

PARTE PRIMERA.

QUIMICA GENERAL.

*Teoria de la cristalizacion.*

ENTRE todos los fenómenos que produce la atraccion molecular, el mas inmediato, el mas sensible, y el que mas se aproxima, bajo ciertos aspectos, á aquella sencillez que exigen las aplicaciones de las matemáticas, es la cristalización de las sustancias homogéneas, ó la union de sus moléculas bajo ciertas leyes, para constituir esos cuerpos de figura polihedra determinada, que se llaman *cristales*.

La parte de este fenómeno que depende de las diversas disposiciones que afectan las moléculas entre sí, en manos de uno de nuestros compañeros, Mr. Haüy, ha formado el objeto de una ciencia entera.

Sabiase ya de mucho tiempo á esta parte que varias sales y piedras afectan, hasta cierto punto, formas constantes en cada especie. Habíase tambien observado que un cubo de sal marina,

por ejemplo, se compone de la reunion de una infinidad de cubos mas diminutos.

Sin embargo originóse la primera duda de que otras sales y otras piedras se presentaban tambien bajo formas infinitamente variadas, y que con dificultad podian ser reducidas á un origen único.

El mineralogista francés Romá de l'Ysle (1) dió en 1772 un primer paso, aunque muy corto todavía, hácia la verdad.

Habiendo reunido y descrito gran número de cristales diferentes de cada sustancia, en casi todos reconoció una forma general propia á cada especie, y de la cual es fácil deducir todas las demas formas, suponiendo que sus ángulos ó aristas están mas ó menos profundamente truncadas.

Pero los cristales, lo mismo que todos los minerales, crecen porque se les agregan nuevas capas: de consiguiente, no puede suponerse que la naturaleza, despues de haberles dado su forma primitiva, les quite en seguida sus partes salidas, para cortarlos y convertirlos en algun modo en cristales secundarios.

El célebre químico sueco Bergman habia dado

(1) *Essai de Cristallographie, etc.*; primera edicion, Paris, 1772, 1 vol. en 8°.; 2ª. edicion, 1783 4 vol.

tambien un paso mas, bien que debido á la casualidad (1). Gahn, otro de sus alumnos, notó que un cristal secundario, el espato de doble pirámide, por ejemplo, se deja romper en láminas regulares puestas unas sobre otras, y que si se quitan sucesivamente las láminas exteriores, llegase por último á un núcleo céntrico, que es cabalmente la forma general y primitiva comun á todos los espatos calizos.

Esta observacion era aplicable á todos los cristales: la práctica, llamada *clivage* por los lapidarios y diamantistas, manifiesta que en efecto todos los cristales petrosos están compuestos de láminas, y la esperiencia demostraba fácilmente que otro tanto sucedia en las sales.

Peró Bergman se engañó al querer generalizar el descubrimiento de Gahn. En vez de observar inmediatamente la disposicion de las láminas en los cristales de las demas especies, quizo imaginarla, y no alcanzó resultado alguno exacto.

Haüy, pues, es el único autor verdadero de la ciencia matemática de los cristales. Quiso la casualidad que un dia se le presentase la misma observacion que á Gahn, sin tener noticia de la

(1) De la forma de los cristales; *Mém. de Upsal*, 1773.

del sueco, y supo sacar de ella mejor partido (1). Un cristal secundario, dijo, no difiere pues de su núcleo, sino porque las láminas que envuelven á este disminuyen en lo ancho, bajo ciertas proporciones regulares; y los diversos cristales de una misma especie, formados todos sobre un núcleo semejante, difieren unos de otros, porque el decrecimiento de las láminas se verificó en cada uno de ellos bajo proporciones y direcciones diferentes.

Peró cada lámina, suponiendo la mas delgada posible, puede considerarse como una capa de las moléculas de la sustancia situada lado por lado y formando compartimientos regulares.

