Ciencias é insigne Catedrático de Zoología en la Universidad Central; y, por fin, el Excmo. Sr. D. Carlos Castel, cuyo merecido elogio habéis escuchado pocos momentos há al sucesor de tan ínclitos varones, que llega á nosotros en el vigor de la edad, lleno de entusiasmo por la ciencia, y con las fuerzas que nos van faltando á cuantos hemos visto desaparecer, en veinte años, á más de cincuenta de nuestros compañeros de Academia.

Dediquemos á todos ellos un recuerdo piadoso, y, después de rogar á Dios por sus almas, volvamos á la triste realidad de las cosas humanas.

Trata el Sr. Sánchez Lozano en su discurso, de señalar y aplicar á la Geología de España lo más culminante de cuanto se ha ideado para *explicar la formación de la hulla*; y al observar yo que en esta cuestión, como en otras muchas, pronto unas teorías suceden, sustituyen y reemplazan á otras, me ocurre aplicar á todas lo que Schopenhauer decía de las mujeres, «que aquella á la cual exalta un poeta, con madrigales y sonetos, apenas obtendría de él una mirada, si hubiera nacido veinte años antes». Tal vez porque las teorías tengan, como las hembras, la *beauté du diable*, vivan tan poco, y el que en un tiempo aceptó, como yo para el caso presente, la que le parecía inmejorable, venga á encontrarse, tras no larga prueba, como el poeta del autor alemán, ó como un mi amigo lusitano, que se avecinó en España, y, pasados algunos años, los bastantes para olvidar el portugués y no aprender el castellano, hallóse al fin en situación que verdaderamente no tenía nada de satisfactoria.

De todos modos, pues que la necesidad á ello me obliga, algo he de deciros, siguiendo el camino trazado por nuestro nuevo camarada, y para ello permitiréis que me detenga un momento en exponer mis ideas acerca del asunto.

Como en un sistema general de desarrollo biológico los vegetales pueden nutrirse, y en efecto se nutren, directamente de substancias inorgánicas, es evidente que aquéllos han de preceder á los animales, incapaces de subsistir sin consumo de materia orgánica, y esto, que el naturalista entiende desde luego, es clara confirmación de los versículos bíblicos: *Dixitque Deus: Ecce dedi vobis omnem herbam et universa ligna, ut cunctis animantibus, in quibus est anima vivens, habeant ad vescendum*; y por esto el que, aun cuando la fosilización sea más fácil para los animales que para los vegetales, conózcanse fosilizaciones de éstos, correspondientes al período de las rocas estrato-cristalinas, donde no se han descubierto formas animales: mientras que con ellas existen, en muchos lugares de los terrenos cambriano y siluriano, repetidas señales de plantas desaparecidas, lo que se convierte en hecho general, en las formaciones geológicas más modernas.

En conjunto, la aparición y desenvolvimiento del reino vegetal puede definirse señalando las plantas criptógamas como más antiguas que las fanerógamas, acusándose desde los primeros tiempos la presencia de los principales grupos de aquéllas.

Así, las algas representadas por *Diatomeas*, según afirma el Conde de Castracana y también asegura Renault, se hallan entre los materiales pétreos más antiguos, descubriéndose con frecuencia en las cenizas de la antracita y de la hulla.

Una alga filiforme, parásita y unicelular, á que el profesor Martín Duncan ha dado el nombre de *Palaeochlya*, tiene representación entre las conchas y corales silurianos y de-

vonianos; y otras algas, correspondientes á las *Coralinas* y *Nuliporas* vivientes, por la propiedad que poseen de segregar materia calcárea é incorporarla á sus tejidos, puede decirse que preparan su fácil fosilización; no siendo, por tanto, de extrañar que estas algas pétreas formen parte de las calizas más antiguas de los períodos paleozóicos, conforme asegura Gumbel.

