

ejemplos únicos

64

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. SANTIAGO BONILLA MIRAT

el día 12 de Junio de 1898.



MADRID

IMPRENTA DE L. AGUADO

Calle de Pontejos, 8.

1898

DISCURSO

DEL

SR. D. SANTIAGO BONILLA MIRAT

TEMA:

Anatomía y Fisiología de la Molécula química.

Señores Académicos:

Mi situación moral en este momento puede sintetizarse en estas tres palabras: *placer, temor, dolor*.

La señalada distinción que me habéis otorgado al elegirme para ocupar un puesto en esta docta Corporación, de la que forman parte hombres de ciencia cuya reputación rebasa las fronteras de España, y quizá más estimados en el extranjero que en nuestro país, no puede menos de haberme producido una satisfacción grande, un placer inmenso. Fué éste en verdad poco duradero, muy efímero, porque inmediatamente me asaltó el temor de que mi insignificancia científica me impedirá desempeñar este cargo con la inteligencia con que todos vosotros le desempeñáis, dando con frecuencia gallardas muestras de vuestra gran ilustración. Contribuyen á aminorar mi temor dos consideraciones: la buena voluntad de que vengo animado, con la que procuraré llenar mi cometido de modo que no tengáis que decir algún día que padecisteis una lamentable equivocación al elegirme; y la de que los valles profundos contribuyen á que aparezcan más altas las montañas que les rodean: mi insignificancia, mi pequeñez científica, contribuirá de la misma manera á que destaque más vuestra altura en las ciencias.

Pero si el temor que me domina no fuera bastante para atenuar aquel placer, le nubla por completo la circunstancia de venir á reemplazar en esta Corporación á una de las personas que más he respetado y querido, á mi sabio maestro D. Manuel Sáenz Díez, á cuyo lado transcurrieron los mejores años de mi vida, primero como discípulo, después como ayudante, y por último como compañero en el Profesorado de la Facultad de Ciencias. Por eso encontraréis muy natural que dedique á la memoria de químico tan eminente algunas líneas, en las que se aunarán el cumplimiento del deber reglamentario ó de la costumbre de hacer el elogio del Académico cuya vacante se viene á ocupar, con la gratitud que siento por el que tanto contribuyó á desarrollar mis aficiones á la Ciencia química, procuró enseñarme mucho de su parte teórica y de la experimental, y me distinguió siempre con su amistad. Poco me queda que decir, sin embargo, después de la bien escrita y detallada biografía del Dr. Sáenz Díez, publicada por su amigo íntimo el Sr. D. José Ramón de Luanco (1), actual Catedrático de Química general y Decano de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Barcelona, y de la noticia biográfico-necrológica incluida en el *Anuario* de esta Academia, correspondiente al año 1894, escrita por el Ilmo. Sr. D. Miguel Merino, Secretario de esta Corporación, con la galanura de estilo que le distingue. Estos dos trabajos me ahorran la exposición detallada que sin ellos os hubiera hecho, dentro de los límites de este discurso, de los rasgos más salientes de la figura científica de mi ilustre maestro: pecaría, sin embargo, de desatención si no recordase algunos de ellos, y

(1) Biografía del Dr. D. Manuel Sáenz Díez y Pinillos, Catedrático de Química orgánica en la Universidad de Madrid, con la Noticia de sus trabajos y de sus escritos, leída en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona por el Académico de número D. José Ramón de Luanco.—Barcelona, 1894.

si no añadiese alguna línea más á los cuadros tan bien trazados por los Sres. Luanco y Merino.

Eran los rasgos más salientes de D. Manuel Sáenz Díez una inteligencia clarísima, una actividad y amor al trabajo excepcionales, y una modestia que superaba á aquellas otras dos cualidades. En los años que tuve la fortuna de pasar á su lado muchas horas en el laboratorio y de tratarle en el seno de su familia, no recuerdo haberle oído ni una sola palabra que pudiera traducirse como expresión de que tuviese idea de su gran valer científico: recuerdo, en cambio, una frase feliz del Dr. D. Ramón Torres Muñoz y Luna, amigo y compañero cariñoso de Sáenz Díez, frase nacida del entusiasmo que le producían los grandes conocimientos y la modestia de éste, que voy á reproducir. Ocupábase Sáenz Díez en un trabajo de laboratorio, y nos exponía á los ayudantes y alumnos que le rodeábamos algunas consideraciones de gran transcendencia acerca de aquél, y lo hacía con sencillez y sin darles gran valor, cual si se tratase de algún detalle insignificante, cuando, entusiasmado el Dr. Torres Muñoz, que le escuchaba, exclamó, son sus propias palabras: “Manuel, si yo supiera la décima parte de Química que tú sabes, no habría químico más renombrado en toda Europa,”: frase que retrata de cuerpo entero á las dos personas que en ella figuran.

Una de las cualidades que admirábamos los discípulos de Sáenz Díez era la facilidad con que ideaba un aparato para realizar alguna operación ó algún experimento, echando mano de los muy escasos elementos de que disponía en aquel humildísimo laboratorio que la Facultad de Ciencias tenía instalado en el edificio del Instituto de San Isidro. El aparato, cierto, resultaba muchas veces, como no podía menos de suceder, muy poco conforme con las reglas de la estética, por lo cual el Dr. Luanco solía calificarle de una manera muy gráfica, pero llenaba su objeto; el experimento

se realizaba; y todos admirábamos la iniciativa de nuestro maestro, que, si hubiera dispuesto de los medios de que disponen los químicos extranjeros, seguramente habría perfeccionado sus inventos, que utilizaríamos los que trabajamos en los laboratorios. Y en este sentido le debemos sus discípulos el inmenso favor de habernos enseñado á trabajar á lo pobre, porque sin ello habríamos tenido que permanecer inactivos, esperando que el Estado mejorase las condiciones del material de nuestros gabinetes de Química: á esto obedecían muchas de las modificaciones introducidas por Sáenz Díez en los procedimientos de laboratorio, que procuraba realizar con la mayor economía posible. Buen ejemplo de ello es la sustitución que hizo de los tubos de vidrio por otros de hierro en los bastantes cientos de combustiones orgánicas que tuvo que practicar para escribir su notabilísima Memoria sobre el *equivalente nutricional* de los alimentos de la provincia de Valencia, premiada por esta Real Academia en el concurso abierto para el año de 1873.

He conocido pocos Profesores de aptitudes pedagógicas tan sobresalientes como las que poseía Sáenz Díez. En la cátedra lograba fijar tanto la atención de los alumnos, que, á pesar de carecer de dotes oratorias, y de ser su estilo más bien monótono que brillante, se escuchaban sus explicaciones con interés creciente, porque de todas ellas se sacaban conocimientos que se grababan profundamente en la inteligencia de aquéllos. Y aún eran más instructivas sus lecciones en el laboratorio, porque sabía comunicar á sus discípulos una especie de devoción por los trabajos experimentales, no apartándose de su lado nunca, y guiándoles en las operaciones que les había encomendado, las que ordenaba, no al capricho, sino con profundo sentido práctico, con ilación admirable, haciendo muy agradable para el alumno las horas que dedicaba á ellas. Hasta en sus trabajos particulares utilizaba todos aquellos detalles que podían servir de ense-

ñanza, disponiendo que los presenciasen los discípulos, y algunas veces que los repitiesen. Servíale también su carácter burlón como medio pedagógico; pues el temor á sus chanzonetas, siempre fundadas y que encerraban gran fondo de enseñanza, contribuía á que el alumno trabajase con más cuidado para no ser blanco risible de las mismas. Tenía un gran tino para guiarles de modo que no abandonasen el camino experimental en Química, lanzándose por los espacios imaginarios en materia de hipótesis, á las que no concedía la importancia exagerada que algunos las dan; por lo cual procuraba evitar que las imaginaciones juveniles, que tan fácilmente se dejan deslumbrar por ciertas lucubraciones, diesen á éstas más valor del que realmente tienen; y como había residido y trabajado en los laboratorios de Alemania y Francia, y tratado allí á los químicos más eminentes de aquella época, y seguía paso á paso los progresos de la Ciencia, conocía perfectamente la génesis de esas lucubraciones, y, con la clarividencia que le caracterizaba, al primer golpe de vista advertía lo que en ellas había de real, de positivo, y lo que no era más que ficticio, exageración de sus autores.

Y á fuer de imparcial debo señalar un defecto de mi ilustre antecesor (¡qué hombre carece de ellos!): era Sáenz Díez algún tanto escéptico en materia de hipótesis científicas, defecto nacido sin duda de su cualidad de experimentador hábil, que le conducía á prestar poca fe á todo aquello que no fuera fruto de la experiencia. Recuerdo que, siendo ayudante de su Cátedra de Química orgánica, y correspondiéndole explicar una serie bastante extensa de hidrocarburos, cuyas fórmulas le había yo escrito en el encerado de la clase, me decía: “¿Ve usted esa larga serie de cuerpos?... Pues de ellos no hay más que dos que sean verdad, que se hayan aislado,„. Algo de este escepticismo comunicó á sus discípulos, porque ejercía sobre ellos tal ascendiente, se grababan

de tal manera sus enseñanzas, que llegó á imprimirles cierto sello; y si la ritualidad de nuestras disposiciones legales en materia de enseñanza, tantas veces barrenada para fines particulares, hubiese consentido la continuación del Doctor Luanco en la Cátedra de Química inorgánica de la Facultad de Ciencias de Madrid, que desempeñó interinamente desde 1862 á 1865, seguramente habrían llegado á formar escuela de carácter eminentemente experimental, á lo que hubiera contribuído no poco la circunstancia de haber sido *nombrado para desempeñar la Cátedra de Análisis Química* de dicha Facultad el ilustre profesor Sr. D. Magín Bonet.

La importante y transcendental labor de Sáenz Díez la demuestran sus notables Memorias sobre la *Influencia de los Fosfatos en la Vegetación*, y la ya mencionada acerca del *Estudio de los alimentos de la provincia de Valencia*, premiadas ambas con medalla de oro en los concursos abiertos por esta Academia para los años de 1863 y 1873 respectivamente. Cualquiera de estos dos trabajos hubiera bastado para formar la reputación de Químico eminente al que los llevase á cabo con la pericia, laboriosidad y sentido profundamente científico con que los realizó Sáenz Díez; y, si á ellos se agregan los que efectuó acerca de la acción oxidante del ozono, ampliando los de Sophonius, que exigían una habilidad grande, que pude apreciar bien de cerca porque tuve la honra de auxiliarle en ellos, así como en algunos de los anteriores y siguientes; las notables y numerosas investigaciones que practicó para escribir la *Historia y Juicio crítico de la Diálisis, considerada como procedimiento analítico*, trabajo premiado por la Academia Médico-Quirúrgica Matritense; las análisis cualitativas y cuantitativas de más de cincuenta aguas minero-medicinales y de algunas potables, y las de varias clases de vinos del Rhin, practicadas en Alemania durante su estancia en Giessen como alumno pensionado por el Gobierno español (plaza que ganó

por oposición), y que fueron publicadas en los *Anales de Enología* de Blum Kenhorn en 1870, llamando la atención de los hombres de ciencia de aquella nación tan docta, resultará la figura de Sáenz Díez una de las más elevadas de nuestro siglo en España, y á los nombres ilustres de los Gutiérrez Bueno, Carbonell, del Río, Elhuyar, Aréjula, San Cristóbal, Garriga, Casaseca, Masarnau, Camps, Rioz, Casares, Reinoso, Bonet, y Calderón, habrá que agregar el suyo en esta galería de Químicos españoles ilustres, y ponerle como ejemplo de la gran transcendencia que tuvo el feliz acuerdo de enviar al Extranjero jóvenes que, con conocimientos y laboriosidad suficientes, demostrados en ejercicios de oposición, viniesen á impulsar en nuestro país los progresos de las ciencias experimentales, creando un núcleo de profesores, de maestros, que consiguieron mejorar la poco halagüeña situación de nuestra patria en esta clase de estudios. Para conseguir tan satisfactorio resultado no creo yo, en efecto, suficientes los esfuerzos particulares y muy laudables de algunos hombres de ciencia, cuyos medios de fortuna, escasos por lo general, no les permiten residir en los laboratorios extranjeros el tiempo necesario; ni mucho menos me parece que le basta á nadie una visita de *turista* á aquellos laboratorios, y haber saludado á sus jefes y ayudantes, para regresar á su patria, convertido en químico eminente.

Desde el momento que llegó á mi noticia que había sido elegido para ocupar en esta Academia la vacante de mi maestro, comenzó á preocuparme profundamente la elección del asunto que había de tratar en este discurso. Mi propósito primero fué traer, como débil muestra de agradecimiento, para ofrecérselo en este acto solemne, un trabajo experimental propio que, si no podía ser el descubrimiento de algún nuevo elemento, de algún *Hispanio*, digno de figu-

rar al lado de el del *Galio* de Mr. Lecoq de Boisbaudran, ó del *Germanio* de Winkler, fuese por lo menos un diminuto grano de arena que, aglomerado con otros, merced á la energíá intelectual, puesta en acción por el cerebro de algún genio potente, viniera á formar parte del grandioso edificio de la Ciencia; pero á ello se han opuesto dos dificultades muy poderosas, de las cuales callaré una por prudencia, y os manifestaré ingenuamente la otra: la escasez de mis conocimientos teóricos y prácticos.

Por esto hube de reducir en gran manera mis aspiraciones, y limitarme á la mera exposición de algunas consideraciones sobre lo que, sin forzar demasiado el sentido y alcance de las palabras, podríamos llamar la *Anatomía y Fisiología de la Molécula química*.

Pero, antes de entrar en materia, considérome obligado á manifestar cuál es mi propósito en el desenvolvimiento de este tema. Posible es que, al leerle, alguien se figure que trato de romper una lanza en favor de ciertas tendencias que aspiran á implantar en la Filosofía Natural puntos de vista que discrepan grandemente de los que en ella han dominado hasta ahora; y aunque, en materia de progreso científico, mi adhesión y entusiasmo no tienen límites, no han logrado convencerme las lucubraciones de ciertos pensadores que, fundándose en algunas investigaciones de las Ciencias Físicas y Biológicas, llegan á admitir la vida en los seres inorgánicos, y que, siguiendo por ese camino, es posible lleguen hasta suponerles dotados de inteligencia. Mis propósitos son más modestos: se reducen á demostrar que el estudio de los organismos vegetales y animales, ya se comience en los seres más complicados y termine en el del protoplasma, ó, si se quiere, en los albuminoides, ó viceversa, debe continuarse á partir de éstos, cuyas moléculas son las más complicadas de las que estudia la Química, para llegar por grados insensibles hasta el átomo, sustitui-

yendo ese *non plus ultra*, colocado en aquel límite, por un *plus ultra* que demuestre debe continuar la serie que tiene por extremos el ser orgánico entero y el átomo respectivamente, y con ello poner de manifiesto que ese orden admirable que observamos en las obras del Autor de todo lo creado existe también en esas diminutas porciones de la materia que llamamos moléculas, producto á su vez de la unión de otras aun más pequeñas, los átomos, pero unión hecha con un orden admirable, no al azar y sin leyes que la regulen.

La forma en que he redactado el tema de este discurso es además expresión de un hecho que todos conocéis, cual es las ventajas que se obtienen de aplicar á una ciencia los procedimientos empleados por otras. Á esto se debe el que hayan avanzado tanto en estos últimos tiempos algunas de las llamadas sociales, por haber aplicado á ellas los métodos de investigación de las ciencias matemáticas, físicas y biológicas. Y como yo me honro con el grado de Licenciado en Medicina y Cirugía, y he podido apreciar, si bien no profundizar todo lo que hubiera deseado, los procedimientos empleados por algunas ciencias comprendidas en aquella Facultad, procuré, desde que la seguí, establecer relaciones de procedimientos entre aquéllas y la Química; y esto es lo que me ha sugerido la redacción del tema en la forma expuesta, y me animará con frecuencia, como podréis observar, á buscar en la Anatomía y Fisiología de los seres orgánicos, aun á riesgo de exagerar el concepto antropomórfico de los fenómenos químicos, curiosas analogías en que apoyar cuanto sobre estos mismos fenómenos aspiro á manifestaros.

Fijando la atención sobre cualquiera de los muchos cuerpos que estudia la Química, nos encontramos con que hay que considerar en él dos cosas diferentes: la materia y la

energía. Admito como indudables una y otra: como que no han conseguido convencerme las razones de los archidinamistas en pro de la no existencia de la materia, ni las disquisiciones de algunos filósofos acerca de este punto; y no me han convencido, entre otros motivos, porque creo no tiene toda la autoridad necesaria para legislar sobre estos asuntos de Filosofía natural quien no poseé bien los dos términos del problema: lo que á algunos les sobra de filósofos les falta de físicos y químicos; y otros, conocedores más ó menos profundos de las ciencias físicas y naturales, suelen divagar mucho respecto á principios filosóficos. Ahora bien: intentar averiguar qué es la materia, ese *abstractum*, asiento, digámoslo así, de todos los fenómenos observables, es plantear un problema de solución tan difícil como los que se refieren al origen y esencia de las cosas.

Al lado de la existencia de la materia y de la energía, y como base fundamental en que estriba el edificio de la Ciencia química, es preciso citar en seguida los principios de la conservación de una y otra á través de las acciones químicas más complicadas: la balanza y el calorímetro, con su muda elocuencia, se encargan de demostrarlo en todos los casos. Aquellos dos principios marcan perfectamente el límite entre el hombre y el Supremo Hacedor de todo lo existente: creó éste la materia de la nada, y la dotó de una energía inicial; y le es imposible al hombre aniquilar esa materia y esa energía, como le es imposible crear una y otra. Puede, sí, transformarlas por los muchos medios de que dispone: transformaciones que, sin los testimonios de los dos aparatos mencionados, parecerían verdaderas creaciones, verdaderos anulamientos de materia ó de energía, como lo demuestra hasta el lenguaje corriente de los laboratorios, donde es muy frecuente decir: "se destruye la materia orgánica". Si el químico y el físico pudiesen crear ó destruir materia ó energía, tendrían uno de los atributos de la Divinidad.

Algún químico y pensador profundo ha formulado la hipótesis de la posible transformación de la materia en energía y de ésta en aquélla, hipótesis que no ha tenido hasta ahora, que yo sepa, confirmación experimental que la dé carácter de verosimilitud: de confirmarse, vendría á ser el lazo de unión entre los archimaterialistas, que no ven en las moléculas químicas más que la masa que las forma, y los archidinamistas, que no ven en ellas sino centros ó focos de energía.

Partiendo de estas premisas, en toda molécula química hay que considerar dos cosas: la materia y la energía, inseparables una de otra, y que sólo por abstracción cabe considerar y estudiar aisladamente. Respecto á la primera, pueden hacerse estas dos consideraciones: ó es un todo continuo, como suponían algunos filósofos de la antigua Grecia, ó está formada de partes. Admitiendo el primer concepto, serían inexplicables muchos hechos que tienen lugar durante el proceso de todos ó casi todos los fenómenos químicos: admitiendo el segundo, se explican con gran sencillez aquéllos. De cuáles sean esas partes y cómo intervienen en las acciones químicas, me ocuparé más adelante.

Pero esas partes de la materia que constituye una molécula química no están reunidas en ella sin orden ni concierto, porque el *omnia in natura pondere et numero dispositi* no se refiere sólo á esas masas más ó menos grandes que llamamos cuerpos; sino á las de extraordinaria pequeñez, cuya reunión constituye aquellos cuerpos; y el orden y la disposición en que están colocadas responde á la misión que les está encomendada dentro de la asociación llamada molécula: verdadero organismo, como decía Gerhardt, que desempeña un papel que recuerda el que en los organismos vegetales y animales desempeñan las diferentes partes que los constituyen; y si el estudio de estas partes y de las relaciones que entre sí guardan, en una palabra, su anatomía, es de grandísimo interés, de interés muy grande tiene que

ser el de aquéllos. De aquí se deduce que uno de los conceptos bajo los cuales es preciso estudiar la molécula química es el relativo al conocimiento de la organización de su masa, es decir, su *anatomía*, expresión que marca perfectamente la dirección llamada estequiométrica, ó elementométrica, como dicen algunos, que es á la Química lo que la Anatomía es á la Medicina.

Pero la molécula no es sólo masa, sino verdadero organismo en acción; su materia está dotada de energía; y, cuando entra en conflicto con otras, ó se pone en condiciones de que su energía se transforme, aquel organismo se metamorfosea; cambia la disposición de sus partes, ordenada siempre; y pasa en muchos casos á desempeñar funciones diferentes: pudiendo compararse el estudio de esas transformaciones en el funcionamiento, en la vida molecular, digámoslo así, con las salvedades necesarias, al estudio de las funciones de los organismos vegetales y animales, y constituir lo que podría llamarse *fisiología* de la molécula, marcándose con ello esa otra dirección llamada cinética ó dinámica, que es como la fisiología del compuesto químico, la cual considera á la molécula como un sistema ya construído sobre el que actúan las diversas formas de la energía, tratando de indagar cuáles son las causas de la acción química y sus relaciones con otros procesos naturales. Y, aquilatando más en este sentido el estudio de la molécula, no sería difícil encontrar en algunos casos algo comparable á verdaderos *fenómenos patológicos*; y algo también, anómalo y sorprendente, sin demasiada violencia calificable de *monstruosidades moleculares*.

I

De la misma manera que los tejidos orgánicos se estudiaron y conocieron primero *in grosso*, macroscópicamente, hasta que, descubierto y perfeccionado el microscopio, pudieron estudiarse microscópicamente y conocer su organización íntima, su constitución celular, asimismo se han estudiado las moléculas químicas en conjunto, macroscópicamente, formando asociaciones, llamadas cuerpos. Pero este conocimiento no podía satisfacer á los químicos, los cuales, como en su esfera de acción los anatómicos, aspiraron á conocer la textura íntima de los cuerpos, la asociación bien definida en ellos de las moléculas, la disposición de lo que pudiéramos llamar tejidos moleculares, y condición en éstos de las células componentes. Pero, desgraciadamente, para constituir esa que puede llamarse *histología molecular*, no cuentan los químicos con poderosos medios amplificantes que les permitan ver las entrañas, valga la frase, de los cuerpos, y por lo tanto de sus moléculas, ya que nuestro sentido de la vista es de tan limitado alcance para estas y aquellas observaciones. La deficiencia de dicho sentido, no suplida, ni con mucho, por los poderosos medios amplificantes de que hoy disponemos, no puede vislumbrar ni aun los límites de esos senos tan recónditos, y ha tenido que suplirse con esfuerzos grandes de imaginación, formulando hipótesis ingeniosas, que, si algunas son pura fantasía de aquella loca de la casa, lucubraciones de cerebros mejor organizados para poetizar que para sujetarse á las estrechas reglas de las ciencias de observación y experimentación, otras se han fundamentado en éstas; y si han llegado á desaparecer por haberse perfeccionado los medios de ob-

servar y experimentar, han dejado alguna huella en la historia de la Ciencia, mientras que aquellas otras desaparecieron por completo, cual fuego fatuo, sin marcar ninguna estela luminosa.

Son las hipótesis instrumentos tan poderosos, que su alcance puede juzgarse por los gigantescos pasos que, obedeciendo á su impulso, ha dado la Ciencia en la centuria transcurrida desde Lavoisier á nuestros días; iluminan en algunas ocasiones con luz intensa las sinuosidades de la intrincada constitución molecular, siendo confirmadas muchas de ellas por los hechos; y guiándose por la analogía, que es en Química fuente fecunda de conocimientos, han podido idearse los planos de gran número de edificios moleculares, imaginándose la disposición y relaciones que entre sí guardan las diversas partes de esos edificios, de tal modo que se les llega á construir á voluntad, echando mano de los principios de la síntesis orgánica, formulados por Berthelot: del gran arquitecto de la Química orgánica, más afortunado como químico que como político, puesto que como tal su nombre no pasará á la historia, mientras que en el concepto científico tiene conquistada la inmortalidad, mereciendo figurar su nombre al lado de los de Lavoisier, Berthollet, Berzelius, Gerhardt, y otros astros de primera magnitud en la Química.

Llega hoy el químico á presumir la estructura interna de muchas moléculas, y los datos en que se funda le permiten trazar esos planos moleculares, algunos bastante complicados, que llenan las páginas de casi todas las publicaciones modernas de esta ciencia, y en los que aparecen desentrañados los senos moleculares más recónditos. Aun más: con la feliz concepción de Van't Hoff de representar las moléculas en el espacio, se ha llegado, no sólo á imaginar la disposición de aquéllas en las tres dimensiones que tiene todo cuerpo, sino que se explican satisfactoriamente una porción de

caracteres, y hasta se han podido prever éstos en cuerpos cuya constitución estereoquímica se ha conocido por su analogía con otros.

Dos caminos pueden seguirse para estudiar la anatomía molecular: partir del átomo, estudiando sus caracteres individuales, pasando en seguida á la importantísima cuestión de su enlace ó encadenamiento, de su colocación ordenada, que, una vez conocida, puede conducir á vislumbrar la estructura molecular; ó bien seguir el inverso, es decir, comenzar por el estudio de aquélla, pasando al de las partes en que se fracciona cuando se somete la molécula á acciones suficientemente poderosas para romperla en otras más sencillas, y, por último, estudiar el fraccionamiento de éstas en partes ya indivisibles, en los llamados átomos. Cualquiera de los dos caminos que se siga hará recorrer las mismas etapas. Elegiré el primero, que me permitirá sentar más pronto algunas premisas interesantes relativas á esa última división de la materia, que han de servir de puntos de referencia para razonamientos ulteriores.

La primera cuestión que surge es la relativa á la existencia de los átomos, punto aun más debatido que el de la existencia de la materia, desde época antiquísima, muy anterior al principio de nuestra Era. No he de entrar á exponer detalladamente las diversas opiniones que acerca de este punto sustentaron el gran número de filósofos y naturalistas que de ello se han ocupado, porque daría una extensión grande á este trabajo, puesto que habría de exponer, si quiera fuese rápidamente, las opiniones de Leucipo, que consideró la materia cual si fuera una esponja cuyos granos aislados, infinitamente pequeños y de formas diferentes, nadaban en el vacío, y que, variando en orden y disposición, originaban cuerpos diferentes: idea que contiene en germen el concepto de la *isomería*, de tanta importancia en la ac-

tualidad. Las de Demócrito, partidario también de la materia discontinua y de su divisibilidad finita: el primero que dió el nombre de *átomos* á las partículas, límite de aquella divisibilidad, cuyas cualidades esenciales eran la figura y la extensión, á las que Epicuro agregó la del peso. Las de Lucrecio, que admitía formas diferentes para los átomos en los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, estando erizados los de los primeros de puntas encorvadas á manera de ganchos que les permitían *encadenarse* unos con otros: concepto en el que se vislumbra el fundamento de las ideas de Lemery acerca de la combinación de los ácidos con los álcalis. La célebre discusión entre Renato Cartesius y Gassendi, en el siglo XII de nuestra Era, sosteniendo el primero que la materia es divisible hasta lo infinito, y admitiendo el segundo los átomos indivisibles, aislados unos de otros y el vacío entre ellos. Las opiniones de Boyle, que admitía formas diferentes para los átomos, que influyen en la estabilidad ó inestabilidad de las combinaciones. Las célebres *mónadas* de Leibnitz, especie de átomos metafísicos, que tanto preocuparon en Alemania cuando el filósofo Wolf las puso tan en moda, que eran el objeto de las discusiones y hasta de las conversaciones de toda la gente. Y las concepciones originales del sueco Swedenborg (1734), poeta primero, metalurgista después, y, por último, entregado por completo á ideas especulativas acerca de los átomos, á los que suponía de forma esférica, y susceptibles de asociarse de diversas maneras, constituyendo pequeñas masas de figuras tales como cubos, tetraedros, pirámides, etc., introduciéndose en los espacios vacíos otros, á manera de cuñas, con superficies cóncavas.

A estas concepciones metafísicas de los átomos siguieron otras fundadas en hechos experimentales de gran importancia. El primero que hizo algo en este sentido fué el inglés Higgins, quien admitió ya que las combinaciones son debi-

das á la yusta-posición de los átomos; pero el que explanó este concepto, fundando la hipótesis atómica moderna, fué su compatriota John Dalton, Profesor en Manchester, como consecuencia de su trabajo sobre el gas de los pantanos y el oleificante, y sobre los compuestos oxigenados de carbono. Admitía Dalton que la materia está formada por átomos con extensión real y peso constante; que son de la misma especie los de los cuerpos simples; y que los compuestos se forman por la yusta-posición de átomos de especie diferente. Con esta hipótesis explicó, no sólo la ley de las proporciones múltiples formulada por él, sino también la de las proporciones definidas.

La hipótesis atómica de Dalton permitió explicar gran número de hechos obtenidos por la observación y experimentación, separándose cuanto era posible del carácter puramente metafísico de las antiguas hipótesis, y adquiriendo tantos vuelos, que pudo elevarse muy pronto á teoría fundamental de la Ciencia química, y servir de punto de partida para las hipótesis modernas acerca de la constitución de la materia, cuya mayor importancia estriba, más que en el deseo de adelantar, en el sentido de resolver aquel problema, en el de servir de lazo de unión, de verdadero punto de conjunción de las Ciencias Físico-químicas, Naturales y Exactas, cuya tendencia á la unidad es la característica de su actual período histórico. Por eso los atomistas modernos se preocupan en llegar á conocer personalmente, permitidme la frase, esas magnitudes hipotéticas, cuya existencia tiene grandes caracteres de probabilidad, investigando sus cualidades, tales como sus dimensiones, su forma, sus movimientos, para deducir de ellas el papel que desempeñan dentro de la molécula y conocer mejor la anatomía y fisiología de ésta, cuyo conocimiento ha de conducir al de las acciones físicas y químicas que tienen lugar en los cuerpos, no sólo desde el punto de vista cualita-

tivo, sino del cuantitativo, con lo que se logrará fundar sobre bases sólidas la llamada Química matemática. Sin embargo, el problema relativo al conocimiento de la naturaleza de los átomos no se ha abordado con todo el interés que merece, pues muchos pensadores y experimentadores le han desdeñado como asunto de escasa importancia, aun cuando pueden citarse, en cambio, bastantes trabajos cuya tendencia es la de avanzar en aquel conocimiento: trabajos que hoy no pasan de la categoría de ensayos, pero ensayos serios, en los que han tomado parte físicos, químicos, naturalistas y geómetras ilustres, y que, por lo tanto, no pueden calificarse de fantasías científicas. Los nombres de Buffon, Marco Antonio Gaudin, Crookes, W. Tompson, Stoney, F. Cauchy, Clerk Maxwell, Loschmidt, Vander Waals, Helmholtz y otros varios que pudieran citarse, testifican aquel aserto.

La primera cuestión que surge al ocuparse del conocimiento de la naturaleza de los átomos, es la de si éstos son ó no heterogéneos, es decir, si existen tantas clases de materia cuantos son los elementos químicos que hoy conocemos, ó, por el contrario, si hay una sola clase de materia, siendo aquéllos nada más que modificaciones de ésta: estados de diferenciación, experimentados por una substancia primordial y única: agregados de átomos etéreos en distintas fases de condensación ó polimerización, de los que resultan sus desemejanzas y fijeza. Nos encontramos, por lo tanto, frente á frente de la hipótesis, en verdad muy seductora, de la *materia única*, que en las tendencias modernas de estas ciencias al monismo es preciso colocar al lado de la *energía única* y de las demás unidades hoy admitidas.

Bajo dos aspectos puede considerarse esta cuestión: bajo el aspecto metafísico, que indudablemente tiene, como todo aquello que se refiere á la esencia de los átomos, y por ende

á la de la materia; y bajo el aspecto experimental, cuyos resultados tienen que influir en aquel otro. Dumas, que no sólo fué experimentador habilísimo, sino también pensador profundo, sentó los jalones que debían guiar á quien lo intentase para resolver esta cuestión, ó por lo menos para no marchar á ciegas, ó guiado solamente por la imaginación, por el camino que puede conducir á resolverla.

Fracasada la hipótesis de Prout, que, de confirmarse, conducía á considerar al hidrógeno como la materia primordial y única, y á los demás elementos como grados diversos de condensación de aquél, no por eso dejó de subsistir la hipótesis de la materia única; y como la magnitud de los pesos atómicos de los elementos químicos ha de reflejar el grado mayor ó menor de condensación de aquella materia, de aquí que lo mismo Prout, que Dumas, que cuantos se han dedicado á dilucidar esta cuestión, hayan tomado como punto de partida la comparación de dichos pesos; y como los resultados de esta comparación dependen de la exactitud de los números comparados, de aquí las investigaciones prolijas y delicadas que han efectuado Berzelius, Dumas, Marignat, Stas y otros químicos, cuyo objetivo ha sido y es aproximarse cuanto es posible, dados los medios de experimentación de que han dispuesto, á los verdaderos números, expresión de aquellos pesos.

Si la materia es única, los elementos químicos irán apareciendo á medida que se vaya condensando esa materia primordial, ese protoplasma, especie de tejido embrionario del mundo inorgánico, llámesele *protilo*, ó désele cualquiera otra denominación; sus pesos atómicos crecerán con esa condensación, y sus propiedades, expresión también de ésta, guardarán íntima relación con aquéllos, hasta el punto de poderse deducir unas de otros; y consecuencia de esta hipótesis será una clasificación química muy natural, porque en ella aparecerán ordenados los cuerpos simples en series de

condensación material, complicándose sus propiedades á medida que la serie avance. Esto explicaría los éxitos de las clasificaciones que, cual la de Mendeleeff, están fundadas en la comparación de las magnitudes de los pesos atómicos y de ciertas constantes físicas con las propiedades de los elementos. Pero ¿existe ese protoplasma inorgánico, ese protilo que por grados sucesivos de transformaciones, producidas por pérdidas del calor inicial, va originando los diversos elementos, de los que el urano, que es el de mayor peso atómico hoy conocido, es la expresión de la pérdida mayor de calor? ¿Qué investigaciones podrán efectuarse en busca de él? Desgraciadamente carecemos de microscopio ú otro aparato apropiado, como le tenemos para estudiar el protoplasma de los seres orgánicos. Las observaciones espectroscópicas de Normann Lokyer sobre la desaparición del hidrógeno libre en algunas estrellas, y la aparición en éstas de los metales pesados, como indicio de un período de mayor enfriamiento, parecen estar de acuerdo con aquella opinión.