Cada nueva lámina será pues menor que la precedente, si tiene una ó muchas filas de moléculas de menos, ora en sus orillas, ora en sus ángulos; y suponiendo que todas las láminas sucesivas disminuyan segun la misma ley, debe resultar una especie de escalera, representando al ojo superficies nuevas que modifican la forma primitiva, y que son cabalmente lo que Rome de l'Ysle llamaba *truncaduras*.

Mas por luminosa que pareciese esta teoria, Mr. Haüy no se contentó con tales generalidades:

(1) *Essai d'une théorie de la structure des cristaux*; Paris, 1784, 1 vol. en 8°.

siguiendo el ejemplo de todos los que han sido verdaderamente útiles á las ciencias, confirmó su teoría manifestando que esplica realmente de un modo riguroso los fenómenos conocidos, y que prevé con exactitud los fenómenos posibles.

Al efecto determinó, por el análisis ó por la rotura mecánica, y por una exacta medida de los ángulos, las formas de los núcleos y de las moléculas elementares de todos los cristales conocidos; y despues por medio del cálculo trigonométrico, manifestó que admitiendo un número bastante reducido de leyes de decrecimiento, y combinándolas entre sí de diversos modos, puede derivarse de ellas un número determinado, aunque harto considerable de formas secundarias posibles. Examinando por último las formas secundarias descubiertas hasta el dia en la naturaleza, probó que se referian todas á las que los elementos precedentes demuestran posibles para cada especie.

Así es como Mr. Haüy (1) ha creado el conjunto y los pormenores de una ciencia nueva, que pertenece casi esclusivamente á la época cuya historia nos hemos propuesto trazar, y que es

(1) *Traité de Minéralogie*, por Mr. Haüy, Paris, 1801, 4 vol. en 8°. y atlas en 4°.

tanto mas satisfactoria y honrosa para el espíritu humano, por cuanto nada tiene de hipotético ni de vago, y todo está en ella determinado por una feliz correspondencia del cálculo y de la observacion inmediata.

Dos casos hay tan solo que presentan alguna arbitrariedad. El primero es el de los cristales de núcleo prismático: la division mecánica no da aquí por sí misma la proporcion de la altura del prisma á la anchura de su base; pero entonces se admite la que satisface ó corresponde á las formas secundarias conocidas, por medio de las leyes mas sencillas del decrecimiento.

El segundo caso es aquel en que las junturas naturales de las láminas se multiplican lo bastante para interceptar espacios de diversas figuras: probablemente entonces los unos solo son los ocupados por moléculas sólidas, y los otros son vacios ó poros, pero no se sabe á cuales atribuir esta calidad.

Por lo demas, esto es de suyo indiferente, con tal que haya siempre un núcleo constante.

En cuanto á la causa que determina en cada variedad tal ley de disminucion mas bien que tal otra, fuerza es confesar que está todavía oculta á nuestro discernimiento.

El difunto Leblanc habia logrado por cierto cristalizar el alumbre bajo la forma primitiva de

octaedro, ó bajo la forma secundaria de cubo, saturándolo mas ó menos (1).

Mas no parece que las formas secundarias de las otras sales dependan de las proporciones de sus componentes; las innumerables variedades de espato calizo no han dado diferencia alguna sensible al analisis hecho por Vauguelin.

Además del interés general que ofrece la ciencia de los cristales en su calidad de doctrina exacta y demostrada, es de suma importancia su utilidad directa para el conocimiento de los minerales; puesto que suministra caracteres fáciles de observar, contribuyendo á distinguir algunos que se confundian, y bajo este aspecto ha precedido muchas veces el analisis químico. En el artículo de la mineralogía veremos el feliz empleo que de la misma ha hecho Mr. Haüy para ilustrar esta importante ciencia.

Hase suscitado en estos últimos tiempos la cuestion de si una misma sustancia debe tener constantemente la misma molécula primitiva y el mismo núcleo; y se ha citado el ejemplo de la aragonita, que cristaliza de una manera del todo diferente del espato calizo, aun cuando la química encuentre los mismos principios en uno que

(1) *Essai sur quelques phénomènes relatifs à la cristallisation des sels; Journ. de Phys.*, tom. xxviii, pág. 341.

en otro, á pesar del esmero con que Vauguelin, y mas recientemente aun los Sres. Biot y The-  
nard, han procedido á su comparacion analítica y á la de su fuerza refractiva.

