

*MINERALOGÍA.—El grisú i los incendios en las carboneras.—Memoria leída en sesión de las Facultades de ciencias físicas i matemáticas i de medicina, el 15 de abril de 1875, por el injeniero don Enrique Fonseca.*

Demasiado conocido es el gas combustible que se desarrolla en las minas de carbon, como igualmente sus terribles efectos, cuando por sus proporciones de mezcla con el aire, llega a ser explosivo. Este gas se desarrolla en todas las carboneras que producen combustibles de llama, i es análogo por su composicion i propiedades combustibles, al gas comun de alumbrado. Sus efectos hasta ahora no han producido entre nosotros las sérias catástrofes que con tanta frecuencia han tenido que deplorarse en las hulleras europeas; pero esto no implica su ausencia en las carboneras chilenas. En ellas existen los elementos para que se produzca i aparece en sus labores, como lo manifiesta la esperiencia; pero la circunstancia en que sus fatales consecuencias se manifiestan, no se han verificado aún en grande escala, por causa de lo limitado de estas canteras. Pero nuestras hullas en esplotacion llegarán en un dia no lejano a realizar las fatales circunstancias que causan la aparicion de este dañoso cuerpo gaseoso. En prevision de esta eventualidad, cuyos dañosos efectos principian a aparecer, i que deben precaverse con anticipacion, me propongo hacer una pequeña reseña sobre la naturaleza de este gas, los casos en que su mezcla con el aire es explosiva, las causas que lo producen i la manera de prevenir su aparicion. Terminaré este pequeño trabajo con una revista sobre los incendios espontáneos en las carboneras, ya provengan de las superficies de las partes esplotadas, ya del interior de los macizos, i en este caso, voi a someter a la apreciacion de la honorable Facultad mis propias observaciones a este respecto, que, basadas en la esperiencia, esplican de una manera, segun mi opinion, enteramente lójica, la aparicion del último fenómeno en el segundo caso en que se presenta.

*Naturaleza del gas i sus mezclas con el aire.*—El profesor Combes dice:

“Este cuerpo gaseoso se compone de dos volúmenes de hidróje-

no i uno de vapor de carbono, condensa los en uno solo, o sea, al peso:

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| Hidrógeno..... | 26 <sup>06</sup>  |
| Carbono.....   | 73 <sup>94</sup>  |
|                | <hr/>             |
|                | 100 <sup>00</sup> |

“Su peso específico es de 0,555, siendo 1 el del aire. Mezclado con este agente atmosférico, se incendia por el solo contacto de un cuerpo en combustión o por una chispa eléctrica. Arde con llama azul pálida, emitiendo muy poca luz; los productos de su combustión son agua i ácido carbónico. Los efectos de esta mezcla son variables con las proporciones en que se encuentran los cuerpos mezclados. Cuando el grisé forma  $\frac{1}{3}$ , a  $\frac{1}{15}$  del volumen del gas ambiente, una luz cualquiera por el contacto de esta mezcla se alarga i ensancha tanto mas cuanto mas próximo está a la proporción de  $\frac{1}{14}$ . La llama de la vela o lámpara, aparece rodeada de una aureola azul pálido, sensible, sobre todo, en la punta. La combustión solo existe al rededor de la luz i no se propaga mas allá.

“Cuando la proporción llega a  $\frac{1}{14}$  la llama se propaga sin detonación notable. La rapidez de la inflamación crece a medida que aumenta la proporción del grisé, hasta que llega a  $\frac{1}{2}$ , lo que corresponde a la mayor explosión de la mezcla. A medida que este limite se sobrepone en magnitud a los anteriores, la mezcla se hace de menos en menos explosiva. Cuando llega a  $\frac{1}{2}$ , la luz se extingue sin producir inflamación.

“El contacto de los cuerpos en ignición sin llama, no produce efecto alguno, cualquiera que sea la proporción.

“Cuando la proporción de  $\frac{1}{2}$  no ha alcanzado a verificarse, el gas es respirable; pasado ésta, es asfixiante por insuficiencia de la cantidad de oxígeno.”

