

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 kilogramos.
Coignet é hijos. . . . .	500.000 —
	1,200.000 kilogramos.

para cuya fabricacion se necesitan poco más ó menos 13,750.000 á 15,000.000 de kilogramos de huesos. En Francia se emplean anualmente 360.000 kilogramos 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 kilogramos 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

aun hoy se emplea frecuentemente. Por más que el descubrimiento de *Döbereiner* no ejerciera una influencia directa en el invento de los mistos, atraído, sin embargo, la atención sobre las mejoras que podían introducirse en los aparatos de producir fuego en general, y bajo ese punto de vista contribuyó, al menos mediatamente, á perfeccionar los mistos ó fósforos.

El aparato siguiente fué inventado casi al mismo tiempo, y debe ocupar un lugar importante en la historia de la industria, por cuanto fué el primero que se basó en la inflamabilidad del fósforo, por más que nunca se hizo de uso general. Derretíanse despacio y con precaución en un tubo de cristal partes iguales en peso de azufre y fósforo. El tubo se cerraba inmediatamente con un tapon, y en tal estado se conservaba para el uso. Cuando se quería tener fuego, quitábase el tapon y se metía una delgada viruta en el contenido del tubo. La corta cantidad de materia que quedaba adherida á la viruta al sacarla del tubo, se inflamaba al aire y encendía la leña. Esa disposición, que apareció por vez primera, que sepamos, en Alemania (Erfurt), ha caído, sin embargo, casi enteramente en olvido.

El invento de los eslabones químicos (pajuelas) que se fabrican en Viena desde el año 1812 (100 pajuelas de éstas costaban á la sazón 1 florin), constituye una época importante en la historia de los fósforos; eran simplemente palitos con un extremo azufrado y cubierto de una mezcla de clorato de potasio y azúcar de caña (colorado con cinabrio), que detonando al mojarlo con ácido sulfúrico concentrado, producía la inflamación de la capa de azufre subyacente, inflamación que se comunica al palito. Se usaban vasos de vidrio que encerraban amianto empapado de ácido sulfúrico. El autor del descubrimiento de las pajuelas, que hasta 1844 fueron las únicas que se usaron en Europa, es el francés *Chancel*, preparador del químico

*Thenard* (1805). Las preparaciones difundidas por Inglaterra en 1830 con el nombre de *prometheans*, se fundaban en el mismo principio. En un rollito de papel (análogo á un cigarrillo) se ponía una mezcla de clorato de potasio y azúcar; el rollito contenía además un tubo de vidrio cerrado por ambos extremos y contenía ácido sulfúrico. Cuando se rompía el tubo de vidrio entre dos cuerpos duros, el ácido sulfúrico llegaba al contacto de la masa inflamable y producía el fuego. Ese rompimiento se hacía en general con una piedra que se compraba al efecto con la preparación. Los *prometheans*, que á causa de su elevado costo nunca se generalizaron, condujeron á los mistos por fricción, puesto que su inflamación se produce, á lo menos indirectamente, con el frote. Los primeros mistos de fricción verdaderos aparecieron por los años 1832 con el nombre de *eslabones á la Congrève* (pajuelas *congrèves*, mistos de fricción). Encerraban en una capa de azufre una untura de 1 parte de clorato de potasio y 2 de sulfuro de antimonio gris fijado con auxilio de una materia encolante (cola ó goma arábica). Para inflamarlos se hacían pasar por entre dos superficies de papel esmerilado que se apretaba entre los dedos. La inflamación exigía una compresión bastante fuerte, y á veces el preparado inflamable se desprendía del palito ó pajuela, y detonaba entre las superficies rugosas sin encender el palo. Por cuya razón el campo quedaba bastante abierto para introducir nuevas perfecciones.