Comparando, unos con otros, los números que representan los pesos de los átomos, haciendo un estudio topográfico de ellos, se demostró la existencia de las que Doëbereiner llamó *triadas*; y pudo tras de esto investigarse si los pesos atómicos de los cuerpos simples de una misma familia natural siguen en su generación leyes análogas á las de los números que representan las masas de los radicales orgánicos de una misma serie natural, conduciendo estas investigaciones á encontrar relaciones tales entre los pesos atómicos de algunos cuerpos, cual si en el átomo de éstos existiese una parte que sirve como de núcleo, á la que se agregan otras masas á manera de incremento. Consideraciones análogas dieron origen al llamado *tornillo telúrico* de Beguyer de Chancourtois, clasificación en espiral que, si muy imperfecta, contiene en germen el principio de la ley pe-

riódica, que aparece ya más claramente en las *octavas* de Newlands, y que ha sido desarrollado en toda su extensión por el Profesor de la Universidad de Tubinga Lotario Meyer, y el de la de San Petersburgo, Mendeleeff, motivando la clasificación de los elementos químicos fundada en dicha ley: clasificación combatida por Reynolds, que ha propuesto una reforma completa de ella, y que, aun cuando haya en ella mucho de artificioso y hasta arbitrario, ha dado lugar á encontrar coincidencias muy notables, que hacen ver el indicio de una ley natural, que es posible se manifieste en toda su sencillez cuando se puedan explicar esas perturbaciones de orden secundario que hoy la obscurecen.

Como todo dato en apoyo de que algunos cuerpos simples son resultado de la condensación de otros es una prueba de la hipótesis de la unidad de la materia, debo mencionar aquí los trabajos del Profesor Zenger, Director del Observatorio de Praga, que le han conducido á formular la que él llama *ley de la condensación de la materia*, según la cual, *multiplicando los calores específicos de los diversos estados alotrópicos de un cuerpo polimórfico, por su densidad, se obtiene un producto constante*: ley, como se ve, que tiene alguna semejanza con la de Dulong y Petit, y que ha permitido á Zenger formular la opinión de que el *helio* y el *argón* son, respectivamente, hidrógeno y nitrógeno condensados. Hechos semejantes de condensación de materia se observan en ciertos cuerpos compuestos, como lo comprueban los trabajos de Villiers acerca de los estados *protomórficos* que presentan algunos sulfuros metálicos, como los de níquel y cobalto, que en el momento de su formación tienen propiedades de que carecen después, cosa que explica Villiers creyendo que entonces su estado molecular es diferente del que adquieren posteriormente: estado que propone denominar *protomórfico*, y que varía merced á condensaciones con desprendimiento de calor.

El análisis espectral ha venido á suministrar algunos datos en favor de la hipótesis de la unidad de la materia. De sus prolijos estudios espectroscópicos sobre la luz del Sol y de otros astros, Lockyer dedujo que tanto más sencillo es su espectro cuanto más elevada es la temperatura: hecho que procuró explicar, admitiendo que en los astros la disociación de sus componentes es mayor que la que podemos obtener con las mayores temperaturas de que hoy disponemos: disociación que divide los cuerpos en elementos cuyo peso atómico disminuye á medida que aumenta la temperatura, cual si nuestros cuerpos simples estuviesen formados por la condensación de una materia primera, única para todos ellos. Partiendo de estas consideraciones, los de peso atómico más elevado serán expresión de un grado mayor de enfriamiento, y, por lo tanto, el urano será la expresión de la senectud de la materia.

Otro aspecto de esta cuestión es el que han motivado las objeciones de Berthelot á las consideraciones fundadas en la ley de los calores específicos, que no se armoniza con la idea de los elementos químicos, sean condensaciones diferentes de uno de ellos considerado como la *materia prima*, cual si fuesen verdaderos polímeros de dicho elemento, sea éste el hidrógeno ú otro de menor peso atómico. Se armonizan mejor estos conceptos admitiendo una materia fundamental que se manifieste en diferentes estados de equilibrio sin necesidad de que esos sistemas materiales, llamados cuerpos simples, se consideren como polimerización de uno de ellos, á modo de función de la que los demás sean valores determinados. Este concepto del cuerpo simple constituido por una materia idéntica en el fondo, pero multiforme en sus manifestaciones, que serán diferentes por la distinta naturaleza de los movimientos que la animan, se concilia perfectamente con las hipótesis dinámicas, admitidas hoy sobre la constitución de la materia.

Como resumen de todo lo expuesto acerca de la unidad de la materia, tenemos que, por el momento, y en el terreno experimental, nuestros medios analíticos se detienen ante los setenta cuerpos simples, que son próximamente los que se conocen, y constituyen otras tantas barreras hasta ahora infranqueables de las que no pueden pasar aquellos medios. Es probable que estos átomos sean verdaderamente indivisibles, cual indica su nombre; pero lo que sí conviene hacer constar es que, con los medios de que hoy disponemos, no se pueden dividir. Y lógrese ó no dividirlos tiempo andando, de escasa importancia será en cuanto se refiere á las bases hoy admitidas para la teoría atómica, no opinando como Gustavo Markfoy, que cree que si, el átomo llegase á dividirse, se destruiría la creación (1). A partir de este punto, hay que entrar en el terreno de las ideas especulativas para discutir si todos aquellos elementos están formados por una sola materia que, ya por grados sucesivos de condensación, ya por su distinta distribución, ó bien por estar animada de movimientos diferentes, se nos manifiesta en aquellas setenta formas distintas. La *unidad de la materia* es una hipótesis atrevida y grandiosa, apoyada en hechos de observación y experimentación muy dignos de tenerse en cuenta.

Mucho más pudiera decirse acerca de la naturaleza íntima de los átomos; pero baste lo consignado, y pasemos á hacer algunas indicaciones respecto de la forma y de la magnitud que se les supone, para decir después algo acerca de su peso, como preliminares de una cuestión de grandísima importancia, cual es la relativa á cómo se unen unos con otros para formar las moléculas.

Respecto á la forma de los átomos, han discrepado y dis-

(1) *Loi des equivalents et theorie nouvelle de la Chimie*, par Gustave Markfoy.—Paris, 1897.

crepan los que de este asunto se han ocupado, no existiendo conformidad acerca de si la forma de aquéllos es igual en todos los cuerpos, ó varía de unos á otros, habiéndose llegado á suponer que no es la misma en los diferentes estados físicos de un mismo cuerpo. Llegando á este punto, deben citarse las opiniones sustentadas modernamente por Fourlinnie (1), el cual cree se pueden explicar las propiedades de los cuerpos simples admitiendo que sus átomos están constituidos por una substancia única y homogénea, de formas geométricas diversas, que supone son poliedros regulares. Según esta hipótesis, los átomos de los metaloides de una misma familia en la clasificación de Dumas tienen igual forma, pero dimensiones varias; siendo de forma distinta los pertenecientes á familias distintas, encontrando el mencionado autor singular concordancia entre el número cinco, de los poliedros regulares, y el de familias en que Dumas dividió los metaloides. Y llevando más adelante estas coincidencias, demuestra que los volúmenes del hexaedro, del octaedro, del dodecaedro, del icosaedro, circunscritos á una misma esfera, están entre sí en la relación de 19, 16, 14 y 12, que son respectivamente los números que representan los pesos atómicos del fluor, oxígeno, nitrógeno y carbono: cuerpos que figuran á la cabeza de cuatro familias de metaloides. La consecuencia inmediata de esta coincidencia es que la forma de los átomos de los cuerpos halógenos es la hexaédrica, la de los anfígenos la octaédrica, la de los nitrogenóideos la dodecaédrica, y la de los carbonóideos la icosaédrica. Para los átomos del hidrógeno queda por exclusión la forma tetraédrica. Con esta hipótesis se explican bien las dobles dinamicidades con que funcionan algunos metaloides, según que los átomos se unan para for-

(1) *De forme des atomes*, par C. Fourlinnie.—Brochure in 8.º—Reims, 1896.

mar un sistema en equilibrio estable por sus caras, sus aristas ó sus vértices. Sin embargo, más admitida es la forma esferoidal, porque se presta mejor para explicar una porción de cualidades de los átomos, ya sean esferas perfectas, como cree Ledgwick que son las de los elementos inactivos, como el argón, ya tengan tantas porciones planas como dinamicidades tienen los elementos activos.

De su magnitud nos dan idea los cálculos, publicados por Gaudin en su libro *Arquitectura del mundo de los átomos*, en el que consigna, como distancia entre los centros de los que forman una molécula, una cienmillonésima de milímetro, y como magnitud la que se deduce de que en un trocito de metal de forma cúbica, cuyo lado sea de dos milésimas de milímetro, existe un número de átomos representado por veinte millones elevado al cubo, ó sea por la cifra 8 seguida de veintiún ceros: cantidad que ha servido para calcular los años, es más, los siglos necesarios para contarla, suponiendo que en cada segundo de tiempo se contasen mil millones. Cuando se leen estas cifras y otras varias que se podrían citar, cabe pensar si se deberá parodiar aquel verso

“El mentir de las estrellas,...

diciendo

“El mentir de los átomos,...

Y no se crea por ello que echo á mala parte estos trabajos, que indudablemente marcan un prógreso en el sentido de conocer la estructura atómica, ó lo que hemos llamado anatomía de las moléculas químicas. Los progresos de la ciencia permiten cada día más interrogar á las estrellas y á los átomos: las primeras ya contestan con frases hechas; los segundos comienzan á balbucear algunos sonidos que nos permiten abrigar la esperanza de que llegarán á ser más explícitos conforme se vayan perfeccionando los medios de interrogarles. Buen ejemplo de ello son los cálculos dados

á conocer no ha mucho por Harold A. Wilson acerca de las dimensiones de los átomos, partiendo de las de la molécula del agua, que calcula por la relación conocida entre la energía superficial de aquel líquido y su calor de evaporación: problema que resuelve también basándose en la relación que existe entre la disminución de la tensión del vapor de agua, cuando la superficie de ésta es curva. Ambos procedimientos le dan números que concuerdan bastante, y varían entre 10^{-8} y 10^{-7} centímetros para diámetro de una molécula de agua.

Otro conocimiento referente á la anatomía de las moléculas es el del peso de los átomos que las forman, ó, hablando con más propiedad, de las masas atómicas que son constantes, pues sabido es que los pesos son variables de un lugar á otro: conocimiento de mucho mayor importancia que la que tiene su similar en la anatomía de los seres vegetales y animales, por la conexión tan estrecha que existe entre dicho peso y las propiedades de los cuerpos, puesto que aquél acusa una condensación mayor ó menor de la masa, y á ésta corresponden propiedades diversas, que variarán en un mismo sentido cuando la disposición de las partículas que forman aquella masa sea análoga, y diferentes cuando sea distinta. Precisamente la teoría de los átomos debe su origen y adopción á la necesidad de explicar el hecho de que la combinación de los cuerpos se efectúe siempre en relaciones ponderales ó cantidades estequiométricas, cuya determinación ha sido objeto de la labor de muchos hombres de ciencia, para deducir de aquéllas las masas relativas de los átomos: constantes que, determinadas exactamente, permiten calcular las relaciones de masas en todas las combinaciones, una vez que la análisis química haya determinado, aunque sea sólo aproximadamente, los números relativos de los diferentes átomos. Como porciones de materia que son, es necesario atribuirles un peso determinado, y esto nunca

se ha discutido: se creyó que no podría determinarse su peso absoluto, sólo el relativo; pero en estos últimos tiempos se ha conseguido determinar el peso absoluto de las moléculas, basándose en la medida del volumen que ocupan en el espacio, y éste es un punto de partida para llegar á conocer el peso absoluto de los átomos.

La imposibilidad de pesarlos directamente obligó á recurrir á otros medios para conseguirlo, distinguiéndose en esta clase de trabajos muchos químicos notables, entre los que debe citarse en primer término á Berzelius, cuyos análisis adquirieron gran autoridad, puesta, sí, en duda durante corto lapso de tiempo, por el error que cometió en la determinación del equivalente del carbono: error que motivó la revisión de los demás que había determinado, sirviendo ésta para demostrar la exactitud de sus análisis, y desvanecer la sombra que momentáneamente empañó el brillo de aquella autoridad tan respetable y tan respetada. Ya hemos visto antes que trabajos de igual índole se efectuaron para confirmar la hipótesis de Prout, y en estos últimos años los ha promovido también la anomalía que existía entre la magnitud de los pesos atómicos admitidos para algunos cuerpos y la que exigía para los mismos la ley periódica. Basta fijarse en lo que se acaba de consignar para comprender la importancia capital que tiene el conocimiento de los pesos atómicos, importancia que se refiere, no sólo á las aplicaciones prácticas que de ellos se hacen de continuo, sino porque se vislumbra una clasificación natural de los elementos químicos, que tanta influencia ha de ejercer en el progreso de la ciencia y en la resolución de algunos problemas de la Filosofía natural.

Demostrada la relación que existe entre la magnitud de los pesos atómicos y la naturaleza íntima de los cuerpos, y por ende de las propiedades que dependen de aquélla, relación que se va hallando también hasta en los modernos ex-

perimentos con los rayos Röntgen, puesto que parece que la opacidad de algunos cuerpos para dichos rayos crece con sus pesos atómicos, según los trabajos de Bleunard y Labesse, dichas magnitudes representan nuevas variables, que es preciso introducir en los cálculos, considerando las propiedades de los cuerpos y los fenómenos que en éstos tienen lugar, como funciones de su peso atómico, á las que aun no se ha podido dar forma matemática precisa, por la incertidumbre que existe acerca de la magnitud exacta de dichos pesos. Los progresos realizados por los físicos para determinar gran número de constantes que permitan comparar completa y metódicamente las propiedades físicas de todos los elementos y de sus combinaciones, hacen prever que llegarán á conocerse experimentalmente los valores numéricos de las propiedades que dependen de la naturaleza íntima de aquellas constantes.

Desde luego se ha conseguido ya corregir errores cometidos en la determinación de las constantes estequiométricas por el conocimiento de las mencionadas relaciones: buen ejemplo de ello tenemos en la rectificación de los pesos atómicos del Indio, del Glucinio, del Urano y otros varios. Acontece algunas veces que experimentadores distintos, siguiendo procedimientos diferentes, obtienen números que discrepan bastante; y aquellas relaciones permiten entonces distinguir cuál es el verdadero ó que se acerca más á la verdad. Pero es preciso ser prudentes para hacer estas rectificaciones, porque, si bien se vislumbra que las diferencias que hay entre los pesos atómicos de cuerpos que forman un grupo, obedecen á una especie de ley, ésta no es aún conocida, y es peligroso fundarse en un hecho incierto para corregir por la teoría números hallados experimentalmente, no debiéndose perder de vista que en la colocación de los elementos químicos en series, con arreglo á la ley periódica, han influido en algunas ocasiones ideas preconcebidas por

los autores de aquellas agrupaciones. Sin embargo, es una tarea que seduce, si bien está llena de grandes dificultades, el determinar de antemano, el profetizar, digámoslo así, las propiedades de cuerpos no descubiertos aún: tarea análoga á la que realizan los astrónomos calculando la existencia de algún planeta no descubierta todavía por el telescopio. Y, aunque no debe perderse de vista que los medios de que hasta ahora disponen los químicos son menos seguros, los resultados obtenidos permiten aquilatar el valor de las especulaciones teóricas, empleadas como instrumento para ello.

Para dar por terminado lo que se refiere á estas constantes estequiométricas, deben indicarse las ideas de G. Markfof, consignadas en la obra ya citada. Fundándose en razonamientos que no es de este lugar exponer con extensión, opina que los equivalentes químicos de todos los cuerpos simples están representados por los números primos comprendidos entre 1 y 300, no existiendo, en su opinión, más cuerpos simples. Para deducir esta consecuencia hace un estudio topográfico de los números que representan los equivalentes de los setenta y tantos elementos hoy conocidos, y realiza una primera selección de los que desde luego son números primos, como los del Hidrógeno = 1, Boro = 11, Fluor = 19, etc. Forma otro grupo con aquellos cuyos equivalentes son múltiplos de números primos, como el Oxígeno = $8 = 4 \times 2$; el Carbono = $6 = 2 \times 3$; el Calcio = $20 = 4 \times 5$; el Nitrógeno = $14 = 2 \times 7$, etc. Resúltale un tercer grupo con los cuerpos cuyos equivalentes son submúltiplos de números primos, como el Cloro = $35,50 = \frac{1}{2}$ de 71; el Cobalto = $29,5 = \frac{1}{2}$ de 59, etc.; y otro después con aquellos cuyos equivalentes actuales difieren de un número primo en menos de $\frac{1}{100}$, etc. Y de esta manera constituye otra agrupación, en la que figuran ordenados la casi totalidad de los elementos químicos hoy conocidos, con arreglo á la serie de los números primos. (H = 1, O = 2, C = 3, Ca = 5, N = 7,

Bo = 11, etc.) Es decir, que su objetivo es asociar la indivisibilidad de la masa química que de estos elementos entra en las combinaciones, á la indivisibilidad de las constantes numéricas que las representan, viéndose, como es consiguiente, precisado á modificar las fórmulas de todos aquellos compuestos formados por elementos cuyo equivalente se ha multiplicado ó dividido para hacerle entrar en la serie de los números primos. Así, por ejemplo, la fórmula del agua tiene que ser HO_4 , puesto que el equivalente 8 del oxígeno lo reduce á 2.

Ya que conocemos algo, siquiera sea muy poco, de lo relativo á esos que podemos llamar elementos celulares del organismo molecular, pasaré á tratar de éste.

Resulta la molécula de la reunión de átomos, homogéneos ó heterogéneos, según se trate de cuerpos simples ó compuestos. Pero ¿cómo se unen los átomos? ¿Tiene importancia la diferente forma en que pueden unirse unos mismos átomos respecto á la naturaleza de la molécula resultante?

La hipótesis de Dalton desvaneció todos aquellos conceptos, según los cuales la unión de los átomos entre sí resultaba de verdaderos enganches ó ensambladuras entre unos y otros, producidos por superficies erizadas de puntas, algunas encorvadas en forma de ganchos, con orificios en los que podían penetrar aquéllas: artificios todos que, forjados por la imaginación, explicaban más ó menos felizmente la trabazón molecular que resultaría, con resistencias mayores ó menores á las acciones físicas y químicas.

Desde la época de Dalton se ha ido perfeccionando este conocimiento y las construcciones moleculares se conocen mejor, sobre todo en las moléculas que estudia la Química orgánica, donde admira la elegancia y precisión con que se llegan á sintetizar todas ó la mayor parte de las reacciones de un cuerpo en un símbolo tan abreviado cual es una fór-

mula de constitución, cuyos restos suelen encontrarse más ó menos diseminados, después que por acciones intensas se rompe el equilibrio de la molécula y sin que, al parecer, exista relación alguna entre el cuerpo primitivo y los que resultan de su descomposición. Sin embargo, en gran número de casos es posible asignar á cada individuo molecular una especie de *esqueleto* que, más ó menos desmembrado, se percibe todavía á través de las reacciones químicas y permite interpretar éstas con sencillez.

La molécula no es un conjunto informe, un montón, digámoslo así, de átomos unidos sin orden ni concierto, pues resultaría que en su formación no existía ese orden admirable que se observa en todas las obras del Supremo Hacedor; y ese orden existe, puesto que siempre la unión de los átomos se realiza en cantidades constantes, fijas y determinadas, que es precisamente lo que caracteriza á la especie química. Pero el poder de combinación no es igual en todos los átomos; pues, comparando entre sí gran número de moléculas, se observa que es muy diferente el de átomos de un cuerpo tomado como tipo de comparación, con que se une un átomo de cada uno de los demás cuerpos. La experiencia nos enseña, por ejemplo, que un átomo de hidrógeno, sólo se une con otro de cloro; que uno de calcio, lo hace con dos; uno de nitrógeno, con tres; uno de carbono, con cuatro; uno de molibdeno, con cinco; y uno de tungsteno, con seis de cloro: es decir, que el poder de combinación de los cuerpos que nos han servido de ejemplo, con respecto al cloro, es :: 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6. El conocimiento de este poder de combinación, llamado *atomicidad* ó *basicidad* (denominaciones muy expuestas á errores por los múltiples conceptos que se las han dado), *dinamicidad* ó *valencia*, como propuso Erlenmeyer y adoptó Hoffman, ó *valoría*, como quieren otros y me parece más aceptable, ha sido y sigue siendo de gran transcendencia para explicar, no sólo la constitu-

ción de las moléculas, sino también para darse cuenta de las transformaciones que aquéllas experimentan durante el proceso de las acciones químicas.

Ese poder de combinación ha permitido referir á corto número de tipos todas ó casi todas las moléculas que sirven como de patrón ó de figurín, permitidme la expresión, para gran número de aquéllas, existiendo una dependencia muy marcada entre el tipo á que pertenece una molécula y la naturaleza de los átomos que la forman, de tal modo que aquél subsiste mientras el átomo que le determina queda en la combinación, y desaparece en cuanto dicho átomo desaparece, á no ser que sea sustituido ó reemplazado por otro de la misma dinamicidad. Así, el tipo agua se destruye cuando desaparece el oxígeno, á no ser que sea reemplazado por el azufre ú otro átomo de la misma valoría; y otro tanto ocurre con el nitrógeno en el tipo amoníaco, con el carbono en el tipo carburo tetrahídrico, etc.: de suerte que el oxígeno, el nitrógeno, el carbono, etc., son como el núcleo de una molécula de agua, de amoníaco, de carburo tetrahídrico, etcétera: núcleos que mantienen unidos los demás átomos enlazados á ellos.

Al llegar á este punto nos encontramos con una cuestión difícil de resolver, con uno de los problemas más interesantes de la Química teórica, y es el de dilucidar si la valoría de los átomos, función periódica de su peso, como la mayor parte de sus propiedades, es una magnitud constante, una cualidad inherente á la naturaleza íntima de aquéllos, ó es, por el contrario, una manifestación accidental del átomo, una manera de ser, determinada por circunstancias exteriores, y variable al compás de éstas. Las soluciones propuestas para este problema han sido diferentes, unas en el sentido de considerar la dinamicidad de los átomos como una magnitud invariable, como cualidad inherente á su naturaleza, y otras considerándola como accidental y variable: es-

tas segundas soluciones tienen la ventaja de explicar con cierta sencillez la formación de algunos compuestos, admitiendo una dinamicidad distinta para un mismo átomo en cada uno de aquéllos; pero tienen el grave inconveniente de separarse mucho del camino que debe seguirse para llegar al conocimiento de los hechos naturales, que, dentro de su variedad, debe aspirarse á considerar como resultantes diferentes de magnitudes invariables, como corolarios de la acción de estas magnitudes, para explicar la formación de las moléculas, la constitución de todos los compuestos químicos, como consecuencia necesaria de un valor químico invariable de los átomos y de las circunstancias exteriores que les rodean al reaccionar unos sobre otros. Y como tan hipotéticas son unas explicaciones como las otras, parece más lógico dar la preferencia á éstas, que están más en armonía con los principios científicos.

Aumentan las dificultades para resolver este problema las que son inherentes á la determinación del valor químico de los átomos, porque para gran número de cuerpos simples no se conocen combinaciones que permitan determinar con exactitud aquel valor, aunque se conozcan las que forman exclusivamente con átomos monovalentes, por la incertidumbre que existe acerca del verdadero peso molecular de dichas combinaciones y por la *autosaturación* de los átomos de algunos elementos en dichas combinaciones, como ocurre en algunos compuestos férricos (el cloruro férrico, por ejemplo). Se ha tratado de investigar si las variaciones en el valor químico de ciertos elementos obedecen á algún principio determinado, habiéndose observado respecto de algunos que es diferente aquel valor cuando se unen á elementos positivos que cuando lo hacen con otros negativos: esto se observa, por ejemplo, en los cuerpos incluídos en la familia del nitrógeno, que sabido es funciona como tri ó como pentavalentes.

Otro aspecto de esta cuestión es el que se refiere á si todas las valorías de un mismo átomo son iguales, ó diferentes en intensidad: problema que puede resolverse en uno ú otro sentido atendiendo á ciertos hechos, como por ejemplo: la facilidad con que se separan del pentacloruro de fósforo dos de sus cinco átomos de cloro, mientras los otros tres resisten acciones enérgicas sin separarse, parece viene en apoyo de la diferencia en las valorías del fósforo; mientras que la no existencia de ciertos isómeros, que debían existir en esos compuestos, parece apoyar la opinión contraria. Se concibe fácilmente que haya moléculas en que no estén saturadas todas las valorías de los átomos que las forman, y que tengan disponibles una ó más de aquéllas, con las que tiendan á unirse con otros átomos ó con otras moléculas que las saturen ó completen. Estas moléculas, abiertas ó *incompletas*, como decía Wislicenus, tienden á cerrarse ó completarse como los átomos libres, á que pueden ser comparadas: á unirse con otros átomos, para formar un edificio molecular cerrado, de mayor resistencia á los embates de los agentes físicos ó químicos que contra él dirijan su acción. Sucede en ellas lo que en los organismos vegetal y animal cuando se produce una solución de continuidad que tiende á desaparecer, acumulándose en aquel punto, mediante la nutrición, los elementos histológicos necesarios para formar un tejido que cierre y cicatrice aquella herida.

El concepto de los radicales químicos, de resultados tan fecundos para el progreso de la Química orgánica, merced en gran parte á las controversias entre los partidarios de las diversas opiniones respecto á dichos radicales, en el concepto moderno de las moléculas incompletas ó abiertas, ha sido también origen de los progresos realizados en la explicación del modo como se encadenan los átomos para formar las moléculas, con sólo aplicarles las consideraciones referentes al encadenamiento de los radicales en las molé-

culas de los compuestos orgánicos: concepto que ha recibido un desarrollo transcendental, sobre todo con los trabajos de Kekulé y los de Archibald L. Couper, consagrados, más el segundo que el primero, al estudio de las propiedades del átomo del carbono.

Admitida la justa-posición de los átomos para formar las moléculas, se explicó la cohesión interior de los cuerpos, en virtud de la cual los átomos están retenidos en ellos por la atracción que sobre uno cualquiera ejercen todos los demás, encontrándose así retenido en la posición que ocupa en la molécula; admitiéndose hoy que cada átomo obedece á la atracción del más inmediato, éste á la del anterior y así sucesivamente, constituyendo una especie de *cadena* cuyos eslabones son los átomos, de la que ninguno de ellos puede separarse sin que la cadena se rompa.

Claro es que en esa cadena puede haber eslabones de un solo anillo, de dos, de tres, etc., en representación de los átomos de una, de dos, de tres, etc., valorías; y, admitido esto, se concibe fácilmente que los eslabones de un solo anillo se unirán uno con otro, quedando la cadena cerrada ó completa, porque no será posible añadirla ningún otro eslabón, que es precisamente lo que ocurre en la unión de átomos monovalentes. Si los eslabones tienen más de un anillo, es decir, si están formados por átomos plurivalentes, se podrán unir cuantos se quieran, ínterin no se cierre la cadena por la colocación en sus extremos de eslabones de un solo anillo, de átomos monovalentes, que ya no permitirán se agreguen nuevos eslabones. Es decir, que los átomos monovalentes son á modo de tapones que cierran las aberturas de las moléculas formadas por el encadenamiento de átomos polivalentes. Sin que sea absolutamente necesario que así suceda; pues la cadena puede cerrarse también uniéndose sus extremos uno con otro, resultando entonces de forma más ó menos circular, que es la expresión de los

compuestos llamados *cíclicos*. Esta concepción acerca del encadenamiento de los átomos explica las innumerables combinaciones químicas que pueden formarse y se forman en realidad, y sobre todo el hecho notable de que con un corto número de elementos químicos (carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) pueda producirse el número verdaderamente asombroso de compuestos orgánicos.

Se concibe además fácilmente que en alguno de los anillos libres de un átomo polivalente se puedan insertar eslabones de una nueva cadena lateral, otros á éstas, y así sucesivamente, originándose las llamadas cadenas arborescentes, cuya complicación puede ser muy grande, como sucede, por ejemplo, en las moléculas orgánicas muy complejas, cual las de los albuminoides, y en general las de casi todas las sustancias que son la base esencial de los seres dotados de vida, tanto vegetales como animales, cuyos edificios moleculares son de los más extensos é intrincados, verdaderos palacios con dependencias numerosas: tanto que, comparados con la sencillez de ciertas moléculas constituidas por muy pocos átomos, que forman cadenas sencillas, podemos decir, siguiendo aquella comparación, que éstas no son más que humildes chozas, mejor adecuadas muchas veces para resistir los embates de las acciones físicas y químicas que las primeras, expuestas á derrumbarse ante una acción relativamente débil: como los edificios más elevados se derrumban más fácilmente que una humilde choza, por la trepidación de un movimiento seísmico.

Lo anterior demuestra que el problema de la determinación del encadenamiento de los átomos en las moléculas es el mismo que el de la determinación de la fórmula racional de aquéllas: fórmula que se distingue de la empírica en que, en ésta, los átomos se representan en montón, digámoslo así, ó mejor en una reunión ó conjunto de montones, formado cada uno por los átomos de cada elemento; mientras en

aquella aparecen ordenados tal como se cree deben estarlo realmente, ó por lo menos de una manera aproximada á la realidad. Este problema no es más que un caso particular de la ley que regula la unión de los átomos entre sí; y, si bien está aún en los albores la que puede llamarse Química estructural de los cuerpos, el avance dado en este último cuarto de siglo, en el sentido de conseguir aquel conocimiento, hace esperar que se logrará realizar lo que por muchos hombres de ciencia se consideró como una verdadera utopía. Entonces se podrán representar por medio de expresiones gráficas la que unos llaman constitución racional de las especies químicas, otros posición ó situación de los átomos en las moléculas, y otros, como Boutlerow, estructura química de aquéllas, y de ahí el nombre de fórmulas de estructura; y entonces conoceremos bien la verdadera anatomía molecular, porque se habrá establecido sobre bases seguras la estática de los átomos, que permitirá enlazar ó relacionar entre sí las diferentes formas que pueden afectar las combinaciones químicas: métodos cuyo conjunto constituirá una verdadera síntesis experimental, porque, bien conocida la estructura de un cuerpo, se podrán seguir las diferentes fases de su formación, y se concibe la posibilidad de reproducir artificialmente en condiciones determinadas cualquier cuerpo compuesto.

La distinta posición que ocupan los átomos en la molécula y su diferente encadenamiento, explica los resultados discordantes que se obtienen aplicando á un mismo cuerpo diferentes procedimientos analíticos: hecho que se observa en la determinación del nitrógeno de ciertas sustancias orgánicas, cuando éstas contienen átomos de dicho elemento en concatenación cíclica, y que sólo en determinados casos le dejan convertir todo en amoníaco: la facilidad ó dificultad de esta conversión debe depender principalmente de que el átomo de nitrógeno se halle en posición determinada, y esto

confirma que el procedimiento de Kjeldahl es un auxiliar importante para investigar la posición de aquel átomo; debiendo deducirse en general que un compuesto que da por dicho procedimiento menos nitrógeno que con otros, contendrá átomos de aquel cuerpo enlazados cíclicamente en su molécula.

Las fórmulas racionales, si no son la expresión de cómo están agrupados los átomos en las moléculas, son paralelas dispuestas con el objeto de conquistar aquel conocimiento: porque es indudable que, consideradas aquéllas como organismos en función, deben constar de partes que contribuyan, una por una, al desarrollo de la función: para lo cual han de tener en dicho organismo una disposición ordenada, á fin de realizar su cometido; pero partes enlazadas entre sí con ligamentos suficientemente flexibles y elásticos para permitir que tomen posiciones distintas, sin alterarse su trabazón ó enlace, sin que la molécula pierda su personalidad, como ocurre en muchas acciones químicas, á diferencia de otras en que se rompe aquel enlace y se desatan las diferentes piezas moleculares, quedando unas veces intacto el esqueleto ó núcleo molecular, y otras, cuando la acción es suficientemente intensa, desunido ó disgregado, quedando como pulverizada la molécula. Esto explica por qué se asignan diversas fórmulas racionales á un mismo cuerpo, según que las reacciones á que se le someta sean unas ú otras y se las dé la preferencia. No es posible, por lo tanto, negar que los diversos esquemas de las moléculas químicas tienden á ser la expresión exacta de la agrupación de los átomos en ellas, constituyendo la llamada *morfogenesis* ó *morfogenia atómica*. Si algún día se descubre esa agrupación, las fórmulas racionales serán únicas para cada especie química; se conocerán los ligamentos que unen entre sí y con el núcleo las diversas partes de aquel organismo molecular; y,

por tanto, las diversas posiciones que aquéllas pueden tomar, sin que se rompan esos enlaces: como el conocimiento de los huesos, músculos, ligamentos, etc., del organismo animal, permite predecir qué movimientos y qué posiciones pueden tomar los miembros de que aquél consta, y cuáles no, sin comprometer la integridad anatómica del ser. Entonces se explicarán sin dificultad los casos de tautomería y desmotropía moleculares, y los movimientos de los átomos y de las moléculas, es decir, la fisiología molecular.

Dice Gerhardt, tratando del concepto de las fórmulas racionales, que es un prejuicio muy extendido que aquéllas pueden expresar la constitución molecular de los cuerpos: es decir, la verdadera colocación de sus átomos en la molécula, siendo así que las fórmulas no están destinadas á representar dicha colocación ó disposición. Yo opino que, si hoy por hoy, no pueden representar la verdadera constitución atómica de las moléculas, responden á una aspiración, que, cuando se consiga convertir en realidad, como se ha conseguido conocer la constitución celular de los tejidos orgánicos, permitirá sintetizar en una expresión breve, sencilla y clara la constitución atómica de la molécula química, y utilizar este símbolo ó fórmula para hacer evidentes de la manera más sencilla y exacta las relaciones que existen entre los diversos cuerpos, y las transformaciones que experimentan cuando reaccionan unos con otros. Y si bien es cierto que hoy distamos mucho de este desideratum, todo cuanto se ha hecho y se haga para aproximarnos á él es digno de elogio. Los esfuerzos de los sabios en este sentido son paralelas, repito, que la estrategia química emplea para acercarse á esa fortaleza cerrada á cuya conquista aspira, para no tener que detenerse al estudiar el protoplasma que forma los organismos más sencillos, y poder conocer la organización interna de la molécula de los albuminoides, que es de las más complicadas entre las moléculas químicas, y desde

ella ir descendiendo al límite de las fracciones materiales, al átomo. Y una vez vislumbrados siquiera los misterios de la organización molecular, el conjunto de trabajos realizados por los químicos en ese sentido servirá á manera de microscopio poderoso para ver los finísimos tejidos de esa delicada organización, y desaparecerá el *non plus ultra* colocado en las fronteras de los seres organizados más inferiores.

