

penden desde algun tiempo en forma de sectores ó fragmentos de discos.

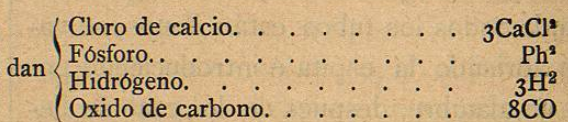
El fósforo se guarda amoldado en una caja revestida de hoja de lata, que contiene unos 300 kilogramos; se sumerge en el agua, y debe estar á unos 3 centímetros bajo la superficie líquida. Cuando se trata de grandes cantidades, el embalaje se efectúa en barriles de poner vino, que se llenan completamente de agua despues de colocar en ellos el fósforo; el agua que hace el caso debe estar saturada con un poco de alcohol, á fin de evitar su congelacion cuando el transporte se efectúa en invierno. Los barriles se untan por fuera con pez, y se arrollan con paja ó heno, y por fin se embalan en una tela basta de color pardo. De esa manera se embalan 50 ó 250 kilogramos en un solo barril. Hay fabricantes que, sin embargo, prefieren en todas circunstancias hacer el embalaje con cajas de hoja de lata. Métase el fósforo en esas cajas, que enseguida se llenan de agua, y se sueldan con cuidado de manera que el líquido no pueda rezumar al exterior. Es necesario probar diferentes veces si las cajas están bien cerradas, y el mejor modo de practicar esa prueba consiste en secar bien las cajas y poner la superficie soldada encima de una hoja de papel chupon blanco; así al cabo de algun tiempo se observa si hay manchas húmedas en el papel y á la



8. PROCEDIMIENTO DE FLECK. El procedimiento de *Fleck*, que consiste en extraer simultáneamente el fósforo y la cola de huesos, es mucho más importante que los métodos anteriores. Está basado en la solubilidad del fosfato de calcio en el ácido clorhídrico y en su separacion bajo forma de fosfato ácido de calcio, cuando se evapora la solucion en vasos de piedra adecuados. Segun la teoria,

vez pueden descubrirse fácilmente las partes no cerradas. Las cajas de hoja de lata se embalan enseguida en otras más fuertes, armadas de arcos ó en otras de haya, y así se entregan al transporte.

7. OTROS MÉTODOS DE LA FABRICACION DEL FÓSFORO. Entre los nueve métodos indicados para la preparacion del fósforo, citaremos primero el de *Donavan*, que propone el empleo del fosfato de plomo. Recomienda operar de la manera siguiente: Por 10 kilogramos de huesos machacados se toma una mezcla de 6 kilogramos de ácido azoico y de 40 litros de agua, la cual se deja digerir por espacio de algunos días; se precipita el líquido separado de la sustancia animal de los huesos con una solucion de 8 kilogramos de acetato de plomo, se lava y se seca el precipitado, se calienta hasta el rojo, se lava enseguida con 1/6 de su peso de negro de humo ó de polvo de carbon, y se destila la mezcla en retortas de arcilla. No se dice si *Donavan* ensayó su método en grande escala y si le dió un resultado satisfactorio. La práctica no se ha declarado todavia en favor de otro procedimiento imaginado por *Cari-Montrand*. Ese procedimiento consiste en exponer al rojo y la accion del gas clorhídrico una mezcla de huesos calcinados y de carbon, que podemos representar con la ecuacion siguiente:



156 partes de trifosfato de calcio (Ca³, 2PhO⁴) exigen 73 partes de ácido clorhídrico anhidro, y resultan 109 de cloruro de calcio, 100 de fosfato de calcio ácido y 18 de agua. Fórmense además por calcinacion más de 100 partes de fosfato ácido de calcio, 20 de carbon, 21.2 de fosfato, 52 de trifosfato de calcio y 46.7 de óxido de carbono. Si entonces se incinera la mezcla de trifosfa-

to de calcio y de carbon que queda, y se la trata otra vez con el ácido clorhídrico; todavia despues de la evaporacion de esa solucion se separa fosfato de calcio ácido, y así sucesivamente; de suerte que si se continuase operando de este modo con la misma sustancia, no quedaria más que una insignificante cantidad de trifosfato de calcio. De los experimentos efectuados hasta hoy resulta ser posible quitar todo el fósforo á los huesos, si el ácido clorhídrico está todo lo posible exento de ácido sulfúrico, si la solucion evaporada es tan concentrada como se puede, y si la masa cristalina de fosfato ácido de calcio es tan pura como sea dable.