No es posible determinar con certeza quién fué el primero que concibió la idea de sustituir el sulfuro de antimonio con el fósforo. Mas, según las investigaciones de *Nickles*, es indudable que el fósforo se empleó en París desde 1805 para confeccionar pajuelas. En 1809 *Derepas* procuró disminuir la gran inflamabilidad del fósforo mezclándolo con magnesita, que daba por resultado el dividirlo. *Derosne* sería en cambio el primero (1816) que había preparado mistos fosfóricos de

fricción. Por los años 1833 los mistos fosfóricos aparecieron al mismo tiempo en diferentes países. *Preshel*, de Viena, hizo en el año que acabamos de nombrar, mistos fosfóricos y otros aparatos provistos de la misma pasta inflamable, como yesca, enciende-cigarros, etcétera. Por el mismo tiempo próximamente *Fr. Moldenhauer*, de Darmstadt, fabricó también mistos fosfóricos (1). En la Alemania del Sud se considera generalmente al suave *Kammerer* (muerto en Ludwigsburgo en 1857) como el autor del descubrimiento de los mistos fosfóricos. En Inglaterra se atribuye el descubrimiento de los *Lucifer matches* al químico *Juan Walker*, de Stockton, ó á lo menos es esa la opinión de *Faraday*. Esas pastas inflamables que se componían esencialmente de clorato de potasio y fósforo, tenían gran inflamabilidad y ofrecían á veces el inconveniente de producir una especie de explosión en el momento en que se encendían; explosión que tenía por efecto proyectar lejos la pasta en combustión, y además su preparación y transporte no carecían de peligro, por cuyo motivo se prohibieron su fabricación y su uso en gran número de comarcas de Alemania. El año 1835 *Trevany* reemplazó parcialmente el clorato de potasio con una mezcla de minio y peróxido de manganeso; en 1837 *Preshel* lo reemplazó enteramente con el peróxido de plomo pardo, y *Böttger* con una mezcla de minio y salitre (ó con peróxido y azoato de plomo). De aquella época data el gran desenvolvimiento de la industria de los fósforos, que mayormente en Austria, y de algunos años acá también en Suecia, ha tomado proporciones gigantescas (2).

(1) *C. Thiel*, de Darmstadt, espuso en un trabajo detallado (*Jahresbericht, der. chem. Technologie* 1866, pág. 747) los méritos adquiridos por *Moldenhauer*, trabajando en el desarrollo de la industria de los fósforos en Alemania.

(2) En Austria (véase el catálogo austriaco de la Exposición internacional de 1862, pág. 18) se empleaban anualmente 15 mil fardos ó haces de madera para la confección de los palitos, con los cuales se hacían 7,500,000 kilogramos de fósforos. En 1860 la cantidad fabricada tenía un valor de 2,647,000 florines (igual á unos 6,618,100 pesetas). El estado floreciente de esa industria en Austria es debido principalmente á tres hombres, *Estibán*

Con el tiempo los fósforos tuvieron aun nuevas mejoras, pues se suprimió el azufre y se empaparon los extremos de los palitos ó pajuelas con cera, ácido esteárico ó parafina. Además, se cubrieron las más finas (pajuelas ó mistos de salón) con un barniz, á fin, no solamente de resguardarlas de la humedad, sino también de darles un aspecto mucho más hermoso. Y de tal suerte fué progresando la fabricación de los mistos, que actualmente ha llegado á dar un producto que bajo el punto de vista técnico alcanza un grado de perfección tan alta como pueda imaginarse y como sea posible alcanzar.

Con todas sus excelentes cualidades los fósforos ofrecen, sin embargo, inconvenientes que por la razón de que atañen á la naturaleza venenosa del fósforo, son de la incumbencia de la policía sanitaria. Ante todo el fósforo obra como veneno por su volatilidad, y en los primeros tiempos de su introducción en la industria de los mistos produjo entre los obreros estragos patentes, que en la actualidad ya no se observan, merced á la buena ventilación de los talleres. A pesar de las investigaciones de *E. von Bibra* y *Geist* y de las observaciones de *Siewekings*, todavía carecemos de esplicaciones suficientes, pues las enfermedades de la mandíbula inferior, tales como existían en las fábricas de mistos, faltan completamente en las fábricas en que se produce el fósforo, y á veces los obreros absorben por las vías respiratorias tales cantidades de vapores de fósforo, que en la oscuridad el aire que sale de sus pulmones parece luminoso.

