

minar una hora, la luz de la lámpara ilumina el cristal, y los rayos se proyectan en el círculo de cobre: lo mismo pasa con el círculo siguiente, y con los demás, hasta terminar las horas de la noche.»

## II

## QUÍMICA

La de los Arabes anduvo mezclada con la alquimia, como su astronomía con la astrología; cuya mezcla de ciencia positiva y de paradoja no les impidió llevar á cabo descubrimientos de importancia.

Insignificantes fueron los conocimientos químicos que hallaron en los libros griegos; pero los Arabes descubrieron luego los cuerpos más importantes, como el alcohol, el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el mismo mezclado con el ácido hidrocórico (*agua regia*), etc., que Grecia no conoció nunca. También descubrieron las operaciones más fundamentales de la química, como la destilación. Los que han escrito en ciertos libros que Lavoisier creó la química, olvidan que ninguna ciencia, y mucho menos ésta, se ha creado nunca de una vez, y que hace mil años los Arabes poseían laboratorios de los cuales salieron descubrimientos sin los cuales Lavoisier no hubiera verificado los suyos.

Geber fué el más antiguo y conocido químico árabe: vivía hacia fines del siglo VIII, y aunque publicó un gran número de obras, es difícil reconocerlas todas, por haber habido otros compatriotas suyos que llevaban el mismo nombre. Muchos de sus libros fueron traducidos al latín, y uno de los más notables, la *Suma de Perfección*, pasó al idioma francés, en 1672; lo cual demuestra cuán duradera fué su influencia en Europa.

Los trabajos de Geber componen una especie de enciclopedia científica, debiendo considerarse su contenido como resumen de la ciencia química de los Arabes en la época del escritor. Allí está la descripción de muchos compuestos que no se habían mencionado antes de él, habiendo algunos, como el ácido nítrico y el agua regia, que tienen una importancia capital en química, puesto que sin ellos, esta ciencia no podría existir.

También Geber parece haber conocido la existencia de ciertos gases, según se desprende de lo siguiente: «Cuando dos gases se fijan en los cuerpos, pierden su forma y naturaleza, y

dejan de ser lo que fueron; y cuando se hace la separación, he aquí lo que se verifica: ó los gases se escapan solos, quedando los cuerpos en que se habían fijado, ó gases y cuerpos desaparecen á la vez.»

Creía Geber, con todos los alquimistas, que los metales se componían de varias sustancias desconocidas, á las cuales caprichosamente llamaba azufre, mercurio, arsénico, pues las propiedades de dichos supuestos elementos nada de común tenían con las de los cuerpos de los que se tomaban aquellos nombres. Los alquimistas se aficionaron á repetirlo con frecuencia, y conviene recordarlo, á fin de evitar las equivocaciones cometidas por muchos autores, al hablar de la alquimia.

Según los químicos árabes, todos los metales se componían de los mismos elementos, y como los metales no diferían entre sí más que por la proporción de estos elementos, era evidente que aislando los elementos, y combinándolos después de un modo proporcionado y conveniente, se llegaría á producir el metal que se quisiese, por ejemplo, el oro. Sabido es que la transmutación de los metales ocupó largos siglos á los alquimistas; pero sus teorías, que sea dicho de paso, se aproximaban mucho á las ideas modernas, hicieron que se dedicasen á experimentos que sin ellas quizá no se verificaran nunca. En efecto, si no se descubrió lo que se buscaba, se descubrió lo que no se conocería á no haberse estudiado la transmutación tanto tiempo.

La preparación de gran número de compuestos, la mayor parte de los cuales era desconocida antes de Geber, como el ácido nítrico, el agua regia, la potasa, la sal amoníaco, el nitrato de plata, el sublimado corrosivo, el precipitado rojo, se halla indicada en sus obras; del mismo modo que la preparación, por primera vez anunciada, de operaciones tan fundamentales como la destilación, la sublimación, la cristalización, la solución, la copelación, etc.

También debemos á los Arabes el descubrimiento de otros cuerpos de uso cotidiano en la química y la industria, por ejemplo, el ácido sulfúrico y el alcohol; los cuales se hallan por primera vez descritos en la obra de Rhazes, que murió en 940. El ácido sulfúrico se obtenía por la destilación del sulfato de hierro, y el alcohol por la de materias feculentas, ó azucaradas, en fermentación.

