

# QUÍMICA INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA

## ALUMBRADOS

### CAPÍTULO PRIMERO

#### DEL ALUMBRADO EN GENERAL

1. Teoría.—2. De la llama.

I. TEORÍA. De los numerosos cuerpos que dan duradera luz á elevada temperatura, ya sea por efecto de una combustion con llama, ó simplemente de una ignicion, son pocos los que puedan emplearse como *materias alumbrantes*. Tan sólo un corto número llena las condiciones que hacen posible ó ventajoso su empleo para el alumbrado. Tales condiciones son las siguientes:

1.º El cuerpo debe despedir, al arder, una cantidad de calor suficiente para poder continuar ardiendo; 2.º, si el cuerpo en cuestion es sólido, debe antes de la combustion tomar la forma de un gas ó de un vapor, porque de otro modo el fenómeno luminoso que llamamos llama, que es indispensable para el alumbrado, no se efectuaría; 3.º, el cuerpo que arde debe dar origen, en la llama, á la

separacion de cuerpos sólidos ó de vapores de una gran densidad (segun *Frankland*), porque únicamente de ese fenómeno depende el poder alumbrante de la llama; 4.º, es indispensable que el cuerpo mismo ó la materia bruta que sirve para prepararlo, se encuentre en gran cantidad en la naturaleza y pueda extraerse á poco coste; 5.º, los productos de la combustion deben ser gaseosos y carecer de toda influencia nociva á la salud y á la vida del hombre. Es de suponer que generalmente se sabe que toda acumulacion de grandes cantidades de calor comunica á un cuerpo la propiedad de difundir luz; por cuya razon tratándose de los cuerpos sólidos ó líquidos cuyas moléculas están próximas unas á otras, se observa que tienen el poder de esparcir luz á mayor grado que

los cuerpos gaseosos ó en estado de vapor. A unos 500 ó 600 grados un cuerpo sólido toma un tinte rojo, que al llegar á 1.000 se pone blanco. Un cuerpo gaseoso calentado á las temperaturas indicadas no brilla, por el contrario, sino de una manera muy débil. Para que un cuerpo gaseoso alumbre, y como se ha dicho antes, no hay más que un cuerpo de ese género que pueda servir para el alumbrado, es necesario que su combustion se efectúe al contacto de vapores de combinaciones hidrocarbonatadas superiores (por ejemplo, vapores de benzina, de acetileno, de naftalina, etc.), ó bien que un cuerpo sólido se introduzca en la llama sin tener por sí mismo el poder alumbrante y se ponga candente; así, por ejemplo, una espiral de alambre de platino en una llama de hidrógeno, un fragmento de cal cáustica en la llama del gas oxihidrógeno, un cilindro de magnesia ó de zircona en una llama de hidrógeno ó de gas de alumbrado que se alimente con oxígeno, un alambre de magnesio que al arder se convierta en magnesia, etc. Si por de pronto hacemos abstraccion de los modos de alumbrado que hemos definido en último término (el gas del platino, la luz de la cal, de la magnesia y de la zircona, y la luz de magnesio), que tal vez tienen un gran porvenir, así como del alumbrado eléctrico, y consideramos únicamente ese modo de alumbrado en el que la irradiacion luminosa de la llama se debe á la presencia de hidrocarburos densos en esa misma llama, se sigue *à priori* que todos los cuerpos que se emplean como materias alumbrantes, deben contener combinaciones del carbono con el hidrógeno. Y en efecto, esos hidrocarburos se encuentran en todas las sustancias que se emplean como materias alumbrantes ó que sirven para su fabricacion: y así, por ejemplo, se encuentran en el sebo, en el aceite de palma y en los ácidos esteárico y palmítico preparados con tales cuerpos, en la cera, la esperma de ballena, la parafina, el aceite de

nabina, el aceite solar, el fotógeno y el petróleo, la canfina, y en la hulla y en los esquistos bituminosos, en la leña, las grasas y las resinas.