Así, pues, las cualidades de este gas i de sus mezclas con el aire, no perjudicarían en nada la explotación, si estas últimas no fueran explosivas. Esta circunstancia ha sido *atenuada* con un sistema peculiar de alumbrado interior. Pero, lo que sobre todo debe tenerse presente es que solo una buena ventilación puede hacer desaparecer por completo los accidentes que produce, salvo los casos de apariciones repertinas abundantes.

*Manera de prevenir estas apariciones.*—Con este objeto, en

todas las galerías de reconocimiento i de trecho en trecho en los campos de explotacion, cuando la luces principian a manifestar por el carácter antes descrito, su presencia en el aire, i por el ruido característico de su desarrollo, se llevan taladros detonteros de sondaje de 5 a 10 metros de largo i 2 a 2,5 centímetros de diámetro. Estas obras avanzadas ponen de manifiesto los depósitos que de este gas se encuentran o los puntos que lo producen en abundancia; i como el pequeño diámetro de estos agujeros no permite a la vez un desarrollo violento i abundante de la materia que por su mezcla con el aire lo hace explosivo, se consigue evitar así su aparición rápida, asegurando un derrame lento i regular. Así, una vez llegado al punto productor con la labor de reconocimiento o con el frente de explotacion, la mayor parte o la totalidad de él se ha desarrollado lentamente, i el aire de circulacion lo ha estraído fuera del lugar en que su presencia era dañosa.

*Causas de su aparicion.*—La aparición del grisu está intimamente ligada con la naturaleza del carbon i con el método de explotacion empleado.

Se ha notado experimentalmente que solo las hullas i lignitas perfectamente carbonizadas dan orijen a su desarrollo i que éste es tanto mas comun cuanto mas betuminosos son estas combustibles.

La naturaleza i composicion de este gas manifiesta claramente que está contenido en el combustible mismo, i su analogia e identidad con el gas que se produce en las putrefacciones de vegetales en los pantanos, hacen creer fundadamente que su existencia data de la formacion misma de las capas carboníferas i que se ha conservado en la cavidades i focos de ellos.

Esta opinion, conforme con la marcha actual de la naturaleza i que el buen criterio nos hace suponer haya sido constantemente la misma, explica de una manera clara, i a mi parecer, completamente satisfactoria, hasta la irregularidad con que suele aparecer; irregularidad que está en relacion con el estado molecular del combustible en que aparece, con su composicion i hasta, con su potencia.

Durante la formacion del carbon i la putrefaccion que transformaba los vegetales, cuyos preciosos restos nos son tan útiles hoi, se desarrollaba el hidrójeno carbonado, como sucede ahora en casos análogos. Natural i conforme con las leyes conocidas es que es-

te desarrollo fuera tanto mas fácil cuanto menos cantidad de materia cubria la parte en que se producía, cuanto mas líquido era el barro formado por ella, cuanto mas avanzada estaba la putrefacción misma. I como estas circunstancias están en íntima relacion con la composición, estado molecular i potencia de las capas carboníferas que actualmente explotamos, creo que dan fundamento suficiente para la opinion que antes he emitido.

Igualmente, el método de explotación empleado para extraer la materia del lugar endonde se encuentra, tiene una influencia poderosa.

El gas existe, pues, en los focos i cavidades de la materia explotada bajo una presión que depende de lo que sufrian las capas en los momentos de su consolidación, presión superior naturalmente a la atmosférica i algunas veces en gran exceso, como lo demuestran los desarrollos repentinos i violentos de que antes he hablado i que es tan necesario prevenir.

Si esta presión se aumenta considerablemente por causa de la explotación misma, ya sea concentrando en ciertos macizos la presión del terreno superior, lo que produce el quebrantamiento de combustibles, ya sea conservando las galerías principales de extracción sobre el carbon mismo, se provoca el desarrollo de este gas en una cantidad mayor que lo que permitiría un método mejor concebido i que evite las causas antes mencionadas.