Íntimamente relacionada con ello está la cuestión de si un cuerpo debe tener una ó varias fórmulas racionales. Gerhardt opina que admitir una sola es inmovilizar en cierta manera al cuerpo, y renunciar al conocimiento de más analogías que las que se deduzcan de aquélla y pueden surgir con otras. Siento no estar conforme con la opinión de químico tan eminente; pero la fórmula racional de una molécula debe ser única: aquella que exprese la verdadera agrupación de los átomos; y lo será indudablemente cuando ésta sea conocida con exactitud, sin que por ello resulte, á mi entender, tal inmovilización. Dotados los átomos, así como la molécula, de movimiento, tomarán en cada caso de reacción, y en virtud de dicho movimiento, las posiciones más adecuadas para la realización de aquélla, como los miembros de un animal la toman según la función que van á desempeñar; y esas diversas formas que afectará la molécula, sin afectar á su unidad, son las que expresamos por las diversas fórmulas racionales que se la asignan: son, en cierto modo, expresión de las distintas maneras de adaptarse al medio de acción ó de reacción en que se encuentra colocado el organismo molecular. Y empleo con tanta frecuencia este concepto antropomórfico, porque es el que mejor puede hacer comprender la idea que me propongo expresar.

Las fórmulas de estructura se determinan fácilmente cuando los cuerpos están constituidos por pocos átomos, pertenecientes á un número muy limitado de elementos distintos,

y la cuantivalencia de todos ó casi todos ellos no es muy elevada: la dificultad aumenta cuando aumenta el número de átomos ó su cuantivalencia, ó ambas á la vez, porque ya se ha dicho que los átomos polivalentes pueden enlazarse de muy distintas maneras. La isomería complica mucho el problema, porque unos mismos átomos, uniéndose de diferentes maneras, originan cuerpos distintos, cuyo número puede determinarse matemáticamente por las reglas del cálculo de permutaciones: bien conocido es el ejemplo del efectuado por Cayley acerca de los isómeros posibles de los hidrocarburos de la fórmula $C_{13}H_{28}$, que teóricamente ascienden á 802. Por eso algunos químicos han considerado como temeridad intentar su resolución; pero empresas que parecían más temerarias, se han intentado y realizado: más utópico parecía, en efecto, llegar á conocer los cuerpos que entran en la composición de los astros, algunos de los cuales no se perciben sino como pequeños puntos luminosos ó como diminutas manchas nebulosas, mirados con los potentes telescopios de que hoy disponen los astrónomos; y, sin embargo, se ha llegado á conseguir. Desde hace poco más de un cuarto de siglo vienen empeñados bastantes químicos en la empresa de fijar la fórmula de estructura de muchos compuestos, sobre todo orgánicos, entre las varias posibles; y los resultados obtenidos hacen esperar con fundamento que se conseguirá realizarla. La determinación exacta de los pesos moleculares, para la que hoy se cuenta con procedimientos físicos y químicos muy variados; el número y la naturaleza de los átomos que entran á formar la molécula, dados á conocer por los métodos cada día más perfectos del análisis y de la síntesis química; y la determinación de la dinamicidad, que ya se ha dicho que, si presenta dificultades y es dudosa para algunos cuerpos, se ha podido fijar bien para otros, son tres auxiliares que contribuyen á la resolución de este problema tan vasto y complicado.

Partiendo de aquellos datos y del cálculo de las isomerías posibles, se ha demostrado que muchas fórmulas admitidas como exactas no lo son, entre otras razones porque los grupos de átomos que se suponía existir en ellas no tenían libre ninguna dinamicidad para enlazarse con los demás. En este caso se encuentran las fórmulas dualísticas, en las que se consideraba dividido el edificio molecular en compartimentos binarios, independientes en cierto modo entre sí, que han sido reemplazadas por las unitarias, en las que no se admite esa separación, conservándose la unidad del edificio molecular. La diferencia entre unas y otras no es tan radical como pudiera creerse á primera vista: las nuevas fórmulas conservan de las antiguas todo aquello que da idea clara de la naturaleza de los cuerpos á quienes representan.

Los tipos de Gerhardt y las fórmulas deducidas de ellos adolecían en parte del mismo defecto que las dualísticas, por admitirse en ellas grupos de átomos que eran moléculas cerradas. Por eso la teoría de los tipos habría caído en el olvido de no asociarla el concepto de la dinamicidad, y por tanto el del encadenamiento de los átomos, cuyo estudio es relativamente sencillo cuando éstos son pocos, pero cada vez más difícil cuando su número aumenta, exigiendo mayor suma de trabajo para llegar á conocer la verdadera constitución anatómica de las moléculas: de la misma manera que es sencilla la anatomía de los seres inferiores de las escalas animal y vegetal de constitución simplicísima, y va ofreciendo mayores dificultades á medida que nos elevamos á la de los seres superiores. Y, continuando el símil, así como para realizar la anatomía de aquellos seres, los dividimos en partes que se estudian separadamente, consiguiendo conocer cómo están formadas y cómo se enlazan unas con otras, y, en fin, todo cuanto pueda contribuir al conocimiento más exacto del organismo vegetal ó animal, también para conseguir conocer, exacta ó aproximadamen-

te, la constitución anatómica de las moléculas, el camino que debe seguirse consiste en descomponerlas en fragmentos, estudiar éstos, y con ellos reconstituir la molécula primitiva, es decir, realizar su síntesis. Si, al hacerlo, encontramos como residuos agrupaciones de átomos cuyo encañamiento permanece invariable, transportándose de un cuerpo á otro en el tráfico de las metamorfosis que originan las acciones químicas, aunque no podamos asegurarlo rotundamente, sí con grandes visos de certeza, admitiremos que dicho agrupamiento, separado de la molécula en esa especie de disección anatómica, debe existir formando parte integrante del edificio molecular, con el mismo enlace que conserva después de separarse de aquél.

Ocurre además, y es otro dato que contribuye al conocimiento de la anatomía molecular, que, en algunas acciones químicas, un átomo ó grupo de átomos de una molécula es sustituido por otro diferente, pero de las mismas valorías que aquéllos, conservándose la integridad del edificio molecular; y es muy racional suponer entonces que éstos ocupen en la molécula el sitio que ocupaban aquéllos á quienes sustituyeron. Sin embargo, esta hipótesis no se realiza siempre; y no sólo ocurre que el átomo ó grupo de átomos no van á ocupar aquel lugar, sino que, por efecto de la acción química, cambian de posición dentro de la molécula los átomos ó grupos atómicos no sustituidos, y, en vez de resultar el cuerpo que se había previsto, se obtiene otro distinto, siquiera sea isómero suyo. Y también ocurre que, por efecto de dichos cambios, se produce un estado de equilibrio inestable, y que, por la tendencia á buscar la estabilidad, la substancia formada se transforma en el acto en otra, metámera suya.

Como en estas sustituciones siempre hay cambio en alguna ó varias de las propiedades del cuerpo, se deduce que existe relación muy estrecha entre aquéllas y la constitu-

ción íntima de la molécula, siendo esto un medio de gran valor para conocer dicha constitución, partiendo del principio de que propiedades iguales ó semejantes, observadas en cuerpos distintos, son debidas á estructuras moleculares iguales ó semejantes.

Una consecuencia importante que de aquí se deduce es la de que cada porción de la molécula formada por agrupamientos atómicos, con su enlace peculiar, desempeña un papel determinado y comunica al organismo molecular cualidades debidas, no sólo á su naturaleza íntima, sino también á la posición que ocupa, siendo á este organismo lo que los diferentes órganos y aparatos son al organismo vegetal ó al animal. Ejemplo bien notable de la influencia de la posición de los átomos se tiene en el ácido monocloracético, cuya avidéz es mucho mayor que la del acético, debido al átomo de cloro que aquél contiene: mientras que los tres átomos de cloro del ácido tricloracético no hacen que éste sea tan enérgico como el clorhídrico, que sólo tiene uno, debido á que está unido directamente al hidrógeno, cosa que no ocurre en el tricloracético.

Por eso la investigación de las relaciones entre las propiedades de los cuerpos y su constitución íntima ha abierto un vasto horizonte á químicos y físicos para observar y experimentar, y los éxitos conseguidos en esta nueva orientación de la Ciencia hacen presumir los que se conseguirán en el porvenir. Estos trabajos se efectúan más principalmente en los compuestos orgánicos que, por su gran número y por la frecuencia de sus isomerías, han motivado la invención de procedimientos especiales, que ya se aplican también á los compuestos inorgánicos.

El carácter químico, ó la *función química*, de los distintos grupos de átomos que concurren á formar una molécula no es el mismo; observándose desde luego que depende muy especialmente de una parte de los átomos que concurren á

formarla, cuando aquéllos están agrupados de cierta manera. Existen además otros grupos de átomos tan íntimamente unidos entre sí, que persisten sin separarse en la mayor parte de las reacciones, y son como el *núcleo* ó el *esqueleto*, ó, si se quiere, como la columna vertebral, de la molécula á la que están enlazados los *grupos funcionales*. En los compuestos orgánicos el núcleo suele estar constituído por átomos de carbono; pero, sin embargo, hay casos en que no ocurre así: tal sucede con el átomo de nitrógeno de la piridina, el de azufre del thiofeno de Meyer, y el de oxígeno de la furfurana ó tetrafenol de Limpricht. Precisamente constituye en la actualidad otra nueva orientación de las investigaciones en la Química orgánica determinar la influencia que ciertos grupos de átomos ejercen sobre las propiedades físicas y químicas de los compuestos de que forman parte: influencia que depende, no sólo de la naturaleza de aquellos átomos, sino también de la del núcleo á que están unidos, ó por lo menos de la del átomo que sirve para establecer esa unión. Basta para comprenderlo fijarse en el papel tan diferente que desempeña el grupo oxhidrilo en los alcoholes, en los fenoles y en los ácidos, siendo el de los fenoles, en que está unido á núcleos benzénicos, un intermedio entre el de los alcoholes y el de los ácidos; y como ejemplo de la influencia del átomo á que inmediatamente aparecen unidos dichos grupos, puede citarse el mismo oxhidrilo, que con el cloro forma el ácido hipocloroso (ClOH), con el hidrógeno el agua (HOH), y con el potasio la potasa (KOH): es decir, un ácido, un cuerpo indiferente, y una base enérgica, que constituyen un buen ejemplo de lo que Regnault llamó tipo molecular mecánico.

Las propiedades físicas de los cuerpos se modifican variando la agrupación de los átomos que forman sus moléculas: combinando el terebenteno con el ácido clorhídrico para formar el monoclorhidrato, y separándole después por la

cal, aquel hidrocarburo conserva casi todas sus propiedades, salvo la modificación de su olor y la pérdida de actividad óptica: lo cual demuestra que se ha producido alguna modificación en el enlace de los átomos dentro de la molécula. Y ocurre preguntar: ¿la modificación se ha producido en el acto de la combinación y el cuerpo que existe en ésta es el primitivo ó su isómero, ó se produce aquélla al separarse el cuerpo de la combinación, ó hay dos cambios en esas acciones químicas? Si es posible llegar á conocer la ley ó leyes que regulan esta dependencia, se podrá utilizar el conocimiento de las propiedades para deducir la constitución de la molécula, y recíprocamente, del conocimiento de ésta, deducir aquéllas; y el día en que se hayan acopiado materiales suficientes se podrá constituir una nueva rama de la Ciencia, cuyo objeto será determinar las propiedades de los cuerpos como función de la naturaleza y manera de estar enlazados los átomos que les forman. Entonces se confirmarán ó se rectificarán los conocimientos que actualmente poseemos acerca de la estructura molecular de muchos cuerpos.

En este sentido se han realizado y realizan trabajos, y algunos investigadores han podido, si no fijar con exactitud, por lo menos vislumbrar la relación entre ciertas propiedades físicas y la constitución atómica de los cuerpos. Pueden citarse como ejemplos los trabajos de Herman Kopp y Regnart sobre los calores específicos, los de Schreder, de Line-
mann, de Schreiner y de Schuman sobre la relación entre la manera de estar agrupados los átomos y la volatilidad de algunos grupos de cuerpos; los de Baeyer y Carnelley sobre el punto de fusión; los de Kopp y Jungfleisch, de Buff y Schiff sobre los volúmenes específicos de las moléculas; los de Landolt y Gladstone sobre la refracción molecular; los de Liebermann sobre la fluorescencia; y los de Witt acerca de la influencia de ciertos radicales en el color del cuerpo, que le indujeron á denominar *cromóforos* á algunos

de dichos radicales. Siendo de presumir que á influencias análogas deben referirse las diferentes coloraciones que presentan algunos cuerpos, como ciertos óxidos y sales metálicas, cuyos colores varían del estado anhidro al hidratado, y, aun dentro de aquél, á temperaturas diferentes. Por ejemplo: Lehmann ha hallado tres modificaciones del quinón dihidroparadicarbonato de etilo: una incolora, que corresponde á una fórmula hidroxilada, y dos coloreadas, correspondientes á fórmulas quinónicas; y Hantzsch cita casos análogos, entre ellos el de algún éter que es incoloro á la temperatura ordinaria, y corresponde á una fórmula hidroxilada, que adquiere color verde obscuro cuando se le funde ó se le disuelve, porque entonces su fórmula pasa á ser cetónica. A esta clase de alteraciones, no permanentes, corresponde la que experimenta el sulfocianato potásico, que se obscurece calentándole y por enfriamiento vuelve á quedar incoloro, sin duda porque el calor modifica algo la disposición de los átomos ó grupos atómicos de estos cuerpos; pero, en cuanto aquél cesa, vuelve á quedar todo en su posición primitiva, porque la separación no fué tan completa que pudiera llegar á ser permanente.

Si los resultados obtenidos se contradicen en algunas ocasiones, depende esto en muchos casos de la deficiencia de los procedimientos de que se dispone para la determinación de algunas de aquellas constantes físicas: como que se trata de un problema erizado de muchas dificultades, y que exige gran prudencia en su resolución, para no cometer errores graves. Los resultados de los primeros ensayos intentados para conseguirlo, demuestran, sin embargo, que no es empresa insensata la de empeñarse en resolverle.

Cuando se haya conseguido, podremos elevarnos por grados insensibles desde las agrupaciones más sencillas de átomos, como son las moléculas formadas por dos átomos monovalentes, hasta las moléculas más complicadas; y repre-

sentar, por esquemas más ó menos sencillos, la estructura de aquéllas y su unión para formar, ya esas rocas de constitución compleja, ya la molécula de la albúmina, “la nebulosa del organismo”, como ha sido calificada con gran propiedad, base del protoplasma. Y como de éste se derivan, por sucesivas diferenciaciones, los diversos tejidos de dichos organismos, pasaremos por grados insensibles, desde el diminuto átomo al vegetal ó al animal de organización más complicada, demostrándose una vez más la verdad del dicho de Buffon, de que la Naturaleza no procede por saltos, pudiendo seguirse sin interrupción la arquitectura de los seres inorgánicos y orgánicos que forman el Universo.

Las consideraciones anteriores nos han conducido insensiblemente hasta el misterioso problema que se ocupa en investigar las relaciones que presiden y enlazan á los distintos modos de funcionar la organización variable de la materia viva, para cuya resolución suministran algunos datos los hechos apuntados anteriormente, los cuales permiten relacionar la estructura de las moléculas con las funciones de que son asiento, puesto que el enlace ó encadenamiento de los átomos sabemos que imprime á la molécula entera ó á alguna de sus partes propiedades específicas, ó una manera propia de funcionar. Buen ejemplo de ello es la leucina ($C_6H_{13}O_2N$), cuyos desdoblamientos y síntesis conducen á admitir para esta substancia la fórmula desarrollada siguiente: $NH_2 - C_3H_{10} - CO_2H$: en la que hay un grupo central, ó núcleo (C_3H_{10}), unido por una parte al amidógeno (NH_2), y por otra al carboxilo (CO_2H), grupos funcionales que imprimen á la leucina una función mixta; pues sabido es que siempre que existe en una molécula el grupo NH_2 , enlazado á otro hidrocarbonado, la imprime el carácter de poderse unir á los ácidos para formar sales. En cambio, el grupo opuesto CO_2H la confiere la cualidad contraria de unirse á las bases, de manera que en la leucina

existe la doble función *amina* y *ácida*, tan diferentes y contrarias, pero sin confundirse, siendo correlativas y dependientes del modo como en ella están agrupados los eslabones NH_2 y CO_2H .

De aquí se deduce que la manera de funcionar esta molécula, de manifestar su actividad, y como ella todas las del organismo, es decir, su modo de influenciar la materia ambiente y de ser influenciada por ella, depende de su organización química, de cómo están reunidos ó asociados los grupos funcionales (HO), CO_2H , NH_2 , etc., etc., y de las relaciones de estos grupos con el resto del edificio molecular, siendo los órganos elementales del organismo químico más ó menos complejo, llamado molécula. Á estas consideraciones pueden referirse también las relativas á la formación de muchos cuerpos amidados del organismo, tales como la serie de bases animales que Gautier ha denominado *leucomainas*, cuya existencia no es excepcional, sino que proceden lógicamente de transformaciones á veces muy sencillas, cual es una simple dislocación hidrolítica de los grupos fundamentales de las moléculas albuminoides.

Las moléculas son á su vez como las ruedas elementales de las células vivas, que representan un estado más complejo de la organización química de las que forman el protoplasma, cuya compleja estructura se revela por el conjunto de sus múltiples y delicadas reacciones. Pero si comprendemos, aunque muy imperfectamente, las relaciones que enlazan la organización de la célula y sus reacciones específicas con las de las moléculas químicas que las constituyen, ignoramos absolutamente la causa de la vida, ó el misterioso y admirable modo según el cual cada célula, cada ser viviente, utiliza los materiales que él produce para desarrollarse, siguiendo un orden constante con arreglo á las formas de su especie, haciendo concurrir todos sus órganos á la conservación y reproducción del ser entero: sín-

tesis admirable que, á partir del átomo y por la unión de éstos en grupos binarios, ternarios, cuaternarios, etc., constituyendo moléculas cada vez más complicadas, se eleva á las de los albuminoides, al protoplasma, á las células, á los tejidos, á los órganos, cuyo conjunto constituye el ser.

Una diferencia esencial existe entre la organización vegetal y animal y la molecular: en aquéllas, los órganos son una asociación de células que, á pesar de su vida autónoma, trabajan para el conjunto, autonomía que no existe en la organización molecular: los átomos que forman las moléculas pierden al entrar en la combinación sus caracteres propios, y el nuevo individuo tiene los que le son específicos. Pero es preciso no exagerar, dando á estas consideraciones una importancia tal que nos conduzcan á admitir que las acciones químicas más sencillas puedan ser una manifestación de vida elemental de los cuerpos entre las que tienen lugar.

Para investigar el encadenamiento de los átomos se ha partido del estudio de los cuerpos en estado gaseoso: los realizados con los cuerpos líquidos y sólidos demuestran que los átomos están reunidos también en ellos formando moléculas; pero éstas están más juntas, más próximas unas á otras, y, por lo tanto, sometidas á acciones que han de modificar necesariamente su manera de ser: por eso es más difícil establecer el concepto de la molécula en los dos últimos estados, y particularmente en el sólido. Deben mencionarse como tendencias favorables para conseguirlo algunos trabajos, como los de Traube acerca de la extensión de las leyes de Avogadro, y de las de Gay Lussac y de Mariotte, á los líquidos homogéneos y á los cuerpos sólidos, deduciendo, de consideraciones que sería muy largo explicar aquí, que el volumen molecular en un líquido homogéneo es igual á la suma de los volúmenes atómicos, más una constante (25,9^{ra}), que corresponde á la dilatación que se pro-

duce al formarse la molécula. Ha demostrado además Traube que la ley de Avogadro puede hacerse extensiva á los cuerpos sólidos, á condición de tener en cuenta su estado de condensación molecular.

Esto no impide, ni aun dificulta mucho, la determinación de la estructura molecular, puesto que las observaciones hechas demuestran que, al pasar los cuerpos del estado gaseoso al líquido ó al sólido, no hay, por lo general, cambios radicales en sus propiedades: lo que indica que el enlace de los átomos rara vez debe alterarse. Hay, sin embargo, hechos que demuestran que la magnitud de las moléculas no es la misma en los tres estados físicos de un cuerpo, y que, aun dentro de un estado, varía con la temperatura; sabido es que la molécula del azufre es S_2 por cima de 1000° y S_8 á los 500° ; y la molécula del peróxido de nitrógeno N_2O_4 , en unas condiciones y NO_2 , en otras: cambios que se traducen algunas veces en otros equivalentes de propiedades, como sucede con las variaciones que experimenta el color del peróxido de nitrógeno, según la temperatura á que se encuentra sometido: y esta mutación de propiedades, cuando se trata de cuerpos que no se pueden escindir en moléculas más pequeñas, debe considerarse como tránsito á una modificación alotrópica, como ocurre en el fósforo.

De la misma manera que de la yusta-posición de los átomos resultan las moléculas, de la de éstas resultan los sistemas moleculares, que forman los cuerpos sólidos, originada por la llamada fuerza de cohesión. Para que dicha yusta-posición se realice no es preciso que las moléculas sean de diferente naturaleza, puesto que los átomos de una pueden ejercer cierta atracción sobre los de otra inmediata, y así sucesivamente, pero atracción sin energía suficiente para producir un cambio entre los átomos de aquéllas; y como actúa con intensidad diversa sobre unos que sobre otros,

los de las moléculas cuyos átomos no están ordenados simétricamente en todas direcciones tomarán, al moverse, posiciones determinadas las unas respecto de las otras. Pero cuando estén situadas de una manera regular, la masa del cuerpo presentará también ciertas diferencias en las distintas direcciones: en una palabra, tendrá las condiciones de un medio cristalizado.

Los esquemas que se emplean para representar gráficamente las construcciones moleculares, se han ideado suponiendo que todos los átomos y grupos de éstos que forman las moléculas están situados en un mismo plano: es decir, cual si los edificios moleculares no tuviesen más que dos dimensiones. Pero las moléculas, como todos los cuerpos, tienen tres: luego sus representaciones gráficas deben hacerse con figuras de las que se estudian en la Geometría del espacio. Esto no se hizo, sin embargo, hasta que los químicos se encontraron con cualidades de algunos cuerpos, imposibles de interpretar con esquemas planos, que sirvieron perfectamente para explicar muchos hechos, como lo demuestra el célebre exágono ideado por Kekulé en 1866, que, durante bastantes años, permitió interpretar las numerosas isomerías de los cuerpos comprendidos en la serie aromática: fórmula que aun sirve hoy, á pesar de las muchas modificaciones que en ella se han propuesto, porque con frecuencia indica la probabilidad de nuevos hechos que la experiencia confirma.

Ya en 1867 se indicó para representar la benzina una fórmula prismática, establecida por Ladenburg dos años después: fórmula que en 1887 propuso J. Thomsen sustituir por otra octaédrica, fundándose, entre otras razones, en que aquélla no permite explicar la transformación de dicho cuerpo en hexametileno: es decir, que ya los químicos comenzaron á observar que ciertas cualidades de algunos cuerpos no podían explicarse con las fórmulas de constitu-

ción adoptadas, y se idearon para ellos figuras poliédricas. La anterior concepción de Ladenburg, á la que se pueden agregar, entre otras, las indicaciones de Graebe sobre la naturaleza y la fórmula del ácido phtálico, constituyen los primeros síntomas de la aparición de la nueva rama de la Química llamada por Van't Hoff la *Química en el espacio*, y por J. A. Le Bel *Estereoquímica*: denominaciones que indican que el objeto de esta nueva fase de la evolución de la Química es el estudio de los fenómenos relacionados con la colocación de los átomos en el espacio, ó con la configuración molecular; porque aquéllos no pueden estar en desorden, ó estado caótico, sino que deben ocupar, dentro de ciertos límites, posiciones de equilibrio estable.

El punto de partida para establecer los hechos en que se funda la estereoquímica fueron los notabilísimos trabajos de Pasteur acerca del ácido tartárico, que le condujeron á demostrar la existencia de sus cuatro variedades: el dextro, el levo, el paratartárico ó racémico por compensación, y el inactivo por naturaleza ó no desdoblable: estudios, cuya transcendencia ha sido inmensa, y le sirvieron para establecer el concepto de la disimetría molecular, partiendo de la disimetría en las formas cristalinas, que guarda una relación tan directa con la acción sobre la luz polarizada de los cuerpos que la poseen, y ésta con la disimetría en la molécula. Y como la existencia de cuatro isómeros ópticos no se limita al ácido tartárico, sino que es un hecho que se observa en muchos cuerpos ópticamente activos, como lo han demostrado gran número de experimentadores, resulta que, extendido aquel concepto de la disimetría al enlace de los átomos, el descubrimiento de Pasteur ha sido el origen de las teorías actuales sobre la Química en el espacio.

Pero se observa que unas sustancias de estructura asimétrica tienen el poder rotatorio en el estado sólido y cristalino, y le pierden cuando se las disuelve; y que hay otras

cuyas disoluciones conservan aquel poder. Biot en 1819, y Gerner en 1864, demostraron ya que las sustancias ópticamente activas en disolución conservan esta propiedad en estado de vapor, y, por lo tanto, que aquélla depende de la estructura interna de las moléculas, y no de la posición relativa de las mismas: para las primeras se admite que la asimetría depende de la colocación de los grupos atómicos que forman la molécula alrededor del núcleo de ésta; y para las segundas se admite que la asimetría depende de la colocación asimétrica de los átomos en aquellos grupos.

Aplicando esta hipótesis á los compuestos de carbono, puesto que en las sustancias orgánicas es en las que más principalmente se ha observado la actividad óptica; y desenvuelta casi al mismo tiempo por Van't Hoff y Le Bel, á quienes se puede considerar como los verdaderos fundadores de la Estereoquímica, la teoría del carbono asimétrico y su aplicación á los cuerpos ópticamente activos, nos encontramos con que la base de este sistema consiste en considerar las valorías del carbono simétricamente dispuestas en el espacio alrededor del átomo de aquel cuerpo, ya considerándolas como direcciones atractivas emanadas del carbono, ya como polos de atracción situados en la superficie de una esfera: sea ello como quiera, su distribución deberá ser simétrica en el espacio, haciendo caso omiso de las acciones externas posibles. Suponiéndolas como polos de atracción, situados sobre la superficie de una esfera, corresponderán á los vértices de un tetraedro inscrito en aquélla; y, considerándolas como direcciones atractivas, las valorías estarán representadas por las rectas trazadas desde el centro á los vértices del tetraedro. En uno y otro caso se toma el tetraedro como símbolo del carbono, á cuyos vértices se fijan los radicales. Ahora bien: al fijarse éstos, ¿no podrá alterarse la distribución de las valorías y producirse, hablando en lenguaje estereoquímico, la deformación del tetraedro re-

gular, transformándole en otro irregular? Wislicenus, Baeyer y otros admiten que sí, como parece probable *à priori*; pero dicha deformación es, por lo general, bastante débil para que sea necesario tenerla en cuenta, y no altera para nada el poder rotatorio, á menos que las cuatro valorías no sean transportadas á puntos situados en un mismo plano, cosa que no parece probable.

Si dichas valorías están saturadas por cuatro radicales monovalentes distintos, dicho átomo será asimétrico, y el compuesto resultante será activo ópticamente. Estos átomos asimétricos pueden convertirse en simétricos cuando uno de aquellos radicales es sustituido por otro igual á alguno de los tres restantes, ó dos de aquéllos por uno bivalente; y entonces dejan de ser ópticamente activos. De suerte que es posible pasar de un carbono asimétrico á otro simétrico, ó viceversa, cambiando alguno de los radicales monovalentes que saturan sus valorías, para que resulten iguales ó diferentes; y como esto puede hacerse utilizando los agentes de metamorfosis de que hoy disponemos, se explican las transformaciones de las substancias ópticamente activas en otras inactivas, ya lo sean por compensación, ya por naturaleza, expresión la primera del reposo producido por el equilibrio de dos fuerzas iguales y contrarias, y la segunda del que es debido á la ausencia de toda fuerza. Uniéndose ó ensanchándose los átomos tetraédricos del carbono, girando alrededor de alguno de los vértices que los enlaza, se han imaginado construcciones moleculares en el espacio, algunas de complicación tal, que es preciso fijar la atención en ellas con intensidad creciente para no confundirse y *poder ver* la estructura complicadísima de algunas moléculas, resultando esa especie de rompecabezas que tanto suelen atemorizar á los principiantes.

A la estereoquímica del carbono va siguiendo la de otros elementos: siendo notables bajo este punto de vista los tra-

bajos del Profesor de la Universidad de Zurich A. Werner acerca de la del nitrógeno, más complicada aún que la del carbono, por tratarse de un elemento que funciona como tri y como pentavalente, y que, aun cuando en algunos de sus derivados, como las aminas del tipo $\text{NRR}'\text{R}''$, no se hayan encontrado isómeros, y esto parece demostrar que las tres valorías de aquel cuerpo están situadas en un mismo plano, no siempre se conduce así, y, aun en el caso de funcionar como trivalente, puede dar lugar á derivados, cuya isomería guarda mucha analogía con la de los derivados etilénicos del carbono. En efecto, un átomo de nitrógeno trivalente equivale al grupo $(\text{CH})'''$, y en los compuestos en que existen uno ó más de estos grupos podrán ser sustituidos por uno ó más átomos de nitrógeno: tal sucede en el ácido cianhídrico ($\text{CH} \equiv \text{N}$), que puede suponerse derivado del acetileno ($\text{CH} \equiv \text{CH}$), sustituyendo uno de los dos grupos $(\text{CH})'''$ por el nitrógeno (N'''); la piridina $(\text{CH})_5\text{N}$, que corresponde á la benzina $(\text{CH})_6$; etc. En estos cuerpos se admite que las tres valorías del nitrógeno están dirigidas hacia tres de los vértices de un tetraedro, hallándose ocupado el cuarto por el átomo de nitrógeno. Existen, por lo tanto, derivados estereoisómeros del carbono y del nitrógeno que responden á la fórmula general $\text{abC} \equiv \text{Nc}$, y cuyas configuraciones pueden ser



Y derivados del nitrógeno, con doble enlace, también isómeros geoméricamente, que corresponden á la fórmula general $\text{aN} \equiv \text{Nb}$, cuyas configuraciones pueden ser



Y aun puede haberlos de enlace sencillo, como los derivados de la hidrazina (N_2H_4), de la fórmula general $abN - Ncd$, que pueden ser representados por los esquemas siguientes:



A los cuales pueden quizá referirse las dos modificaciones de la picrilhidrazina.

Aun ha ido más allá el ilustre Profesor de la Universidad de Zurich, extendiendo el horizonte de esta nueva rama de la Ciencia á los compuestos inorgánicos. Hay, en efecto, entre éstos algunos cuya constitución no se explica satisfactoriamente con las fórmulas ordinarias sin acudir á hipótesis secundarias muy variadas, por lo mismo que no son aplicables sino á un número limitado de cuerpos. Pertenecen á aquéllos los compuestos amoniaco-cobálticos, de constitución muy compleja, en los cuales se observan casos de isomería, á cuyo estudio se han dedicado bastantes químicos, y entre ellos Fremy, Genth, Claudet, Brann, y últimamente Cleve, Jörgensen, Gibbs, Vortmann y F. Rose. Y en parecido caso se encuentran los numerosos grupos de compuestos amoniacaes que forman el platino y algunos otros metales análogos, como el iridio, paladio, etc., cuyo estudio se ha ido completando merced á las investigaciones de Reiset, Peyrone, Rawsky, Blomstraud, Cleve, Skoblikoff, Claus, Hugo Muller, Förgensen y otros.

Llama desde luego la atención en los compuestos cobalto-amónicos el hecho siguiente (me valgo del mismo ejemplo que emplea Werner): los dos cloruros amoniaco-cobálticos, cuyas fórmulas son $(Cl_3(NH_3)_6 Co)$, la del hexamónico ó dicrocobáltico; y $(Cl_3(NH_3)_5 Co)$, la del pentamónico ó roseocobáltico, que, como se ve, aun cuando no se diferencian más que en una molécula de amoniaco, tienen propiedades químicas

cas diferentes, dignas de fijar la atención. Tratadas, en efecto, sus disoluciones por otra de nitrato de plata, ambas dan precipitado de cloruro argéntico; pero mientras el primero deja precipitar sus tres átomos de cloro, del segundo, el pentamónico, no se precipitan más que dos: es decir, que el tercer átomo de cloro de este compuesto no desempeña en él la misma función química que los otros dos: hecho que se repite, tratándolos por otros reactivos, como el ácido sulfúrico, que del hexamónico hace desprender tres moléculas de ácido clorhídrico y sólo dos del pentamónico. De suerte que el tercer átomo de cloro se encuentra en éste, á la manera que dicho halógeno se halla en muchos compuestos clorados orgánicos, en los que no se le reconoce por algunos de sus reactivos, si previamente no se destruye la molécula orgánica. La hipótesis de S. Arrhenius explica esta anomalía diciendo que de los tres átomos de cloro que contiene el tricloruro pentamónico cobáltico, sólo dos están formando sal halógena, como el cloro del cloruro sódico. Ó, lo que es igual: que sólo dos de ellos tienen la condición de *ions*, de la cual carece el tercero: hecho que se comprueba experimentalmente por la conductibilidad eléctrica de las disoluciones de ambos tricloruros, que es para el primero igual á 43,26 %, y para el segundo sólo de 26,13 %. Esta diferencia de caracteres debe corresponder, como es consiguiente, á diferencias en la constitución molecular de ambos cuerpos, suponiéndose que el cloro, enlazado directamente al metal, no tiene los caracteres de *ion*, y sí los dos átomos enlazados indirectamente, ó sea por intermedio del amoníaco.

Por no hacer más extensa esta noticia acerca de la aplicación de las fórmulas estereoquímicas, no añado á los ejemplos anteriores otros sacados de las series de los compuestos platínico-amónicos, limitándome á decir que con símbolos ó esquemas octaédricos se explican los casos de

isomería observados en aquéllos, de la misma manera que se hace con las isomerías de posición en los compuestos orgánicos de que me he ocupado antes.

La representación esquemática de las moléculas en el espacio, conforme á los principios de la Estereoquímica, trae como corolario la pregunta siguiente: ¿cuál es la forma exterior de la molécula química? Pregunta que sintetiza la que puede llamarse morfología molecular, respecto de la cual, si algo se ha hecho, queda aún mucho camino que recorrer. No es mi propósito entrar de lleno en este asunto: me limitaré á breves indicaciones, las únicas que juzgo necesarias para el desarrollo de lo relativo á la anatomía molecular; pues conocida es la estrecha relación que existe entre la morfología de los seres organizados y su anatomía.