Quizá se resuelve esta dificultad ó por el descubrimiento de algun nuevo principio químico ó porque se advertirá que han influido en la cristalización circunstancias pasajeras, así como las hay que influyen en las combinaciones, segun diremos luego insiguiendo á Berthdlet, ó por último, porque el paralelepípedo romboideo considerado hasta ahora como la molécula primitiva del espato, debe estar subdividido en moléculas de otra forma. Efectivamente, cuando se encuentran nuevas junturas en un cristal, es fuerza inferir que sus moléculas tienen otra forma, y que estas pueden constituir núcleos ó formas primitivas que no habian sido calculadas.

Estas dificultades nacen de la imperfeccion momentánea de la observacion, pero en nada afectan los principios fundamentales de la ciencia.

#### *Teoría de las afinidades.*

Las combinaciones de las diversas sustancias y sus separaciones, ó lo que se llama el *juego de las afinidades*, son otro efecto de la atraccion molecular mucho mas variado y hasta el pre-

sente mucho mas oscuro que la cristalización, aunque su estudio ó investigación principió mucho antes.

No hace muchos años que de este efecto se concibieran ideas sumamente sencillas. Dos sustancias diferentes, disueltas y mezcladas, se unen formando un compuesto binario, pero homogéneo, que manifiesta calidades diferentes de las sustancias que lo componen: he aquí lo que se llamaba *afinidad*. Si una tercera sustancia puesta en aquella disolución se apodera de una de las dos primeras, y deja precipitar la otra, depende, decian, de que tiene con la primera mas afinidad que con la segunda.

Ensayando de este modo todas las sustancias con respecto á una sola, colocáronlas por el orden de su mayor ó menor afinidad con aquella; y tal era la tabla de las afinidades. Cada sustancia escoge entre un crecido número aquella con la cual tiene mayor afinidad, y la atrae con preferencia: de aquí el nombre de *afinidades electivas*. No se puede destruir una combinación binaria sino por medio de una sustancia que tenga con uno de sus dos elementos una afinidad mayor de la que estos tienen entre sí; pero si esta afinidad es sobrado débil para el primero, se la puede auxiliar dando á la sustancia descomponente una cuarta sustancia que obra sobre la se-

gunda del primer compuesto. Entonces cada uno de los dos compuestos binarios es atraído en cierto modo en dos sentidos; descompónense á la vez para formar dos compuestos nuevos, ó en otros términos, truecan sus bases; lo cual se conoce cuando uno de los dos compuestos nuevos se precipita ó se exhala en vapor: he aquí lo que se llamaba *afinidades dobles*. Podia haberlas triples, etc.

Estas ideas, tan vagamente enunciadas, no podian sustraerse por mucho tiempo á la vista de los antiguos químicos, pues resultan mas ó menos inmediatamente de todos los fenómenos de la química, y dan de estos casi una solución general.

El francés Geoffroy (1) fue el primero que imaginó reducir las afinidades á tablas; y esta feliz idea, ilustrada y desarrollada por Senac y por Macquer, se constituyó el principio fundamental de todas las tareas de los químicos.

Bergman, entre otros, por medio de asiduas investigaciones guiadas por su escelso número, formó de las afinidades un cuerpo de doctrina que desembrollaba al parecer, y aclaraba la marcha de los fenómenos mas complicados.