La extraccion del fósforo y de la cola de huesos comprende las operaciones siguientes: 1.º, la limpia pulverizacion y tratamiento de los huesos por ácido clorhídrico, 2.º, la evaporacion y cristalizacion de la solucion, la compresion del fosfato ácido de calcio y su mezcla con carbon; 3.º, la destilacion y depuracion del fósforo, y 4.º, la produccion de la cola. Los huesos, limpios, machacados y desengrasados, se someten á la accion de un ácido clorhídrico reducido con agua á 7 grados Baumé. Macéranse enseguida los huesos en ácido clorhídrico á 30 grados Baumé, ó se dejan hasta su completo reblandecimiento; este segundo líquido se mezcla en vez de agua con el ácido clorhídrico que se emplea para el tratamiento de los huesos nuevos. El primer líquido es una disolucion de fosfato ácido de calcio y de cloruro de calcio, que marca 16 grados en el areómetro de Baumé, y se vierte en vasos de evaporacion. La eleccion del vaso constituye una dificultad del procedimiento de *Fleck*, porque los líquidos que contienen ácido clorhídrico, no pueden evaporarse en vasos de plomo, y exigen un empleo de vasos de barro difíciles de confectionar. La disolucion puede cristalizarse desde el momento en que marque 30 grados Baumé. La masa cristalina que se separa por el enfrio y el reposo, se comprime é in-

mediatamente se mezcla en un vaso de arcilla calentando á 100 grados con 1/4 de su peso de polvo de carbon; luego se pasa por un tamiz de cobre, hasta que se deje aplastar entre los dedos, y entonces se calienta en retortas de forma particular. El residuo de fosfato de calcio, mezclado con carbon que ha quedado en las retortas, se incinera y somete á la accion de ácido sulfúrico concentrado, lo cual da inmediatamente una solucion muy concentrada que no necesita estar mucho tiempo en las calderas para poderse cristalizar. El fósforo bruto obtenido se depura y amolda como de costumbre. Los huesos despojados de fosfato de calcio con el ácido clorhídrico se trasforman en cola.

9. PROCEDIMIENTOS DE GENTELE, GERLAND, MINARY Y SOUDRY. En virtud de un método indicado por *Gentele* el año 1857 para la preparacion simultánea del fosforo y de la sal amoníaca (á la par que de la cola de huesos), satúrase el fosfato de calcio disuelto en el ácido clorhídrico con el carbonato de amonio que se obtiene como producto accesorio de la fabricacion del negro de humo ó negro animal, y se emplea para la extraccion del fósforo. La solucion de cloruro de amonio que flota sobre el precipitado, se trata para sal amoníaca. *Gerland* propuso (1864) extraer los fosfatos de los huesos con una solucion de ácido sulfuroso y calentar la disolucion así obtenida; el ácido sulfuroso que se desprende durante la calefaccion, se recoge en una columna de cok y puede emplearse otra vez; así los fosfatos se precipitan en estado insoluble. Por último, *Minary* y *Soudry* (1865) pretenden extraer el fósforo destilando una mezcla de fosfato ferroso y cok muy cocido.