Como cuestión preliminar, es preciso dilucidar si el concepto de molécula es el mismo en Química, que en Física, que en Cristalografía: es decir, si la molécula química es la misma que la física y la cristalográfica ó partícula cristalina. Hay razones en pro y en contra de esta opinión: comenzaré por lo que se refiere á la molécula química y á lo que se llama partícula cristalográfica. Puede ocurrir que ésta, es decir, el poliedro elemental de un cristal, esté constituido por la molécula química, ó que tenga una estructura más compleja que la de aquélla: lo expuesto acerca de los esquemas poliédricos, como representantes de la constitución de la molécula química, puede aducirse en apoyo de la primera opinión, y esto explica las tentativas realizadas para deducir de la fórmula química la forma cristalina.

Según Wyrouboff, cualquiera que sea la diferencia que se establezca entre la molécula cristalina y la química, será necesario poder construir aquélla con ésta, para lo cual es preciso que la simetría de una y otra sean idénticas. A estas opiniones parece oponerse el dimorfismo de algunos cuer-

pos, como el carbonato cálcico en sus dos formas, la romboédrica del espato de Islandia y la prismática orthorrómbica del aragonito. Pudiera, sí, decirse que la agrupación atómica dentro de la molécula de ambas variedades de dicho cuerpo no es la misma, y que de ahí procede la diferencia de formas cristalinas. Pero entonces habría que admitir que eran isómeras y considerar el dimorfismo, y en general el polimorfismo, como casos de isomería; y sabemos que uno y otro son fenómenos de orden distinto, puesto que la isomería subsiste aunque el cuerpo cambie de estado, y el polimorfismo desaparece en cuanto desaparece la forma cristalina: la isomería es un fenómeno no reversible físicamente, y el polimorfismo reversible. Además, cualquiera que sea el concepto que se forme de un edificio molecular, construído alrededor de un átomo de carbono como núcleo, sábase, por ejemplo, que un derivado del carburo tetrahídrico, cuyos cuatro átomos de hidrógeno hayan sido sustituidos por cuatro radicales idénticos y situados á la misma distancia de aquel átomo central, debería dar, si es una substancia cristalina, cristales pertenecientes al sistema cúbico: cosa que no confirma la experiencia.

Béhal y otros creen que la molécula cristalina y la química son esencialmente distintas, y que la partícula cristalina, el poliedro primitivo de un cristal, es un edificio complejo, formado por la unión de un número variable, probablemente muy grande, de moléculas químicas, que pueden estar colocadas dentro de aquél en un orden determinado, igual ó diferente del que tengan las partículas cristalinas al reunirse para formar el cristal: partículas dotadas de todos los caracteres de los cuerpos cristalizados; y en apoyo de ello milita el hecho de las manifestaciones térmicas que se producen durante la cristalización. Puede aducirse también que es imposible admitir que la molécula cristalina subsista cuando el cuerpo se disuelve, y que á ella deba atribuirse la

actividad óptica que poseen algunas disoluciones. Así, el clorato y el bromato sódico, sólidos y cristalizados, son ópticamente activos, y sus disoluciones no; y, en cambio, la esencia de trementina, que no cristaliza, posee el poder rotatorio líquida, en disolución y hasta en vapor: actividad que no es posible atribuir por lo tanto á la molécula cristalina, que no existe en este caso. Desconocemos, pues, cuál es el número de moléculas químicas contenidas en una cristalina; y ésta parece indudable que constituye un edificio más complejo que el simplemente molecular.

En mi opinión, y discurriendo por analogía, puede ocurrir que en unos casos la partícula cristalina y la molécula química sean una misma, y en otros que aquélla sea un polímero de ésta: de la misma manera que la molécula física coincide unas veces con la química y otras es un agregado de dos ó más de éstas: como hay moléculas químicas, formadas por un solo átomo, y otras por la unión de dos ó más. El hecho ya mencionado de haber cuerpos que en estado sólido y cristalizados tienen el poder rotatorio que pierden al disolverse, mientras que otros le conservan en estado de disolución y aun de vapor, puede relacionarse con aquella idea. Además, hay ejemplos de coincidencia entre la simetría cristalina y la molecular: tal es la de los hexacloruros de benzeno, cuya mezcla se produce sometiendo aquel cuerpo á una corriente lenta de cloro en presencia de los rayos solares: mezcla de la que se pueden separar, por cristalizaciones sucesivas en el cloroformo, una parte del hexacloruro octaédrico por cuatro del clinorrómbico, de los cuales el primero posee mayor simetría en su molécula química que el segundo, y es más estable, más denso y menos volátil, y, además, de forma cristalina más simétrica.

Respecto á si la molécula física, es decir, la porción más pequeña de los cuerpos que los físicos tienen que considerar en éstos, coincide ó no con la molécula química, es pre-

ciso fijar bien la atención, porque de ello depende el valor que debemos dar á las constantes físicas en la determinación de los pesos moleculares.

Es una de éstas, y de las más importantes, la que se refiere á la densidad de los cuerpos en estado gaseoso; y tal es su importancia, que se ha llegado á considerar en todos casos como molécula química la masa determinada por medio de aquella densidad, es decir, la menor cantidad de un cuerpo que puede existir en estado de vapor; pero sabido es que ésta varía con la temperatura á que se opera, como sucede, por ejemplo, con el azufre (6,654 á 500; 2,93 á 665°; y 2,22 de 860 en adelante), y los cuerpos en que esto ocurre tienen, aparentemente al menos, dos ó más pesos moleculares. Sabida es la discusión que sostienen los químicos acerca de la fórmula del cloruro de aluminio, pues, dentro de ciertos límites de temperatura, la densidad de su vapor conduce á la de $\text{Cl}_6 \text{Al}_2$, y, pasado dicho límite, aquella densidad va descendiendo hasta reducirse á una mitad, y su fórmula se convierte en $\text{Cl}_3 \text{Al}$. En cambio, la densidad del vapor del anhídrido arsenioso da para su molécula la fórmula $\text{As}_4 \text{O}_6$, doble precisamente de la $\text{As}_2 \text{O}_3$ á que conducen las consideraciones de orden químico; es decir, que no coinciden los datos físicos y químicos aplicados á la determinación de la masa molecular de este y otros cuerpos, y que, aplicando á dicha determinación sólo el procedimiento de la densidad del vapor del cuerpo, pueden obtenerse resultados erróneos por exceso ó por defecto, según que á la temperatura á que se determine la densidad del vapor persistan agrupadas dos ó más moléculas, como ocurre en el anhídrido arsenioso, ó que, al contrario, por efecto de la disociación que experimente la molécula á aquella temperatura, se divida en otras más pequeñas, como sucede en el cloruro de aluminio. Claro es que unas y otras son verdaderas dentro de las condiciones en que se consideran; pero

como el concepto de molécula química ha de ser un concepto fijo é invariable, éste debemos deducirle de consideraciones de orden químico, y si en algunos casos la experiencia no permite aún resolver de una manera segura cuál es la verdadera magnitud de la masa molecular del cuerpo, será preciso esperar á que se haga el estudio completo de aquel que permita fijar con criterio químico su verdadero peso molecular. Es decir, que en esta cuestión, como en otras, la ciencia química tiene su horizonte bien marcado, en terreno exclusivamente suyo.

Sentados estos conceptos, ocurre preguntar si, al disolverse un cuerpo, existe en la disolución el edificio molecular tal cual era antes, ó si se fracciona, dividiéndose y subdividiéndose, hasta quedar más ó menos aislados los átomos que le forman. En la actualidad no existe prueba directa y decisiva acerca de esto; sin embargo, se han emitido hipótesis y se han hecho y se hacen trabajos experimentales para resolver esta cuestión, que, si bien por la índole de este discurso no podemos exponer detalladamente, es preciso indicarlos siquiera, por tratarse de puntos de vista en la Ciencia, que son objeto de grandes controversias.

De los principios de la termodinámica y de la teoría cinética de los gases se han deducido fórmulas que, interpretadas en el lenguaje de la hipótesis molecular, conducen á la conclusión de que, en las disoluciones, las moléculas gaseosas conservan su individualidad. Demostrada la analogía que existe entre el estado en que se encuentran en las disoluciones los cuerpos sólidos y el estado gaseoso, se ha podido hacer extensivas á aquéllas las leyes de Boyle, de Gay Lussac y de Avogadro; y, para explicar la falta de coincidencia entre algunos resultados obtenidos experimentalmente y los que arroja la aplicación de aquellas leyes á las disoluciones, se han formulado hipótesis muy ingeniosas, alguna de las cuales ha motivado discusiones violentas, por-

que se opone á lo que hasta ahora se ha admitido en Química: me refiero á la de S. Arrhenius, según la cual los compuestos más estables se separan en sus elementos, en *ions*, por simple disolución, sin que se produzcan sino muy débiles cambios térmicos. Ya Lavoisier, hace más de cien años, llamó la atención sobre el papel que desempeña el agua en las disoluciones, que no es meramente pasivo, sino agente, con una fuerza real y perturbadora, que es necesario tener en cuenta al estudiarlas. En el caso de ser buenas conductoras de la electricidad, la corriente eléctrica se limita á conducir los ions á uno ú otro de los electrodos.

Graves objeciones se han hecho á esta hipótesis, y entre ellas la de que es difícil admitir en las disoluciones cuerpos aislados, que, sabido es, reaccionan con energía con el agua: tal sucede con el cloruro potásico, por ejemplo, en cuya disolución, según la hipótesis de Arrhenius, deben existir aislados el cloro y el potasio. A esta objeción contesta su autor que no es preciso considerar los ions, libres en el seno de la disolución, como idénticos á las moléculas aisladas de los mismos cuerpos, consistiendo quizás la diferencia en su estado de agregación molecular, y, sobre todo, en el hecho de que los ions poseen una fuerte carga eléctrica, positiva ó negativa, que impide toda acción sobre el disolvente: en resumen, que el ion se diferencia mucho de la molécula, por lo que no se deben buscar en las disoluciones donde aquél se encuentre libre las propiedades del cuerpo que le constituye.

En apoyo de esta hipótesis pueden aducirse los hechos siguientes: las disoluciones electrolíticas no pueden transmitir la electricidad sin descomponerse previamente, lo que conduce á admitir que el transporte de aquélla se efectúa por intermedio de los ions; su conductibilidad eléctrica variará, por lo tanto, con la relación que haya entre el número de las moléculas disociadas que son activas, y las que per-

manezcan íntegras; y como, en las disoluciones muy diluídas, dicha conductibilidad es constante, la sal debe estar completamente disociada en ions, y el hecho de ir disminuyendo á medida que aumenta la concentración parece comprobar que en las más ó menos concentradas debe persistir un número mayor ó menor de moléculas no disociadas. Ya en 1857 Clausius hizo observar que la electrolisis comienza con la menor diferencia de potencial, según lo demuestra la polarización de los electrodos; y como las propiedades de las disoluciones no varían cuando se hace pasar por ellas una corriente eléctrica, es muy natural suponer que las moléculas se encuentran ya en un estado particular de *ionización* ó disociación eléctrica, merced á la cual la acción de la corriente se reduce, como ya se ha dicho, á ordenar y dirigir los ions hacia los electrodos, donde, al depositarse sobre éstos, se descargan de la cantidad de electricidad que aportaban.

El estado de disociación en que se supone se encuentran los cuerpos disueltos lo había previsto Valson en sus estudios sobre las densidades de las disoluciones que contiene una molécula gramo por litro, que le condujeron á formular la *ley de los módulos*, según la cual la densidad de una disolución salina normal puede deducirse conociendo la de otra tomada como tipo, añadiendo á ésta dos números (*módulos*), uno correspondiente al radical electro-positivo y otro al electro-negativo, característicos para cada radical é independientes entre sí. La existencia de los módulos bastaría casi por sí sola para llegar á la hipótesis de la disociación electrolítica. Dicha ley fué extendida después á otras muchas propiedades físicas, tales como el volumen específico, el frotamiento interno, la compresibilidad, el poder rotatorio, etc. También lo había previsto Raoult en los suyos acerca del punto de congelación de las disoluciones salinas, que le condujeron á su vez á la conclusión

de que la mayor parte de los efectos físicos producidos por las sales sobre el agua que las disuelve, tales como la disminución de las alturas capilares, el aumento de la densidad, la contracción del protoplasma, el descenso del punto de congelación, son la suma de los que producirían separadamente los radicales electro-positivos y electro-negativos que constituyen las sales, y que obrasen como si estuviesen simplemente mezclados en el líquido; pero ni Valson ni Raoult se atrevieron á atribuir una realidad objetiva á la separación en ions, hasta que Arrhenius formuló su hipótesis, objeto de grandes controversias en estos últimos años, que ha motivado gran número de trabajos experimentales, ya con objeto de combatirla, ya con el de confirmarla, debiendo mencionarse entre estos últimos los del ilustre Profesor de la Universidad de Leipzig Wilhelm Ostwald, relativos á la inversión del azúcar por los ácidos, que atribuye al hidrógeno de éstos, puesto en libertad por efecto de la disociación electrolítica; y, siendo así, la velocidad de la reacción debe ser tanto mayor cuanto mayor sea la cantidad de hidrógeno libre: hecho confirmado por la experiencia.

Otra explicación ha recibido el aumento de moléculas en las disoluciones salinas, fundada en suponer que las de las sales son aglomeraciones de otras más sencillas, que se disgregan al disolverse. Hay ejemplos que apoyan esta opinión, como el de las disoluciones de iodo, que no tienen el mismo color con todos los disolventes, siendo violadas las que produce con el sulfuro de carbono y el cloroformo, y pardo-rojizas las que da con el alcohol, el éter y otros: diferencia que se atribuye á que la molécula de aquel cuerpo está más condensada en estas últimas que en las primeras, cuyo color recuerda el de los vapores de iodo. M. Morris Læb ha hallado, por un procedimiento manométrico diferencial, ideado por Raoult, que el peso molecular del iodo en disolución etérea corresponde á I_2 , y en disolución en el sulfuro

de carbono oscila entre I_2 é I_3 , siendo casi exactamente $I_{2.5}$. Los estudios de Aignan sobre la actividad óptica del ácido tartárico le han conducido también á considerar la molécula de este cuerpo como doble, y susceptible de desdoblarse parcialmente al disolverse en agua. Otros varios hechos experimentales parecen demostrar que la condensación molecular no es la misma para algunos cuerpos en los tres estados físicos, yendo en aumento del gaseoso al sólido. Las investigaciones crioscópicas de Raoult y de A. Guye les han conducido á admitir que las moléculas del agua, del ácido acético, del alcohol metílico y de algunos otros cuerpos, deben ser múltiples.

Los que no admiten la aplicación de la teoría cinética á las disoluciones explican la constitución variable de éstas por la formación de hidratos, de composición igual á los que se depositan de aquéllas á la temperatura y en las condiciones en que se las considera, siendo debido á esto los cambios térmicos, los de coloración, etc., que tienen lugar cuando varían la temperatura, la concentración y demás condiciones de aquéllas: hecho en realidad no exacto, porque una disolución puede dejar depositar á una misma temperatura distintos hidratos, según que se le ponga en contacto con una partícula de uno de aquéllos. Berthelot, partiendo de sus determinaciones calorimétricas, opina que en las disoluciones salinas hay, bien sal anhidra, bien hidratos parcialmente disociados en sal anhidra y agua, ó en ésta y otro hidrato con menor cantidad de ella: opinión que ha sido el origen de varias investigaciones para determinar el número de hidratos que pueden formar algunos cuerpos, cuyos resultados son poco concordantes; así es que Mendeleeff ha hallado para el ácido sulfúrico cuatro hidratos, Crompton cinco, y Pickering diez y seis.

En resumen, que en el actual período científico no es posible decidir cuál es el estado molecular de los cuerpos

disueltos, y únicamente puede aducirse en favor de la hipótesis de la disociación electrolítica, que ha permitido explicar algunos hechos ya conocidos, y prever otros nuevos.

Otro punto que es preciso considerar en el estudio de las moléculas químicas es su peso, cuya determinación es de la mayor importancia, porque su conocimiento influye muy directamente en el de la estructura de las cadenas de átomos que forman la molécula. A pesar de que la hipótesis de Avogadro suministra un procedimiento de gran valor para determinar la magnitud de la masa molecular, y de los progresos realizados, según se ha dicho, para hacer extensivas á los líquidos y sólidos algunas de las leyes á que se encuentran sometidos los cuerpos en estado gaseoso, y de ser hoy bastante numerosos los procedimientos que se conocen para determinar los pesos moleculares, es lo cierto que son pocos, relativamente, los cuerpos de los que se conocen aquéllos con exactitud; y, como consecuencia, la determinación de su estructura molecular es un problema mucho más difícil de resolver de lo que parece: por lo cual nuestros conocimientos respecto á este punto no tienen toda la certidumbre que fuera de desear. Además, las propiedades físicas de los gases parece que no tanto dependen de la naturaleza íntima de las moléculas que los forman, cuanto del movimiento de propagación rectilínea de aquéllas, y de la temperatura á que se encuentran sometidos. Se utilizan hoy, es cierto, para la determinación de las masas moleculares, el principio de Van't Hoff sobre la presión osmótica de las disoluciones, el descenso de la presión del vapor en aquéllas, la elevación de su punto de ebullición, el descenso de su punto de congelación, y otros; pero, repito, que, á pesar de todo, no se ha dicho aún la última palabra, por lo que respecta á este punto tan importante, de la anatomía de las moléculas.

II

Es evidente que en los cuerpos hay algo más que la masa que les forma, que la materia que les constituye. Si no lo hubiese, es decir, si la materia fuese inactiva, los cuerpos permanecerían eternamente unos en contacto de otros sin reaccionar, sin que sus moléculas entrasen en conflicto, sin que se produjesen los cambios que constantemente observamos en la naturaleza y producimos en los laboratorios. Ni tendrían lugar tampoco las transformaciones tan sorprendentes de la constitución de las rocas al parecer más inertes, ni las metamorfosis tan variadas que observamos en los seres vegetales y animales, no sólo durante su vida, sino después que cesa ésta, y se encuentra sometida la materia que los formaba á la acción del medio que la rodea y á la de los seres infinitamente pequeños que se encargan de metamorfosear aquélla para simplificar las moléculas más complicadas, transformándolas en otras más sencillas, restituyendo al aire y á la tierra los elementos que el vegetal y el animal habían tomado de ellos, y que, de no ser así, llegarían á faltar á los seres que les sucedieron. Porque, como la materia no se crea, la vida sería cada vez menos posible; y como tampoco se aniquila, se irían almacenando las enormes cantidades de ella que constituyeron los seres que mueren: formándose así una especie de capital amortizado é improductivo, que modificaría los cambios en esa especie de comercio, influyendo desastrosamente en el equilibrio de la balanza comercial.

Las transformaciones incesantes de la materia nos demuestran que hay algo que las motiva, que la impulsa á realizarlas, que produce en ella la actividad continua, diametralmente opuesta á la pretendida inmovilidad que admi-

tía la escuela eleática, y que la condujo á creer que los seres vegetales y animales ni nacían, ni se desarrollaban, ni se reproducían, ni morían. Y acerca de lo que es ese algo, esa causa de la actividad de la materia, en virtud de la cual se realizan las transformaciones químicas, han discurrido, discurren y discurrirán los hombres pensadores de todas las épocas, para darse cuenta del por qué se realizan aquéllas; y si hubiéramos de exponer, siquiera fuese á la ligera, lo que acerca de esto se ha escrito, daríamos á este discurso una extensión excesiva.

Las moléculas químicas, ya lo hemos dicho, son verdaderos organismos en acción; los átomos que las forman están dotados de movimiento, de *fuersa viva*, y realizan aquél conforme á ritmos marcados; y las moléculas mismas efectúan movimientos que les son peculiares. En suma: el organismo molecular está dotado de energía, que le hace desempeñar las funciones propias de cada molécula, dadas las condiciones en que se halla colocada, y que origina, no sólo las perturbaciones que tienen lugar dentro del organismo molecular, sino las que tienen lugar entre unas y otras moléculas, cuando se las coloca en circunstancias apropiadas. En el mecanismo de esa actividad molecular tiene gran influencia la disposición de los grupos de átomos, verdaderas *submoléculas* que forman la molécula, y que á la manera de las distintas partes, de los distintos miembros de los organismos vegetal y animal, cada uno desempeña la función que le está encomendada, tomando parte en las acciones que entre las moléculas tienen lugar, regidas siempre por las leyes admirables que presiden á todas las acciones naturales: leyes, unas, ya descubiertas, merced á la labor incesante á que vienen entregadas tantas generaciones de hombres de ciencia; otras en vía de serlo dentro de breve plazo; y otras cuyo descubrimiento constituirá la labor de los sabios del porvenir.

En muchas ocasiones parece que la materia que forma los cuerpos no está dotada de energía, porque consideramos los cuerpos aislados, en condiciones de que no reaccionen entre sí. Su energía se halla entonces *latente*, y no puede manifestarse mientras en la esfera de acción de un cuerpo no penetre otro capaz de reaccionar sobre el primero. En cuanto esto ocurre, la perturbación sobreviene, unas veces con la forma aparatosa con que se realizan esas acciones químicas, acompañadas de manifestaciones externas muy ostensibles, tardando en ocasiones lapsos de tiempo sumamente largos, como ocurre en algunas eterificaciones. Y estas perturbaciones ocurren, como lo enseña la experiencia, ya espontáneamente al parecer, ya necesitándose el concurso de una energía extraña.

Échese, por ejemplo, un trozo del metal potasio en agua, y en el acto comienza á desarrollarse una acción enérgica; el trozo de metal adquiere la forma esférica, y se mueve vertiginosamente en la superficie del líquido, del cual se desprenden numerosas burbujas gaseosas, que se inflaman produciendo llamaradas de color purpúreo; y todo termina con un chasquido seco. Para que esta acción se haya realizado no ha sido preciso más sino que el potasio y el agua se hayan puesto en contacto, sin necesidad de ninguna otra acción mecánica, calorífica, luminosa ó eléctrica, que la provocase.

En cambio, colocad en un frasco de vidrio una mezcla gaseosa formada por el oxígeno y el doble de su volumen de hidrógeno; dejadlos allí todo el tiempo que queráis, sin que varíen ni la presión, ni la temperatura, ni ninguna de las condiciones en que se les colocó; y, si el frasco cierra perfectamente, allí les encontraréis siempre mezclados en las mismas proporciones. Pero comprimid la mezcla brusca-mente en el eslabón neumático, ó elevad su temperatura á $+560^{\circ}$, y aun menos, según experimentos modernos, ó

haced saltar en ella una chispa eléctrica, y en seguida se realizará la combinación de ambos gases para formar agua, con todo el aparato tan conocido por cuantos asisten á las cátedras de Química elemental.

En este caso, y otros que pudieran mencionarse, es necesario excitar la combinación de los cuerpos para que se efectúe la acción química; pero como no hay acción alguna en la Naturaleza que no reconozca una causa, y como al espíritu humano no le satisface el mero conocimiento de los hechos, ni el limitarse á catalogarlos cual los volúmenes de una biblioteca ó las plantas de un jardín botánico; como es su aspiración constante elevarse desde los hechos de observación y experimentación á sus causas, para formular las leyes que los rigen, desde muy antiguo se dedicaron los hombres de ciencia á investigar aquellas causas. Y, no pudiendo definir su naturaleza íntima, para satisfacer su noble aspiración formularon, y continúan formulando, las más extrañas hipótesis, en sustitución las últimas de las primeramente propuestas, reconocidamente defectuosas. Así se crearon gran número de fuerzas misteriosas, como la catalítica, para explicar en la apariencia lo en el fondo inexplicable, ó muy difícilmente comprensible.

Para adelantar en la explicación plausible de los fenómenos químicos, se han perfeccionado los medios de observar y experimentar, á fin de conseguir la posesión de los hechos en sus menores detalles, supliendo la imperfección de nuestros sentidos con aparatos que permiten conocer todos los que antes se habían escapado á la observación (como ha sucedido con el estudio de las fermentaciones aplicando el microscopio), con lo cual ha ocurrido en algún caso que se ha hallado el lazo de unión entre el hecho observado y su causa. En esta labor incesante se han ocupado, ocupan y ocuparán muchos sabios, que no se desaniman porque en bastantes ocasiones tengan que desandar el camino recorrido,

por haber tomado como guía alguna hipótesis que pareció, al formularse, potente foco de arco voltaico, y se convirtió después en miserable lamparilla de aceite, que, en vez de iluminar los objetos, les rodea de sombras que los desfiguran por completo. Decía Sainte Claire Deville, en sus notables lecciones sobre la disociación, que estaba muy persuadido de que, si los químicos se decidiesen á no pagarse de hipótesis y de expresiones mal definidas, si se decidiesen á reconocer su ignorancia sobre los fenómenos que creen haber comprendido porque les refieren á causas ocultas, se realizarían progresos rápidos en la senda que nos señalan la Física y las ciencias de puro razonamiento.

Caracteriza al actual período del desarrollo de la Química la reducción de esas causas ocultas á una sola, la energía: con lo que se ha conseguido la gran ventaja de unificar todos los fenómenos químicos entre sí y con los físicos, estrechando con ello ese consorcio íntimo entre las dos ciencias consideradas siempre como hermanas, y además ha permitido sentar los cimientos de la Mecánica química, que, el día que adquiriera todo el desarrollo que hacen prever sus primeros pasos, permitirá conocer el fenómeno químico cuantitativamente y medirle en sus diferentes manifestaciones, estableciendo la Química matemática. Pero es preciso no exagerar el valor de este nuevo rumbo de la Ciencia, en el que ha entrado de lleno hace apenas un cuarto de siglo, porque puede conducir á la tendencia de sustituir el cálculo á la experimentación, lo abstracto á lo concreto, las combinaciones de números á las combinaciones de los cuerpos. Por lo cual, sin duda, con manifiesta exageración, afirmó Röscoe que, “si los hechos no concuerdan con la teoría, tanto peor para los hechos,; afirmación á la que creo debe oponerse esta otra: “si los hechos no concuerdan con la teoría, tanto peor para la teoría,; porque el hecho se realiza siempre en las mismas condiciones, siendo inmutable si

aquéllas no varían, y todos sabéis lo variables que son las teorías, precisamente por no poder explicar hechos nuevos ó los ya conocidos cuando se les observa mejor.

En cambio, la experimentación razonada, especie de síntesis experimental que va substituyendo al experimento efectuado al azar, como por simple intuición, es causa de que, hoy, la mayor parte de los cuerpos que los químicos descubren lo sean siguiendo una ruta previamente establecida, que es lo que ha permitido una vez más demostrar que la Naturaleza no procede por saltos, sino que todos los fenómenos naturales forman series, no habiendo ninguno que sea aislado, sino que es un término de una de dichas series, de la que es posible que no se conozca más que ese término; y, estudiados en su esencia íntima, puede asegurarse que no es posible fijar dónde termina el fenómeno físico y comienza el químico, dónde termina la combinación y comienza la mezcla.

El conocimiento de los fenómenos que acompañan á las acciones químicas data de la antigüedad más remota; tanto que se les atribuyó en los tiempos primitivos un origen sobrenatural, pues no otro presumían podían tener fenómenos tan sorprendentes como son los que acompañan á algunas de aquéllas: sin embargo, ya los peripatéticos decían que el fuego existe en la madera en *potencia*, en cuya expresión parece vislumbrarse una idea acerca de la energía. Cuando se trató de explicarles con carácter más científico, se les atribuyó á una fuerza en virtud de la cual los cuerpos tienden á unirse unos con otros. Alberto el Magno fué de los primeros que aplicaron la palabra *afinidad* para designar aquella fuerza, en el sentido que hoy se da á dicha palabra en el lenguaje químico, cuya acepción difiere de la que tiene en el lenguaje ordinario, pues en éste significa “analogía ó semejanza,” de una cosa con otra, y precisamente los cuerpos más semejantes por sus caracteres químicos son los que tienen menos afinidad, siendo ésta mucho mayor en-

tre los más desemejantes ú opuestos en aquellos caracteres.

No es mi propósito exponer cronológicamente los diversos conceptos que acerca de la afinidad han dado á conocer tantos sabios ilustres como se han ocupado en este asunto: en las obras sobre Historia de la Química se encuentran desarrollados aquellos conceptos, y muy detalladamente en la publicada en 1891 por el ingeniero y profesor de Química M. Raoul Yagnaux: Conviene, sin embargo, á mi propósito consignar que Roberto Boyle admitió ya que los fenómenos de combinación y descomposición que tienen lugar en las acciones químicas son debidos á la atracción mutua de las partículas de que suponía constituídos los cuerpos, y que el gran Newton aplicó á los fenómenos químicos la ley de la atracción universal, convenientemente modificada y generalizada; pero, careciendo para realizar esta idea de un conjunto de observaciones bien ordenadas que le permitiesen extender aquella ley á los fenómenos químicos, tuvo que limitarse á meras presunciones ó conjeturas, que expuso en algunas páginas de su *Optica*: conjeturas que han sido la guía durante siglo y medio de las teorías formuladas por muchos físicos y químicos. Aplicando aquellos conceptos á las reacciones químicas más diferentes, trató de demostrar que todas ellas se explican por las acciones que las partículas de los cuerpos ejercen entre sí, acciones que no son sensibles sino á distancias infinitamente pequeñas, cuya magnitud varía con la naturaleza de las sustancias entre las que tienen lugar. Las ideas de Newton influyeron mucho en los químicos del siglo XVIII: todos adoptaron la explicación que aquel astrónomo eminente dió de las reacciones químicas, pero sin intentar profundizarla. Sin embargo, Buffon hizo consideraciones muy atinadas acerca de la aplicación de la ley de la atracción universal, para explicar la afinidad química, admitiendo que la distancia de los átomos que se atraen influye tanto ó más que su masa.

En la hipótesis de Newton se entreveía la base de una teoría reguladora de las condiciones en que se realizan las acciones químicas: el punto de partida de una Mecánica química, fundada en los mismos principios que le sirvieron para fundar su Mecánica celeste, y á Laplace y Poisson para bosquejar la Mecánica física. Sin embargo, hasta los primeros años del siglo actual (1803), en que Berthollet publicó su *Ensayo de Estática química*, en el que consignó muchas ideas originales para aquella época, no comprendidas por sus contemporáneos, puede decirse que no adquirió la afinidad un concepto genuinamente matemático; y sus puntos de vista, que examinados hoy, transcurrido casi un siglo, parecen verdaderas profecías científicas, han adquirido una importancia excepcional en nuestra época. Un ejemplo bien notable de ello le encontramos en la idea consignada por Berthollet, de que puede ocurrir el caso de que las afinidades químicas, como las fuerzas que se estudian en la Mecánica, lleguen á actuar en sentido opuesto y, por lo tanto, á producir un *equilibrio químico*; noción y palabra introducidas por aquel sabio, cuya idea desarrolló en sus célebres investigaciones acerca de las acciones mutuas que tienen lugar entre cuerpos en disolución. Parece imposible que haya necesitado transcurrir tanto tiempo para que se hayan penetrado los químicos de la importancia de las ideas de Berthollet: á ello han contribuído, sin duda, las que sustentó acerca de la ley de las proporciones definidas, consignadas en sus *Investigaciones sobre las leyes de afinidad*, leídas en 1799 en el Instituto de Egipto, que celebraba sus sesiones en el Cairo, y después en su *Estática química*: ideas que fueron combatidas por Proust, defendiéndose Berthollet con tal sagacidad, que consiguió fijar la atención hasta de aquellos de sus lectores que estaban más convencidos, por experiencia propia, de la exactitud de las opiniones sustentadas por Proust.

Las opiniones de Berthollet tuvieron otros muchos y valiosos impugnadores, entre ellos Gay Lussac, que combatió la influencia tan grande que concedía á la cohesión en las acciones químicas, opinando que no ejerce sino un papel muy secundario, puesto que no hace sino revelar la afinidad, haciendo sensibles sus efectos, siendo absurdo admitir, como decía Thenard, que pueda influir la cohesión en los componentes de un cuerpo aun no formado.

Otro concepto que los químicos han tenido acerca de la naturaleza de la afinidad, es aquel en que se consideró que las acciones químicas son debidas á atracciones y repulsiones eléctricas, fundándose en esto las llamadas teorías electroquímicas. Las electrolisis realizadas por Carlisle y Nicholson, por Cruikshank, Henri, Berzelius, y, sobre todo, las de los álcalis realizadas por Davy en 1807, fueron las que sirvieron de fundamento para explicar todas las combinaciones y descomposiciones químicas por acciones eléctricas. La semejanza entre los fenómenos que se producen al neutralizarse electricidades contrarias y al combinarse cuerpos de caracteres también antagonistas, explica que se atribuyesen unos y otros á la misma causa, y, por tanto, que se creyera que los fenómenos químicos eran debidos al mayor ó menor antagonismo eléctrico. Pero, á medida que se fueron aplicando estas ideas, fué necesario modificar las hipótesis electroquímicas para poder explicar hechos que no encajaban en las que se formularon en un principio.

Esta explicación de la afinidad fué admitida por los químicos durante unos treinta años. Pero el descubrimiento de hechos que no sólo no eran explicables por las teorías electroquímicas, más ó menos modificadas, sino que además estaban en contradicción con ellas, hechos de grande importancia, que iniciaron los progresos tan rápidos de la Química orgánica, influyeron para que los químicos las fuesen abandonando, no sin que sus partidarios más decididos de-

fendiesen palmo á palmo el terreno que aquéllas iban perdiendo: defensa que indujo á Berzelius á la admisión de ideas erróneas, cual fué la de negar al cloro el carácter de elemento químico. De aquellas teorías aun queda huella en la Ciencia, como lo patentizan algunos términos muy empleados todavía en el lenguaje químico, y la enseñanza, fecunda en resultados, de la analogía que hay entre las acciones químicas y las eléctricas: enseñanza que conduce á derivar unas y otras de una misma causa.

Estos fracasos de las tentativas realizadas para explicar la naturaleza íntima de la afinidad, trajeron como consecuencia que los químicos se fuesen preocupando cada vez menos de la naturaleza íntima de aquella fuerza misteriosa, y cada vez más de estudiar sus efectos y medirlos; habiendo llegado algunos, como Sainte Claire Deville, á creer conveniente la supresión de la palabra afinidad; y, en el caso de conservarla, que se emplee las menos veces posibles y como mera expresión de una *cualidad* de la materia, de una propiedad de los cuerpos de combinarse ó no con otros, en tales ó cuales circunstancias, á la manera que unos son coloreados y otros no. Esta campaña de aquel químico no se limitó á la afinidad: se extendió á todas las fuerzas que se han imaginado para referir á ellas los hechos no explicados aún, y que con esto se dan ya por comprendidos, cuando á lo sumo se habrá conseguido clasificarlos, y con frecuencia mal: en este caso se encuentran las llamadas fuerzas catalítica, cristalogénica, de difusión, de disolución, etc., que van desapareciendo del campo de la Ciencia á medida que ésta progresa.