(1) *Memorias de la Academia de Ciencias para el año de 1718.*

Omitía sin embargo una multitud de consideraciones importantes; admitíanse al menos tácitamente, muchas suposiciones evidentemente erróneas, y confundíanse bajo un nombre mismo varios efectos muy diferentes. Así que, aun cuando se conociese el influjo del calor y de algunas otras circunstancias externas para alterar el orden de las afinidades, no se había hecho de él aplicacion general ni á este mismo orden ni á la proporcion de los elementos de cada combinacion; considerábanse estas casi como constantes; en las descomposiciones por afinidad sencilla se suponía que la sustancia que se hacia intervenir se apoderaba enteramente del elemento que atraía, para dejar el otro completamente libre; por último, en las descomposiciones por afinidades dobles, se creía poder determinar siempre la formacion de los dos nuevos compuestos, y su separacion por un cálculo rigurosamente apreciable de las afinidades tomadas de dos en dos.

Contra esta doctrina sobrado absoluta declamó Berthollet en muchas memorias, y en su grande obra de *Estática química*, en la cual impuso en algun modo leyes enteramente nuevas á las afinidades, creándoles una verdadera teoría (1).

(1) *Essai de Statique chimique*, por C. L. Berthollet; Paris, 1803, 2 vol. en 8°.

Empezó por demostrar que los precipitados no suministran mas que indicios muy equívocos de la superioridad de afinidad, y no dependen tanto en el caso de las afinidades sencillas, como en el de las afinidades dobles, mas que de la menor disolubilidad de una de las combinaciones definitivas. Esta observacion indujo á Berthollet á examinar la fuerza por la cual las moléculas de los sólidos se mantienen adheridas y resisten á su disolucion. La *afinidad de cohesion* es la que une las moléculas de igual naturaleza y la que opera la cristalización: lejos de ser idéntica á la *afinidad de combinacion*, que tiende á formar un compuesto homogéneo de las moléculas de naturaleza diferente, se opone á su accion y la contrabalancea; parece que obra solamente por el contacto de las moléculas y que depende de sus superficies y de su figura; al paso que la afinidad de combinacion, ejerciéndose á alguna distancia, deja menos influjo á aquellas modificaciones para concederlo con preferencia á la masa. Así es, que segun la ingeniosa comparacion de Mr. de Laplace, en los fenómenos astronómicos, los cuerpos muy separados no obran uno sobre otro sino por su masa, que se puede considerar como reducida á un punto, mientras que es necesario atender á la figura en las atracciones de los cuerpos mas aproximados.

Pasando en seguida al exámen de la misma afinidad de combinacion, que no se ejerce segun es bien sabido, sino entre sustancias disueltas ó á lo menos muy mezcladas, Berthollet ha visto en esta propiedad de obrar á distancias el origen de un sinnúmero de variaciones en su fuerza.

Así pues, influye en las afinidades la cantidad relativa de una sustancia que no varia la cohesion. Las moléculas parece se ayudan mutuamente; y tal materia que no obraria sobre otra, si no le fuese presentada mas que en cierta cantidad, ejerce su accion cuando se le presenta en mayor abundancia. La cantidad influye sobre la potencia de descomponer así como sobre la de disolver.

Todo lo que puede separar ó reunir las moléculas puede cambiar las afinidades de combinacion: de aquí el influjo del calor, de la presion, del choque, de la tendencia á la elasticidad ó á la aflorescencia para verificar uniones ó separaciones.

Serian pues necesarias tantas tablas diferentes de afinidad cuantos son los cambios que pueden verificarse en aquellas diversas circunstancias; y quizá no hay variacion imaginable en las afinidades, que no pudiésemos conseguir, si fuésemos dueños de variar á nuestro antojo dichas circunstancias accesorias. Cada sustancia podria

ser susceptible de combinarse con otra cualquiera en una multitud de proporciones diferentes. Berthollet, por ejemplo, ha logrado saturar completamente los álcalis de ácido carbónico valiéndose de la presion.

Casi nunca hay tampoco separacion absoluta en las descomposiciones cuando resultan del contacto de una tercera sustancia, pero verificase ordinariamente la separacion de una de las tres de las otras dos, segun la fuerza de las afinidades que dan respectivamente á estas su naturaleza propia y el conjunto de las circunstancias estrañas que hemos anunciado. Así es que los precipitados son combinaciones variables que exigen un analisis particular, y de ahí es que conviene revisar la mayor parte de los analisis.