10. PROPIEDADES DEL FÓSFORO. El fósforo depurado, guardado bajo el agua y preservado de la accion de la luz, es á veces completamente incoloro y trasparente, pero con más frecuencia se presenta algo amarillento y diáfano. Su peso específico es de

183 á 184. A la temperatura ordinaria el fósforo en palitos es blando como la cera. En frio es quebradizo. No se deja reducir á polvo, pero se le puede tener finamente dividido fundiéndolo bajo el agua y agitando enseguida el líquido hasta que el fósforo se solide. En vez de agua es preferible emplear alcohol ú orina, ó una solucion acuosa de úrea. El fósforo se funde á los 40 ó 45 grados, y despues de fundido suele permanecer un líquido durante mucho tiempo, sobre todo en un líquido alcalino, cuando el enfrio se efectua despacio; mas si se toca con cuerpos sólidos, se solidifica de repente. El fósforo hierve á 290 grados, y da vapores sensibles hasta en la temperatura ordinaria (los vapores que esparce el fósforo por el aire, no sólo son debidos, como antiguamente se creia, á la formacion de ácido fosforoso, sino tambien y sobre todo á la produccion de vapores de antozono y azoito de amonio). El fósforo en forma de vapor se disuelve en muy corta cantidad dentro del agua; es muy difícilmente soluble en el alcohol y el éter, fácilmente soluble en el sulfuro de carbono, el cloruro de azufre y el percloruro de fósforo, disolviéndose tambien, aunque en corta cantidad, con los aceites grasos y volátiles. Calentado á 75 grados el fósforo, se inflama al contacto del aire, temperatura que tambien debe alcanzarse antes de que el fósforo se inflame, cuando se frota; el fósforo rojo ó amorfo que se forma al calentar durante mucho tiempo el fósforo ordinario á unos 260 grados, no se inflama con el frote, ó solamente despues de reducido al estado de fósforo ordinario, lo cual exige una temperatura de unos 300 grados.

El fósforo del comercio jamás está perfectamente puro, pues contiene con frecuencia pequeñas cantidades de azufre, de arsénico procedente del ácido sulfúrico empleado para la descomposicion de la ceniza de huesos, y tambien á veces un poco de calcio. No solamente sirve el fósforo para la prepa-

racion de las cerillas fosfóricas, sino que además se usa de algun tiempo á esta parte para la fabricacion de proyectiles incendiarios (el *fenian fire*, *liquid fire* ó *fuego feniano* es una disolucion de fósforo en el sulfuro de carbono que se usa para llenar bombas), así como para preparar ciertos colores de alquitran; y finalmente, de algunos años acá se le hace entrar en la fabricacion de ciertas aleaciones de cobre (bronce fosforoso, metal de cañones, metal de campanas), y sirve igualmente para la preparacion del ácido fosfórico vidrioso empleado, segun las indicaciones de *Horsford*, en la fabricacion del pan (véase pág. 139).

11. FÓSFORO ROJO Ó AMORFO. *Schrötter*, de Viena, descubrió en 1848 que la propiedad (observado ya por *E. Kopp* en 1844) que tiene el fósforo ordinario de tomar un color rojo bajo la influencia de la luz y en otras circunstancias, era debida á la transformacion de ese cuerpo en una modificacion alotrópica, que ha sido designada con el nombre de *fósforo amorfo* ó de *fósforo rojo*.

La experiencia ha enseñado que la manera más fácil de producir esa transformacion consiste en calentar durante mucho tiempo el fósforo ordinario á unos 250 grados y fuera del acceso del aire y del agua. Puede prepararse en grande escala con el aparato imaginado por *Schrötter*, y que está representado en corte por la fig. 13 (PRODUCTOS QUÍMICOS ANIMALES).

g es un baso de cristal ó de porcelana, del cual se llenan unos 5/6 con pedacitos de fósforo y se calientan á 230 ó 250 grados. El vaso *g* está colocado en un baño de arena *e f* que está calentado por un baño metálico *b*. El vaso *g* se halla cerrado con una tapa *m* sujeta con un tornillo y una correa. De la tapa arranca un tubo encorvado *i* provisto de una espita *k*, que conduce á un vaso *n*, lleno de agua ó mercurio (cubierto con una capa de agua). El aire que hay en *g* encima del fósforo escapa por ese tubo

cuando se comienza á calentar. Así que dicho escape ha terminado, se cierra la espita *k* y se continúa calentando, hasta que el fósforo esté completamente transformado en su modificacion amorfa. El tiempo que es necesario para esta transformacion, depende de diversas circunstancias y sólo la experiencia puede determinarlo.