Adoptado el propósito de prescindir de vanas lucubraciones y de atender más á los efectos producidos por la afinidad y á medirlos, era natural que los químicos se fijasen de preferencia en uno de los más notables, cual es el calor desarrollado en las combinaciones. De ello se habían preocu-

pado ya algunos sabios, debiendo mencionarse á Lavoisier y Laplace, que estudiaron los cambios térmicos que experimenta un sistema de cuerpos al variar de estado, y que se reproducen en sentido inverso cuando el sistema recupera su estado primitivo.

La cantidad de calor desprendida ó absorbida será tanto mayor cuanto mayor sea el trabajo realizado por las masas atómicas al verificarse la acción química; y, existiendo esa proporcionalidad entre uno y otra, puede medirse aquél por la cantidad de calor desprendido ó absorbido durante dicha acción. Pero como á la par que el trabajo químico de la afinidad se efectúan otros físicos, como los de la contracción de volumen, cambios de estado, etc., acompañados también de cambios térmicos, no todo aquel calor es expresión del trabajo realizado por la afinidad; y por eso no es tan fácil apreciar éste como á primera vista parece. Además, uno de los caracteres de la combinación química es el cambio profundo en las propiedades de los cuerpos que en ella intervienen, y que supone modificación en la energía de la materia: es decir, que los movimientos que realizan los átomos en la nueva molécula son distintos, sin duda por la diferente colocación que aquéllos han tenido que tomar al formar el cuerpo ó cuerpos resultantes; y como esta transformación de la energía lleva unidos cambios térmicos, acompañados ó no de otros en las demás manifestaciones de aquélla, todo contribuye á dificultar que se pueda distinguir cuáles de ellos corresponden al trabajo de la afinidad, y cuáles á otros trabajos. Basta, para comprobar esto, estudiar la densidad de algunos compuestos, comparativamente con la de sus componentes: por ejemplo, la potasa cáustica, cuya densidad es próximamente 2 respecto al agua, mientras que la del potasio es 0,86; éste forma próximamente los $\frac{3}{7}$ del peso de la potasa; de suerte que para formar 1^{er} de ésta se necesitan más de 1,5^{er} de potasio.

A pesar de todo, y merced á las delicadas investigaciones de Thomsen y de Berthelot, se han llegado á sintetizar en un corto número de principios y teoremas, alguno muy discutido en estos últimos años, los resultados de aquellas investigaciones, constituyendo su conjunto la nueva rama de la Ciencia, llamada Termoquímica, que constituye una parte muy principal, es verdad, de la naciente Mecánica química, pero que no es por sí sola ésta, pues de mucho interés son también la Electroquímica y la Fotoquímica, que forman parte de aquélla.

De suerte que, estudiando cuidadosamente los fenómenos que se realizan durante las acciones químicas, es de esperar que se consiga determinar y medir con gran aproximación los efectos de la afinidad; y como, entre ellos, los más constantes son los cambios térmicos, de ahí que á éstos se haya prestado mayor atención y concedido más importancia. Con lo cual aquella fuerza misteriosa, que parecía imposible sujetar á medidas precisas, ha sido sometida á los principios de la Mecánica general, reduciendo á números sus efectos. Es cierto que no se ha conseguido medir su magnitud propia, ó sea la aceleración que comunica en un tiempo dado á los átomos sobre que actúa, como podemos determinar en cada instante la velocidad de la caída de un cuerpo en la máquina de Atwood; pero el trabajo que realiza cuando interviene en la formación ó en la descomposición de un cuerpo, ése sí que puede medirse con gran aproximación, si no exactamente. Y ¿quién sabe si andando el tiempo se llegarán á establecer unidades de afinidad, á la manera de las eléctricas, á las que puedan aplicarse nombres de químicos ilustres; y si podrán también extenderse á la Química los experimentos de Hertz, para demostrar que, en condiciones determinadas, las ondas eléctricas se reflejan, refractan, interfieren y polarizan de modo idéntico que las ondas sonoras, luminosas y caloríficas! Siendo entonces razonable asi-

mismo atribuir las variaciones y modalidades en los fenómenos químicos á reflexiones, refracciones, interferencias y polarizaciones de ondas químicas producidas en el éter, ese tejido conjuntivo del Universo, como le llamaba el Dr. Letamendi.

Pero resulta que, á pesar del propósito de muchos químicos de preocuparse sólo de los efectos de la afinidad, dejando á un lado todo lo relativo á su esencia, á su naturaleza íntima, como aquellos efectos están tan estrechamente ligados á la causa que los produce, no han podido prescindir de formular opiniones acerca de aquélla, que cada uno considera á su manera, observándose que las de aquellos que las fundamentan en los resultados de sus trabajos experimentales son mucho más razonadas y aceptables que las de cuantos para formularlas toman por guía exclusiva casi su exaltada imaginación. Un hecho importante se deduce de tantas disquisiciones, y es que estamos en la actualidad, respecto al conocimiento de la naturaleza íntima de la fuerza química, á la misma altura á que se encontraban los químicos de la segunda mitad del siglo pasado y primera del corriente.

Resplandece, sin embargo, á través de tantas opiniones, el hecho de que todas ó casi todas coinciden en que existe una correlación bien manifiesta entre los agentes que producen las acciones mecánicas y físicas y el que produce las químicas: los trabajos realizados en una y otras al transformarse la energía, se manifiestan con fenómenos iguales; y así como una acción mecánica origina calor, luz, electricidad, combinación ó descomposición química; y así como el calor origina acciones mecánicas, luminosas, eléctricas y químicas, y otro tanto sucede con los demás agentes físicos, así también la acción química produce fenómenos mecánicos, caloríficos, eléctricos y luminosos. Todas estas acciones deben reconocer, por lo tanto, una misma causa:

la energía de la materia, de la que son manifestaciones; pero éstas, cuando dependen de la acción química, están íntimamente relacionadas con la naturaleza de los átomos que forman los cuerpos entre los que aquélla tiene lugar, y además con el número y enlace de aquéllos dentro de la molécula. El día en que todos estos factores puedan conocerse con exactitud y relacionarse entre sí, y que este estudio se haya hecho no aislada, sino comparativamente, se podrá, como dice L. Meyer, fundar sobre bases seguras una teoría general comparativa de la afinidad, de tanto valor como el que tienen la Anatomía y Fisiología comparadas, para el conocimiento perfecto y elevado de la estructura y funcionalismo de los seres orgánicos.

De todo lo expuesto resulta que ese sistema ordenado de átomos, llamado molécula, no es un cadáver rígido y desprovisto de todo movimiento; sino, por el contrario, un organismo en acción, con movimiento de diversas modalidades: como que se mueve el organismo en conjunto, es decir, las moléculas; se mueven independientemente las diversas partes de este organismo, los átomos; y la armonía de los movimientos moleculares debe ser influenciada por la de los movimientos atómicos. Hay más, á mi entender: las moléculas de constitución complicada están compuestas de grupos atómicos, tales como el oxhidrilo, el carbóxilo, el amido, etc., verdaderas *submoléculas*, que desempeñan funciones importantes en el organismo molecular, para lo cual deben estar dotados de movimientos de un ritmo especial, en virtud del cual aquéllos, que son como miembros del individuo molécula, unidos convenientemente al esqueleto ó al núcleo de aquélla, desempeñan la función que les está encomendada; y esto explica también el hecho de que existan cuerpos de función mixta, como, por ejemplo, el ácido tartárico, en la formación de los eméticos. Se creía antes que éstos procedían de sustituir el átomo de hidrógeno de uno

de sus dos carbóxilos por el radical antimonilo ó sus análogos; ya, en 1883, Jungfleisch, fundándose en consideraciones que no es del caso exponer aquí, emitió la opinión de que aquel radical se enlaza á la molécula, no por el grupo carboxílico, como el otro radical metálico que entra á formar el emético, sino por el grupo alcohólico, para formar verdaderos éteres; y esta opinión ha sido confirmada por los trabajos de Paul Adam sobre estos compuestos, con lo que ha recibido una explicación más satisfactoria el hecho de combinarse con el ácido tartárico los ácidos arsenioso, antimonioso y otros, pues era anómalo admitir que aquellos cuerpos funcionaban como bases. Esta explicación puede aplicarse á otras muchas reacciones de cuerpos de función mixta.

Acerca de la naturaleza del movimiento de los átomos se han emitido numerosas opiniones, entre las que debe mencionarse la de W. Thomson, acerca de los *átomos torbellinos*, porciones de un fluido perfecto que llena todo el espacio, animadas de movimientos en forma de torbellino, perfectamente limitadas y distintas de aquel fluido y unas de otras, no por su substancia propia, que es la misma, sino por su masa y por las modalidades de sus movimientos, cualidades que conservan y conservarán eternamente y que no pueden desaparecer ó destruirse, ni crearse espontáneamente. Claro está que los átomos homogéneos estarán constituidos de la misma manera y dotados de las mismas propiedades, que serán expresión de vibraciones realizadas siguiendo el mismo ritmo; así ocurre con los del hidrógeno, cuyas vibraciones son idénticas en los tubos de Geissler, que en el sol ó en la nebulosa más lejana, como lo denuncian las rayas de su espectro. Esta hipótesis tiene una comprobación experimental, mejor dicho, una representación muy gráfica en los anillos que produce el hidrógeno fosforado, cuando arde espontáneamente, al romper sus burbujas la superficie

del agua; acuden también en su apoyo las investigaciones de Helmholtz acerca de los movimientos en forma de torbellino que existirían en un líquido perfecto, exento de todo rozamiento.

Sea cualquiera la opinión que acerca de esto se sustente, todas coinciden en el hecho capital de que la materia está dotada de energía, en virtud de la cual se realizan los fenómenos físicos y químicos, que son una manifestación de aquélla; y por esa energía cada partícula de materia realiza el papel que tiene asignado en el conjunto de la creación, y sus transformaciones sucesivas establecen el admirable encadenamiento que enlaza los fenómenos naturales unos con otros, aun los al parecer más desemejantes: es la causa de la actividad del Universo.

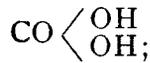
Nuestros sentidos no pueden apreciar la energía como entidad aislada, porque no están organizados para apreciar la monotonía de la homogeneidad, sino solamente las diferenciaciones de la energía general, ó, dicho de otra manera, los desequilibrios de ésta, verdaderos desniveles de potenciales: por eso apreciamos las diferencias de temperatura, de intensidad luminosa, cargas eléctricas, etc. Cuando la energía almacenada en un cuerpo, es decir, la energía latente, se hace ostensible, produciendo un cierto trabajo, como se dice hoy, pasa de una forma á otra, y en estas transformaciones hay alguna que es á manera de energía de transición: tal consecuencia parece deducirse de la acción de los rayos de Röntgen sobre algunos cuerpos, que parece demostrar que la energía de aquéllos no es ni la lumínica, ni la eléctrica, sino una forma intermedia, una especie de energía de transición.

Por la energía se realiza la acción química, originándose cambios recíprocos entre los átomos ó grupos de éstos que las moléculas contienen, ó modificándose su disposición dentro de aquélla, encadenándose de diferente forma que lo es-

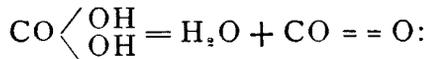
taban, ó variando los enlaces de unas moléculas con otras, para constituir un edificio molecular más complicado. En todos estos casos se realiza algún trabajo, y la energía se transforma, puesto que, en la nueva posición de equilibrio que han tomado las partículas materiales, las relaciones entre unas y otras y las propiedades del nuevo cuerpo exigen cantidades de energía ó modalidades de ésta, diferentes que las anteriores; y de ahí las manifestaciones mecánicas, caloríficas, luminosas ó eléctricas que acompañan á la acción química, con gran intensidad en unos casos, y poco á poco, casi imperceptiblemente, en otros, estando relacionada la intensidad de aquellas manifestaciones con la velocidad con que se realiza el cambio químico, instantáneo ó casi instantáneo unas veces y de muy lenta producción en otras, y que exige lapsos de tiempo muy grandes para llegar á su término, bastando unas veces la energía contenida en el sistema de cuerpos que reaccionan, y exigiendo otras el concurso de una energía extraña, que ó sólo es necesario para iniciar la acción, que después continúa por sí sola, ó ha de prestarlo durante todo el tiempo que dura el proceso de la reacción hasta alcanzar el nuevo estado de equilibrio.

Las acciones químicas no tienen lugar solamente entre moléculas distintas: las hay también intramoleculares, ó que se realizan dentro de una misma molécula, entre los grupos atómicos unidos al núcleo ó esqueleto de aquéllas: acciones que, si bien es posible representar gráficamente por las fórmulas de estructura, exigen para explicarlas satisfactoriamente que se acuda á las estereoquímicas, las cuales permiten ó facilitan la previsión de algunos fenómenos que en aquellas acciones tienen lugar. Se explican éstas por la *teoría de la tensión ó tendencia á la rotura de la molécula*, dada á conocer por Bøeyer en 1885: rotura que puede ir acompañada de transformación brusca de energía potencial en cinética, como ocurre en la explosión de ciertas subs-

tancias que absorbieron energía al transformarse un enlace doble de los átomos de carbono en triple, habiéndose demostrado que su explosibilidad aumenta á medida que aumentan aquellos enlaces triples: de lo cual son buen ejemplo los ácidos *diacetileno-dicarbónico*, que detona violentamente á + 177°, y el *tetra-acetileno-dicarbónico*, cuya explosibilidad excesiva hace su manejo muy peligroso, casi imposible. Pertenecen también á estas acciones intramoleculares las que se efectúan entre dos radicales unidos á un mismo átomo de carbono: reacciones muy frecuentes, por lo muy próximos que están dichos radicales dentro de la molécula: lo cual facilita la compenetración de sus esferas de acción química, produciéndose, como dice Bischoff, una *colisión* intramolecular, porque el sistema primitivo tiene que ser necesariamente poco estable; necesitándose, para que no estalle la colisión, que acciones extrañas separen los dos radicales, á fin de que no lleguen á penetrarse sus esferas de acción. Tal sucede en el ácido carbónico



que sabido es no se le ha podido aislar en estado de libertad, porque los dos oxhídricos pueden originar, por su proximidad, la reacción siguiente:



mientras, por el contrario, son estables los carbonatos ácidos y neutros, lo que se explica diciendo que la afinidad del oxígeno para el metal desvía del carbono uno ó los dos átomos de aquél, é impide la colisión entre ambos radicales. Y ejemplo notable es también el del sulfido antimónico, de cuyo compuesto separa fácilmente dos átomos de azufre el sulfuro de carbono, transformándole en sulfido antimonioso;

siendo, en cambio, mucho más estables los sulfoantimoniatos. Los cuerpos de esta naturaleza parecen marcar el límite entre la combinación y la mezcla.

Entre las acciones intramoleculares inexplicables por los esquemas planos, pero que se interpretan más ó menos satisfactoriamente por los estereoquímicos, se encuentran aquellas que ha explicado Wislicenus con su *teoría de las posiciones favorecidas*, según la cual, al girar uno de los átomos de carbono, unidos por un vértice del tetraedro, llega un momento en que la posición de los radicales enlazados á dichos átomos es la más favorable para que se realice la perturbación intramolecular y se produzca la reacción química: en apoyo de cuya teoría cita el mencionado autor, entre otros muchos ejemplos, la transformación del *ácido etileno-láctico* en *acrílico*, por eliminación de una molécula de agua; la del *ácido β bromo-fenil-propiónico* en *cinámico*, con la de una molécula de ácido bromhídrico, etc. Aunque la posición llamada favorecida parece debe ser única, se ha creído encontrar más de una en algunos cuerpos, originándose isomerías llamadas dinámicas, á las que se supone corresponden las tres modificaciones de los *ácidos dibromo-propiónico* y *difenil-propiónico*.

Otra causa que puede motivar estas reacciones internas es la sustitución en la molécula de un átomo por otro de mayor volumen, que produzca, como es consiguiente, una aproximación mayor entre los radicales, y, por lo tanto, favorezca su acción mutua: tal es el caso de la sustitución de un átomo de cloro por otro de yodo, cuyo volumen es mayor. Otras varias consideraciones podrían exponerse en apoyo de la influencia que ejercen las posiciones relativas de los átomos de carbono que forman el núcleo de una molécula y las de los radicales unidos á aquéllos, en las reacciones de muchos cuerpos, que se explican más fácilmente con los esquemas poliédricos que con los planos, contri-

buyendo esto al desarrollo que va adquiriendo la Estereoquímica.

A estas reacciones internas de las moléculas deben referirse también los cambios de posición de algún átomo de hidrógeno que, cuando es sustituido por los radicales metilo, etilo, acetilo, etc., produce derivados que corresponden á formas distintas, según la posición que ocupaba aquel átomo al efectuarse la sustitución, siendo numerosos los casos en que tienen lugar esas transposiciones moleculares, constituyendo lo que Conrad Laar ha denominado *tautomería*, y Jacobson *desmotropía*. Hantzsch no considera estos términos como sinónimos, dándoles significación distinta, fundándose en que, en condiciones físicas determinadas, un compuesto tautómero responde á una fórmula única; pero, variando aquéllas, puede realizarse la migración del átomo de hidrógeno que se supone movable, y entonces el compuesto responderá á otra fórmula distinta; y, según Hantzsch, el cuerpo tautómero ha pasado de un estado desmotrópico á otro. No son los átomos de hidrógeno los únicos que realizan migraciones dentro de la molécula: en Marzo de 1896, M. Frederick Reverdin, en sus investigaciones sobre los derivados yodados del anisol, ha demostrado un caso de migración del átomo de yodo, que de la posición *para* pasa á la *ortho* por la influencia del ácido nítrico, transportándose de la posición 4 á la 2 de la molécula, con lo cual puede ser ocupada aquélla por el radical nitrilo. Es preciso consignar que algunos químicos, como Nef y Goldschmidt, fundándose en razones dignas de tenerse en cuenta, niegan la existencia de la tautomería y desmotropía, sustentando la opinión de que cada cuerpo tiene una fórmula única.

En esa actividad vertiginosa que producen el juego y las transformaciones de la energía durante el proceso de la acción química, ocurre que ésta en unos casos se efectúa

sin limitación alguna, y en otros está limitada por la nueva unión de los cuerpos separados, reconstituyendo el primitivo, llegándose á producir un estado de equilibrio. De suerte que, considerando un sistema de dos cuerpos que se ponen en contacto, puede suceder una de estas tres cosas: que no reaccionen y permanezcan eternamente mezclados; que se combinen integralmente para formar un compuesto más complejo; ó que una parte de ellos entre en combinación y otra no, formando un sistema constituido por la parte de los dos cuerpos que no se ha combinado y por el cuerpo resultante de la combinación: claro está que las cantidades relativas de estos tres cuerpos que existen en el sistema, en un momento determinado, dependerán de una porción de variables (temperatura, presión, etc.) que modifican el sistema, y por lo tanto las condiciones de equilibrio, haciendo que varíen las proporciones relativas de los cuerpos que permanecen sin combinarse y del resultante de la combinación. Debe tenerse en cuenta que en estos sistemas heterogéneos puede haber formación de otros cuerpos cuya existencia no es conocida, alterándose con ello las condiciones de equilibrio del sistema, y esto explica el desacuerdo que algunas veces existe entre los datos obtenidos teóricamente y los resultados de la experiencia. De advertir es que siguiendo este camino se corre el peligro de tener que admitir en dichos sistemas la existencia de todos los cuerpos posibles, aplicando la ley de las permutaciones al número de elementos que en el sistema existen, y de llegar, por lo tanto, á un verdadero caos, que puede conducir á la anulación de la ley de las proporciones definidas; y queriendo aquilatar las condiciones del equilibrio químico en los sistemas muy heterogéneos, se llegue á obtener por resultado el desequilibrio de los químicos.

Pero ¿qué debe entenderse por equilibrio químico? ¿Cuándo diremos que un sistema de cuerpos se halla en equilibrio?

Cuando, estando en condiciones determinadas, el cambio de una de éstas trae consigo otros en el sistema, que originen á su vez una acción exactamente contraria. Los clásicos estudios de Berthelot y Pean de Saint-Gilles acerca de la marcha de la eterificación del alcohol etílico por el ácido acético es un magnífico ejemplo del equilibrio que se produce en una acción química: comienza aquella eterificación con una velocidad relativamente grande, que disminuye poco á poco, y se detiene cuando un 60 por 100 ó un 70 por 100 del ácido acético y la cantidad correspondiente de alcohol han desaparecido, transformándose en éter acético. Si se mezcla éter acético con agua en condiciones iguales á las anteriores, se produce una transformación inversa, regenerándose el ácido acético y el alcohol, deteniéndose aquélla cuando se han regenerado de 60 por 100 á 70 por 100 de alcohol, es decir, cuando no quedan más que 40 por 100 á 30 por 100 de éter y agua sin reaccionar: en ambos casos la velocidad de la reacción va disminuyendo, se va haciendo cada vez más lenta, cual si un obstáculo cada vez mayor se fuese oponiendo á la realización de aquélla; y como la magnitud del obstáculo aumenta á medida que avanza la transformación, es lógico y muy verosímil suponer que ese obstáculo le originan los productos de la reacción, es decir, el éter y el agua formados en un caso, el alcohol y el ácido regenerados en el otro.

Surgen en seguida las preguntas siguientes: los productos de la reacción ¿producen el obstáculo por su sola presencia, ó porque dan origen á la reacción inversa antes citada? ¿Obran de una manera puramente estática, deteniendo el proceso de la acción química, ó producen nada más que una detención aparente, un verdadero equilibrio móvil, debido á que las dos reacciones inversas se originan simultáneamente y con igual velocidad?

Esta segunda explicación es la que ha parecido desde

luego más verosímil, y la que trae aparejado el equilibrio móvil ya indicado, si bien muy vagamente, por Dulong en 1812, aceptado por Williamson en 1851 en sus notables trabajos sobre la eterificación, y que sirve de fundamento á la teoría de la afinidad química, dada á conocer en 1867 por los sabios noruegos, el químico Waage y el matemático Guldberg: teoría que ampliaron doce años después, y que ha sido objeto de muchas objeciones fundadas en la idea poco exacta de las fuerzas que intervienen en la producción del equilibrio, en cuyo estado deben estudiarse las reacciones químicas, porque permiten conocer las fuerzas que las producen y las que se oponen á ellas para originar aquel estado, que es lo que tiene lugar en las reacciones incompletas. Por falta de pruebas experimentales, pues su número es aún muy limitado, no tiene aún esta teoría la solidez necesaria, que podrá adquirir el día en que sus principios puedan deducirse de otros cuyo rigor científico sea indiscutible; mas, á pesar de sus imperfecciones, merece tenerse en cuenta, por las aplicaciones á que se presta.

Guldberg y Waage han establecido en su teoría que la acción química entre dos cuerpos es proporcional al producto de las masas de aquellos que reaccionan; debiendo tenerse presente que estas masas no se refieren á las cantidades de los cuerpos que existían al comenzar la reacción, sino á las que de cada cuerpo existen en el momento en que se estudia aquélla, habiéndose apoyado para introducir este concepto en la supuesta atracción entre los cuerpos que reaccionan; y como ésta no puede ejercerse sino á cierta distancia, llamada distancia molecular, se deduce que el papel predominante en la reacción debe atribuirse á la esfera de acción dentro de la cual se ejerce aquella atracción: esfera cuya magnitud relativa basta conocer, aun cuando la absoluta se ignore por completo.

No hay que sorprenderse demasiado de todas las objecio-

nes que se han hecho y hacen á la teorfa de los equilibrios químicos: problema muy complejo, que exige muchos tanteos preliminares antes de obtener su resolución completa. Es uno de esos casos en que la verdad se oculta tras intrincado laberinto de condiciones que impiden verla, como los ramajes de un bosque frondoso impiden descubrir el horizonte. Se comienza por vislumbrar una parte de aquella verdad, como se comienza á ver el horizonte por algunos de los claros del intrincado follaje del bosque, y con esto se logra encontrar alguna coincidencia entre la hipótesis de donde se parte y el resultado de la experimentación. Adelantándose luego unos cuantos pasos más, siguiendo por el camino emprendido, comienza á descorrerse entonces el velo que nos ocultaba la verdad. Y, cuando por completo se descorre, la luz lo invade todo, y como por magia se ensancha el ya muy extenso horizonte de la Ciencia.

En las cuestiones de equilibrios químicos juega un papel muy importante la velocidad con que se efectúan las reacciones químicas (ó sea la cantidad de un cuerpo que se forma ó desaparece en la unidad de tiempo), aun cuando sean completas, ó no estén contrarrestadas por otras de sentido contrario: así tenemos, por ejemplo, que el hidrógeno y el bromo en vapor, mezclados en la proporción necesaria para formar el ácido bromhídrico, elevando la temperatura, tardan algunos minutos en combinarse. Este concepto de la velocidad de las reacciones fué formulado por vez primera en 1850 por Wilhelmy, con motivo de sus estudios sobre el papel que desempeñan los ácidos en la inversión del azúcar, y desenvuelto después por Lemoine en 1870.

La aplicación de los principios de la Termodinámica á la explicación de los equilibrios químicos es lo que ha permitido desarrollar esta cuestión y darla el alcance que hoy tiene, muy particularmente la del formulado por Sadi Carnot, que ha permitido establecer el concepto de la entropía,

introducido por Clausius: concepto de gran importancia, puesto que, cuando un sistema recorre un ciclo de transformaciones, volviendo al mismo estado que tenía en un principio, subsiste en el sistema la misma relación que existía entre la cantidad total de energía contenida en él y el potencial que manifiesta, como consecuencia lógica de que á todo estado que pueda alcanzar un sistema corresponde una relación entre aquellas dos cantidades; y como la energía se manifiesta en los sistemas bajo formas diversas, á cada una de éstas corresponde una forma particular de la entropía de aquéllos.

Conocida es la importancia de estos conceptos para explicar la disociación de los compuestos químicos, comparada por Sainte Claire Deville á la vaporización de los líquidos; habiéndose buscado la relación que existe entre la tensión de disociación y calor de la reacción por medio de los principios de la Termodinámica, y como una aplicación del de Clapeyron, que establece la que existe entre el calor latente de vaporización de un líquido y la presión de su vapor saturado, habiendo demostrado los trabajos de Sainte Claire Deville y Debray que los equilibrios químicos están sometidos á leyes muy análogas á las que rigen el equilibrio entre un líquido que está en contacto con su vapor, ó el de un sólido en presencia del producto de su fusión: lo que prueba que, bajo el punto de vista mecánico, no se distinguen los fenómenos químicos de los físicos, siendo la Mecánica química una rama de la Mecánica general.

No hay que perder de vista que la fórmula de Clapeyron, como corolario del principio de Sadi Carnot, se refiere únicamente á las acciones químicas reversibles; pues, aplicada á las que no tienen este carácter, puede conducir á conclusiones inexactas, tal como la de tener que admitir que no pueden existir combinaciones completas y estables, es decir, sin ningún indicio de disociación, sino á -273° , la tem-

peratura del cero absoluto. Pero, demostrado que las descomposiciones químicas no comienzan sino á temperaturas relativamente elevadas, claro es que, por debajo de aquéllas, no se producirán acciones reversibles. De todas maneras, aquella conclusión tiene una gran importancia cuando se trata de fijar la exactitud del principio del trabajo máximo, y puede motivar gran número de consideraciones interesantes acerca de la actividad continua en que se encuentran las moléculas químicas, que adquiere un máximo desarrollo cuando alcanzan la temperatura en que pueden comenzar las disociaciones: es decir, que todo lo que los químicos habían considerado como estados de tranquilidad y quietud perfectas, es completamente dinámico: el movimiento se impone en todas las fases bajo las cuales se quiera considerar la molécula química. Los diversos movimientos de que están dotados los átomos que forman aquélla, y las moléculas mismas, han hecho pensar que podrían perjudicar á la estabilidad del edificio molecular; pero, reflexionando un poco, podremos convencernos de que contribuyen mucho á su estabilidad, de la misma manera que es más fácil mantenerse en equilibrio sobre una bicicleta cuando está en movimiento, y cuanto más rápido es éste, que cuando está parada.

Contribuye á la estabilidad de las moléculas químicas el ritmo regular de los movimientos de que están dotados los átomos y los que ellas mismas poseen, y cualquiera causa que le perturbe influye extraordinariamente en la acción química. Así, si se mezclan cloro é hidrógeno en las proporciones *exactamente* necesarias para formar el ácido clorhídrico, mediante la acción de la luz, esta acción se realiza con regularidad; pero un exceso infinitamente pequeño de cloro ó de hidrógeno influye extraordinariamente sobre aquella acción, sin duda porque perturba el ritmo de los movimientos que origina la luz, cuya acción química puede explicarse

admitiendo que las ondas luminosas pueden alterar el movimiento de los átomos: alteración que producirán mejor ondas luminosas de ritmo determinado que otras de distinto ritmo: por eso ciertos colores del espectro realizan la acción química, y otros no.

Contribuyen también á dicha estabilidad la naturaleza de los materiales que forman las moléculas y la manera como aquellos están enlazados. Acerca de la influencia que ejercen estas diversas causas, ya aisladas, ya reunidas, se han hecho estudios importantes, sí, pero aun insuficientes para formular una teoría general acerca de la estabilidad de las moléculas químicas, que ha de servir de complemento á la teoría de la afinidad bajo un punto de vista comparativo. Hay que hacer constar que dicha estabilidad se considera de una manera relativa, porque unas moléculas resisten bien la acción de ciertos agentes, y presentan una resistencia muy débil á otros menos enérgicos; pudiendo tomarse como tipo la resistencia á dejarse descomponer por el calor, porque las moléculas estables, á temperaturas elevadas, por regla general resisten la acción de otros agentes. Sabido es que los compuestos formados por elementos de carácter electroquímico más opuesto, como los que forman los extremos de la escala ó serie electroquímica, son por regla general los más estables; y que lo son muy poco los formados por elementos muy próximos en aquélla, como sucede con los compuestos de cloro y oxígeno. Pero, según esto, deberían ser muy inestables las moléculas de los cuerpos simples, formadas por la unión de átomos de la misma naturaleza, y la experiencia nos enseña que no es así; porque, si bien es cierto que algunas se desdoblán con relativa facilidad en sus átomos, hay otras que presentan una gran resistencia á ese desdoblamiento: resistencia que puede explicar la indiferencia química de dichos cuerpos, entre los que merece citarse el nitrógeno, y más aún el moderno

argón, que ha recibido este nombre precisamente por su indiferencia química: no debiendo olvidarse que, mientras algunos opinan que es triatómico, es decir, que entran tres átomos á formar su molécula, otros opinan está formada por un solo átomo, es decir, que es monoatómica.

A medida que el número de átomos integrados en la molécula va siendo mayor, y, sobre todo, á medida que su naturaleza es más diferente, las condiciones de estabilidad se modifican mucho, influyendo no sólo esta última condición, sino la manera de estar enlazados unos con otros. Esto explica gran número de anomalías que se observan en aquella estabilidad: por ejemplo, la del penta y hexacloruro de tungsteno, más estable este último que el primero á la acción de ciertos agentes; los sulfitos, nitritos, fosfitos, etc., menos estables que los sulfatos, nitratos, fosfatos, etc. La sustitución de uno ó más átomos de una molécula por otro ú otros de distinta naturaleza, aumenta en unas ocasiones la estabilidad de aquélla, y en otras la disminuye. Sabido es cuán inestables son los ácidos sulfuroso, arsenioso, carbónico y otros, y cuánta estabilidad adquieren sustituyendo uno ó más átomos de su hidrógeno por los metales para formar sales mucho más estables que aquellos ácidos.

En la Química orgánica son numerosos los ejemplos de moléculas que ganan ó pierden estabilidad por la sustitución de alguno ó algunos de sus átomos por otros distintos, dependiendo, no sólo de la naturaleza de los que entran en la molécula, sino de la posición que ocupen en ésta. Bien conocido es el ejemplo del tetrayoduro de carbono, combinación muy inestable, que cede con facilidad sus cuatro átomos de yodo, y que, sustituyendo uno de ellos por uno de hidrógeno, se transforma en yodoformo, cuerpo mucho más estable, en el que los tres átomos de yodo están más fuertemente unidos que lo estaban en el tetrayoduro. En los derivados de la serie aromática, la sustitución de átomos de

hidrógeno por otros de cloro, por ejemplo, influye mucho en la estabilidad de la molécula, no sólo por la naturaleza del cuerpo que sustituye al hidrógeno, sino, además, por su posición, puesto que la estabilidad es diferente según que el átomo sustituido, y por lo tanto el que le sustituye, ocupe la posición ortho, para ó meta; ó, lo que es lo mismo, según que esté más ó menos próximo á ciertos radicales contenidos en aquélla, sobre los que más directamente parece ejercer su acción el nuevo átomo. Por no prolongar más estas indicaciones, no las extendemos á la gran influencia que sobre la estabilidad de las moléculas tiene el que sean completas ó cerradas, ó bien incompletas ó abiertas: por regla general, estas últimas son menos estables, porque presentan ó tienen uno ó más puntos débiles, por los que es más fácil atacarlas y transformarlas, á la manera que no son atacados ciertos tejidos por agentes exteriores, como, por ejemplo, por el ácido cianhídrico y los microbios, ínterin la integridad de la piel no les deja al descubierto.

Todos estos nuevos puntos de vista, todos estos nuevos rumbos de la Ciencia química, y otros muchos que no indicamos por no prolongar más este discurso, demuestran que va saliendo de los derroteros que hasta ahora ha seguido, y que ya no se estudia la acción química sólo desde el punto de vista cualitativo: va entrando en el concierto de las demás ciencias que deben á la aplicación de los principios de la cantidad los rápidos progresos que han realizado. Siguiendo este derrotero; estudiando el fenómeno químico bajo el concepto cuantitativo, en vivo, digámoslo así, se podrán formular los principios á que se encuentra sometido; sus relaciones con los procesos de los demás fenómenos naturales; y su magnitud con relación á las variables á que se encuentra ligado en cada caso, variables determinadas por la experiencia: llegando así al conocimiento de las condiciones en que actúa y se modifica esa forma de la energía

propia de la actividad química, cuya magnitud se mide por la de sus manifestaciones, bien comparándola con otra fuerza de la misma especie ya conocida, que produzca con aquélla un estado de equilibrio, ó ya midiendo la velocidad de una reacción química producida por ella.