Las algas pelágicas también tienen representantes en las capas de sedimentación, por lo menos desde el período siluriano inferior; pues en la caliza de Trentón, á orillas del Ottawa, en el Canadá, se encuentran despojos del *Buthotrephis gracilis*, Hall, á los que la forma de las jacillas, la textura, y la composición carbonosa aseguran origen vegetal, inconfundible con perforaciones de gusanos marinos, concreciones inorgánicas, ó surcos en blandos légamos del arrastre de crustáceos, conforme han considerado algunos autores aquellos restos tan antiguos.

El grupo de los hongos, si no tiene representación inquestionable más primitiva, corresponde, sin duda, á la época hullera, pues dentro de un tronco de *Lepidodendron* se han hallado señales inequívocas de un parásito vegetal talógeno, á que se ha dado el nombre de *Peronosporites antiquarius* por su analogía con las especies de *Peronospora*, que hoy infestan nuestros viñedos, garbanzales y patatares, y que son conocidas respectivamente con los nombres vulgares de *mildiu*, *rabia* y *peste*, pudiendo asegurarse que los *oomicetos* en cuestión han vivido durante la formación de todos los terrenos secundarios y terciarios, pues á contar del período carbonífero se encuentran entre los lignitos y dentro del ambar.

Helecho siluriano es el *Eopteris Andegavensis*, y las especies de estas *eteógamas* se multiplican hasta llegar á nuestros tiempos, así como las Equisetáceas, se muestran entre las rocas estrato-cristalinas de la Valtelina (Italia) con

el *Equisetum Sismondi*, y las Licopodiáceas se conocen desde el siluriano superior, por los *Lepidodendroides*.

En términos generales, las plantas más antiguas, todas criptógamas, corresponden á los géneros *Equisetum*, *Eophiton*, *Butrotrephis*, *Palaeophycus*, *Vexillum*, etc. Más tarde vienen las fanerógamas, con el grupo de la *Gymnospermas*, precediendo al de las *Angiospermas*; pues las Coníferas y Cicadeas ofrecen formas indudables en el período devoniano, mientras que los géneros de semilla en estuche no se hallan antes del cretáceo superior.

Bastan las rapidísimas indicaciones apuntadas para entender que, en tiempos anteriores á la formación de la hulla, existió una flora general muy variada, como lo atestiguan los datos de la paleofitología cambriana y siluriana, y, sobre todo, de la devoniana: época en la cual se desarrolló una vegetación exuberante, formada por plantas terrestres, representantes de casi todos los grupos botánicos que hoy viven en los continentes, siendo los vegetales carboníferos análogos á los devonianos, por más que entre unos y otros no haya ni una sola especie común.

De todos modos, la más numerosa y mejor conocida de las floras fósiles es la del terreno hullero, pues á ello ha contribuído el gran desarrollo de las labores hechas para explotar el combustible mineral, siendo en consecuencia tantas las plantas determinadas, como propias del período en cuestión, que no cabe ahora sino recordar los tipos más característicos.

Muchos y muy variados son los helechos carboníferos: herbáceos unos, parecidos á las especies vivientes en nuestros climas templados y húmedos; y arbóreos otros, similares á los que ahora se encuentran en ciertas localidades de los trópicos y sobre todo en Nueva Zelanda: siendo curioso recordar que las frondes de los primeros medían á

veces diez metros de longitud, y que los segundos alcanzaban hasta seis y siete metros de altura.

Plantas carboníferas bien características son los *Calamites*, que generalmente se refieren á las *colas de caballo*, ó equisetos vivientes, pero que debían ser colosales, ya que sus troncos eran de siete y ocho metros; estriados á lo largo; desnudos, ó, cuando más, con ramas rudimentarias; huecos; con nudos transversales delgados, y sin diferencias en el tejido fibroso que en el tallo constituía la madera y la corteza. Crecían agrupados cual nuestros cañaverales, entre las arenas y fangos de los lapachares, á veces por completo dentro del agua; y, como plantas vivaces, podían, conservando el rizoma, echar á diversas alturas raíces adventicias, si se sumergía el terreno donde estaban arraigadas.