Con las pequeñas esplicaciones que acabo de dar, se comprende la necesidad de organizar las explotaciones carboníferas bajo un pié que permitan en un momento dado evitar i combatir los accidentes orijinados por las causas anteriores, que no son los únicos, pues frecuentemente los acompañan los incendios espontáneos del carbon.

*Incendios espontáneos.*—Éstos son de tres clases, como se verá en seguida:

Este fenómeno, con el anteriormente descrito, son las causas de sérias catástrofes en la industria carbonera, tan trascendentales a veces, que causan el abandono completo de lucrativas explotaciones.

Antes de examinar sus causas, estudiaremos la manera cómo se manifiesta i en qué circunstancias se produce.

Segun la larga experiencia de los mineros del continente euro-

peo, i sobre todo, segun los estudios recolectados por el hábil profesor Burat, estos incendios se manifiestan en los desechos de carbon abandonados en los rajos de las explotaciones ya terminadas, en los pilares que terminan un disfrute en su interior i en las galerías de servicio establecidas en el combustible mismo. I como estos tres casos de abandono de desecho o llompo, de pilares de término de disfrutes i de galerías establecidas en el mismo combustible, solo se realizan en la explotacion de capas muy potentes, es lójica consecuencia estudiar la naturaleza de tales combustibles para buscar en ella la fuente del fenómeno que nos ocupa.

El fenómeno de la combustion espontánea es conocido entre nosotros en un caso análogo al de desechos combustibles: tal es el incendio de depósitos comerciales, localizados en punto en que el combustible queda a la intemperie. El incendio interno, i que solo se manifiesta cuando llega a la superficie de los macizos en pilares de término de disfrute, está acompañado siempre por una considerable presión sufrida por el punto amigado i que se manifiesta por el desmenuzamiento del combustible. Idénticas circunstancias concurren en el de las labores de tráfico ejecutadas dentro del carbon, pues el siniestro se manifiesta cuando las presiones se concentran sobre estos puntos.

La composición de los carbonos sometidos a tales pruebas nos manifiesta que estos combustibles son crasos i los mas oxijenados, pues su lei en oxígeno suele llegar hasta 17 por ciento.

Segun los estudios del mismo señor Burat, resulta que en una misma mina los puntos en que los incendios se han manifestado son aquellos en que la oxijenacion está relativamente en su máximo.

Estos son los fenómenos con los hechos que los acompañan i que la experiencia confirma en todas sus partes.

La esplicacion que jeneralmente se ha dado de tales fenómenos ha sido fundada en la oxidacion lenta i transformacion en sulfatos de las piritas que acompañan al carbon; pero esta esplicacion, menos que una hipótesis racional, no ha sido sino una evasiva para eludir una dificultad que no se estaba en estado de explicar por falta de conocimientos de las únicas circunstancias que acompañan al fenómeno. Así, pues, se nota que carboneras mas azufradas que las que han sufrido incendios espontáneos, están exentas de esta

clase de combustion, mientras que en las últimas suele hasta faltar azufre en los puntos que el siniestro se manifiesta. A mas, la combustion lenta de las piritas i su trasformacion en sulfatos, si bien desarrolla calor, este desarrollo se verifica con tanta lentitud i en tan largo tiempo, que no permite su concentracion, i por consiguiente, el aumento de temperatura, insensible por lo jeneral, es incapaz de producir combustion activa, sobre todo vista la proporcion mínima de los bronces de fierro que acompaña las clases de hulla de que tratamos.

El error que ha motivado la falsa explicacion de que me ocupo es el mismo que ha ocultado a la vista de muchos observadores las reacciones lentas de la materia. Así, se creia por muchos que las reacciones químicas que no se verificaban en un momento dado, no se verificarian jamás; que los fenómenos que acompañan a una reaccion violenta, deberian verificarse en una insensible, supuesto rápido, segun el modo de pensar antes indicado. Hoi todos sabemos que en los fenómenos químicos tiene su parte el tiempo como un agente cualquiera, i que lo que no se verifica de una manera violenta, la insistencia lo cumple i de un modo mas exacto.