La mayor parte de autores árabes que han escrito sobre las ciencias se han ocupado de química; pero las obras más importantes, ex-

cepto las de Geber y de Rhazes, se han perdido, y el mérito de las que conocemos nos hace lamentar la pérdida de las que se han extraviado. La grandeza de los descubrimientos de los químicos árabes no nos ha sido revelada sino por el gran número de compuestos que antes de ellos no se conocían, y que se hallan citados en los tratados de medicina de los mismos Arabes. Ellos verdaderamente, ellos y nadie más, crearon la farmacia; y respecto á química industrial, podemos juzgar de sus conocimientos por su habilidad en el arte de la tintorería, de la minería de metales, de la fabricación del acero, de la preparación de los cueros, etc.

## III

## CIENCIAS APLICADAS.—DESCUBRIMIENTOS

*Conocimientos industriales.*—Aunque se dedicasen á las investigaciones teóricas, los Arabes no descuidaban las aplicaciones á la industria, y así sus conocimientos científicos llegaron á dar á sus productos industriales una gran superioridad. Bien es verdad que no conocemos sus procedimientos, pero sí los resultados que producían. Por ejemplo, nos consta que sabían explotar las minas de azufre, de cobre, mercurio, hierro y oro; que practicaban con mucha habilidad la tintorería; que templaban el acero con suma perfección, de la cual las antiguas hojas toledanas dan testimonio; que sus tejidos, armas, cueros y papeles tenían una reputación universal, y que en bastantes ramos de la industria no han sido aún sobrepujados.

Entre las invenciones debidas á los Arabes hay alguna de importancia tan capital, por ejemplo la pólvora, que no podemos ceñirnos á una simple indicación, sino dar algunos detalles.

*Pólvora y armas de fuego.*—Desde la más remota antigüedad los pueblos de Asia hicieron uso de mezclas incendiarias en los combates; pero esos recursos no penetraron en Europa hasta el siglo VII de nuestra Era, y se cree que los introdujo un arquitecto sirio llamado Calínico. Sirviéronse de ellos los Griegos del Bajo imperio para combatir á los Arabes con éxito cuando éstos sitiaron á Constantinopla, y Constantino Porfirogeneto declaró su preparación secreto de Estado. Pero este secreto no tardó en divulgarse. Según las investigaciones de Reinaud y de Favé, componíase de una mezcla de azufre y de sustancias combustibles, como breas de resina y aceites grasos; y su prepara-

ción se halla consignada en muchos manuscritos antiguos.

Los Arabes conocieron luego el secreto del fuego griego, adoptándolo de un modo tan general que llegó á ser, como nos dicen los autores que acabamos de citar, «el agente principal de su sistema de ataque.» Empleábanlo de mil maneras, y lo arrojaban con gran número de instrumentos diferentes. Los escritos de los cruzados nos hablan del espanto que produjo entre ellos. Joinville dice de él que es la más horrenda cosa que había llegado á ver, comparándolo á un gran dragón que volase por el aire. «Así que caía cerca del rey, añade, San Luis se echaba al suelo, levantaba las manos al cielo y llorando á lágrima viva, exclamaba: «Hermoso Señor Dios, libradme de eso á mí y á toda mi gente.» Ese terror tenía algo de quimérico, pues si el fuego griego era muy peligroso en el mar empleándolo contra los buques, poco daño causaba en tierra, pues ninguna de las crónicas que hablan de los terribles efectos de aquel compuesto, menciona que causase la muerte de nadie. San Luis y muchos caballeros suyos quedaron cubiertos de él, sin recibir ningún daño. Aunque el fuego griego quemaba, carecía de toda fuerza de proyección, siendo un cuerpo combustible, sin ninguna de las propiedades explosibles de la pólvora. Así es que lo arrojaban, pero no lo usaban para disparar proyectiles.

Durante mucho tiempo se ha atribuido la invención de la pólvora á Rogerio Bacon, quien en realidad no hizo otra cosa que reproducir, como Alberto el Grande, ciertas antiguas recetas, particularmente la consignada por Marcus Graccus en un manuscrito escrito en 1230 con el título de *Liber ignium ad comburandos hostes*. Muchas de estas recetas proponen una composición semejante á la de la pólvora; pero no se usaba sino como cohetes incendiarios; y es evidente que dichas recetas proceden de los Arabes, lo propio que todas las de química que se conocieron en la Edad media. Además, los Arabes hicieron uso de las armas de fuego en una época muy anterior á los cristianos, según vamos á demostrar.