Se diferenciaban los *Calamodendros* de los *Calamites* por su tronco leñoso, cual el de las vivientes *Stembergias*; y el género *Lepidodendron* lo formaron plantas realmente gigantescas, de la familia de las Licopodiáceas, que comenzaron en el período siluriano, y, bien representadas en el devoniano, tuvieron su máximo desarrollo en el carbonífero. El tronco llegó á veces á veinte metros de altura; las frondes se sucedían en él con gran regularidad y simetría; y, así, la corteza quedaba señalada con cicatrices rombales ó elípticas, dispuestas al tresbolillo, indicando los puntos de inserción.

Comenzaron las *Sigillarias* en la época devoniana, y se extinguieron en la carbonífera, después de formar bosques espesísimos. Sus troncos, de 25 y 30 metros de elevación, además de ser estriados por completo, estaban marcados, como indica el nombre genérico, por sellitos ó escudetes, producidos, como en los lepidodendros, por la inserción de las frondes, que á través de la corteza pasaban á ingerirse en la madera del tallo, desprovista de radios medu-

lares: todo lo cual indujo al sabio botánico inglés, Carruthers, á considerar las sigilarias como licopodiáceas, siendo lo cierto que aún está por determinar la verdadera posición botánica de estas plantas, á las cuales correspondían como raíces las *Stigmarias*, que por sí solas suelen formar capas de hulla, en contacto directo con las rocas arcillosas, que constituyeron el fondo de los budiales (1) carboníferos.

Encuétranse, además, entre la flora hullera ciertas coníferas, cuyo fruto se conoce con el nombre de *Trigonocarpo*, planta que muchos autores asimilan á los Tejos vivientes; si bien otros estiman que estaban aliadas con las *cicádeas*, y no muy distantes de los lepidodendros, aunque su importancia fuese mucho menor.

Todas estas plantas, y algunas otras de secundario valor, son las que, con exuberante vida, cubrieron en el período hullero los bajos y no muy extensos continentes, donde existían muchas lagunas y tierras anegadizas, habitadas por moluscos gasterópodos, en tanto que los mares contemporáneos abundaban en pólipos, cefalópodos y braquiópodos. Las aguas dulces, corrientes ó estancadas, estaban por entonces pobladas de peces, de organización algo parecida á la de los saurios; y entre los fangos de los tremedales se arrastraban enormes anfibios, denominados, por la forma de sus dientes, *Laberinthodontes*. Y simultáneamente volaban por los aires cientos de especies de insectos ortópteros y

(1) *Budial*: terreno pantanoso en que brotan aguas manantiales y perennes. Voz usada en Extremadura, procedente del latín *ebullire*, porque tales terrenos no se anegan por el agua que venga de otra parte, sino por la que brota perennemente dentro del área que ocupan, como sucede en la marisma de Tortosa, donde llaman *ullals* (como si se dijese en castellano ojazos) á las bocas por donde sobresalé el agua.—*Diccionario de voces españolas geográficas*, publicado por la Academia de la Historia.

Véanse en el mismo Diccionario los artículos *Buedal*, *Buedo*, *Llama*, *Llamazar*, *Lodachar*, etc.

neurópteros, semejantes á los que actualmente prefieren los sitios húmedos y oscuros, y tan desmesurados algunos de aquéllos como el *Dictyoneura Monyi*, que tenía de envergadura setenta centímetros y cincuenta de longitud en el cuerpo.

La vegetación, aunque falta de variedad, alcanzaba excepcional desarrollo, como consecuencia del clima uniforme y atmósfera templada y nublosa en que se desenvolvía; y, mientras en el fondo de los llamazares se entrelazaban las estigmarias para servir de apoyo á las gigantes cas sigilarias y lepidodendros, y los calamites renovaban sus tallos en lo alto, al anegarse y destruirse por la base, en los sitios algo más secos, las cicádeas y los helechos, de elegantes y enormes frondes, constituían selvas sombrías é impenetrables.