Expuesto lo que me proponía respecto á la anatomía y fisiología de la molécula química, haré algunas consideraciones acerca de la transcendencia que estos conocimientos tienen en cuanto se refiere al estudio de la Química, porque dan idea del estado en que hoy se encuentra éste después de transcurridos más de cien años desde que Lavoisier inició y llevó adelante la revolución en la ciencia, cambiando su manera de ser y dándola el rumbo que tanto ha contribuído á sus admirables y rápidos progresos.

Para convencerse de esto, basta comparar lo que es hoy la Química con lo que era en la primera mitad del siglo corriente, para que surjan una porción de reflexiones interesantes. La Química orgánica, más moderna que la inorgánica, ha progresado con rapidez tan asombrosa, que la inmensa labor que representa su evolución en poco más de un siglo no tiene precedentes en la historia de las ciencias, y debe llamar la atención al historiar los grandes ciclos evolutivos de los conocimientos humanos. En un principio utilizó los procedimientos de aquélla, adoptando todos sus puntos de vista y sus derroteros. Pero muy pronto vió que no se adaptaban bien á ella y se declaró independiente, extendió sus horizontes, creó nuevos procedimientos para sus investigaciones, y, como era natural, aspiró á que su hermana mayor disfrutase de las ventajas y progresos por ella realizados, vistiéndola con las galas de sus nuevos trajes, y, hasta obrando con cierta tiranía, imponiéndola sus principios. Por eso sus homologías, sus clasificaciones en series, sus isomerías, sus fórmulas en cadenas abiertas y cerradas,

y hasta últimamente las estereoquímicas, sus procedimientos crioscópicos, etc., etc., se van introduciendo poco á poco en el campo de la Química inorgánica, con lo cual sus progresos van siendo mayores.

Pero ¡qué diferencia entre las fórmulas dualísticas, cuya sencillez producía en algunos de nuestros maestros plácida tranquilidad de espíritu, porque creían que detrás de ellas nada quedaba por averiguar, y las fórmulas modernas, en las que aparecen desparramados los átomos y grupos atómicos que antes se nos presentaban casi en columna cerrada!

Y á fe que parece que las mismas modas que imperan en la vida social imperan en la vida científica: comparad las habitaciones de nuestros padres y abuelos, en las que no había más que los muebles necesarios, muy ordenados y como clavados en el sitio en que se les colocó, con sujeción á la estética de aquellos tiempos, con las habitaciones modernas, en las que, además de haber aumentado el mobiliario considerablemente, aparece desparramado por el ámbito de aquéllas, con arreglo á una estética mejor ó peor que la de nuestros antepasados, pero desde luego muy opuesta á la de aquéllos, y os formaréis una idea aproximada de lo que está ocurriendo en la Química. Por eso exige hoy la educación de los que comienzan su estudio que desde luego se les habitúe á considerar las moléculas de las especies químicas, basándose en lo que dejamos consignado, para que sin dificultad puedan comprender su anatomía y fisiología; y para que lejos de asustarse cuando en los libros y en las cátedras vean esas fórmulas desarrolladas, constituidas por exágonos, pentágonos, tetraedros, primas, etc., cual si fueran jeroglíficos indescifrables, encuentren en ellas la explicación clara y sencilla de lo que son las moléculas representadas esquemáticamente por aquéllas, y las transformaciones que pueden experimentar.

Basta fijarse en las condiciones en que hoy se verifican la observación y experimentación, y para ello en lo que son los laboratorios modernos respecto á lo que eran al finalizar el siglo pasado y durante la primera mitad del actual, para convencerse de que hoy se observa y experimenta con mayor exactitud y perfección, cual lo exige el estudio cuantitativo del fenómeno químico, consiguiendo conocer éste hasta en sus menores detalles (buena prueba de ello es el descubrimiento del argón), que antes pasaban en muchos casos completamente inadvertidos. Cada día se va profundizando más y más en este sentido, por resultado del perfeccionamiento de los instrumentos y aparatos ya conocidos de antiguo, y la invención de otros que permiten dirigir la investigación química por derroteros antes desconocidos, contribuyendo poderosamente á su progreso. Hoy ya no se efectúan la observación y experimentación á la ventura y por mera intuición; sino que se tienen en cuenta todos los datos que han de intervenir en la resolución del problema, y se echa mano de ellos y se les maneja convenientemente para llegar al fin deseado. Por eso el rumbo que debe tomar hoy la Química debe ser, más bien que el de descubrir nuevos compuestos, el determinar el *cómo* y el *por qué* de su formación.

Esto explica que los laboratorios modernos se instalen (en otras naciones, desgraciadamente no en la nuestra) en edificios que, aparte de la suntuosidad que les da el aspecto de verdaderos palacios á muchos de ellos, reúnen todas las condiciones que la Ciencia moderna exige para realizar esas investigaciones prolijas, en las que es preciso poner al servicio del investigador todas las formas con que se nos manifiesta la energía de la materia, para que no tenga que detenerse ante obstáculos que le impidan realizar su propósito. Comparad las cantidades que han invertido y están invirtiendo otras naciones, no sólo de las de primer orden, en la

instalación de esos laboratorios, y lo que ocurre en la nuestra, y tendréis explicado, en su mayor parte, el atraso en que nos encontramos, y esa aparente inercia del profesor de Química español, cuyas actividades, cuyas energías se estrellan ante deficiencias en el material de su laboratorio, que no cito por las razones que expuse al principio de este discurso.

Consecuencia lógica del perfeccionamiento de la observación y experimentación ha sido la transformación de las hipótesis y teorías de la Química, de las cuales no es posible prescindir, porque unas y otras se complementan; y así como aquéllas se sirven de los aparatos é instrumentos de los laboratorios, las hipótesis y teorías son los instrumentos del pensamiento; y, como dice con mucha oportunidad Berthelot, nacen de la inclinación invariable del espíritu humano hacia el dogmatismo, pues la mayor parte de los hombres no consienten permanecer en la ignorancia y en la duda, y se forjan creencias y sistemas á veces absurdos. Debemos, sin embargo, como dice L. Meyer, ser muy circunspectos frente á las especulaciones teóricas, y limitarnos en lo posible á los hechos cuando su incertidumbre no cree dificultades insuperables ó capitales.

Pero ha ocurrido algunas veces que los químicos han atribuído exagerada importancia á la observación y experimentación, menospreciando las hipótesis y teorías, y otras han menospreciado aquéllas, creyendo que la Ciencia consistía casi exclusivamente en éstas, originándose cierta rivalidad latente siempre, y que sale á la superficie en muchas ocasiones, entre los que se califican entre sí de químicos teóricos y de químicos prácticos, considerándose respectivamente unos y otros como los representantes más genuínos de la verdadera Ciencia, y originando luchas que, si han podido producir satisfacciones personales en los que se han creído vencedores, ninguna ventaja han traído para el progreso de la Ciencia.

En mi humilde entender, ni unos ni otros tienen razón: para ser químico, en el genuino sentido de esta palabra, es necesario practicar investigaciones cuyo objetivo sea la comprobación de las realizadas por otros para demostrar su exactitud, ya siguiendo los procedimientos empleados por sus autores, ya modificándoles para perfeccionarlos ó ideando otros nuevos, ó bien lanzándose por caminos no seguidos aún por otros para contribuir á que aumenten los conocimientos científicos, llegando quizás á realizar descubrimientos de gran importancia: para todo lo cual naturalmente no basta adquirir la práctica rutinaria de preparar mejor ó peor los cuerpos que se acostumbra á preparar en nuestros laboratorios ó cátedras, haciendo caso omiso, casi por completo, de todo lo que se refiere á ideas especulativas. Ni basta tampoco limitarse á leer y comentar las publicaciones en que otros dan cuenta de sus investigaciones, porque sería lo mismo que aspirar á ser músico sin saber el solfeo, pintor sin saber dibujar, anatómico sin haber practicado ni la más pequeña disección, patólogo sin haber visitado una clínica. Los que siguen este rumbo; los que carecen del lastre experimental, como lo expresaba gráficamente un notable profesor español de Química, prematuramente perdido para la Ciencia, son como los cantantes que modulan mejor ó peor, según la organización de su laringe y su educación musical más ó menos perfecta, las notas admirables de las inspiradas composiciones de Mozart, de Meyerbeer ó de Rossini.

Es preciso, por lo tanto, para que el estudio de la Química produzca en nuestro país resultados mejores, que se lleve á la organización de su enseñanza el espíritu que hoy informa á esta Ciencia, para lo cual los alumnos que á ella han de dedicarse deben tener la preparación conveniente en Matemáticas y en Física, sin la cual no podrán comprenderse los conceptos modernos de la Química; y ya dentro de ésta, debe

dirigirse la enseñanza de modo que lleguen á penetrarse bien de la anatomía y de la fisiología de la molécula química, sin dar importancia exagerada á la una en menoscabo de la otra, estableciendo la conveniente ponderación entre ambas. Preciso será también realizar la aspiración de que los alumnos practiquen en los laboratorios desde las primeras asignaturas, dedicadas al estudio de esta Ciencia: prácticas que han de estar escalonadas de modo que no sean una repetición unas de otras durante todos los períodos de la enseñanza, á fin de que, comenzando por el experimento sencillo de la obtención de cuerpos, que les permita penetrarse prácticamente y bien de las cualidades físicas y químicas de aquéllos, y por el manejo racional de reactivos, se vayan elevando á la determinación de sus constantes, y practiquen síntesis inorgánicas y orgánicas, cual lo hacen en los laboratorios del Extranjero los alumnos de las enseñanzas elementales, pudiendo con esta preparación llegar á la que se llama alta investigación científica, y emprender investigaciones propias de las que puedan elevarse por inducción á la causa del fenómeno observado, descubriendo la relación entre éste y aquélla y la que pueda tener con otros de la misma clase, colocándole en el lugar que le corresponda dentro de algunas de las clasificaciones conocidas, ó descubriendo que en éstas no puede tener cabida, y, por lo tanto, viéndose precisados á establecer en ellas un nuevo grupo, una nueva serie, ó quizá sirviéndoles de base para idear una nueva clasificación.

Imitemos en este punto á otras naciones que á tanta altura han colocado su nivel científico: las lecciones orales suelen ser allí muy breves, lo suficiente para dar á conocer á los alumnos el esqueleto de la Ciencia; pero, en cambio pasan éstos muchas horas en los laboratorios, ocupados en investigaciones, cuyos resultados consignan con frecuencia las publicaciones científicas. Sólo así podrá salir la

Ciencia química del marasmo, de la atonía en que se encuentra, y elevarse sobre la escasa altura que alcanza en nuestro país, no por falta de aptitud en los que á ella se dedican, sino por falta de medios y de ambiente que estimulen su energía, su actividad; y sólo así se llegará á conseguir que los químicos españoles ocupen el lugar que les corresponde en el concierto científico, y que sus trabajos fijen la atención de los hombres de ciencia que marchan á la cabeza en el movimiento científico de nuestra época. En resumen: es preciso hablar menos y hacer más.

DISCURSO

DEL

ILMO. SR. D. RICARDO BECERRO DE BENGOA

Señores Académicos:

La Facultad de Ciencias de la Universidad Central, en su Sección de Físico-Químicas, tuvo por representantes en esta Real Academia, entre otros ilustres miembros, á nuestros inolvidables compañeros, y maestros míos, D. Manuel Sáenz Díez y D. Magín Bonet, químicos insignes, profesores tan doctos como respetados, gala y ornamento, en su modestia y positivo valer, de la ciencia española contemporánea; así en el laboratorio, como en la cátedra, como en esta sabia Corporación.

En breve espacio de tiempo la muerte los separó de nosotros, y el duelo que su falta nos produjo mitigase hoy al hallarla en gran parte compensada con el ingreso en la Academia de su legítimo heredero, de su fiel discípulo y digno ayudante, continuador infatigable de su obra y de sus tradiciones, el Sr. D. Santiago Bonilla Mirat.

Al verle ocupar uno de los sitios que honraron aquellos beneméritos obreros de la ciencia, aquellos reputados propagandistas de la enseñanza, paréceme que toman cuerpo y vida los recuerdos de la cátedra y laboratorio, á los que hace treinta y dos años concurríamos, y que resuenan en mis oídos aquellas animadas discusiones, aquellas alegres

frases de las batallas de la hermosa edad juvenil, que con tanto calor brotaban de nuestros labios al defender ó combatir las doctrinas de Gerhardt y de Laurent, de Wurtz, de Kekulé, de Williamson y de Hofmann, que como impetuoso huracán de revolucionarias teorías, tan gratas siempre á los espíritus de pocos años, venían á conmovier en sus cimientos, á cuartear en su fábrica y arruinar al fin con su monumental aparato el respetable conjunto de doctrinas, fórmulas, clasificaciones y métodos que habían sustentado autoridades científicas tan grandes como Berzelius, Dumas y Liebig, maestros de nuestros maestros, considerados entonces por éstos casi como infalibles y cuyas teorías seguíamos en la cátedra, por más que fuera de ella buscara insaciable el ánimo, impelido por la avidez de las novedades, lo que la ciencia nueva predicaba.

Nuestro respeto y nuestra veneración (ésta es la palabra) hacia los Sres. Bonet y Sáenz Díez eran extremados, aunque en tal extremo entrase en mucha parte el temor que nos imponían; cuyo natural sentimiento debíase á la penetración en aquellas personas de su profundo saber, de su seriedad típica y escasas palabras, de lo difícil, raro é intrincado de la ciencia que explicaban y del recuerdo de las numerosas víctimas que al finalizar un curso, preñado de tanto miedo, iban quedando en el camino. Fueron siempre, por cierto, aquellos cursos de Química y aquellas "Prácticas" de nuestra sección escuela modelo de severidad y de disciplina, gimnasio intelectual de incesante trabajo, cátedra tipo por la corrección y cumplimiento del deber por parte de los profesores y por la seriedad y decisión con que la gente joven oía y utilizaba las enseñanzas, aunque para llevarlas al terreno de la experiencia se tropezara siempre con las deficiencias que origina la falta de recursos, con la miseria y con el abandono.

El cariño y el respeto que teníamos á los maestros am-

pliábanse hasta comprender á quien allí, en el laboratorio, era el que disfrutaba de su confianza y de su trato, el que conocía sus secretos y el que ejecutaba sus mandatos, al ayudante Sr. Bonilla, hijo predilecto de aquel centro de enseñanza, donde trabajó durante diez años á las órdenes de dichos catedráticos, en compañía de otro discípulo igualmente estimado y considerado, ayudante y profesor auxiliar después, encargado muchas veces de aquellas enseñanzas y uno de los primeros químicos prácticos más estudiosos y más hábiles con que cuentan hoy nuestras Facultades: el Sr. D. Manuel Boira.

Educado el Sr. Bonilla en aquella ejemplar y reputada escuela de trabajo donde obtuvo su borla de doctor con la calificación de sobresaliente, y habiendo cursado también en la Universidad Central la carrera de Derecho administrativo con idéntica brillante nota, impulsáronle sus inclinaciones naturales á continuar sus estudios prácticos de las ciencias físico-químicas con preferencia á las de la Administración. Hízolos sin descanso al desempeñar los puestos de Auxiliar y Ayudante de las cátedras de Química, amaestrándose al lado de los Sres. Bonet y Sáenz Díez, no sólo en los difíciles y minuciosos trabajos de laboratorio, durante siete años, sino en el ejercicio de la enseñanza, al encargarse repetidas veces de la de las cátedras de Química general, Química inorgánica, Química orgánica y Análisis química, cuyas tareas teóricas y prácticas desempeñó además en el Conservatorio de Artes y Oficios en su calidad de Ayudante de Física y Química del mismo.

Fácil le fué al que, gracias á tan asidua labor, había aprendido tanto, obtener por oposición la cátedra de Química general de la Facultad en Valladolid, cuando hubo de proveerse la vacante; pero imposible resultó para él el dejar de trabajar, como algunas veces acontece, al lograr tales puestos, á los que sienten necesidad de descanso después de lar-

ga y afanosa carrera. El catedrático fué más infatigable, más trabajador que lo había sido el alumno y el ayudante. Aprendió de sus maestros la constancia, la formalidad más absoluta, la severidad en el cumplimiento de su deber, y continuó y continúa siendo un obrero diario de la labor científica, dotado de una fe y de una resistencia inagotables, verdadero soldado de la legión de los hombres útiles, el primero de los estudiantes de su cátedra siempre, que á un tiempo enseña con su saber y con el ejemplo.

Esa virtud admirable del amor al trabajo dió fecundos resultados. Aquí recordaré algunos. En sus laboratorios de Valladolid y Madrid hizo el análisis químico cualitativo y cuantitativo de las aguas minerales de Puente Nausa (Santander); de Salugral (Hervás, Cáceres); del manantial de Cárnelo (Betelu); del de la Fuente Sayud (Castromonte, Valladolid); del de Peñamalo (Mazarrón, Murcia); del de Puente Viesgo, en colaboración con el doctor López Gómez, y del de Gámiz-Ibarra (Guernica, Vizcaya), en colaboración con el doctor Boira. Desempeñó el cargo de Inspector químico municipal de Valladolid, practicando numerosos reconocimientos micrográficos de los alimentos, por los que mereció repetidos testimonios de gratitud de aquella corporación, cuya recompensa le fué de nuevo otorgada cuando, durante la invasión de la epidemia colérica en aquella capital en 1885, tuvo á su cargo el penoso servicio de la desinfección y el del reconocimiento de las aguas de los ríos Pisuegra y Esgueva, y el de las de la Nava del Rey y la Cistérniga, localidades invadidas también. Como individuo de la Junta Permanente de Salubridad, contribuyó con sus observaciones á redactar el informe acerca del desarrollo y curso de dicha epidemia.

No fué obstáculo tan ruda y difícil labor para que el señor Bonilla echara sobre sus hombros otra no menos penosa y exigente, cuando se decidió, con su envidiable ánimo

de estudiante perpetuo, á cursar, con todo empeño, las asignaturas de la Facultad de Medicina en la Universidad vallisoletana. Verdad es que la Química y la Medicina son ciencias hermanas, y que, aunque ésta sea la mayor y más respetada, porque la humanidad vive forzosamente esclava de su imperio, nútrese de aquélla en lo más esencial é importante de su poder, y cada día es mayor la compenetración que existe entre ambas, hasta el punto de que el médico, sencillamente como tal, tiene á menudo que caminar á tientas, mientras que el médico, buen químico, ve claro casi siempre, al observar los resultados que producen las sustancias que la ciencia prepara, que la experiencia aconseja usar y que ejercen sobre nuestro organismo ostensible acción, no misteriosa, sino racionalmente explicable y prevista.

Semejante armonía es la causa de que los médicos se sientan irresistiblemente atraídos hacia la Química, y que los químicos á su vez sientan poderoso impulso á aplicar sus conocimientos en el campo más grandioso y útil en que pueden aplicarlos, en el del estudio de la constitución íntima y de las funciones del organismo humano, y en el de la curación ó mejora de éste, cuando se halla enfermo.

A tal impulso obedeció, sin duda, el espíritu de nuestro nuevo compañero cuando, siendo profesor tan reputado, fué á sentarse en el anfiteatro del hospital del Campo Grande, entre los estudiantes, para alcanzar su título de Licenciado en Medicina, con la nota superior que logran los que trabajan con fe y perseverancia.

Nombrado director del Laboratorio Químico y Micrográfico Municipal y Provincial de Valladolid, instaló dicho centro, formuló su reglamentación y practicó más de un millar de análisis y reconocimientos de alimentos, bebidas y sustancias sujetas al impuesto de consumos, redactando numerosos informes técnicos. A ciento treinta asciende la cifra

de análisis químicos que ha realizado además por encargo de los tribunales. También desempeñó el cargo de Inspector facultativo del alumbrado público de dicha ciudad. En ella hizo los análisis especiales acerca de la *Investigación del aceite de semillas de algodón en los de olivas*, en colaboración con el muy entendido doctor D. Angel Bellogín, cuyo trabajo se publicó, enriquecido con muchos datos originales; así como otros estudios muy detenidos y curiosos sobre la *Toxicología del Cloroformo*, con el mismo valioso colaborador, obra citada con elogio por Dragendorff en su *Manual de Toxicología*. Recientemente, en medio de sus habituales tareas de la cátedra y del laboratorio, practicó el análisis del meteorito caído en Madrid en 1896, publicando los resultados en un folleto y en diversas revistas científicas. Como recuerdo de sus trabajos en Valladolid, conserva aquella Universidad en sus anuarios un estudio muy apreciado sobre *Ptomainas y Leucomainas*.

Para responder á las exigencias de su cátedra, y en bien de la enseñanza, escribió y publicó en 1880 un *Tratado de Química general y descriptiva*, que el Real Consejo de Instrucción Pública revisó, acordando que se declarase obra de mérito para el ascenso en su carrera. El libro en cuestión, conocido hoy por toda la juventud que en estos últimos años ha estudiado las ciencias físico-químicas y naturales, ó las carreras á que sirven de base, sirve de texto en seis Universidades, en los principales centros preparatorios de las Escuelas especiales, en varios de la segunda enseñanza de España y Ultramar, y mereció ser premiado en la Exposición Farmacéutica de Madrid de 1882 y en la de 1885. Esta aceptación y estos lauros sintetizan, mejor que yo pudiera hacerlo, el elogio de obra didáctica tan conocida y estimada. Pueden añadirse á estas publicaciones la de numerosos artículos acerca de asuntos científicos de aplicación á la Higiene, á la Industria, á la Medicina y á la Farmacia, que

en el transcurso de veinte años han aparecido en la Prensa profesional de Valladolid y de Madrid.

Tal es, en resumen, la labor científica que, además de la de la enseñanza, ha realizado el nuevo Académico; honrosa ejecutoria que debe ser perfecta garantía de que su concurso en nuestra Corporación será tan fructuoso como útil, y por lo cual entiendo que, al recibirle entre nosotros, está la Academia de enhorabuena.

Lástima grande ha sido y es que el Sr. Bonilla, así como sus ilustres maestros y muchos de sus compañeros, dotados de sobresalientes aptitudes para las difíciles tareas de la Química práctica, hayan tenido que "trabajar á lo pobre", como ha dicho gráficamente nuestro compañero en su discurso. A disponer de mayores y mejores elementos de investigación, yo no dudo que de nuestra sección de Ciencias Físico-Químicas de la Facultad de Ciencias hubieran surgido adelantos prácticos análogos á los de las Escuelas extranjeras; pero es imposible que, cuando sistemáticamente se regatean en las consignaciones de lo que se denomina "material científico", centenares de pesetas de sumas humildes que nunca pasan de escasos miles, y con cuya distribución apenas se alcanza á satisfacer las exigencias imprescindibles, se pueda hacer otra cosa que repetir modestamente y en corta escala lo que fuera de España se hace.

Ha vivido siempre la Química oficial en nuestros establecimientos como una pobre huérfana sin amparo, tan escasamente nutrida por dentro como mal arropada por fuera, y así, por fuerza, sin grandes elementos para el trabajo práctico, ha sido teórica en muchas cátedras y durante algunos cursos. Yo no podré olvidar nunca el deplorable efecto que producía entre los escolares de ciencias la contemplación de los míseros rincones del Instituto de San Isidro, donde la enseñanza de la Química de la Facultad tenía su hogar. Algunos pobres alquimistas de los pasados siglos,

posible es que se hubieran resignado á refugiarse en él, por no encontrar otro asilo retirado en donde realizar y esconder sus misteriosas manipulaciones; pero en nuestros tiempos era imposible admitir, al registrar aquellos camarotes, que fuera verdad lo que en nuestras medallas de catedráticos está inscrito, esto es, que: *Sapientia ædificavit sibi domum.*

Ni aun dentro del edificio del que fué "Imperial Colegio," habían podido acomodarse aquellas cátedras y laboratorio, sino en unas míseras construcciones anejas, donde tal vez tuvieron sus viviendas los más ínfimos dependientes del Colegio ó donde almacenaban sus trastos los PP. de la Compañía. Allí lejos, muy lejos del mundo, á pesar de hallarse en el centro de la corte, se refugió la Química, yo no sé cuándo, para vivir bastantes años, como la conocimos en el período de 1860 á 1870.

Para llegar á la cátedra, desde los pasillos del Instituto, necesario era, en los primeros días de asistencia, trazar un croquis de aquel laberinto obscuro de pasadizos, revueltas, escaleras, locales vacíos y puertas llenas de grietas y de pesadumbre, por los que había que caminar para dar con el laboratorio bajo, especie de cocina de mesón, de paredes húmedas y descascarilladas, artesonada de vigas con telarañas, de roto pavimento enladrillado y con amplias ventanas de viejas vidrieras, al parecer esmeriladas, pero á la verdad medianamente traslúcidas, por la capa de polvo que las recubría. Hermosa luz de Poniente y Mediodía entraba por ellas, gracias á que el local tenía delante un patio, en el que en anárquica distribución brotaban toda suerte de enmarañadas hierbas, prestando desde Abril á Noviembre fantástica ornamentación á los montones de escombros, ladrillos, cascotes, tejas y maderos allí olvidados desde el derribo de algún otro tugurio vecino, semejante á aquel en que rendíamos culto al saber de Dumas, de Pelouze y Fremy y de Will

y Fresenius. En tal laboratorio, ó lo que fuere, trabajaba alguna que otra vez la gente plebeya estudiantil que cursaba las asignaturas de Química inorgánica y orgánica, estando reservada la habitación del piso principal y único á la clase y á la Análisis química. Desde la pieza anterior pasábase á otra más mala y angosta, donde encajaba una escalera, de mesón también, al fin de cuyo segundo tramo se abría sobre el patio un cuarto de blanqueadas paredes con amplio encerado en el testero, una poltrona vieja delante, una mesa con cubierta chapeada de plomo y cuatro ó cinco filas de bancos, pulimentados á fuerza de sentarse y recostarse en ellos. Aquélla era la cátedra, capaz para dos docenas de alumnos bien apretados. Inmediato estaba el laboratorio de los profesores, el *sancta sanctorum*, donde ningún estudiante era osado penetrar. Desde fuera veíamos moverse en él, como á seres superiores, que siempre nos impusieron inevitable temor, al severo D. Magín Bonet, de adusto ceño y rápida y áspera palabra; al callado y risueño Don Manuel Sáenz Díez, de intencionada y burlona mirada; al distraído y cariñoso D. Mariano Rementería y al enhiesto é imperturbable Bonilla. Pobre era todo lo que nos rodeaba, el sitio, la casa, el ajuar, los estantes, el material que contenían, los productos químicos, la biblioteca y los utensilios de escritorio; pobre era todo menos el afecto, la vocación, la asiduidad, el saber, el buen ejemplo, la valía de aquellos profesores veteranos de la enseñanza, que tanto empeño pusieron siempre en instruirnos y en que practicáramos la ciencia en todo lo posible, á pesar de “trabajar á lo pobre.”

En aquella humilde aula, peor dotada que la que encontró el insigne Laurent en la Facultad de Ciencias de Burdeos cuando fué, en 1838, destinado á explicar Química, aprendieron teórica y prácticamente esta ciencia gran parte de los Catedráticos que hoy la enseñan en las Universidades y en muchos Institutos. De la reducida pero estudiosísima le-

gión que concurría á ella, en la época á que me refiero, salieron profesores tan reputados como los Sres. D. Bernardo Rodríguez Largo, D. Benito Hernando, D. José Muñoz del Castillo, D. Victorino García de la Cruz, el malogrado Don Alejo Yagüe, D. Joaquín Olmedilla, D. Cándido Andrés, D. Luis Ortiz de Zárate, D. José Solano y Eulate, D. Bruno Solano, D. José Soler y Sánchez, D. Francisco Domenech, D. Tomás Escriche, D. Domingo Martín, D. Luis González Frades, D. Andrés Montalvo y Jardín y D. Eliso Guerras, cuyos nombres consigno aquí gustoso, hoy que recordamos lo mucho que debemos á nuestros ilustres maestros señores Bonet y Sáenz Díez y al sabio y respetabilísimo D. Manuel Rico y Sinobas, profesor de nuestra Sección también, á quien vemos con placer en la Cátedra y en la Academia, investigador y animoso como siempre, y á quien hemos querido, como lo merece, tantas generaciones de discípulos. Todos seguramente sentirán, como compañeros y como hijos de aquellas aulas, la satisfacción que yo siento al ver honrado á D. Santiago Bonilla Mirat con la investidura de Académico de Ciencias, y es de esperar que con el mismo honor serán recompensados otros de entre ellos, por sus positivos sobresalientes méritos, por su competencia bien probada y por sus trabajos como hábiles investigadores en los laboratorios, y como publicistas en la propaganda de los conocimientos peculiares de nuestra carrera.

Aspiración constante de la limitada inteligencia humana ha sido la de comprender y explicar los insondables misterios de la Naturaleza. En semejante afán, que no se ha satisfecho, ni se satisfará nunca, se han ocupado con febril empeño los filósofos, los sabios y también muchas gentes

vulgares que creen, ó se imaginan, en sus ilusiones, que tan difícil problema lo puede resolver, por repentina maravillosa intuición, cualquier pensador más ó menos original.

No habrá nadie que no se haya preguntado alguna vez: ¿qué es la vida?, ¿de dónde procedo?, ¿adónde voy?; ni nadie que, al contemplar la inmensidad de los cielos, no exclame: ¿qué es el universo?, ¿qué es el infinito?, ¿qué somos nosotros ante los mundos creados? Humildemente tenemos que confesar que no hay capacidad ni poder suficientes en nuestra inteligencia, no sólo para contestar, sino ni aun para vislumbrar algo que, por ser verdadero, satisfaga nuestras exigencias en el natural é insaciable deseo de saber.

Dios, al crear la Naturaleza y al colocarnos en ella, dándonos sentidos y espíritu para verla, sentirla y contemplarla, se reservó el secreto de lo que la Naturaleza y el hombre son, enseñándonos así, que dentro y fuera de nosotros existe mucho esencial y grande que no comprendemos, ni comprenderemos nunca; y que por más que se discorra, trabaje, invente y progrese, siempre habrá entre el hombre y la creación ese abismo de ignorancia que no se podrá salvar con todo lo que alcance el pobre entendimiento humano, y que sólo es dado conocer á la Eterna sabiduría.

No tiene nada de extraño que los hombres dedicados á la investigación en el estudio de la Astronomía, de las Ciencias Naturales y las Físico-químicas se sientan como nadie agujoneados por ese deseo de penetrar en el conocimiento de la esencia y modo de funcionar de la Naturaleza, aparentemente inerte ó positivamente viva y animada; y á esto se debe el que todos ellos, así los más afamados como los más humildes, concedan sin querer, por irresistible impulso de su ánimo, tanta importancia á la práctica experimental científica como á la filosofía, á las hipótesis y á los razonamientos que más su imaginación que su razón los inspira, para explicar las causas de los hechos observados.

Constante y tenaz es la tarea que los físicos traen emprendida desde las edades remotas en demanda de satisfactorias explicaciones para explicar lo que sean la materia, la atracción, las fuerzas moleculares, la electricidad, el calor y la luz, sin que hoy se sepa más, acerca de lo que realmente son, que lo que en un principio se sabía; aunque es verdad que, gracias al enorme trabajo intelectual desarrollado para saberlo, buscando una verdad que no parece, se han hecho muchos descubrimientos secundarios é inesperados que son la base de grandes aplicaciones; resultado que demuestra que las teorías, impulsando al hombre de ciencia á trabajar para demostrarlas, si bien no conducen á establecer ó descubrir la verdad que se persigue, suelen ser causa fecunda de utilísimos hallazgos. Por lo cual, y por otras razones de orden filosófico, no cabe despreciar los trabajos teóricos, ni se debe prescindir de ellos; ni ningún naturalista, ni físico, ni químico, por hábiles hombres prácticos que sean, dejan de armonizar lo que hacen y lo que ven en el gabinete, en el laboratorio, con aquellas ideas teóricas en que tienen mayor fe y que son para ellos la explicación de la causa, de la esencia, de cuanto en el mundo material ocurre. Esas teorías han de tener siempre como base los fenómenos naturales, los hechos observados. Así lo dejó expuesto, con admirable claridad, el creador del verdadero espíritu de la Física matemática, Newton, al decir: "Todo lo que no se deduce de los fenómenos debe denominarse hipótesis, y las hipótesis, ya metafísicas, ya físicas, ya de cualidades desconocidas, ya mecánicas, no caben en la filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones se deducen de los fenómenos y se generalizan por inducción," (1).

(1) *Quidquid enim ex phœnomenis non deducitur, hypothesis vocandum est; et hypotheses seu metaphysicæ, seu physicæ, seu qualitatum occultarum,*

Ya habéis oído la magistral y acabada exposición de las teorías químicas que el nuevo académico Sr. Bonilla ha hecho en el lenguaje claro, severo y convincente que es propio de un profesor de sus envidiables dotes; á cuyo notabilísimo trabajo yo nada he de oponer, añadir ni quitar, porque tal cual está presentado es, como quien dice, la verdad didáctica que en las cátedras y en las obras de importancia se enseña, al historiar el proceso de las teorías é hipótesis de la Química, y sobre todo de la Química contemporánea. Dedicado siempre el Sr. Bonilla á los trabajos de laboratorio, que tanta vocación, tanto tiempo y tanto estudio exigen, parece que él como pocos debiera tener escasas aficiones á estos entretenimientos de orden puramente ideal. Sin embargo, ya os habréis podido convencer: el catedrático que pasa los días y los años en pie y de guardia delante de las baterías de matraces, retortas, cápsulas y crisoles, donde reaccionan, hierven, se funden y se evaporan las sustancias, y observa habilísimo y pacienzudo los movimientos de las balanzas de precisión, y multiplica los ensayos con los reactivos, y cuida de la marcha de una serie de filtros, y regula las temperaturas de diversos focos de calefacción, y practica la investigación espectroscópica y la microquímica y la electrolítica, y en ímproba no interrumpida labor ensaya los productos que emplea, y analiza el aire, y el agua y las tierras, y los vinos y los cereales y sus productos, y la leche y los azúcares y los alcoholes, y los petróleos, y los carbones, y los minerales y las aleaciones, y la sangre y la orina y cuanto la toxicología demanda; el que en la soledad y en el silencio realiza incansable tan prosaica y á veces peligrosa faena, y añade la imprescindible

seu mechanicæ, in philosophia experimentalí locum non habent; in hac philosophia, propositiones deducuntur ex phænomenis et redduntur generales per inductionem. Principia math. philos., lib. III.

y no menos costosa de la consignación de los datos observados, y su estudio lógico consiguiente, que le conduzca á la determinación analítica que se pide; el que además, cumpliendo su misión principal, enseña en la cátedra la ciencia, ha demostrado evidentemente que no le son extrañas ninguna de las doctrinas más modernas que los químicos de las Escuelas y Universidades extranjeras han lanzado al campo de la discusión, para tratar de explicar lo que sean la materia y el movimiento ó fuerza que determina las combinaciones. Químico práctico reputadísimo en el retiro de su laboratorio, ha demostrado, pues, el Sr. Bonilla que continúa siendo un estudiante modelo en el rincón de su casa, allí donde sólo es posible hacerse cargo de lo mucho y muy transcendental y muy curioso que se publica acerca de lo que los químicos eminentes, profesores, filósofos y prácticos á un tiempo, entienden que tal vez sean cuerpos y sus reacciones, la materia y la energía.