2. DE LA LLAMA. Todo cuerpo líquido ó sólido que se volatiliza ó gasifica descomponiéndose á una temperatura inferior á la que es necesaria para su combustion, no puede, como se comprende, arder más que bajo la forma de gas. Denominase *llama* el fenómeno luminoso que se observa en este caso. La llama toma la forma que conocemos, por efecto de la presion del aire ambiente: siendo este último un cuerpo gaseoso más ligero bajo la influencia del calor, queda desalojado y tiene tendencia á elevarse. La materia alumbrante cuando consiste en parafina ó en ácido esteárico fundido ó en aceite (aceite de nabina ó petróleo), sufre la atraccion hácia los pequeños intervalos de la mecha, como por tubos capilares, y en la cercanía de la llama se descompone en productos gaseosos y vapores, cuya índole ofrece, en lo que tiene de esencial, grandes analogias con el gas de alumbrado purificado.

A *H. Davy* debemos las primeras y más importantes observaciones sobre la naturaleza de la llama y su brillo, y esencialmente sobre la causa de la desigualdad de su intensidad luminosa. En estos últimos años varios químicos se han ocupado del estudio de la llama, y los trabajos de *Hilgard*, *H. Landolt*, *Pischke*, *R. Blochmann*, *Kersten*, y sobre todo los de *H. Deville*, *Volger*, *G. Lunge*, *Frankland*, *E. von Meyer*, *K. Knapp*, *W. Stein*, *F. Wibel* y otros, no han ensanchado mucho el campo de nuestros conocimientos relativos á la naturaleza del brillo de la llama. Si examinamos atentamente una llama, podemos distinguir en ella tres partes: 1.º, una envoltura exterior brillante *b c d* (figura 1, ALUMBRADOS); 2.º, una parte media muy alumbrante *e f g*, y 3.º un núcleo central oscuro *d* en el cual se calientan los cuerpos gaseosos antes de ir á

arder en las otras partes de la llama. Hasta pocos años hace se había admitido, relativamente á la naturaleza del esplendor de la llama, que se separaba carbono de los hidrocarburos que la forman, bajo la influencia de la elevada temperatura y del oxígeno atmosférico que llega del exterior, para combinarse principalmente con hidrógeno, y que elevado al rojo el carbono en la llama hacia á ésta alumbrante. Los trabajos que hemos mencionado poco há, máxime los de *Hilgard*, que operó con la llama de una bujía, y los de *Landolt* y *H. Deville*, que tenían por objeto el estudio de la índole de la llama del gas, nos enseñan con qué rapidez el aire atmosférico se difunde en la llama con los productos de la combustion, y cómo se efectúan en el interior de ésta la desaparicion de los gases combustibles y el aumento de los productos de la combustion. No obstante, no son suficientes todavía esas investigaciones para esplicar un gran número de los fenómenos más ordinarios que ofrecen las llamas iluminantes. Así, por ejemplo, aun no sabemos qué relacion existe entre la composicion química de una materia alumbrante y su intensidad luminosa, de suerte que los análisis que actualmente se practican con frecuencia con el objeto de determinar el valor del gas de alumbrado, dan todavía sobre este punto muy pocas aclaraciones. Lo que sabemos tocante á la naturaleza de la llama es en gran parte el resultado de las investigaciones efectuadas por *O. Kersten* y *F. Wibel*, que han confirmado la opinion que por vez primera emitió *O. L. Erdmann*, segun el cual, en la combustion del gas de alumbrado, el oxígeno no se va ante todo al hidrógeno, sino que inmediatamente y sobre todo llega al contacto del carbono libre que está suspendido en la llama, y que sólo es una condicion de su propiedad alumbrante. *O. Kersten* emite la siguiente opinion sobre la índole de la llama iluminadora: la combustion no se efectúa en el interior, sino en la