En tan extraño y monótono paisaje faltaban las formas graciosas y variadas de nuestros árboles, y las plantas de flores brillantemente coloridas; la uniformidad era la regla; y sólo cuando las tormentas azótaban el bosque, su fragor acrecía el persistente ruido de los torrentes, dominado en tiempos serenos por zumbidos estridentes de colosales insectos y aterradores gruñidos de enormes anfibios, precursores de los apacibles y armoniosos cantos de las aves y de las variadas voces de los mamíferos, ni unos ni otros existentes aún en la tierra.

Aquellos bosques preparaban la formación del carbón de piedra; y si esto, conforme ha expuesto el Sr. Sánchez, constituye punto de doctrina incuestionable, las dudas y conjeturas, más de una vez contradictorias, asoman en cuanto se trata de explicar cómo los vegetales cambiaron su naturaleza orgánica en inorgánica; de qué manera se constituyeron las capas de combustible, de más de cincuenta metros de espesor en ocasiones, y extendidas en otras por dilatadísimas áreas; por qué los horizontes de carbón

alternan múltiples veces con otros de rocas estériles; y por qué también el combustible se halla puro de toda mezcla de arenas ó légamos. Y, además, si para acumular los elementos de la hulla, las aguas dulces ó las marinas arrastraron las plantas, tampoco es fácil entender cómo éstas se han conservado enteras y hasta con sus cápsulas de fructificación en las hojas más delicadas; ni se concibe, sin gran esfuerzo mental, la manera de sucederse y sustituirse los acarreos fluviales por las corrientes marinas: hechos todos que se han verificado en las formaciones hulleras.

Desde que Lyell, en el primer tercio del siglo próximo pasado, fundó la *Teoría de las Causas actuales*, para explicar la historia de la Tierra, acabó de una vez y para siempre con la necesidad de recurrir á grandes cataclismos y á fenómenos extraños á los que conocemos; y el principio de que lo ahora ocurrente ha de servir de base y clave para explicar lo ocurrido, debe ser el fundamento de cualquier especulación geológica, pues el Universo es un sistema donde la circulación de la energía está por completo compensada, no siendo racional admitir que el aire, el agua, el fuego y la tierra, los cuatro elementos de los antiguos filósofos, hayan producido en otros tiempos combinaciones enteramente distintas de lo que ahora producen, tanto más, cuanto que las leyes de circulación de la fuerza se manifiestan con idénticas condiciones desde que en la Tierra comenzaron los hechos geológicos.

Natural es, pues, establecer que la hulla debió originarse por medios semejantes á los necesarios para constituirse antes los grafitos y las antracitas, y después los lignitos y la turba, producto, naturalmente, de las plantas que existían en las sendas épocas de origen de aquellos combustibles minerales, pues todos ellos forman una serie no interrumpida que, comenzando en lo actual con altera-

ciones tan pequeñas á veces, que apenas si con ellas cambia la organización de las plantas, pasa por trámites insensibles, desde la turba y la madera fósil á los lignitos pardos, y después á los que por su textura, aspecto y composición se confunden con las hullas bituminosas, para enlazarse luego con las secas hasta llegar á las antracitas más carbonosas, que se confunden con el grafito: habiendo autores que todavía extienden la serie hasta el diamante, aun cuando de éste haya desaparecido por completo todo vestigio de procedencia orgánica.

Como ya lo ha indicado el Sr. Sánchez, en cuanto cesan de vivir los vegetales, se descomponen de dos maneras distintas, por fermentación ó por putrefacción, es decir, consumiéndose ó quemándose como espontáneamente y poco á poco, ó en el aire libre y húmedo para resolverse sus restos en *mantillo*, ó sumergidos en el agua, donde, con el tiempo, dejan por residuo el *ácido úlmico*: resultando en uno y en otro caso que los productos finales son muy ricos en carbono, como para enseñar que la Naturaleza puede, sin necesidad de elevadas temperaturas, verificar la carbonización de los vegetales, sustituyendo las acciones del calor intenso ó del tiempo excesivo, con reacciones químicas y efectos de compresión, según lo confirman los experimentos de Fremy, de Violette y de Baroulier.