En vez del aparato anterior suele emplearse ahora insiguiendo las indicaciones de *Coignet*, de Lion, una gran caldera de hierro colado muy ricia, que se calienta en un baño de aire, en un baño metálico ó en un baño de arena: esa caldera que puede contener hasta 250 kilogramos de fósforo, se cierra con una tapadera muy firmemente sujeta y provista de un tubo de escape para los gases, de una válvula de seguridad y termómetros. Primero se eleva gradualmente la temperatura á 100 grados, luego á 240; se mantiene esta última durante 2 ó 3 dias y despues se calienta hasta 270 y por fin 280. Añadiendo una corta cantidad de yodo al fósforo ordinario, se facilita mucho su transformacion en fósforo amorfo. Despues del enfrio del aparato se saca el fósforo amorfo, se tritura bajo el agua de manera que forme una pasta clara y facilite la eliminacion del fósforo ordinario, que siempre contiene en pequeña cantidad el fósforo amorfo, sea cual fuere la duracion del tiempo en que se ha calentado. Verdad es que se puede eliminar el fósforo ordinario por medio del sulfuro de carbono; mas como la mezcla puede inflamarse con facilidad, no es muy susceptible de practicarse ese medio.

Nickles propone un método de separacion del fósforo, que consiste esencialmente en agitar la mezcla de fósforo amorfo y de fósforo ordinario con un líquido, cuyo peso específico es menor que el del fósforo amorfo (2.1) y mayor que el del fósforo ordinario (1.84). Una solucion de cloruro de calcio á 38 ó 40 grados Baumé puede em-

plearse con tal objeto. El fósforo ordinario se va á la superficie y puede fácilmente quitarse con un poco de sulfuro de carbono, de suerte que la operacion puede hacerse en vasos cerrados. Para operar en grande escala, el procedimiento siguiente es el más seguro, segun los esperimentos practicados por *Coignet*. Se pone á hervir el fósforo amorfo pulverizado con una lejía de sosa cáustica que disuelve el fósforo ordinario, y lo transforma en hipofosfito de sodio soluble con desprendimiento de hidrógeno fosforado. Se prosigue la ebullicion renovando de vez en cuando la lejía de sosa, hasta que haya cesado todo olor de hidrógeno fosforado. El polvo que resta, se purifica con el lavado y se seca: *R. Böttger* propone una solucion de sulfato de cobre que no forma fosfuro de cobre sino con el fósforo comun, y nunca con el fósforo amorfo.

12. SUS PROPIEDADES. El fósforo rojo se presenta bajo la forma de polvo mate, rojo escarlata ó rojo carmesí oscuro, ó bien en forma de una masa coherente pardo-rojiza que es friable y á veces tiene un brillo metálico y una fractura concoidal, y cuya superficie es á veces casi negra de color de hierro. Su peso específico es 2.1. No se disuelve en el sulfuro de carbono ni demás disolventes del fósforo ordinario; es inalterable al aire y puede calentarse hasta el punto de ebullicion del fósforo comun (290 grados) sin convertirse en este último. Molido con cromato de potasio seco el fósforo rojo se inflama sin hacer esplosion. No arde cuando se tritura simplemente con salitre, mas al calentarlo se inflama sin ruido; con el clorato de potasio hace fácilmente y con vivacidad detonacion (véase tomo I, pág. 305). Mezclado con peróxido de plomo detona débilmente, mas cuando se calienta, produce una esplosion fuerte.

Como el fósforo amorfo hecho pedazos generalmente contiene un poco de fósforo ordinario, debe expedirse metido en el agua.

En el estado pulverulento el transporte se hace sin peligro con cajas de hoja de lata. A más del fósforo ordinario y de un poco de ácido fosforoso, el fósforo amorfo contiene aun con el 4'6 por ciento de agua, otras impurezas, entre las cuales hay siempre grafito que proviene de los vasos de hierro en que se ha fabricado.