Por otra parte el fósforo es venenoso, porque su introducción en el organismo aun en corta cantidad determina la muerte. Y efectivamente, estos últimos años se han visto envenenamientos por el fósforo aumentando de una manera horrorosa. En esa

*Romer*, *Juan Peshel* y el caballero *von Pollack*. El primero perfeccionó la división de la madera en palitos, *Peshel* la pasta inflamable, y el último abrió los mercados á ese producto austriaco.

propiedad del fósforo se resumen todas las razones que puedan oponerse al empleo de este cuerpo para la fabricación de los fósforos.

En el ínterin sobrevino el descubrimiento del fósforo rojo, que sin dejar de conservar las ventajas del fósforo comun, se hallaba exento de los inconvenientes inherentes al empleo de ese último; ese descubrimiento pareció un verdadero beneficio para la humanidad, y los gobiernos y los industriales lo acogieron con entusiasmo.

Entre las numerosas esperanzas que se habían fundado en el empleo del fósforo rojo para la fabricación de los mistos, solamente un pequeño número se han realizado hasta ahora. Sin embargo, según lo que se ha podido comprobar en las exposiciones de París en 1867 y de Viena en 1873, parece que está reservado un gran papel al fósforo rojo en la historia del desenvolvimiento de la industria de los mistos.

2. FABRICACION DE LOS MISTOS. La fabricación de los mistos fosfóricos comprende las operaciones siguientes:

1.º La división de la madera en palitos (pajuelas);

2.º La preparación de la pasta inflamable;

3.º La mistura, la seca y el embalaje de los mistos.

3. 1.º DIVISION DE LA MADERA EN PALITOS. Comunmente se emplea en la fabricación de los mistos la madera de pino comun, la madera de abeto, la de trébol, mas rara vez la de pino de Escocia, y algunas veces tambien las maderas de haya, de tilo, de álamo blanco, de sauce, de álamo y de cedro. Los palitos son cuadrangulares (con ángulos más ó menos acentuados) ó redondos, y en este último caso muy regulares y pulidos. Se preparan los palitos cuadrangulares de la manera más sencilla, hendiendo masas de maderas cúbicas, cuyo lado es igual á la longitud de los mistos. Las máquinas de hen-

der están provistas de uno solo ó de varios cuchillos; en el primer caso el cuchillo está sujeto en una palanca, subiendo y bajando con ella, y haciendo avanzar despues de cada seccion el espesor del misto al cubo de madera; y cuando se han practicado una série de hendeduras paralelas, se coge la masa de hojas así producidas, y practicando una nueva série de secciones perpendiculares á las primeras, se la divide en pequeños palitos. En el segundo caso se sujetan firmemente las hojas y se empuja la madera contra estas hojas ó cuchillas.

En Alemania la division de la madera se efectúa por doquiera con auxilio del cepillo inventado por Estéban Romer, de Viena; ese instrumento que da con facilidad palitos bastante redondos, es una especie de cepillo cuya hoja se diferencia de la de los cepillos ordinarios, en que en vez de corte ó filo tiene una hoja encorvada, taladrada horizontalmente de tres, cuatro ó cinco agujeros yuxtapuestos, y el borde anterior de estos agujeros está cuidadosamente afilado. Si se toma una tabla de pino de fibras rectas, exenta de nudos y larga de un metro próximamente, y se empuja el cepillo por su lado estrecho correspondiente á la anchura del hierro, penetra éste en la madera y se forman tantos palitos como agujeros tiene el cepillo. La práctica enseña que los cepillos de tres agujeros son los más convenientes. Cuando de esa manera se ha formado una capa de palitos, se allana la superficie de la tabla con un cepillo ordinario, se vuelve á tomar enseguida el cepillo de palitos y así sucesivamente. Para cortar los palitos de la longitud que se desea, se emplea una máquina que consiste en una cajita ancha de unos seis centímetros, y provista de una hendedura transversal destinada á recibir un cuchillo. Por esta hendedura sube y baja el cuchillo muy afilado y sujeto á una palanca, con lo cual obra más bien apretando que cortando. Un obrero práctico produce en un día 400 ó