Pero de todas maneras, el agua aparece como el agente esencial para la producción de los combustibles minerales; pues las plantas que dentro de ella van por partes y paulatinamente alterándose, originan al mismo tiempo substancias que conservan sin descomponerse el resto, para que las reacciones físicas y químicas lo reduzcan á carbón.

Ya Sprengel demostró en 1821 que las turbas encierran una substancia antiséptica (*ulmina*), de tanta eficacia, que un trozo de carne, sumergida en agua saturada de aquella materia, á la temperatura de 12 grados C., se conser-

va largo tiempo, y concluye por descomponerse sin corrupción. Y también Lyell, en su obra titulada *Principles of Geology*, refiere que en los turbales pueden permanecer las substancias animales sin alterarse sensiblemente durante largo tiempo, aduciendo, en apoyo de su aserto, entre otros, los siguientes ejemplos.

En Junio de 1747 se encontró en un turbal de la isla de Axholme (Lincolnshire), á dos metros de profundidad, el cadáver de una mujer, calzada con sandalias romanas: indicio de que había estado sepultada en aquel sitio cerca de veinte siglos; y, sin embargo, la piel, las uñas y los cabellos permanecían sin alteración. También en el siglo XVIII, entre una capa de guijas que formaban el fondo de otro turbal, en las tierras del Conde de Moirá, en Irlanda, se halló un cadáver vestido con pieles de ciervo: traje usado en el país antes de conocerse las telas de lana; y, á pesar de los muchos años que habían transcurrido desde la época de la defunción, el muerto aún se conservaba entero.

Además, en las Transacciones Filosóficas se consigna el caso de dos personas, enterradas en un pantano turboso del Derbyshire, en 1674; y que, después de veintiocho años y nueve meses, fueron encontradas de modo «que el color de la piel se conservaba perfectamente, y la carne aparecía tan mórbida como la de individuos recientemente fallecidos.»

En la batalla de Solway, librada en 1542, en los tiempos de Enrique VIII de Inglaterra, donde el ejército escocés mandado por Olivier Sainclair fué derrotado, algunos soldados de caballería, dominados por el pánico, huyeron y quisieron atravesar el trampal de Solwaymoss, sito en los confines de Inglaterra y Escocia, y allí se hundieron y desaparecieron para siempre: no siendo de extrañar el caso, pues la superficie de aquel pantano, llana y

cubierta de hierbas y juncos, se presenta como una extensa y firme pradera, aunque, bajo la presión más leve, el suelo tiembla y se hunde, tragándose cuanto se halla encima. El desastre referido llegó, al cabo de muchos años, á constituir una especie de leyenda, hasta que se confirmó, cuando en 1760 los obreros, dedicados á extraer la turba de aquel tremedal, encontraron, pudiera decirse que momificados, un jinete con su caballo, completamente equipados y en términos de que se conocían hasta los adornos de las armaduras.

Las aguas dulces en los budiales son, pues, necesarias para dar vida á plantas esencialmente criptógamas, que, por su descomposición parcial, produzcan las substancias antisépticas que han de conservar la materia orgánica que vaya depositándose en el fondo del pantano, y que originará, tras las consiguientes reacciones químicas y el peso de los sedimentos, que con posterioridad sean arrastrados al mismo lugar, combustibles inorgánicos cada vez más y más compactos.

Si además tenemos en cuenta que en las selvas vírgenes se acumulan sucesivamente, al pie de las plantas arbóreas, las hojas y ramas de ellas desprendidas, y que el espesor del conjunto va aumentando en un ambiente húmedo y mal renovado, como envuelto y contenido por la masa de follaje, aquellos restos llegarán á constituir un mantillo, compuesto, en su mayor parte, de carbón, y semejante, por la composición química, á los combustibles minerales. Los cuales pronto llegarán á producirse si, después de preparados los materiales, ya con las raíces de las plantas dentro de los pantanos, ya con el mismo mantillo de los bosques en terrenos más secos, ocurre un hundimiento general; ó, en otros términos, si permanece inmóvil lo bajo y anegadizo, y se elevan los terrenos aledaños; pues el agua lo inundará todo, la vegetación cesará por completo, y tie-