Así, pues, no admitida la explicacion del fenómeno aludido por la descomposicion de las piritas, por ser imposible, material i racionalmente, un aumento de temperatura capaz de producir combustion, no queda mas que estudiar los fenómenos mecánicos i químicos que pueden producirse, vistos los elementos dominantes i las circunstancias que acompañan al fenómeno.

La composicion química de los combustibles espuestos a este fenómeno presenta los elementos propios para una fermentacion, la que puede llegar a ser activa, mediante el mas pequeño aumento de temperatura. Este aumento de temperatura proviene de dos causas: la una, el alumbrado, presencia de operarios i motores de transporte interior; i la otra, producida por el trabajo consumido en las deformaciones del combustible, mediante el aumento de presiones ocasionado por el disfrute. Como los techos se sostienen por sí mismos durante un periodo mas o menos largo, hasta un momento dado en que los derrumbes se producen, con el trabajo producido por éstos sobre los pilares i maderos que resguardan las galerías, se transforma en calor a razon de una caloría por ca-

da 424 quilogrametros. Si comparamos las exiguas dimensiones de un macizo de término de disfrute, con las infinitamente superiores de la roca que pesa sobre él, se notará inmediatamente la acumulacion de temperatura posible en un pequeño espacio.

Esta es, a mi ver, la causa que explica de una manera racional el fenómeno de la combustion espontánea en las carboneras, i sobre todo, el incendio central de macizos, que solo se manifiesta cuando el fuego llega a la superficie o antes por un excesivo calor.

Recapitulando lo dicho, resulta:

1.º Que el grisú se manifiesta en las minas de combustible betuminoso, ya de una manera normal, por decirlo así, ya por irrupciones bruscas.—Que toda causa que disminuya la presión del aire interior, aumenta i facilita el desarrollo de este gas.—Que los cambios atmosféricos bruscos i repentinos, i la ventilacion activa por absorcion, favorecen igualmente su desarrollo.

2.º Que los incendios espontáneos se manifiestan solo en las carboneras de criaderos muy potentes i en circunstancias en que el cielo carga fuertemente sobre muy pocos macizos.

Así, pues, necesario es evitar la acumulacion de las causas enumeradas, lo que se consigue de la manera que en seguida se expresa.

En cuanto al grisú, a mas de las lámparas de seguridad i sus anexos, se tendrá presente:

1.º Toda cantera de trabajo o reconocimiento deberá ir constantemente precedida por un sondaje horizontal de 10 metros para prevenir así las irrupciones bruscas del grisú.

2.º Que la ventilacion en estos casos debe hacerse por presión i no por absorcion, pues así se consigue dificultar el desarrollo en vez de facilitarlo, como sucede por el segundo medio.

3.º Que en las canteras de una mina mas expuestas a este gas, la ventilacion debe hacerse por difusion.

En cuanto a la combustion espontánea, el único modo de prevenirla será tener una ventilacion activa, para evitar el aumento de temperatura i emplear un método de explotacion tal, que el techo no cargue sobre macizos aislados o de término de disfrute, es decir, que tales criaderos solo pueden explotarse por el método de rebanadas horizontales o inclinadas i con terraplenes en uno i otro caso. (1)

(1) En la *Revue Industrielle* del 20 de enero de este año, se da cuenta de un estudio del

señor Fowler i confirmado por experiencias del doctor Hill, de Birmingham, en el que se trata la presente cuestion.

Segun aquel señor, las causas de los incendios espontáneos son:

"1.º Descomposicion espontánea del carbon.

"2.º Absorcion rápida del oxígeno por el llampo de carbon, que toma propiedades pirofóricas.

"3.º Tratamiento enérgico entre dos faces de un piano de ruptura o de estratificación."

La primera i segunda conclusiones son solo aplicables a los desechos de carbon i a los depósitos comerciales, pero no a los incendios internos de los macizos.

La tercera solo explica el fenómeno en el último caso i para capas cuya inclinacion sea superior al ángulo de rosamiento, mientras que la transformacion del trabajo en calor lo explica para cualquiera situacion de la capa.

---