Las investigaciones de MM. Reinaud y Favé, precedidas ya por las de Casiri y Viardot, han probado claramente que la invención de la pólvora como sustancia explosible destinada á arrojar proyectiles, se debe sólo á los Arabes. Aquellos dos primeros autores habían adoptado, en un primer trabajo particular, la

opinión tan extendida de que el invento procedía de los Chinos. Pero en una segunda memoria publicada en 1850 han desechado esta creencia, pues el descubrimiento de nuevos manuscritos les ha hecho conocer que aquel invento, que ha cambiado todo el sistema de guerra, pertenece á los Arabes. «Los Chinos, dicen, descubrieron el salitre y su empleo en los fuegos de artificio. En cuanto á los Arabes, supieron producir y utilizar la fuerza proyectiva que resulta de la pólvora, ó por decirlo en una sola frase, inventaron las armas de fuego.»

Afirman habitualmente los historiadores que la artillería no funcionó por primera vez sino en la batalla de Crecy, dada en 1346; pero diversos pasajes de autores árabes demuestran que se empleaba ya en épocas muy anteriores. Entre los extractos de diferentes manuscritos, traducidos por Conde, se halla en particular un pasaje donde se ve que un emir, Yakub, sitiando en 1205 á un jefe de revoltosos en la ciudad africana de Mahedra, «combatió las murallas con diferentes máquinas, ingenios y truenos... Eran unos ingenios nunca vistos... que arrojaban cada uno cien enormes tiros, y grandes piedras caían en medio de la ciudad, junto con disparos de globos de hierro.»

El pasaje siguiente de la historia de los Berberiscos de Ibhñ Kaldún no es menos explícito, indicando claramente el empleo del cañón para los sitios.

«Abu-Yuzef, sultán de Marruecos, puso asedio á Sidjilmesa, en el año de la hégira 672 (1273 de J.-C.); estableció contra ella máquinas de sitio como *medjanik* (una especie de catapultas de la Edad media), *arradas* y *hendam* de nafta, que arrojan *cascajo* de hierro, disparado desde la cámara del *hendam*, con fuego encendido con *barud*, por un efecto asombroso, y cuyos resultados deben ser atribuidos al poder del Creador. Cierta día una parte de la muralla de la ciudad cayó, de resultados de una piedra arrojada por un *medjanik*; y se dió el asalto.»

La lectura de los manuscritos del tiempo prueba que el uso de las armas de fuego se generalizó pronto entre los Arabes; haciendo de ellas mucho uso en 1342 para defender á Algeciras, sitiada por Alfonso XI.

«Los moros de la ciudad, dice la crónica de este rey, arrojaban muchos truenos contra el ejército, sobre el cual disparaban pelotas tan gruesas como manzanas grandes, y las echaban tan lejos de la ciudad que algunas pasaban por

encima del ejército, y otras caían dentro de éste.»

Los condes ingleses de Derby y de Salisbury, que asistían al sitio, viendo el efecto de la pólvora, llevaron este descubrimiento á su país; por cuya razón los ingleses hicieron uso de él en la batalla de Crecy.

También se conoce por manuscritos árabes la composición de la pólvora que los Arabes usaban y sus armas de tiro; vamos á transcribir dos pasajes interesantes de un manuscrito de fines del siglo XIII, traducido por Reinaud.

*Descripción de la droga que debe introducirse en el madfaa, con su proporción.*—*Barud* (salitre), diez; carbón, dos dracmas; azufre, una dracma y media; redúcelo á polvo fino, y llena una tercera parte del *madfaa*; no pongas más, porque el *madfaa* reventaría. A fin de servirte de ella mandarás al tornero labrar un *madfaa* de madera cuyo tamaño tenga proporción con la boca; meterás en él la droga con fuerza, añadirás el bondoc (bala) ó una flecha, y pondrás fuego al cebo. La medida del *madfaa* debe estar en relación con el oído, porque si fuese más profundo que ancha la boca, sería un defecto.»

*Fabricación del papel.*—Los Europeos de la Edad media no escribieron durante largo tiempo sino en pergaminos, cuyo precio por ser alto era un gran impedimento para la multiplicación de las obras escritas. Escaseó luego de tal modo, que los frailes adoptaron la costumbre de raspar las obras de los grandes escritores de Grecia y Roma para escribir sus propias homilias; y sin los Arabes, la mayor parte de aquellas maravillas de la antigüedad se habrían perdido, aunque ordinariamente se nos cuenta que fueron guardadas con el mayor cuidado en el fondo de los claustros.