Como debe ser, siguiendo el ejemplo de los profesores científicos eminentes, el Sr. Bonilla se dedica, pues, con el mismo afán al conocimiento de las teorías en toda su extensión, manifestaciones y desenvolvimientos que á los trabajos prácticos, dando así constante ejemplo á sus discípulos de lo que debe hacer el verdadero hombre de ciencia.

Médico á la par que químico, ha denominado médicamente "Anatomía y fisiología de la molécula química," al estudio que presenta para su ingreso en esta Academia; y en verdad que esa denominación está bien apropiada, porque los químicos hoy, con los poderosos medios de que dispone la ciencia, llegan á practicar una admirable disección de los cuerpos que estudian y á comprender, no sólo su composición, sino hasta á representar, con más ó menos ingenio y probabilidad, cómo están dispuestos ó distribuidos sus elementos ó partes; y se afanan por averiguar á qué se debe la actividad de la materia, cuál sea la causa de la energía

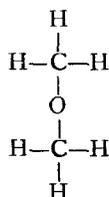
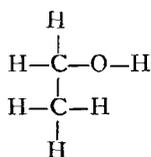
que parece obrar en las funciones de cada molécula, y de las incesantes transformaciones que se observan en los fenómenos químicos y que constituyen una especie de proceso fisiológico molecular. Y honradamente declara, por lo que pudieran significar para algunos las palabras con que está enunciado el tema de su discurso, que, aunque su adhesión y entusiasmo en materia de progreso científico no tienen límites, no han logrado convencerle las lucubraciones de ciertos pensadores que, fundándose en algunas investigaciones de las ciencias físicas y biológicas, llegan á admitir la vida en los seres inorgánicos, y que, siguiendo por ese camino, pudieran llegar hasta suponerlos dotados de inteligencia. Redúcese su propósito, añade, á demostrar que el estudio de los organismos no debe tener su límite infranqueable en el del protoplasma ó en los albuminoides, sino continuar desde el de éstos, por grados insensibles, hasta el átomo, estableciendo una especie de serie total, que tenga por extremos el ser orgánico y el átomo respectivamente, que haga comprender que lo mismo en aquél que en las diminutas porciones de la materia, producto de la unión de los átomos, nada hay hecho al azar y sin leyes que lo regulen, sino que todo está unido, dispuesto y armonizado con un orden admirable.

Pertenece, por consiguiente, el trabajo de nuestro querido compañero á la clase de los que pueden llamarse filosófico-químico-biológicos; á la Química teórica, pero no ideal ó aventurada, sino á la que funda en las enseñanzas que parecen deducirse de los hechos observados, susceptible de mejorar, de desenvolverse y de corregirse, por los descubrimientos y progresos que sin cesar se realizan.

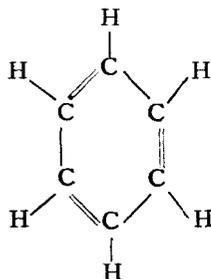
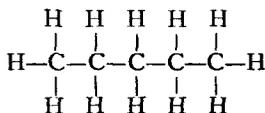
Materia ardua, de grande estudio, de incalculable transcendencia, es la de hacerse cargo del estado actual de la Química teórica y exponerla con claridad. Aun se debaten con empeño, cada día más firme, los principios é hipótesis

que sirven de fundamento á las teorías que mayor aceptación lograron. Las creaciones de la ciencia filosófico-química, que para muchos son verdades comprobadas por los hechos, no pasan de ser para otros más que ingeniosos medios ó instrumentos de investigación y de trabajo. Para algunos son conceptos erróneos de los que no se debe volver á hablar. “¿Existe el átomo?”, dice Van’ T. Hoff. Para los químicos que están decididos á no salir del terreno de la ciencia positiva, esos problemas tan remotos asustan y aparecen por todas partes rodeados de misterios. El átomo, despojado de las cualidades que la filosofía le asigna, viene á ser para muchos como una necesidad química, como *la base ideal* de los fenómenos que se presentan en las reacciones. En este sentido constituye un medio, un útil tan indispensable, que se ha impuesto y se emplea sin cesar, y que nos hemos acostumbrado á tomarlo como tal, pareciéndonos que cada elemento existe bajo la forma más pequeña posible, indescomponible, rebelde á todo cambio, y cuyo peso relativo se ha determinado, así como se ha convenido en designarlo con un símbolo... ¿Y la molécula? ¿Qué debemos pensar de ella? En concepto de la Física, debe pensarse de un modo análogo al que la Química piensa del átomo. No es una necesidad de concepción y de cálculo; pero como simplifica todas las especulaciones acerca de la materia, se ha hecho indispensable para el físico, el cual se ve obligado, por las exigencias de sus investigaciones, á poner un límite á la división efectiva de la materia, de donde resulta que necesita determinar el peso relativo de las moléculas que no puede dividir más sin descomponerlas. Se establece así una notable concordancia con la Química, pues por la suma de las cantidades atómicas, la fórmula química expresa precisamente el peso molecular. No son suficientes, sin embargo, ambos conceptos, porque una misma fórmula molecular puede corresponder á varios compuestos distin-

tos, llamados isoméricos, como ocurre, por ejemplo, con la del alcohol y la del óxido de metilo, habiendo sido preciso, si se había de caracterizar bien la molécula, determinar el agrupamiento especial de sus átomos, ya que la fórmula molecular no indica más que su número, por medio de las fórmulas llamadas de constitución, que dan á conocer las diferencias de agrupación, el encadenamiento más ó menos fijo de sus átomos, cuyo uso se ha hecho indispensable en la Química orgánica; y un ejemplo de cuya sencillez y aplicación se enseña, como es sabido, al representar de este modo las moléculas de aquellos compuestos (alcohol de vino y óxido de metilo).

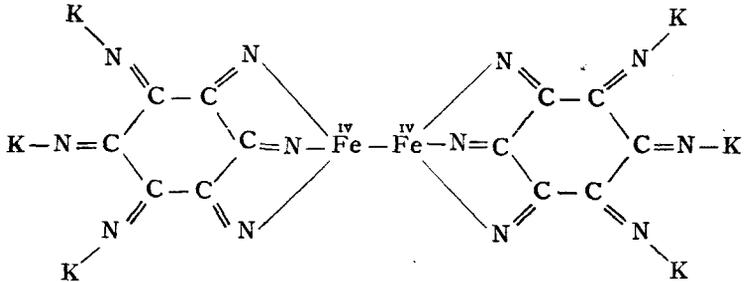


Y para que se vea cuán á maravilla la teoría, la imaginación de los químicos ideó la representación de este encadenamiento de los átomos, pueden recordarse, por ejemplo, desde las que simbolizan “en cadena abierta,” ó acíclica el pentano, $\text{C}^5 \text{H}^{12}$; y “en cadena cerrada,” ó cíclica, la bencina $\text{C}^6 \text{H}^6$;

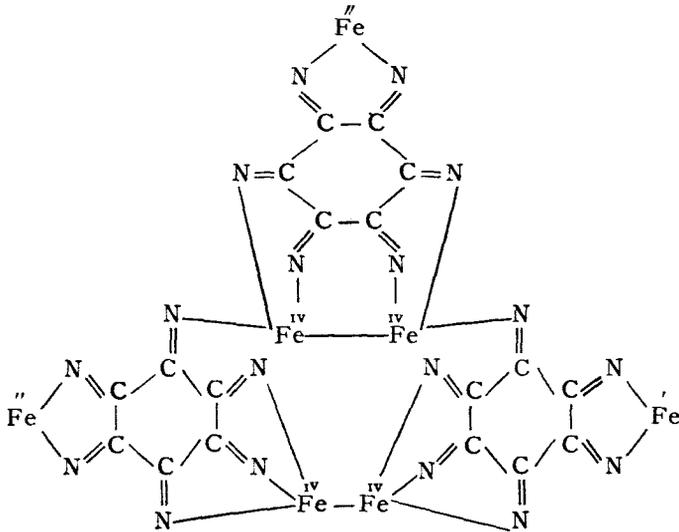


hasta los que representan el prusiato rojo $C^{12} N^{12} Fe^3 K^6$ y el azul de Prusia $C^{18} N^{18} Fe^7$:

PRUSIATO ROJO, $C^{12} N^{12} Fe^2 K^6$.



AZUL DE PRUSIA, $C^{18} N^{18} Fe^7$.



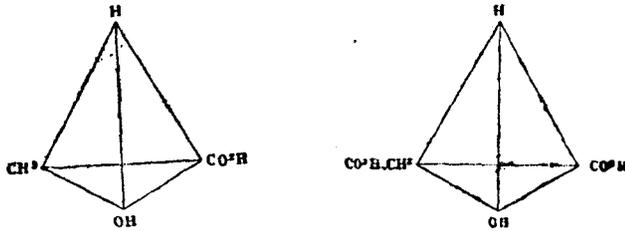
Pero ni aun estas creaciones gráficas han bastado; porque se entiende hoy que las fórmulas de constitución corresponden, por ejemplo, así en los ácidos tártricos, como en los

lácticos, á compuestos diferentes (opinión de Wislicenus), y que es necesario admitir otro procedimiento más de representación, que corresponda á la tercera dimensión del espacio, como lo idearon Van' T. Hoff y Lebel al crear las fórmulas estereoquímicas, que, sin embargo, es claro que no representan la disposición íntima de la molécula, ya que falta en ellas la indicación de un elemento ó factor real é imprescindible, que es la del movimiento, para que pudieran ser la representación simbólica de la composición molecular al cero absoluto; temperatura de un foco de frío capaz de poder destruir ó anular todo el calor producido por un foco de calor transformándolo en trabajo ó en otra energía exterior. En este simbolismo artificial, "lo que yo he procurado, dice Van' T. Hoff, es perfeccionar más y más el instrumento de investigación y de trabajo„.

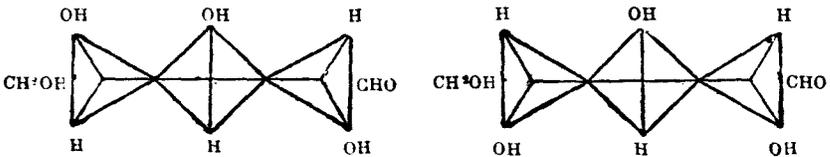
En efecto, dentro de tales aspiraciones y teorías idearon estos químicos, trabajando cada cual separadamente y casi al mismo tiempo, la manera gráfica de explicar y aun de prever la disposición molecular de una serie de isomerías, como las de los cuerpos activos y las de ciertos derivados etilénicos, que no podían representarse por las fórmulas de saturación, cuya composición se determinara en un plano, y surgió la ciencia denominada Estereoquímica ó la Química en el espacio; "sistema de notación cómodo, dice Monod, simbolización nueva, con la que no se pretende exponer la forma real y exacta de una molécula, y la cual parece aproximarse más á la verdad que la antigua, por estar más en concordancia con los fenómenos conocidos„. En estos curiosísimos trabajos, partiendo de la correlación íntima que existe entre la disimetría en la estructura de los cristales y su poder rotatorio, y entendiendo que la disimetría no corresponde al conjunto total de un cuerpo, sino á cada molécula del mismo, y que no existe en la molécula cristalina, sino en la molécula química, y dejando establecido como princi-

pio general que la condición indispensable y suficiente para que una molécula sea activa es que contenga un átomo de *carbono asimétrico* y que el tipo de representación en el espacio de las moléculas CX^4 y $CXYZV$ es un tetraedro regular, cuyo centro ocupa el carbono y cuyos cuatro vértices ocupan los radicales X, se prevé la explicación de las isomerías de los cuerpos activos; se estudian los encadenamientos sencillos del carbono; los compuestos de cinco, seis y hasta doce carbonos asimétricos; el encadenamiento doble y triple; los compuestos cíclicos, y, en fin, M. Guye, generalizando los resultados ó consecuencias que se han deducido, llega hasta averiguar la relación en dimensión y en signo del poder rotatorio de una molécula.

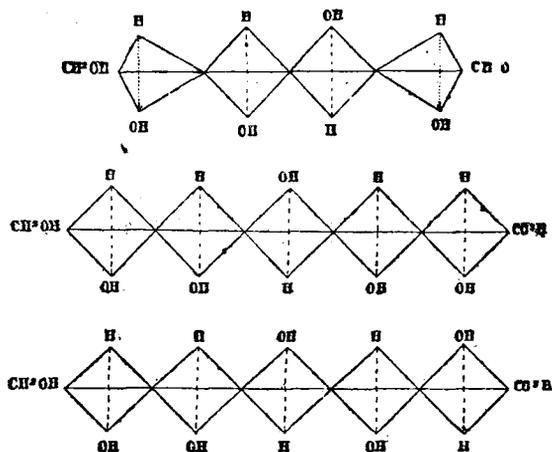
En la gráfica de esta teoría también se ha llegado desde lo más sencillo; por ejemplo, ácido láctico y ácido málico:



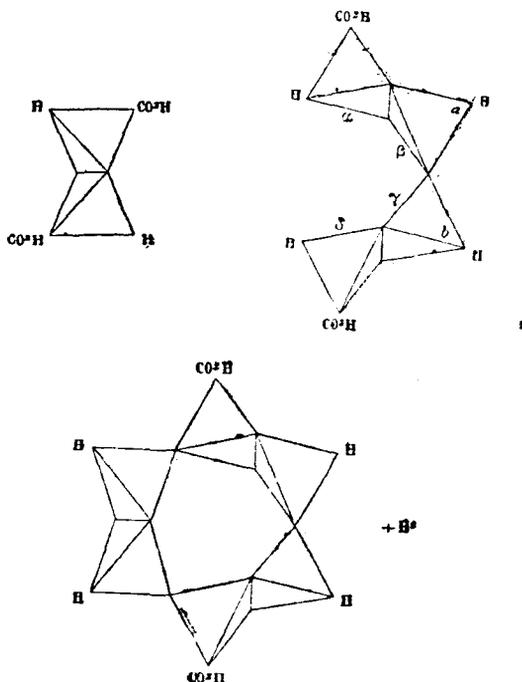
á algo más complicado, como á la representación, por ejemplo, de la arabinosa y la xilosa (pentosas de Fischer):



la glucosa y los ácidos glucoheptónicos activos:



y en los encadenamientos dobles del carbono, por ejemplo la molécula de ácido fumárico, el ácido neucónico y el ácido tereftálico 1,4.



Todo este artístico monumento teórico-químico, la teoría atómica moderna, “independiente de la hipótesis filosófica de los átomos,” según expresión de E. Lenoble, de quien hemos tomado estas representaciones gráficas, la cuantivalencia, la atomicidad, las fórmulas de composición y estereoquímicas aceptadas en casi todos los centros de enseñanza, no bien acogidas en otros, han encontrado y encuentran acérrimos impugnadores. Unos como Mac Leod, al discutir las concepciones metafísicas de J. Wislicenus (1832), recordaron que la atomicidad de los simples no es fija, porque el nitrógeno que resulta pentatómico en el cloruro amónico y triatómico, en el amoníaco forma un compuesto oxigenado NO , en el que parece ser biatómico, sin que baste á explicar estas anomalías la salvedad de que este cuerpo, en realidad, posee un encadenamiento *libre*, idea inadmisible, dados los principios de la teoría atómica. También la molécula de peróxido de nitrógeno varía según la temperatura. Á temperatura baja puede representarse por $\text{N}^2 \text{O}^2$, y á alta se formula NO^2 . Por su parte H. Roscoe demostró que el vanadio, que por analogía en los cloruros parece ser triatómico ó pentatómico, forma uno, cuya composición está representada por VCl^4 . El óxido hipoclorico ClO^2 obliga á admitir, ó que el cloro es tetratómico, ó que esa molécula posee también un encadenamiento libre. En otro orden de fenómenos, la teoría atómica no sirve para explicar la existencia y naturaleza de las sales cristalizadas, perfectamente definidas y que contengan lo que se denomina agua de cristalización. Los cuerpos nuevos á que dan lugar las combinaciones de estas sales reciben el nombre de “combinaciones moleculares,” para dar á entender que las moléculas ya saturadas se combinan entre sí de una manera ó de otra, y esta combinación difiere esencialmente de la “combinación atómica.” Se admite también una especie de “afinidad de residuo,” no saturada por los elementos constitutivos de cada

cuerpo, y esta afinidad especial es la que permite á los cuerpos puestos en contacto unirse como en forma de yuxtaposición menos estable que la combinación propiamente dicha. Estas frases “combinaciones moleculares,” y “afinidad de residuo,” hacen recordar la famosa “acción catalítica;” y no son en realidad más que palabras, con las que se intenta no explicar, sino indicar lo que no se comprende. El oxígeno puede ser tetratómico, como aparece en el subóxido de plata Ag^4O . En este caso puede admitirse que el agua no es un compuesto saturado, y que entonces no hay dificultad en explicar la combinación del agua con las sales oxigenadas. Bien se puede con un poco de imaginación, y dadas estas variaciones, trazar las fórmulas gráficas que representen la constitución de todas las sales cristalizadas. “Pero éstas serán, añade Mac Leod, puros artificios, y jamás se sacará provecho alguno del empleo de semejante método. Creo, en fin, que, sin desconocer los progresos que la ciencia química ha realizado desde hace cerca de sesenta años, no disponemos hoy de un sistema de notación que hubiera podido satisfacer á Dalton en 1834. Debemos aspirar al uso de fórmulas que representen algo más que el número y posición de los átomos en un compuesto químico, indicando en ellas además la suma de energía potencial propia de cada cuerpo y la cantidad de calor que entra en juego en cada reacción química.”

Pudieran multiplicarse los ejemplos aducidos por los impugnadores de la teoría atómica; pudieran repetirse los razonamientos que tienden á demostrar que “los supuestos de la teoría átomo-mecánica son contradictorios con los conceptos físicos hoy reinantes,” como lo expone nuestro querido compañero el sabio profesor y reputado químico Don José Rodríguez Carracido en su notable obra *La Nueva Química*, de conformidad con Cournot y Stallo; pero bastará, para terminar la exposición rápida que hacemos de

las fases de esta lucha, consignar algunas de las apreciaciones que se ocurrieron á W. Ostwald al combatir la mecánica de los átomos, el atomismo contemporáneo. Los conceptos únicos de la materia y el movimiento, *el materialismo físico*, para explicar la constitución íntima del mundo, constituyen una teoría que, á pesar de todo su crédito, es insostenible; no se ha logrado con ella el fin que se proponían sus sostenedores, y está en contradicción con las verdades admitidas y universalmente aceptadas. Preciso es, pues, abandonarla y sustituirla, en cuanto sea posible, por otra mejor. La teoría mecánica resulta deficiente; la teórica energética es mejor y es suficiente. Probar lo primero es fácil, aunque sea más difícil demostrar lo segundo; pero preciso es decir, en obsequio á la verdad, que la teoría energética, sometida á las pruebas de las ciencias experimentales, ha dado tales resultados que, si no sirven para convencernos de su entera exactitud, satisfacen de tal modo que la hacen más admisible que las demás.

Existe en la naturaleza la *masa*, y del estudio de sus propiedades, peso, volumen, caracteres químicos y conservación nació la idea metafísica de la materia. Pero siendo la materia inerte, invariable en sí, hubo necesidad de idear la existencia de una fuerza: la atracción; y con ambos factores, materia y atracción, se explicaron los fenómenos físicos, como se habían explicado los astronómicos. Todo esto es hipotético y metafísico. Se supuso que los fenómenos del calor, de la radiación, de la electricidad y de la química son de naturaleza mecánica, lo cual nunca se ha podido demostrar, porque al buscar la representación mecánica de dichos fenómenos se tropieza siempre con una invencible contradicción entre los hechos que se observan en la experiencia y los hechos previstos ó supuestos por la teoría. En el estudio de la luz, á la teoría de las ondulaciones ha sucedido la electro-magnética; el éter hipotético debe ser un sólido

si se han de admitir las vibraciones transversales para explicar los fenómenos de polarización, y lord Kelvin ha demostrado que un sólido, constreñido como se supone que lo está el éter, es imposible que exista.

El querer explicar por la Mecánica todos los fenómenos físicos conocidos, y aun los más complicados, los de la vida orgánica, es un error puro y simple. Los fenómenos no son reversibles, como lo son los hechos en Mecánica, y no hay más remedio que prescindir de ella, de la materia en movimiento. Si se prescinde de los átomos, ¿cómo representaremos la realidad? ¿Con qué símbolos ó imágenes? No hay necesidad de imágenes ni de símbolos. Establézcanse las relaciones entre los hechos reales, es decir, entre lo que es sensible y se puede medir, de tal manera que conocidos unos puedan de ellos deducirse otros, y así llenará la Ciencia su misión.

La noción de la energética se creó por Mayer hace medio siglo, cuando descubrió la equivalencia de las diferentes fuerzas naturales, ó, como se dice ahora, las diferentes formas de la energía. Su idea, mal comprendida en un principio, se trató de armonizar con la teoría mecánica que imperaba, y en ello trabajaron físicos tan eminentes como Helmholtz, Clausius y W. Thomson; pero, prescindiéndose hoy de esta hipótesis accesoria, se estudia la energía sin sujeción á ningún otro prejuicio. “La materia es una invención muy imperfecta que nos hemos forjado—añade Ostwald;—la realidad efectiva es la energía.” “La materia no es otra cosa que una agrupación de diversas energías colocadas en el espacio; y cuanto decimos referente á ella, lo decimos real y únicamente respecto á dichas energías.” Siguiendo el camino de la energética, nos pondremos de acuerdo con el verdadero sentido de las aspiraciones de Kirchhoff, así resumidas: “Á la pretendida explicación de la Naturaleza, sustituyamos la descripción de los hechos.”

Á pesar de las objeciones presentadas á esta teoría por Cornu y Brillouin en la interesante polémica á que dió lugar la publicación del trabajo de Ostwald, *La derrota del atomismo contemporáneo* (Noviembre y Diciembre de 1895), insistió el insigne profesor de Química física de la Universidad de Leipzig en sus afirmaciones, y dijo para terminar: "He procurado durante diez años plantear una teoría mecánica de las afinidades químicas, y me he convencido de que sólo desde que se renuncia á toda analogía mecánica es posible obtener resultados de alguna utilidad,."

Desahució, pues, Ostwald á la materia, á los átomos, al éter y sus ondulaciones, á la atracción y á las demás fuerzas moleculares. Los partidarios de la estereoquímica, curándose en salud, dicen: "Una molécula es un sistema de fuerzas en equilibrio," (*Monod*, cap. 1); pero como todo su sistema descansa en la dinamicidad ó valencia del átomo de carbono, también ante la piqueta demoledora del profesor de Leipzig cae el complicado arte de las representaciones gráficas en el espacio.

La lucha continuará, sin duda, no sólo porque atomistas y energéticos sostendrán con empeño sus respectivas teorías, sino porque la Mecánica química ha tomado grande arraigo al fundar sus estudios y deducciones en la identidad de las leyes relativas á las condiciones determinantes de los fenómenos químicos con las leyes correspondientes de los fenómenos físicos y mecánicos; ciencia iniciada por Berthollet, emprendida de nuevo por H. Saint-Claire Desvine en sus trabajos sobre la disociación, y ampliada por completo en su admirable desenvolvimiento por Berthelot con la termoquímica, y acerca de cuya importancia dice Le Chatelier: "Las experiencias realizadas y las leyes parciales enunciadas en la Mecánica química, si se han de apreciar con exactitud en su justo valor, deben considerarse con relación al importante papel que han desempeñado en

la propaganda y desarrollo de esta concepción nueva de la Química: si se consideran aisladamente, podrán servir de base á la crítica que trate de disminuir su importancia; mientras que, tomadas en conjunto, se ve incontestablemente que han introducido en la ciencia una nueva interpretación, en la que se funda un movimiento de ideas tan fecundo, como lo fué el descubrimiento hecho por Lavoissier de la conservación de la masa...» «Las leyes de la Mecánica química (*conservación de la capacidad de potencia motriz* ó de la masa, *conservación de la potencia motriz*, factores del equilibrio, equivalencia de los sistemas químicos, equilibrio isoquímico, dirección del movimiento en el desequilibrio químico, *conservación de la energía*): estos principios y leyes son absolutamente ciertos, tan ciertos como las verdades científicas más rigurosamente demostradas. Sin vacilación alguna puede considerarse como falsa toda experiencia que esté en contradicción con cualquiera de ellos.»

Al exponer P. Duhem el conjunto de esta teoría en su concienzudo trabajo *Introducción á la Mecánica química*, dice: «La Mecánica química consiste, casi en totalidad, en la oposición que existe entre las reacciones endotérmicas y las exotérmicas; y desde Newton hasta hoy, los pensadores científicos más eminentes han consagrado todos sus esfuerzos á determinar el sentido exacto de esa oposición. Al través de ese tiempo, puede dividirse en tres fases la historia de esos esfuerzos.»

Hasta mediados del siglo actual se consideró toda reacción exotérmica como una combinación, y toda reacción endotérmica como una descomposición. Hace cincuenta años J. Thomsen creó el sistema termoquímico, en el cual una reacción exotérmica es una reacción capaz de producirse directa y espontáneamente; una reacción endotérmica es una reacción indirecta, que no puede producirse sin el con-

curso de una energía exterior. Hoy sabemos que un compuesto endotérmico se forma tanto más fácilmente cuanto más elevada es la temperatura; y que un compuesto exotérmico, al contrario, se disocia mejor cuando más crece la temperatura. Así queda determinada con exactitud la filiación de las diversas ideas que han sostenido los inventores y reformadores sucesivos de esta teoría.

Labor extraordinaria y fecunda ha sido la que han realizado, durante ese tiempo y en esos tres períodos, sus partidarios, al hacer los estudios y experiencias relativos á la afinidad y cohesión, al calor y energía interna, al calor y afinidad, al principio del trabajo máximo, á las energías exteriores, á la disociación, á la teoría cinética de los gases, á la entropía y al potencial termodinámico, á la pila voltaica, á los cambios de equilibrio y á los equilibrios verdaderos y falsos.

Conocido, estudiado y discutido todo ello, fundada esta teoría tan autorizada y tan bien acogida como ciencia casi nueva, no fué excluída en totalidad del anatema de Ostwald, que, como queda dicho, combate la admisión de los conceptos de la afinidad, de la cohesión, la cinética de los gases y toda hipótesis que no sea "descripción ó aplicación de los hechos", y que dice: "Los modernos adeptos de las teorías mecánicas, al pretender englobar ó identificar todas las formas de la energía con la energía mecánica, no hacen cosa de más provecho que lo que los alquimistas hacían al querer transmutar el plomo en oro". Que en semejante labor se han hecho muchos importantes descubrimientos, inesperados por cierto, es verdad; pero esto mismo resulta ser otra semejanza más con la actividad, á menudo fecunda, que caracterizaba á aquellos buscadores de la piedra filosofal.

Excluída del anatema quedó la Termoquímica, fase esencial de la Termodinámica, "parte la más extensa de la Ener-

gética,, dice Ostwald. Y en efecto, como afirma Berthelot en su *Thermochimie (Données et lois numériques)*, que ahora mismo acaba de publicar: “El conocimiento de estos trabajos es la substancia misma de la Mecánica química, independientemente de las concepciones y fórmulas atómicas ó algebraicas que se puedan hacer intervenir en ella; es la base indispensable y el punto de partida de la interpretación racional de todos los fenómenos,,. Las leyes de la Termoquímica son la expresión de los hechos; los datos numéricos son como una descripción concreta de los resultados de los mismos. Para nada entran en este monumento físico-químico las hipótesis; aunque acepta la notación y sigue la clasificación atómica en el orden de colocación de los metaloides (excepto en el hidrógeno y oxígeno), pero no en el de los metales.

Como los únicos trabajos teóricos, si pueden llamarse así, que quedarán al fin en la Ciencia serán los que identifiquen la explicación de los fenómenos físicos y los químicos, es en la Termodinámica realmente donde creen hoy los pensadores sensatos que está la base más racional para la comprensión del gran problema de las combinaciones, de la energía que anima á la materia y de las cualidades de su aparente equilibrio resultante. En la transformación que se realiza al unirse los cuerpos simples para formar los compuestos, la Química estudia la combinación y la Física los cambios de estado en los respectivos trabajos moleculares que durante el fenómeno se realizan, y los cuales son producidos por las energías interiores del sistema que se transforma y por las exteriores á él, como las caloríficas, las eléctricas, y, aun en determinados casos, las mecánicas propiamente dichas.

Así á la par, física y químicamente, persigue la Termodinámica el conocimiento de problemas tan importantes como el de fijar las relaciones que existen entre la afinidad química y el desprendimiento de calor; el de demostrar la es-

trecha relación que hay entre la noción termodinámica de la entropía y el principio del trabajo máximo; el de determinar el calor de formación de los cuerpos compuestos relacionándolo con un estado físico cualquiera, pero el mismo para todos ellos; el de establecer ciertos caracteres positivos de los elementos químicos por el conocimiento de los calóricos específicos; el de hallar las fórmulas generales que expresen las relaciones que existen entre las propiedades físicas de los cuerpos y su composición química; el de las leyes y relaciones numéricas que caracterizan á los respectivos calóricos de combinación, y el de las que existen entre éstos y la masa química de los elementos; el de las relaciones termoquímicas entre los cuerpos isómeros simples ó compuestos; el del estudio de las sustituciones en la Química inorgánica ó mineral; en las combinaciones binarias y ternarias, lo mismo que en la Química orgánica ó de los compuestos carbonados. Tal es la gran tarea físico-química, modelo de estudios de investigación, que ha realizado en nuestros días el genio de Berthelot.

En la unión ó compenetración de la teoría Newtoniana con la Termodinámica se basaron los primeros fundamentos de la Termoquímica; y del enlace de las teorías Cartesianas con la Termodinámica nació primero lo que se denominó "teoría mecánica del calor", y después la teoría *cinética* de los gases, que hoy está tan en boga, vislumbrada por Bernouille, creada por Kroning y desarrollada en sus fundamentos matemáticos por Clausius, Boltzmann y Maxwell. Esta teoría, cuya característica es el modo que tiene de considerar el equilibrio químico, ha formulado toda una Mecánica completa, y para Duhem es una de las hipótesis más perfectas de la Física y constituye una de las explicaciones más acertadas de los fenómenos naturales. El ilustre Mendeleef dice aún más en su elogio: "La teoría cinética de los gases debe considerarse como la adquisición cientí-

fica más brillante de la última mitad de nuestro siglo. Al aplicar Maxwell el cálculo al estudio del choque de las moléculas gaseosas, pudo predecir con exactitud el valor del esfuerzo ó energía de encuentro ó contacto interior de los distintos gases. La teoría cinética prueba, en efecto, que la velocidad del movimiento progresivo de las moléculas de un gas, cuyo peso por centímetro cúbico sea δ gramos, es igual á la raíz cuadrada del producto $3 p. D. g.$ dividido por δ

$$\sqrt{\frac{3 p. D. g.}{\delta}}$$

en cuya fórmula p es la presión, en centímetros, de la columna de mercurio, á la que ha sido determinado el peso δ ; D es el peso en gramos de un centímetro cúbico de mercurio ($D=13,59$; $p=76$, la presión normal sobre un centímetro cuadrado 1033 gr.), y g es la intensidad de la gravedad al nivel del mar y á 45° de latitud $=980,5$. Con esta fórmula se calcula que á 0° la velocidad media del hidrógeno es igual á 1843 metros, y la del oxígeno 461 por segundo. Aplícase en esta teoría la fórmula de Van-der-Waals

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = R (1 + \alpha t)$$

(siendo α el coeficiente exacto de dilatación de los gases; $0,00367$ el del aire, entre 0° y 100°). para el estudio del cambio de estado de gas á líquido, en los gases ordinarios que sufren alguna variación, aunque sea pequeña, de temperatura y presión, ya que existe cierta atracción entre sus moléculas.

En la teoría cinética encuentran su más perfecta expresión, además de explicarse muy bien las leyes de Boyle, de Mariotte, de Gay-Lussac y de Avogadro-Gerhardt, así

como la elasticidad, la presión, la difusión y el frote interno de los gases. (*Mendeleeff.*)

Las deducciones que se sacan de los estudios de la dinámica química, basados en el conocimiento de los hechos físicos de la teoría mecánica del calor, adquirieron desde los tiempos de Clausius una importancia que trascendió hasta los campos de la Metafísica. Se trató desde entonces, no sólo de la energía química molecular y del estado en que queda el calor que actúa en las transformaciones físico-químicas que la materia sufre, sino de la energía del universo y del resultado de la limitación final de ella. "El conjunto de los fenómenos naturales, dejó dicho W. Thomson, lleva al universo hacia un estado límite; si se llega á él, ya no habrá cambios, ni modificaciones de ninguna clase. Reinarán en absoluto la inercia y la muerte, y habrá llegado el fin del mundo.", Clausius ideó el concepto ó noción de una nueva cantidad que representara la energía, referida primero al calor y generalizada después para todas las manifestaciones del movimiento, á la que denominó *entropía*; admitiendo que ésta aumenta sin cesar por efecto de todas las modificaciones que se producen en la naturaleza, y que no hay ninguna fuerza natural que pueda disminuirla. Por consiguiente, el estado límite, á que aludía Thomson, resultaría cuando la entropía del universo hubiera llegado á su *máximum* posible; de donde se deduce que un sistema de cuerpos, absolutamente aislado en el espacio, estaría con equilibrio térmico, si ninguno de los cambios que pudieran producirse en él hiciera aumentar su entropía.

Gibbs y Maxwell (1871 y 1873) dieron á la cantidad ó función que representaba la entropía el nombre de "energía disponible," (*available energy*); Helmholtz á su vez la denominó "energía libre," (*freie-energie*); Rankine la llamó *función termodinámica*, y hoy se dice que es la cantidad determinada por la medida reversible de las transformacio-

nes isothermas. Para facilitar su comprensión se ha dicho que la entropía es una función cuya variación representa el cociente de la cantidad de calor absorbida en una transformación elemental, por la temperatura absoluta á la cual se realiza dicha transformación. Admitida la noción de la entropía, se dedujo de los cálculos de la teoría mecánica del calor que, dado un sistema absolutamente aislado en el espacio, toda modificación capaz de operarse en él presenta los dos caracteres siguientes:

- 1.º No altera su energía.
- 2.º Aumenta su entropía.