rras, gleras y tarquines, arrastrados por las corrientes, cubrirán la capa vegetal, transformable en hulla, hasta que el movimiento se detenga ó retarde de manera que, encima de la formación de acarreo, puedan originarse nuevos bosques, que, andando los tiempos, desaparezcan también por sumersión como los primitivos; repitiéndose el hecho cuantas veces se quiera, sin más que la persistencia de un único movimiento orogénico.

Por tan sencillo procedimiento, puede explicarse la formación sedentaria de todas las hornagueras, desde la turba á los lignitos, las hullas, las antracitas y el grafito; y también se entenderá la disposición general de las cuencas hulleras, su distribución geográfica, y las analogías incuestionables en los fenómenos productores de la turba y de la hulla, contando además con que el fondo del pantano sea relativamente somero, de tierra arcillosa y capaz de retener el agua necesaria para el desarrollo de una vegetación, imposible sobre fondos profundos ó donde broten manantiales ferruginosos, que, en cambio, originarán las concreciones del hierro de pantanos en los turbales, y de hierro carbonatado entre la hulla.

En cuanto á la formación de ésta por arrastres de madera á los deltas, ó, mejor, á los estuarios, sólo deberá admitirse en casos excepcionales, por más que la idea haya sido preconizada desde hace muchos años y esté defendida últimamente por Fayol, á quien ha seguido el Sr. Sánchez Lozano en su discurso; pues el ejemplo del delta del Missisipi, á que generalmente acuden los autores, no confirma la hipótesi, pues si en aquellos parajes hay alternancia de capas de madera y rocas detríticas, jamás se han visto los troncos, arrastrados por las aguas del río, convertidos en carbón, sino conservados sin alteración ó podridos. Además, como ya hemos indicado, antes de haberse verificado el arrastre de los materiales de la hulla hasta los estuarios,

se hubieran aniquilado completamente las delicadas ramas y hojas de las plantas, que, no obstante, han llegado á ser conocidas por nosotros en sus vaciados y moldes fósiles.

Tampoco con la teoría de los arrastres es fácil, aunque se haya intentado con gran ingenio, conciliar el hecho de la existencia de la hulla en zonas de igual riqueza ó en bancos regulares y de espesor uniforme, en extensión de muchos kilómetros cuadrados, sin que con ellos se presenten mezcladas las substancias extrañas que, simultáneamente con las maderas, debieron llevar las corrientes. Y, si los árboles y plantas acarreadas fueron á parar al mar, ¿cómo allí no se dispersaron por completo, ni se encuentran, sino por excepción, entre las rocas que separan las capas de combustible, fósiles marinos indudables?

Todo esto sin contar con que los continentes carboníferos, más reducidos que los actuales, mal podrían alimentar ríos mucho mayores que el Nilo, el Mississipi ó el Ganges, necesarios para que sus deltas y estuarios tuviesen el desarrollo que alcanzan las cuencas hulleras.

○ Cierto es que los troncos de los árboles que los grandes ríos arrastran al mar, si encuentran en él una corriente determinada, son impelidos por ella hasta que, por su permanencia en el agua, se hacen anegadizos, es decir, incapaces de flotar, y entonces se precipitan al fondo para acumularse allí unos maderos tras otros; y si después cambian las corrientes, los mismos restos vegetales podrán cubrirse de fangos y arenas y producir más tarde grandes y circunscritas masas de hulla, semejantes á las que accidentalmente forman parte de las cuencas carboníferas; pero el hecho en cuestión sólo será accidental é incapaz de satisfacer á la idea de formación de la hulla en las circunstancias generales de sus yacimientos.