Hallar una sustancia capaz de reemplazar al pergamino, y análoga al papiro de Egipto, equivalía á hacer un gran servicio al mundo, difundiendo más fácilmente los conocimientos.

El descubrimiento hecho por Casiri, en la biblioteca del Escorial, de un manuscrito árabe en papel de algodón, perteneciente al año 1009 y anterior á los existentes en las demás bibliotecas de Europa, prueba que los árabes fueron los primeros en sustituir el pergamino con el papel.

Además la parte histórica de este descubrimiento es hoy en día fácil de reconstruir. Desde tiempo inmemorial los Chinos sabían fabricar papel con capullos de seda; introdujose esta

industria en Samarcanda desde los primeros tiempos de la hégira, y cuando los Arabes se apoderaron de esta ciudad hallaron en ella una fábrica de aquel papel. Sin embargo, aquel invento no podía introducirse en Europa, donde la seda casi era desconocida; á menos que se trocase la seda con otro material. Esto es lo que alcanzaron los Arabes, al adoptar el algodón; demostrando el examen de sus antiguos manuscritos que llegaron luego á fabricar este papel con una perfección que hasta ahora no ha podido superarse.

También parece igualmente demostrado que los Arabes hicieron el invento del papel de trapos, cuya fabricación es difícilísima, por exigir complicadas manipulaciones. Fúndase esta opinión en que el uso de semejante papel es mucho más anterior entre los Arabes que entre los pueblos cristianos. El más antiguo manuscrito de papel que existe en Europa consiste en una carta de Joinville á San Luis, escrita poco antes de la muerte de este príncipe, que falleció en 1270, es decir, en una época posterior á la primera cruzada de éste en Egipto; y en cambio poseemos manuscritos árabes en papel de este género, anteriores de un siglo al documento precedente. Tal es por ejemplo un tratado de paz entre Alfonso II de Aragón y Alfonso IV de Castilla, fechado en 1178, y conservado en los archivos de Barcelona; el cual procedía de la célebre fábrica árabe de papel establecida en Játiva, de la cual habla con elogio el geógrafo Edrisi, que escribía en la primera mitad del siglo XII.

La extensión que en tiempo de los Arabes tomaron en España las bibliotecas públicas y privadas, cuando en el resto de Europa casi eran desconocidas, les obligaron á aumentar las fábricas de papel. Los Arabes llegaron á emplear en esta industria, con gran perfección, el cáñamo y el lino que entonces abundaban mucho en las campiñas.

*Aplicación de la brújula á la navegación.*—

Inventaron la brújula los Chinos, pero hasta ahora no existe prueba alguna de que la hubiesen aplicado al arte de navegar. Verdad es que los Chinos eran unos pobres navegantes que no pasaban de la navegación de cabotaje, para la cual la brújula es poco útil.

Los Arabes fueron, por el contrario, grandes navegantes; y como se hallaban en relaciones frecuentes con China, en una época en la que Europa apenas había oído hablar de esta vasta región, es probable que fueran los primeros en aplicar la brújula á la navegación. Sin embargo, tal opinión no es más que hipotética, de modo que faltando pruebas, no insistiré en ella.

Lo que de seguro ya no es hipótesis es que los Europeos debieron á los Arabes el conocimiento de este invento capital. En efecto, siendo éstos los que se comunicaban con los Chinos, ellos solos pudieron darlo á conocer al Occidente. Sin embargo, los Europeos tardaron mucho todavía en conocer su importancia, pues no lo utilizaron antes del siglo XIII, á pesar de que Edrisi, que escribía á mediados del XII, habla de la brújula como de cosa usada por todos los navegantes árabes.

Lo dicho prueba que el balance de los descubrimientos árabes en las ciencias físicas no es menos importante que el de las matemáticas y de la astronomía; y la enumeración siguiente prueba su importancia: conocimientos elevados en física teórica, sobre todo en óptica, y creación de aparatos mecánicos muy ingeniosos; descubrimiento de los cuerpos más fundamentales de la química, como el alcohol, el ácido nítrico, el ácido sulfúrico, y las operaciones químicas más esenciales, por ejemplo la destilación; aplicación de la química á la farmacia y á la industria, particularmente á la extracción de metales, á la fabricación del acero, á la tintorería, etc.; descubrimiento de la pólvora y de las armas de fuego; fabricación del papel de trapos, y probable aplicación de la brújula al arte de navegar.