Para reemplazar bajo ciertos aspectos ese antiguo orden de las afinidades, Berthollet considera las relaciones de las sustancias entre sí bajo un nuevo punto de vista que llama *capacidad de saturacion*: entendiendo por estas palabras la cantidad que se necesita de la una á la otra para estar completamente saturada, es decir, para que sus propiedades se hallen enteramente ocultas en la combinacion. Ha reconocido con los Sres. Richter (1) y Guyton (2) que es una fuerza

(1) *Stechiometria* de Richter, sec. 1, pág. 124.

(2) *Memoria sobre las tablas de composicion de las*

constante, y que si una base necesita por ejemplo, dos veces mas de cierto ácido que otra para quedar saturada, necesitará tambien dos veces mas de cualquier otro ácido, y *vice versa*.

Así, pues, segun Berthollet, no hay afinidad electiva absoluta: la afinidad no es mas que la tendencia general de un cuerpo á unirse con otros, cuya fuerza con relacion á cada uno de estos, se mide por la cantidad que puede abrazar, y aumenta con su propia cantidad: esta fuerza seguiria obrando, cuando se mezclan tres ó muchos cuerpos, si no fuese contrabalanceada por fuerzas opuestas, como la indisolubilidad de una de las combinaciones resultantes, ó su mayor tendencia á cristalizar ó á vaporizarse, ó por último á esflorecer; estas últimas causas son las que producen las separaciones ó descomposiciones, y estas no son efectos inmediatos de la afinidad: por último, el calor y la presion son á su vez dos causas opuestas entre sí, que hacen variar en diferentes sentidos la misma afinidad igualmente que las tendencias que le son contrarias, y que por este medio influyen en los resultados definitivos.

Fácil es conocer que Berthollet no pudo re-  
*sales, etc.; Memorias del instituto, ciencias matemáticas y físicas, tom. II, pág. 326.*

montarse á ideas tan nuevas y tan generales sin fijar su atencion en un sinnúmero de fenómenos químicos, y sin hacer en estos una multitud de pequeños descubrimientos, parte de los cuales se hallará consignada en el texto de nuestra historia.

Además de su verdad intrínseca, esas ideas logran la ventaja de explicar muchos fenómenos que se sustraian á la teoría admitida; y son apreciables sobre todo por cuanto unen mas intimamente la química al grandioso sistema de las ciencias físicas, al paso que la simple consideracion de la afinidad y la exclusion dada tácitamente á las fuerzas ordinarias de la naturaleza dejaban, al parecer, la ciencia en el estado de aislamiento en que la constituyeron sus fundadores. El químico, obligado en adelante á atender á tantas circunstancias accesorias y á medir su fuerza para calcular sus efectos, no podrá dispensarse de ser fisico y geómetra. Y esta es otra garantía para la certeza de los descubrimientos futuros.

*Agentes químicos imponderables.*

Entre las circunstancias cuyas diversas intensidades provocan la variacion de las afinidades químicas, hay algunas que parecen depender

de principios de una naturaleza tan particular, que todavía no se ha decidido si son verdaderamente materiales, ó si consisten en un movimiento intestino de los cuerpos. Lo cierto es que no tenemos medio alguno de pesarlos ni de apreciar su masa; tampoco podemos contenerlos, dirigirlos ó trasportarlos enteramente á nuestro antojo; pero cada uno de ellos está sujeto en sus movimientos á leyes invariables, á las cuales es fuerza someternos cuando queremos valernos de ellos.

Quizás el número de esos agentes químicos imponderables es mayor de lo que se cree; quizás de estos que desconocemos dependerá un día la esplicacion de una multitud de fenómenos de la naturaleza, sobre todo de la naturaleza viva, que ahora no alcanzamos; pero hasta ahora no se han podido distinguir mas que tres; la luz y el calórico, conocidos desde tiempos muy remotos, y la electricidad, que hasta el siglo XVIII no quedó bien caracterizada.