Respecto á las fallas, pliegues, estrechamientos, sustitución de un horizonte de hulla por rocas estériles, y de-

más fenómenos que se presentan en las cuencas, como hechos posteriores, ó por lo menos independientes del de origen del combustible, lo mismo pueden explicarse con la hipótesis de la constitución *in loco* de la hornaguera, que inclinándose á atribuir el origen de la hulla á las maderadas reunidas por acarreo en los deltas y estuarios: teoría ciertamente nada nueva y á la cual, por más que se diga y por más que haya procurado remozarla el Sr. Fayol, siempre se podrá aplicar lo que Cide Hamete Ben-Engelí decía de las Memorias de Baldovinos y del Marqués de Mantua, que eran « historia sabida de los niños, no ignorada de los mozos, celebrada y aun creída de los viejos, y con todo esto no más verdadera que los milagros de Mahoma ».

Aunque rápidamente, también se hace cargo en su discurso el Sr. Sánchez Lozano de las opiniones de Lemière y de Renault; y si las ideas del primero, referentes á la existencia de fermentos que contribuyan á la producción de las hornagueras son admisibles, hay que rechazarlas en cuanto aquel autor supone su acción limitada á tiempos determinados; pues la naturaleza cada vez más sencilla de los carbones minerales, según tienen mayor antigüedad, parece demostrar la persistencia en las causas transformadoras.

Tampoco puede aceptarse la idea de que las bacterias hayan servido para la transformación y conversión de las plantas en combustibles minerales, según entiende Renault, aun cuando sea probable que la aparición de aquellos microbios coincidiese con la de los primeros vegetales, pues Van Tieghen asegura haberlos encontrado entre las cortezas de las sigilarias, y también Zop y Millen han descubierto y colorido bacilos de *Leptotrix* sacados de los dientes de las momias egipcias: todo lo cual confirma la antigüedad de los microorganismos en cuestión.

Pero según está demostrado hoy, todos los vegetales, y

principalmente las leguminosas, para apropiarse el nitrógeno del aire, existente en lo interior de los terrenos, necesitan la acción de ciertas bacterias, que, agrupadas en innumerables colonias, forman sobre las raíces á modo de nudos, y los organismos microscópicos, así constituidos, absorben el nitrógeno y lo combinan en compuestos solubles, asimilables por las plantas, las cuales consiguen el desarrollo correspondiente á tan excelente abono. También se ha comprobado que la vegetación disminuye cuando en el terreno menguan las bacterias, así como que éstas aumentan con los abonos y con solo el descanso de la tierra; pudiéndose con esto explicar la utilidad de los barbechos, y la de multiplicar los mencionados microbios, para fertilizar con ellos cualquier campo. Problema que se resuelve, recogiendo en las raíces de ciertas leguminosas los enjambres de bacterias, y guardándolos entre algodón en rama, de modo que un paquete, de pocos gramos de peso, pueda remitirse por el correo á donde se quiera, llevando de una vez hasta 15 millones de organismos, suficientes para fertilizar una hectárea de terreno, sin otras operaciones ulteriores que la de sumergir el algodón en agua, y regar con esta el campo que se trate de abonar. Por tanto, las bacterias han de considerarse, no como agentes de alteración, sino como elementos de fertilización: idea completamente opuesta á la sustentada por el Sr. Renault.

En resumen: no me parece que la última teoría para explicar la formación de la hulla difiera gran cosa de lo que substancialmente se consideraba en mi ya lejana juventud como lo mejor ó más aceptable, á no ser que por mi ineptitud me encuentre en el caso de aquel inquisidor que, encargado de censurar una traducción del *Alcorán*, manifestó que «no había hallado en el libro cosa contraria á la moral y á la santa fé católica, apostólica romana».

Lo cierto es que, en nada pueden existir progresos efectivos, si no hay descubrimientos de nuevos y fecundos hechos; pues el cambio de hipótesis y la sustitución de nombres solamente sirven, como ha dicho Raspail, para estacionar el saber ó para hacerle retrogradar. Pero, de todos modos, el templo de la ciencia abierto está á todas las opiniones, como que ostenta en sus umbrales el *Salve* romano y ha borrado el repulsivo *Cave canem*.