parte externa y en la porcion de la envoltura alumbrante que le toca inmediatamente, pues no puede admitirse que la menor cantidad de oxígeno pueda penetrar por entre una capa de hidrógeno y de carbono calentados hasta el rojo; los productos de la combustion que se ostentan en el interior, no se forman en esa parte, á la cual sólo llegan por difusion. Por lo tanto, de la envoltura externa, que es el centro propiamente dicho de la combustion, proviene todo el calor de la llama. La temperatura del interior y la envoltura externa aumentan naturalmente de arriba abajo en fuertes proporciones, y por ello acontece que la parte iluminante, en la que se separa el carbono bajo la influencia del calor, forma por dentro una envoltura delgada que cubre el núcleo oscuro, pero que más abajo, allí en donde la temperatura en que se descomponen ó desdoblan los hidrocarburos en sus elementos, se estienden hasta el medio, llena todo el interior: así se tiene una llama iluminante en todo su espesor. El carbono libre se acerca á la envoltura externa rica en oxígeno, arde trasformándose en ácido carbónico, y alumbrando sobre todo durante esa combustion, y con tanto más vigor cuanto más viva es ésta. Por consiguiente, en la envoltura externa arden primero el óxido de carbono y el hidrógeno; y si esa parte de la llama no forma todavía por abajo ó por dentro una envoltura alumbrante, dimana de ser la masa del gas interior demasiado fría aun, para que puedan separarse hidrocarburos. Puede suceder que una llama no alumbre, ni siquiera la del gas oleifante puro, por objeto de la propagacion demasiado escasa de la elevada temperatura de la capa externa, si se reduce una llama de gas á un volúmen tan pequeño como se puede, en cuyo caso la combustion no se efectúa en general antes que haya podido realizarse una descomposicion, como en la parte superior azul de una llama iluminante. El brillo depende, pues, de la composicion

del gas antes de la combustion, y no de una combustion ulterior del carbono. La forma de la llama y de sus partes y todas las particularidades que ofrece, se esplican por consiguiente con facilidad.

Con respecto á la *llama del gas*, hasta ahora se ha admitido que la producen las partículas de carbon elevadas al rojo y separadas momentáneamente, de cuyo modo producen la luz; pero á tenor de las investigaciones de *Frankland* y de *Tyndall* (1867), serian en tal caso los vapores densos de los hidrocarburos superiores y no el carbono sólido. En el gas tenemos combinaciones de grandísima densidad que en forma de vapores, como por ejemplo, el vapor de arsénico, se hallan en estado de hacer iluminante la llama: á tal categoria de cuerpos pertenecen los vapores de la benzina, de la naftalina y seguramente de otro gran número de elementos que tambien encontramos en el alquitran de gas; esos vapores se mantienen en la llama sin descomponerse, hasta que hayan alcanzado la envoltura exterior de ésta y que ardan enseguida al contacto del oxígeno del aire atmosférico. Como prueba de la opinion admitida hasta aquí, opinion segun la cual sería el carbono sólido elevado al rojo el que haria iluminante la llama, se cita comunmente el hecho de que el carbono puede recogerse en un fragmento de porcelana que se introduce en la llama. Mas no se ha demostrado que el carbono sea puro; y con efecto, si se analiza el precipitado, se halla que siempre contiene hidrógeno, y que si se quiere tener carbono puro, es necesario calentar mucho tiempo hasta el rojo la materia negra y luego eliminar el hidrógeno. Y hasta con ese mismo fin *Frankland* emplea gas cloro que hace llegar á la masa contenida en un tubo, en el que se calienta hasta el rojo. El negro de humo probablemente no es otra cosa que un conglomerado de los hidrocarburos más densos que hacen la llama luminosa y cuyos vapores se condensan sobre la

superficie fria de la porcelana. ¿Cómo podria ser una llama tan trasparente como es, si estuviese llena de partículas de carbono sólido? O bien aun, ¿cómo podria ser indiferente tratándose de medidas fotométricas presentar una llama por su lado plano ó por su lado estrecho, si las partículas carbonosas fuesen las que dan luz? Puede suceder tambien que aun á bajo grado se efectúe una descomposicion de los hidrocarburos y una separacion de carbono sólido; pero la llama del gas debe principalmente su intensidad luminosa á la combustion de los vapores mismos de los hidrocarburos muy densos. Fácil es comprender que la temperatura de la llama ejerce al propio tiempo cierta influencia sobre el poder alumbrante de la misma. Además, segun las investigaciones de *H. Deville* (1869), el grado de la intensidad luminosa de una llama está en relacion íntima con la densidad de los vapores que encierra. Parece que la disociacion no carece de influencia sobre la manera de actuar la llama.