La manera de conducirse el fósforo rojo en presencia de los diferentes óxidos, permite suponer con razon que podría emplearse ventajosamente en lugar del fósforo ordinario para la preparacion de la pasta de cerillas fosfóricas, y esa aplicacion del fósforo amorfo está tanto mejor justificada, en cuanto que dicho cuerpo no es venenoso, no da vapores ni se oxida á la temperatura ordinaria, amén de que no es tan inflamable como el fósforo comun, y por lo tanto es menos peligroso de trasportar. Por más que la fabricacion de los fósforos se haya opuesto durante mucho tiempo al empleo del fósforo amorfo, desde algunos años ha adoptado la modificacion roja del fósforo (véase el capítulo siguiente); de suerte que á juzgar por las apariencias, el fósforo amorfo desempeñará bajo ese concepto un papel importantísimo. De unos 20 años acá se emplea el fósforo rojo para preparar yoduro de fósforo destinado á la

fabricacion de los yoduros de amilo, etilo y metilo, con auxilio de los cuales se obtiene la cianina, el morado de etilo y otros colores análogos de alquitran. Mezclado con clorato de potasio, el fósforo amorfo constituye la mezcla de *Armstrong*, que en Inglaterra sirve para cargar espoletas de bombas.

13. ESTADÍSTICA DE LA FABRICACION DEL FÓSFORO. Segun *A. v. Schrötter*, todo el fósforo necesario para el consumo europeo proviene de dos fábricas, la de *Albright y Wilson*, de Oldbury, cerca de Birmingham, y la de *Coignet é hijos*, de la Guillotière (Lion): estos fabricantes producen actualmente cada año:

Albright y Wilson.	700.000	kilógramos.
Coignet é hijos.	500.000	—
	1,200.000	kilógramos.

para cuya fabricacion se necesitan poco más ó menos 13,750.000 á 15,000.000 de kilógramos de huesos. En Francia se emplean anualmente 360.000 kilógramos de fósforo para la fabricacion de los mistos fosfóricos; y admitiendo que las otras naciones de Europa consumen dos veces más, se llega á la conclusion de que la produccion de los mistos ó fósforos en Europa, exige 1,080.000 kilógramos de fósforo.

CAPITULO VIII

FABRICACION DE LOS MISTOS Ó FÓSFOROS

1. Generalidades é historia.—2. Fabricacion de los mistos.—3. Division de la madera en palitos.—4. Preparacion de la pasta inflamable.—5. Mistura y seca de los mistos.—6. Mistos antifosfóricos.—7. Fósforos de cerilla.—8. Estadística de la industria de los fósforos.

I. GENERALIDADES É HISTORIA. Daremos las indicaciones siguientes con respecto á la historia de los medios empleados para procurarse fuego. Conforme refieren los escritores de la antigüedad, *Prometeo* fué el primero que supo producir fuego con piedras duras. Los romanos frotaban uno con otro pedazos de leña de hiedra y de laurel, y se servian de la madera incandescente para inflamar hojas secas. El movimiento de rotacion rápido de un palo en un agujero practicado en otro pedazo, medio usado entre la mayor parte de los pueblos no civilizados para producir fuego, y que ha sido descrito con detalles por *Darwin* y el príncipe de *Neuwied* (1), por ejemplo, se usa todavia

(1) *Darwin's Reisen*, t. II, pág. 182 v. *Neuwied*, *Reise nach Brasilien*, tomo II, pág. 18.

con frecuencia entre los torneros para carbonizar superficialmente la madera y embellecerla. Entre los romanos habia la costumbre en tiempo de Tito de hundir la punta de una barra de azufre en madera podrida, y frotando sobre una losa de piedra se producía fuego. En el siglo XIV era conocido ya el uso del acero, del pedernal y de la yesca. Hasta 1820 casi no se conoció otro medio de procurarse fuego que el *eslabon* que se empleaba á la par de la madera azufrada.

En 1823 *Döbereiner*, de Jena, descubrió que el platino finamente dividido (la esponja del platino) inflamaba una mezcla de hidrógeno y de aire atmosférico, y basándose en ese fenómeno inventó el elegante aparato que con el nombre de *eslabon de hidrógeno* fué pronto acogido con entusiasmo, y que