450 mil palitos. El cepillo de Anthon, de Darmstad, que fué rápidamente adoptado en el sudoeste de la Alemania, fué inventado al propio tiempo que el dispositivo de Romer. La division de la madera constituye con frecuencia hoy una rama especial de la industria. En los países dotados de bosques (como por ejemplo en las selvas de Baviera, Bohemia y Turingia, Suecia y Noruega) se preparan cantidades enormes de madera divididas, que se espendeden á los fabricantes de fósforos, que así no tienen que hacer otra cosa que la de practicar un último apresto. En vez del trabajo á la mano puede utilizarse tambien el servicio de máquinas para la confeccion de los mistos redondos. Así por ejemplo, Pellelier, de París, construyó por los años 1820 una máquina de cepillar dispuesta de la siguiente manera. El cepillo largo de 36 centímetros y ancho de 9 se mueve en una tabla adelante y atrás por medio de una biela y un manubrio; al moverse, pasa por el pedazo de madera colocado debajo y que se levanta por sí mismo á una altura conveniente. El cepillo contiene una hoja colocada verticalmente y provista en su parte inferior de 24 dientes agudos; pero detrás de esta hoja se encuentra otra ancha hoja de cepillo ordinario. A cada golpe del cepillo la primera hoja hace 24 ranuras paralelas á la superficie de la madera, y la segunda, que obra inmediatamente despues, levanta una hojuela del espesor que se quiere, la cual por efecto de las ranuras hechas anteriormente, se divide enseguida en palitos. La máquina de Cochot (1830) está construida de manera que da un producto considerable. En esa máquina 30 cubos de madera de la longitud del fósforo se sujetan en la periferia de una rueda de hierro de 1 metro de diámetro; cuando se hace girar la rueda, los pedazos de madera pasan uno despues de otro por un pequeño cilindro armado de hojas de acero, y que como el cepillo dentado de la máquina anterior, hace

ranuras paralelas; inmediatamente despues una hoja de laton recta é inmóvil levanta una hoja de la madera, que se encuentra entonces dividida en palitos. La máquina de Jeunot, privilegiada en Francia desde 1848, tiene alguna analogía con la precedente respecto al modo de accion. Neukrantz, de Berlín, construyó en 1845, basándose en el mismo principio que el del cepillo á mano, una máquina en la que 15 ó 20 palitos se forman al mismo tiempo á espensas de la madera, que con auxilio de un carro es empujado contra un hierro tubular firmemente sujeto. Krutzsch, de Wünschendorf (en el reino de Sajonia), hizo en 1848 una interesante aplicacion de ese medio, sirviéndose de una plancha de acero taladrada de gran número de agujeros (unos 400) tan aproximados como se pueda unos á otros. Contra esa plancha cuyos agujeros tienen el borde cortante por ese lado, se empuja por medio de una fuerte presion un pedazo de madera en la direccion de sus fibras; luego se saca con auxilio de una especie de tenazas, y así se divide en palitos redondos. Un pedazo de madera de 3 centímetros de diámetro da 400 palitos, que con una longitud de 1 metro proporcionan cada uno 15 fósforos. La fabricación de 6.000 pedazos de esta clase dura unos 2 minutos. Otra máquina, la de Andree y C.<sup>a</sup>, de Magdeburgo, obra más bien á manera de cepillo: tres hierros están paralelamente fijos entre sí, y por consiguiente obran el uno en pos del otro: el primero, ó sea el anterior, no hace más que preparar la madera; el segundo forma una mitad del cilindro, y el tercero forma la otra mitad. La máquina de C. Leitherer, de Bamberg (1851), que obra por medio de una hoja de cepillo tubular y que ha sido llamada máquina de cepillo de caída, se compone de una caja horizontal, en la que están colocados los pedazos de madera bruta con las fibras dirigidas verticalmente; á cada golpe de cepillo las masas de madera están empu-