En las circunstancias ordinarias una materia iluminante que haya de arder en medio de un aire tranquilo sin producir una llama fuliginosa, debe estar compuesta de manera que por 6 partes de carbono contenga 1 de hidrógeno, como sucede con el gas olefiante, la parafina, la cera y el ácido esteárico. La esencia de trementina que encierra por 1 parte de hidrógeno 7 y media de carbono, arde produciendo una llama fuliginosa, lo cual sucede en un grado mucho mayor con la benzina, que se compone de 1 parte de hidrógeno y 12 de carbono, ó con la naftalina, en la cual la proporcion es como 1 : 15. Si el carbono en exceso, que se separa en forma de negro de humo (el cual, segun *Frankland*, conforme se ha dicho antes, no es carbono puro sino un conglomerado de carburos densos), tiene que arder, no puede suceder sino por efecto de aportarle una gran cantidad de aire que se obtiene, por ejemplo, en

la lámpara envolviendo la llama con un tubo de cristal. Las llamas que no separan ó desprenden carbon como la del hidrógeno protocarbonado y la del alcohol, arden difundiendo muy poca luz. El poder luminoso de un gas queda inmediatamente destruido, si se le mezcla aire atmosférico, como sucede, por ejemplo, en los destiladores empleados para la calefaccion en los laboratorios de química, ó bien si se mezcla con vapores ó gases indiferentes. Esa destruccion del poder lumínico de una llama no proviene, como han demostrado los esperimentos de *F. Wibel* (1874), de la disolucion de los gases, sino que dimana del enfrió del interior de la llama, producido por los gases que en ella penetran; pues si éstos se calientan, la llama se vuelve luminosa. El poder alumbrante de una llama de hidrocarburo depende por lo tanto de la temperatura que reina en su interior, la cual hace posibles los fenómenos de asociacion y disociacion á espensas de los cuales se forma el cuerpo alumbrante propiamente dicho.

El alumbrado se efectúa:

I Por medio de sustancias *sólidas* á la temperatura ordinaria, que se emplean en forma de *velas* ó *bujías*, á cuyas sustancias pertenecen el cebo, el aceite de palma, los ácidos esteárico y palmítico, el ácido eláidico, la cera, la esperma de ballena y la parafina;

II Por medio de sustancias *líquidas* que se emplean especialmente para el alumbrado con las *lámparas* y que se dividen:

*a* En *aceites no volátiles* ó *fijos*, como el aceite de colza, el aceite de olivas, el aceite de pescado:

*b* En *aceites volátiles*, los cuales son:

1.º Aceites etéreos, como la canfina (esencia de trementina purificada), ó son:

2.º Aceites minerales mezclados con hidrocarburos líquidos que se obtengan por tratamiento del alquitran (de turba, de lignito, de esquisto hojeado, de boghead), y se encuentran en el comercio con los nombres de aceite solar, de fotógeno, de ligroina, de querosina, ó en fin:

3.º El petróleo suministrado por la naturaleza, que en el estado refinado se emplea como materia luminosa con el nombre de aceitepetrosolar.

III Por medio de sustancias *gaseosas* que se forman por destilacion seca de la hulla, de los esquistos bituminosos, de la turba, de la leña, de los residuos de petróleo y de las resinas y grasas, que á una temperatura elevada se descomponen formando un residuo sólido rico en carbono, en alquitran y en gas, ó que como el gas en el agua toman nacimiento á espensas del carbon y de los vapores acuosos.

En las sustancias iluminantes gaseosas el cuerpo que desarrolla la luz es suministrado:

*a* Por la llama misma, como sucede con el gas de alumbrado ordinario, ó bien:

*b* Proviene del exterior, como en el gas del platino, en cuya llama se introduce un alambre de platino, en la luz de la cal, la luz de la magnesia y de la zircona; en las cuales el cuerpo productor de la luz es cal, magnesia y zircona; ó por último, se introducen en el cuerpo luminante carburos de hidrógeno líquidos (carburacion del gas), ó bien se disuelven hidrocarburos sólidos (como la naftalina) en hidrocarburos líquidos, como el éter de petróleo. Esta última solucion lleva el nombre de *carboleina*, y sirve para producir la *luz oxicarbonatada*.