El principio del imán se parece bajo muchos aspectos á los otros tres; pero todavía no se le ha reconocido accion química alguna distinta.

Ya sea la luz un simple movimiento del éter, ó un cuerpo particular, ó uno de los elementos de la materia del calor, ó ya sea por último cierto estado de esta materia, pues todas esas opiniones

han sido emitidas; las leyes de su trasmision han sido determinadas tiempo hace por los matemáticos, y solo falta hacer descubrimientos acerca de sus aplicaciones á las artes.

Pero su accion química es mucho menos conocida, aun cuando se sepa positivamente que la ejerce muy marcada no solo en los cuerpos vivos, segun diremos mas adelante, sino tambien en las sustancias muertas, y particularmente en los colores y en algunos ácidos ú óxidos metálicos, á cuya desoxidacion contribuye. Desprende tambien el ácido muriático del muriato de plata.

La naturaleza del vínculo que une la luz y el calor en los rayos solares ha sido objeto de grandes disputas y de largas investigaciones.

Herschel notó que los diferentes rayos no dan la misma claridad ni el mismo calor, y que estas dos acciones no siguen el mismo orden. Los del medio del espectro iluminan mas; pero su fuerza calefaciente va aumentando del violado al rojo. Este célebre astrónomo asegura tambien que se produce todavía un calor mas intenso mas allá del rojo y pasados los límites del espectro.

Por otra parte los Sres. Ritter, Bœchmann, y Wollaston suponen que hay una tercera especie de rayos á los cuales pertenece la propiedad de desoxigenar, y que siguen un orden inverso, aumentando en fuerza por la parte del violado y

estendiéndose mas allá y fuera del espectro como los rayos calefactantes del lado opuesto. Pero estos esperimentos han sido contestados por hábiles físicos.

Por último, muchos hombres de mérito creen que los rayos solares no producen el calor sino por algun influjo químico que ejercen al atravesar la admósfera; suponiendo que sin esta hipótesis no podria explicarse el frio estremado de las altas montañas.

En cuanto al calor en sí, fue estudiado desde muy al principio, respecto de que su poder de cambiar las afinidades de las sustancias entre sí, así como el de dilatar todos los cuerpos y separar sus moléculas, son los medios mas activos de que echa mano la naturaleza para mantener en la superficie de nuestro globo el movimiento y la vida.

Verdad es que todas las tareas que se han dedicado al calórico no han establecido, aun de un modo mas demostrativo que para la luz, su calidad de material; pero han dado á conocer en estos últimos tiempos, relativamente á sus diversos manantiales, á las leyes de su propagacion, á las diferentes modificaciones que provoca en los cuerpos, y á las que él mismo experimenta, una multitud de hechos de primera importancia que constituyen una ciencia por decirlo así enteramente nueva, y de la cual apenas concebieran

la menor idea los físicos de la primera mitad del siglo XVIII.

Acabamos de hablar de su foco principal, ó sea de los rayos del sol; en otra parte trataremos de la combustion y de las diversas descomposiciones químicas que producen. Réstanos pues tan solo recordar aquí su origen por la frotacion.

El conde de Rumford ha demostrado que el frote es un manantial inagotable de calor; y sus esperimentos sobre el particular son las pruebas mas poderosas que pueden alegarse en favor de la opinion que considera el calor como un movimiento vibratil de las moléculas de los cuerpos (1).

La propiedad mas aparente del calor una vez manifestado, consiste en distribuirse entre los cuerpos hasta que ejercen todos una accion igual sobre el termómetro: esto es lo que se llama *propagacion del calórico libre*. Tomada así en general, es conocida desde los tiempos mas remotos; pero examinando de cerca su direccion y su mayor ó menor facilidad de trasmision, se han descubierto leyes especiales sumamente interesantes.

Mariotte habia indicado desde mucho tiempo

(1) *Essais politiques, économiques, et philosophiques*; Ginebra, 1799, 2 vol. en 8°.