Y aplicando Clausius (1865) estos enunciados al Universo entero, que considera como un sistema semejante aislado en el vacío, los generalizó diciendo:

La energía del Universo es constante.

La entropía del Universo tiende hacia su máximum (1).

Hablábase antes en las investigaciones de la energética de temperatura y de cantidad de calor; hoy se refiere todo á la entropía, idea esencial sin la que no es posible determinar los caracteres que son comunes á los fenómenos del calor y á los del movimiento, ni es por consiguiente precisar, ni hacer comprender bien los principios de la ciencia de la energía. Admitiendo la entropía, no sólo bajo el punto de vista teórico, sino en la práctica de la enseñanza, permite exponer con orden y sencillez los principios de la termodinámica: es para los sabios, físicos ó químicos, un medio ó elemento que facilita sobremanera el uso y desarrollo de las fórmulas más usadas y la aplicación de los principios de Carnot, de los cuales la entropía viene á ser en el fondo y resumen la expresión más acabada.

Toda la ciencia del calor está basada en la ley del equili-

(1) *Die Energie der Welt ist constant.*
Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.

brio de temperatura; en la de la conducción ó movimiento del calor al través de los cuerpos, de Black; en la de la reversibilidad, de Sadi Carnot; y en la de la irreversibilidad, de Clausius y de Thomson, y en estas dos últimas radica la posibilidad de definir la entropía y sus leyes. Como la aplicación de estas leyes y la medida de la entropía y de sus cambios simplifica los razonamientos y los cálculos y nos permite estudiar los más difíciles fenómenos caloríficos para hacernos comprender mejor su naturaleza, revelándonos, según la frase de Bacon, la verdadera "forma," del calor, sin recurrir á ninguna hipótesis, de aquí la extraordinaria importancia concedida á estos estudios.

Esta noción de la entropía; tan transcendental en la ciencia, según sus adeptos, esta idea de que pueda existir cierta cantidad de calor no transformable en trabajo en los cambios mecánicos y físico-químicos, tiene también sus grandes impugnadores, como hemos demostrado que lo tienen la teoría atómica y las concepciones estereoquímicas. Oigamos á Berthelot en su reciente admirable obra *Thermochimie (Données et lois numériques, chap. 1)*: "La entropía, en el estado actual de nuestros conocimientos, no puede definirse de otro modo que en un sentido puramente matemático. No sé qué descubrimientos nos reserva el porvenir; pero hasta hoy, y en el terreno físico-químico, como ocurre con frecuencia cuando se pasa de las definiciones termodinámicas puras á los mecanismos reales de los fenómenos físicos, la entropía es una noción obscura y una cantidad desconocida, inaccesible á la experiencia en la mayor parte de los casos, y cuya definición da escasa luz acerca de la previsión ó interpretación de la mayor parte de los fenómenos químicos." No niega, sin embargo, su utilidad en algunos casos, sino que la admite en los de disociación, donde la entropía juega un papel esencial é introduce previsiones que no están comprendidas en el enunciado primitivo del principio del "tra-

bajo máximo,,. Pero ésta no es una razón, según Berthelot, para pretender, como se hace á menudo con sobrada ligereza, combatir la importancia y aun la existencia de leyes perfectamente demostradas por la observación de los hechos, ya que estas leyes no se destruyen, sino que á lo más se modifican en parte de su interpretación y continúan siendo imprescindibles para la inteligencia general de los fenómenos.

A tales consecuencias llega el eminente maestro, tras de un estudio concienzudo, lógico y contundente acerca del principio del trabajo máximo y de la entropía, demostrando que el teorema de la entropía es demostrable y aceptable en los casos de equilibrio físico y de disociación, cuando se puede hacer pasar el sistema de la energía en sentido inverso por vía reversible como en la calefacción, enfriamiento (fusión, volatilización, disociación), pero que es indemostrable en los cambios químicos; detalle que olvidan muchos de los que se dedican á los estudios de la Física matemática. La reversibilidad sólo existe en las combinaciones exotérmicas, á partir de cierta temperatura, en lo que se denomina disociación; pero es desconocida en las endotérmicas, á las que no se puede aplicar el teorema referido, que bajo el punto de vista experimental, en este caso, no pasa de ser una pura especulación.

En fin, en materia de hipótesis serias, de doctrinas que se tienen por perfectamente demostradas como la de la Ley periódica de Mendeleeff, cuyos ruidosos triunfos por los descubrimientos de determinados cuerpos simples, cuya existencia predijo como el del germanio (*ekaaluminium*), el scandio (*ekaboro*) y el germanio (*ekasilicium*), resulta que, á pesar de estos éxitos, que se han comparado con los debidos á los cálculos astronómicos de Adams y de Leverrier que condujeron al descubrimiento del planeta Neptuno, los últimos cuerpos simples descubiertos, el argón y el helium,

se apartan por completo de la colocación que debieran tener según la citada ley. Por no combinarse con los demás cuerpos, y por la imposibilidad de asignarle un lugar en el sistema periódico, dado su peso molecular (39,88), no se ha podido hacer hasta hoy otra cosa que formular muy variadas hipótesis acerca de la naturaleza del gas argón. ¿Es un elemento monoatómico, cuyo peso atómico sería 37, y que se colocaría entre el cloro y el potasio; ó es diatómico, con un peso de 20, que figuraría entre el fluor y el sodio; ó es nitrógeno en estado alotrópico N^3 , con un peso molecular de 42; ó es un cuerpo triatómico, cuyo peso atómico no excedería de 13? Cuestión es ésta que no se ha resuelto aún; dice Clemens Winkler: Tampoco el helium entra en combinación con ningún otro cuerpo; y no es difícil, añade dicho químico, que el descubrimiento de estos dos elementos, argón y helium, dé lugar á la transformación del sistema periódico, gracias á la cual desaparezcan las incertidumbres y contradicciones que hoy existen.

Así surgen, brillan y se imponen las hipótesis, y así se combaten y transforman, y muchas de ellas pasan para no volver á recordarse más. Pero ya hemos dicho que todas impulsan al hombre de ciencia á trabajar, que son la base de grandes aplicaciones, y que por ningún concepto se debe prescindir de ellas, ni despreciarlas. Preciso es tener siempre presente lo que ha dicho Berthelot: que en la Química, como en todos los estudios de inmediata aplicación y utilidad, la teoría y la práctica se unen una á otra con indisolubles lazos; que sería insensato el teórico que, encerrándose en la soledad egoísta de sus sistemas personales, desdeñase las aplicaciones de la Ciencia á la civilización, á la riqueza y al bienestar de los pueblos, y que no menos insensato sería el práctico que, satisfecho con los conocimientos de sus predecesores, permaneciera inmóvil en su admiración tradicional, negándose á ampliar y transformar los procedi-

mientos de su industria para ponerla en consonancia con la teoría moderna y más perfeccionada. "Ninguna ciencia como la Química hay, tal vez, en la que sea más necesario esta armonía, constantemente renovada, entre la teoría y la práctica."

Que las teorías é hipótesis nuevas encuentran furiosos contradictores entre los que al través de largos años vienen sosteniendo otras, y que estas luchas producen grandes amarguras y matan los entusiasmos y cortan los vuelos de la juventud estudiosa é innovadora, es muy cierto; pero tan frecuente como esto suele ser el que las creaciones imprevisitas de los hombres de talento, aunque sean jóvenes, se impongan y triunfen. ¿Quién que conozca la historia del desenvolvimiento de las doctrinas químicas de nuestro siglo dejará de recordar el doloroso calvario que recorrió joven de tanta valía científica como Augusto Laurent, el compañero de Gerhardt, el émulo de Balard, el pobre catedrático de Química de Burdeos, dibujante, pintor, escritor y músico, muerto en lo más florido de la vida, no tanto por la anemia que le consumía como por las pesadumbres que le dieron los químicos y los sabios viejos? Cuando Laurent empezó á trabajar en su humilde laboratorio, brillaban Dumas y Liebig á la cabeza de las dos grandes escuelas químicas rivales que entonces imprimían dirección á la Ciencia. Empezó entonces el estudio de la llamada serie aromática, tan poco determinada á la sazón, y llegó á descubrir, gracias á su extraordinaria maestría, un gran número de especies químicas y á sentar con estos hechos experimentales una nueva teoría química, opuesta á la que había enseñado Berzelius y á la que aun sostenían Liebig y Dumas: la teoría de los radicales fundamentales y derivados. Al establecer la relación entre los hechos observados y la teoría de las sustituciones de Dumas, introdujo en nuestra ciencia el concepto y nombre de los *tipos*. Al dar á conocer

sus investigaciones sobre los derivados de la naftalina y describirlos; al determinar sus fórmulas exactas; al clasificar los hechos de la Química orgánica en una teoría general, que fué la ya indicada de los radicales, y la idea de los tipos opuesta á la dualista de Berzelius; al publicar el primer ensayo de clasificación racional de las combinaciones orgánicas referidas á los hidrocarburos fundamentales, anticipándose á la idea de los tipos químicos de Dumas y á la de los tipos mecánicos de Regnault, produjo una verdadera revolución en la exposición y en el concepto de la ciencia, que comprometió gravemente la autoridad de los grandes maestros. Al lamentarse Dumas de que Laurent emprendiera estos caminos, contestó éste: “¿Sostengo yo acaso que es infalible mi teoría? No: yo sé perfectamente el valor que las teorías tienen; pero, *mientras la mía me dé medios para hacer algunos descubrimientos, no la abandonaré.*”. Berzelius, discurriendo acerca de la fórmula del cloruro de etileno triclorado, sostenía que éste debía ser un cloruro formílico, y añadía: “No se hubieran ocultado estas relaciones á la sagacidad de Laurent, si no estuviera cegado por sus teorías, que son tan extravagantes, que quitan todo el mérito á sus trabajos.” Poco después se encargó Regnault de demostrar que Laurent tenía razón, cuando dió con la serie de derivados clorados del etileno, previstos por la teoría de éste.

Con ella por base descubrió los derivados clorados del fenol, estudió la triclorobencina, descubrió el fenol y dió su verdadera fórmula; dió á conocer los derivados nitrados del antraceno, pineno y crisenos; completó la serie de los derivados de la naftalina y realizó, en fin, la enorme labor que asombró y asombra aún á los químicos, trabajando desde 1831 á 1840 solo, sin apoyo, sin recursos, en deplorables condiciones, en el miserable laboratorio que él mismo costeó en la Facultad de Burdeos, en las horas que le

quedaban sobrantes de su ruda labor de ganar el pan de cada día dando lecciones.

Entablada la lucha entre Dumas, sostenedor de la teoría de las sustituciones ó metalepsia, y Berzelius, acérrimo mantenedor de su doctrina dualística, y queriendo aquél lanzar la culpa de algunas acusaciones sobre Laurent, declaró éste que su teoría no era una exageración de la de Dumas, sino una cosa absolutamente distinta; á cuya teoría, de la cual se manifestaba completamente apartado, vino á refugiarse el gran químico francés cuando descubrió el ácido tricloraacético, pero sin recordar que la había ideado Laurent. Encargóse, sin embargo, Berzelius de decírselo: "Laurent sostuvo la teoría de las sustituciones hace muchos años en el mismo sentido en que Dumas la acepta y aplica hoy." En efecto, la teoría de las sustituciones de Dumas, aunque erróneamente bosquejada, sirvió á Laurent para realizar sus primeros trabajos acerca de la naftalina; pero la de los radicales fundamentales y de los radicales derivados sirvió á Dumas para establecer lo que se denominó teoría de los tipos.

Unido al ilustre Gerhardt, para que sus nombres figuraran siempre juntos en la Ciencia, emprendieron la tarea de la reforma de las fórmulas químicas expuestas hasta entonces de un modo arbitrario, y sentaron los principios que han venido á imperar sin reserva alguna en la notación, y que debía producir con las teorías de Laurent el olvido y la ruina de la representación dualística de los compuestos y de la hipótesis electro-química, aunque la lucha durara, como ha durado, cerca de medio siglo. Berzelius y Liebig fueron los que, á vuelta de algunas alabanzas, combatieron más sañudamente á Laurent y á Gerhardt. "Hay en sus trabajos, decían, hermosas ideas que logran destacarse por su claridad del galimatías que constituyen los párrafos en que están envueltas."—... "Si yo afirmo, decía Liebig, que Gerhardt pro-

cede siempre con censurable ligereza, no voy tan lejos como un químico, amigo mío, que tiene á Gerhardt por un mentiroso sin vergüenza; y realmente preciso es reconocer que no le falta razón,„... “Considero á Laurent como uno de los químicos de más talento é ingenio de nuestra época, pero dominado por gran envidia, por inmoderado espíritu de imposición y por implacable mala voluntad, sobre todo contra sus compatriotas... Atormentado por esta furia de dominación y de envidia, descubrió en Gerhardt un hombre de sentimientos idénticos á los suyos, é inmediatamente se entendieron, pactando una monstruosa alianza... La conducta que ha seguido conmigo Gerhardt es la de un salteador de caminos que sale de su madriguera y ataca á los viajeros despojándoles de cuanto llevan. Ataviado después con lo que les ha robado, con sus ropas y alhajas, se pavonea orgulloso por las calles.„

Liebig, desde su sitial de gran maestro, trató siempre de desacreditar á Laurent, ya acusándole de hacer análisis inexactos y apropiados amañadamente á lo que quería demostrar, ya sosteniendo que había usurpado á Marignac el mérito de haber descubierto el ácido nitroftálico, ya insistiendo que era el enemigo y el difamador de los químicos franceses y extranjeros, cuyos ataques, por venir de quien venían, causaron á Laurent grandes perjuicios. Ocasión hubo en que solicitó una plaza de ayudante de laboratorio, y le contestaron: “Sus trabajos de usted sobre la naftalina son muy malos. Liebig lo ha dicho.„

Sin embargo, no sólo las teorías de Laurent se abrieron paso, no sólo se aceptaron casi universalmente las fórmulas de Gerhardt, sino que, fundado en esas teorías, realizó Laurent sus tres grandes trabajos prácticos: el estudio del alquitrán de la hulla y el descubrimiento del fenol; el estudio del índigo y las utilísimas investigaciones sobre la serie naftálica. Descubrió después las combinaciones cloradas y bro-

madas de la cinconina; ideó la teoría del isomeromorfismo; estableció las fórmulas exactas de muchos compuestos; realizó grandes trabajos sobre los silicatos, boratos y tungstatos, y, en suma, dejó demostrado, como queríamos consignarlo, que á pesar de haberse dedicado con incomparable entusiasmo y constancia á la labor de concebir y explicar sus teorías, que debían eclipsar por completo á las que venían gozando de mayor autoridad en la Ciencia, esa labor teórica fué fecunda en resultados prácticos, y que en nada se opuso su perfecta y bien definida vocación de químico teórico y filosófico á su positiva valía de químico práctico, maestro eminente de laboratorio, cristalógrafo insigne, habilísimo manipulador del microscopio y escritor profundo, infatigable, correcto y leal, á quien la ciencia debe, entre gran número de publicaciones, la obra magistral titulada *Méthode de Chimie*.

Mucho sufrió, perseguido por aquellos vetustos químicos, á quienes la vida semitroglobítica del ahumado laboratorio y lo áspero é ingrato de la rutinaria labor secan las fuentes del afecto para con sus semejantes, y agrian ú oxidan los humores y el genio; pero, joven y todo, cuando en plena vida desapareció, legó á la Química una labor teórica y práctica tan gloriosa como la pudo legar el más veterano y más alabado de sus enemigos.

Cual este ejemplo tan elocuente pueden recordarse muchos, tomados de la historia moderna, que demuestran cuán fecundas y útiles son las hipótesis y las teorías científicas en la consecución de grandes resultados prácticos. Hay trabajos, dice Tolstopiatow, que realizan sin intervención de una idea original, como las análisis químicas, el cálculo de los ángulos de las formas cristalinas, la descripción de las observaciones hechas con el microscopio y otros muchos, que no exigen más que habilidad y maestría, parte de los cuales se olvidan, en tanto que otros entran á formar mate-

riales de aplicación de la Ciencia. Estos materiales quedan sin empleo hasta que una facultad superior no les da vida; facultad creadora que agrupa los hechos de una manera sistemática, que determina las condiciones y los efectos de los fenómenos estudiados, y que enriquece á la Ciencia con nuevas leyes, teorías é hipótesis; facultad cuyos elementos están constituídos por la imaginación ó la fantasía, y que con frecuencia lleva á los sabios á engolfarse en ilusiones y quiméricas tareas. Muchos de ellos son los poetas de la Ciencia que, gracias á su inspiración, llegan á entrever y bosquejar alguna idea en un hecho particular, y que forjan algo así como leyes y teorías é hipótesis, cual lo supo hacer Goethe, que, sin ser naturalista, emitió grandes ideas que entraban en el dominio de las ciencias naturales, anticipándose al saber de su tiempo. Sus creaciones seducen, son sugestivas y no pueden pasar desapercibidas, y sus errores mismos son á veces útiles y suelen servir para aproximarse á la verdad. Hay, además de los investigadores y de estos creadores, críticos de la Ciencia, erúditos profundos, investigadores que analizan al detalle los fenómenos ó hechos aislados, escépticos que en nada creen, que desconfían hasta de sí mismos y que son verdaderos reguladores de la Ciencia, severos pedagogos, que dejan profunda huella de su labor, en la cual se encuentran las doctrinas y la historia de la Ciencia bajo su aspecto crítico, y sin cuya cooperación sería difícilísimo el estudio. El verdadero sabio debe reunir en íntima armonía todas esas cualidades: erudición, imaginación, espíritu abierto, talento de observador sometido á razonable crítica, constancia y perseverancia en el trabajo. Así son los grandes talentos, los genios, los creadores de ideas y de teorías cuya vida determina las grandes épocas en la historia de las ciencias.

Así son los que aspiran á conocer la causa de las cosas, labor inmensa, infinita como el Universo, dada la pequeñez

de nuestras fuerzas y la insuficiencia de la preparación que el hombre puede adquirir, á pesar de todas las pretensiones de la Filosofía, pudiéndose repetir siempre lo que puso Shakespeare en boca de Hamlet: “Existen en la tierra y en el cielo mucho mayor número de cosas, Horacio, que las que puede soñar tu filosofía,” (1); y aun refiriéndose á las aspiraciones de la Química, decir lo que dejó escrito Hoffmann: “La constitución absoluta y la disposición de las moléculas es enteramente desconocida, y tal vez *nunca* sea accesible á la experiencia.”

Teórica y práctica la Química, con sus variadas hipótesis y sus múltiples hechos, la verdad es que en sus aplicaciones sirve de base, como las más celebradas de las ciencias, á los grandes progresos modernos y á la riqueza de las naciones. El modesto trabajo del laboratorio de principios del siglo se ha convertido hoy en una institución en el colosal desarrollo de las industrias. Los estudios químicos, difíciles y áridos como siempre lo fueron, sin arte alguno y sin ninguna poesía, tienen hoy dilatados campos en qué esparcirse y aplicarse; y su utilidad inmediata es tanta, que no hay serie alguna de conocimientos que con mayor atracción arrastre á los espíritus investigadores serios y profundos. Por la Química son hoy grandes las naciones cultas, porque ella les ha revelado los secretos del aumento de la producción, de la utilización de las riquezas naturales y del dominio de los primeros mercados del mundo. Convencidos de esta verdad los gobiernos previsores, han dado á los estudios de la Química, á la investigación y á sus aplicaciones el carácter y

(1) *There are more things in heaven and earth, Horatio,
Than are dreamt of in your philosophy.*

categoría de una verdadera Facultad dentro de las Universidades y de las Escuelas, creando Institutos nacionales de Química, estableciendo múltiples cátedras de práctica en monumentales edificios alzados con este fin, y dotando á la enseñanza con cuantiosos recursos.

Alemania se ha impuesto á la Gran Bretaña y á Francia en el tráfico universal por los progresos de sus industrias químicas. Esta victoria, mucho más gloriosa que las que ha obtenido en los campos de batalla, sostiene á sus hijos en vez de aniquilarlos, y convierte á los pueblos extranjeros en admiradores suyos y en gustosos tributarios, en vez de crear en ellos odiosos é implacables enemigos. Suiza, escondida en medio de nuestro viejo continente, sin puertos y sin marina, difunde por todos los mercados los escogidos productos de sus fábricas químicas y laboratorios, vivificados por el poderoso impulso de sus hijos estudiosos.

La emulación cunde por todos los países que tienen conciencia de su valer, y la opinión entendida se preocupa mucho de los resultados de esta campaña científica. Hay verdaderas legiones de químicos, verdadero entusiasmo por esta ciencia en los grandes pueblos. La Sociedad Química de Londres contaba en 1868 con 551 miembros; hoy tiene 2.029: la de Berlín se creó en 1867 con 107 profesores inscritos; hoy cuenta 3.129: la de París tenía hace treinta años 269, y hoy son 736. Los progresos realizados entre los ingleses y los alemanes sobre todo, están basados en el acuerdo perfecto con que marchan en su país los estudios científicos y la industria. Declaran los franceses que todas sus industrias químicas están en peligro ante la competencia de sus vecinos, y añaden que, mientras se proyecta en Francia reemplazar los viejos procedimientos por los de la electroquímica, por ejemplo, que tienen una importancia de primer orden en lo que se llama la "gran industria química,"; mientras que no se da la enseñanza de electroquímica en sus

Facultades, excepción hecha de la de Nancy, recién creada, han surgido por todas partes en Alemania laboratorios é institutos electroquímicos espléndidamente subvencionados. Así lo declaran profesores franceses tan reputados en Francia como Haller, Lefèvre y Lauth. Gran parte de la culpa del atraso está en la mala organización de la enseñanza. Lo abstracto lo invade todo, ahogando al trabajo de la práctica y de las aplicaciones. Muchos profesores tienen á menos el dedicarse á las tareas de investigación, y aun el ocuparse en sus cátedras y en sus libros de las aplicaciones que se obtienen de la fecundísima labor de investigar. Y lo peor es que muchas personalidades científicas que se han arrogado el derecho de proveer las cátedras de provincias, puesto que allí no se nombran los profesores por oposición, colocan en ellas á sus alumnos, á sus discípulos predilectos, formados á imagen y semejanza de tales maestros, con idénticas tendencias, costumbres y métodos, y tan dados á la química oral como ellos. No hay verdadera selección exclusivamente basada en los méritos bien probados, como en Alemania, sino que “se concede la cátedra á un discípulo de la Escuela Normal cuando la mayoría de los proponentes son profesores de ella, ó á uno que no sea normalista, en caso contrario, á menos que un profesor de París no intervenga en favor de alguno que haya sido alumno suyo.”. Añádase á este poderoso motivo de deficiencia, y también al especial empeño de gran parte de los químicos franceses más distinguidos de no prescindir de las teorías viejas y de oponerse á la atómica; añádase la desconfianza, que por ignorancia sin duda, han tenido los industriales en la influencia de los trabajos científicos en el desenvolvimiento de la industria, prescindiendo del concurso y cooperación de los químicos entendidos y fiando la dirección de muchos trabajos de sus fábricas á contra maestros y prácticos rutinarios, y con esta incomprensible falta de armonía y de acuerdo,

marchando cada cual por su lado, los hombres de la ciencia pura sin dignarse entrar en la fábrica y los fabricantes sosteniendo que los químicos de la Universidad y de las Escuelas no les dan positivos resultados, y se comprenderá que es imposible progresar, ni sostener la competencia con nadie. No se podrá salir de este círculo vicioso mientras no se tenga plena conciencia de los respectivos deberes que industriales y químicos tienen que desempeñar. El químico no ha de ser nunca un jefe de fábrica ó un contraamaestre; es un hombre entendido que está al corriente de la ciencia, en todo aquello que se relaciona con las industrias á cuya explotación y fomento se dedica. Ha de ser un hábil manipulador, un maestro, acostumbrado á hacer preparaciones exactas en los análisis mineral cualitativo y cuantitativo, orgánico é industrial; un conocedor profundo de las aspiraciones que persigue la industria química y de los procedimientos más acreditados para mejorar la calidad de los productos, y, en fin, un investigador infatigable, que se atreve á utilizar sus conocimientos teóricos por su propia cuenta y bajo su propia inspiración, para conseguir realizar algunos descubrimientos, perpetuo ideal de todo químico de vocación y entusiasta. Con esta amplia base no habrá establecimiento industrial que rechace á ningún químico por incompetente, sino que, por el contrario, utilizará su cooperación con todo empeño.

A la influencia decisiva de estos hombres entendidos, tan profundos en la teoría como diestros en la práctica, educados en los Institutos químicos de Alemania, Inglaterra y del Norte América, se debe en mucha parte el asombroso desarrollo que ha sufrido la denominada "Gran industria química"; la que sostiene con extraordinaria potencia la marcha regular y progresiva de la fabricación y concentración del ácido sulfúrico; la de los múltiples procedimientos para obtener los carbonatos de potasa y de sosa y los peróxidos

de los metales alcalinos; la de la obtención electrolítica del cloro; la de los colores derivados de la hulla; la de la producción de medicamentos sintéticos y perfumes artificiales; la de los cianuros aplicados á la metalurgia del oro; la de la fabricación de los prusiatos; la electrolítica del aluminio; la de la preparación industrial de las que se denominan "tierras raras", para su utilización en el alumbrado; la de la producción del carborandum; la de los carburos metálicos y otros, de menor importancia hoy, pero que tal vez sorprenderán mañana con sus grandes rendimientos.

No son pequeños los que, económicamente considerados, produce la industria química, ya que, en Inglaterra, la de la fabricación de la sosa reparte dividendos del 100 por 100 (casa Brumer, Mond y compañía), y en Alemania hace ya bastantes años que los de las diferentes industrias de que me ocupo dan ganancias líquidas de 13, 15 y 20 por 100, y se pagan en las fábricas sólo en jornales 150 millones de pesetas.

Todo este progreso, que ha contribuido en gran manera á asentar el poderío de esas naciones extranjeras, y que tanto dinero produce, ha salido de los Gabinetes y de los Laboratorios de las Escuelas científicas.

Sin ninguna preparación apenas, como en Inglaterra; con una preparación sumaria recibida en las *high schools*, como en Norte América, ó bien preparados en la Universidad ó en los Laboratorios de las Escuelas politécnicas como en Alemania, ingresan los jóvenes en los Institutos químicos, que están espléndidamente provistos de material, para hacerse en ellos verdaderos sabios teórico-prácticos, como en el *Instituto Davy-Faraday*, organizado por el ilustre hombre público y gran químico industrial M. L. Mond; como en el Instituto Químico belga de la Universidad de Lieja, del profesor Spring; como en el Instituto Químico alemán de la Universidad de Halle y en los otros con que cuenta esta

nación, á los que concurren más de tres mil alumnos; como en la Escuela Técnica de Charkoff, en Rusia, y como en los grandes laboratorios de la Universidad de San Petersburgo. Ante las rápidas y decisivas conquistas que los productos químicos de estas naciones hacían en los principales mercados de los países consumidores, y sobre todo en las plazas de Ultramar, comprendieron los franceses que su industria nacional iba á verse arruinada por la competencia extranjera. Las artes químicas veíanse en inminente peligro, y todos los hombres entendidos declararon que tan lamentable situación sólo reconocía una causa: la falta de químicos. En el Conservatorio y en las Escuelas de Artes y Oficios, en la Escuela Central había maestros y alumnos, pero no había verdadera enseñanza; había excelentes laboratorios para los que saben Química, pero insuficientes, inútiles para los que querían aprender. Siendo cada día más científicas las industrias químicas, y resultando que toda fábrica no es más que un gran laboratorio, se imponen y triunfan siempre los que más saben. Era urgente, indispensable, crear una Escuela Nacional de Química ó varios Institutos químicos. Penetrados de la verdad de estas ideas, constantemente sostenidas por los hombres de ciencia, y muy especialmente por M. Lauth, los franceses han creado el Instituto Químico de Lila, invirtiendo sólo en su construcción 660.000 francos, y 447.000 en el de Física y 695.000 en el de Ciencias Naturales, cantidades que satisfizo el Municipio de dicha ciudad; se crearon también los Institutos de Nancy y de Montpellier, y recientemente se ha creado el de la Sorbona, todos ellos sin reparar en gastos, para defensa y progreso de la industria nacional.

El desarrollo de la enseñanza en estos grandes centros está basado, poco más ó menos, en la siguiente distribución: Un curso, dedicado al análisis mineral cualitativo y cuantitativo y preparaciones elementales, con constante trabajo

de laboratorio y conferencias teóricas; otro de análisis orgánica y análisis industriales, preparaciones complejas y lecciones de química general inorgánica y orgánica; y otro, el tercero, de resolución de problemas industriales y exposición oral de los progresos últimos de la ciencia y de la industria.

Suiza, que tan alta sostiene la fama de sus productos químicos, ha dado á esta ciencia la importancia que reclaman nuestros tiempos, y obtiene de sus inmensas fábricas basadas en ella cuantiosos recursos. Sus escuelas de Química son admirables, y comprenden un plan tan amplio y bien entendido como el de la de Politécnica de Zurich, por ejemplo, en la que la Química industrial se enseña en siete semestres, por este orden: 1.^{er} año: Inorgánica; ejercicios de analítica. 2.^o año: Tecnología de la inorgánica; orgánica; ejercicios de química industrial. 3.^{er} año: Tintorería, materias colorantes; ejercicios de analítica y de química industrial; análisis de los gases y de las substancias alimenticias; química de los derivados de la piridina; instalación de fábricas; electroquímica práctica; fabricación del papel. 4.^o año (7.^o semestre): Ejercicios de analítica; ejercicios de química industrial y microscópicos; ejercicios de electroquímica.

Así preparan sus legiones de combatientes, sus parques y arsenales para la lucha de los intereses nacionales, los pueblos que saben utilizar sus recursos propios.

Pocos pueblos los tienen tan abundantes en su suelo como nosotros, y, sin embargo, un siglo de sangrientas luchas, el siglo más accidentado de nuestra historia, nos ha impuesto la triste suerte de ver que el culto de Minerva está casi completamente eclipsado por el de Marte. La leyenda de los fenicios y cartagineses, que hace años explotaron para provecho propio las riquezas naturales de Iberia, se ha repetido en nuestros tiempos. En manos de los cartagineses moder-

nos están todos los focos de producción de España. No sólo ha contribuído á ello la febril y aniquiladora tarea de las contiendas interiores é internacionales en que nos hemos visto y nos vemos empeñados, sino el que nuestras clases directoras, nuestros hombres públicos no se han hecho cargo de que nos íbamos quedando muy atrás; de que para sacar partido de nuestras riquezas era necesario conocerlas y estimarlas en lo que valen, y, por consiguiente, de que urgía el estudiar más y el estudiar mejor. ¡Pobre enseñanza la de la Química en España! Ni las llamadas Escuelas industriales, ni la Facultad de Farmacia, ni la Escuela de Minas, ni la Facultad de Ciencias han tenido horizontes abiertos, regulares recursos de qué disponer, ni recompensa digna que pudiera alentar á sus sabios profesores y á sus animosos é incautos alumnos. Nuestro Presupuesto nacional, devorado en gran parte por la Deuda y distribuído rutinariamente en sus ruines despilfarros por las urgentes atenciones que saltan á cada momento, no consigna más que exiguas cantidades, cuya cifra no me atrevo á estampar aquí, para el sostenimiento de la enseñanza práctica y de las investigaciones científicas. Se da el hecho de que sólo se dediquen dos meses incompletos al estudio de los elementos de Química en casi todos los establecimientos de segunda enseñanza, siendo ésta como es la única cultura general científica que reciben los que son después jurisconsultos, legisladores, estadistas, literatos, periodistas y propietarios en gran número, bastantes de los cuales consideran los estudios químicos como una cosa extraña y enrevesada, propia de espíritus extravagantes y dignos de compasión, y de la que sólo deben entender los boticarios, los quitamanchas, los drogueros y los polvoristas.

El conocimiento de la Química, por sus aplicaciones á los usos de la vida común, por haber ya conquistado el concepto de instrucción necesaria, es absolutamente indispensable

entre las materias que forman la base de la cultura de todo hombre regularmente instruído; y, aunque no sea más que por esta consideración, debe figurar como una de las asignaturas que, ya en concreto resumen elemental en un curso, ó ya cíclica ó progresivamente en varios, se estudie en el cuadro de la segunda enseñanza. Imposible de todo punto es el que continúe despreciada, cual viene siéndolo hasta ahora; é incomprensible es asimismo el que su estudio se haga en lecciones alternas en la Universidad, cuando con el título de Química general se explica en el año preparatorio de carreras tan importantes como las de Ciencias, Medicina y Farmacia. ¿Qué conocimientos puede adquirir en el mermaidísimo tiempo de un curso alterno el escolar que no ha de volver á cursarla, si se dedica después á estudiar Ciencias exactas ó Medicina? ¿Qué Terapéutica, ni qué Higiene, ni qué Toxicología, ni qué Análisis química puede llegar á saber el alumno de Medicina; ni qué Mineralogía, ni Geología, ni Botánica el alumno de Ciencias; ni qué conocimiento y resistencia de los materiales, ni qué salubridad é higiene el alumno de Arquitectura que no cuenta más que con aquella preparación, que apenas llega á setenta días de clase en el curso alterno?

Pedir hoy, en medio de estos tristes días, en estos aciagos momentos, que, entre otras ampliaciones de créditos para la enseñanza en general, se concedan los que esas cátedras de preparación exigen para establecer un curso de prácticas que debieran efectuar los estudiantes, sería inoportuno é inútil, y forzoso es el que, mientras no mejoremos de suerte y de recursos, continuemos, como ha dicho muy bien el Sr. Bonilla, “trabajando á lo pobre,; que, dado el vuelo que la Química ha tomado en el resto del mundo, es lo mismo que no trabajar.

¡Pobre la enseñanza de la Química en España!, he dicho; y ahora añado: ¡Pobre la instalación que sus cátedras tie-

nen en nuestra Facultad de Ciencias, y pobre el material con que trabajan! Antes he bosquejado en pocas líneas el humilde y prosaico aspecto de la cátedra y dependencias en que nuestra ciencia se profesaba en los rincones del Instituto de San Isidro. Han transcurrido treinta años, y hoy es más humilde y prosaico el abigarrado conjunto de piezas destinadas á la enseñanza teórico-práctica. Alojada, de limosna sin duda, en un angosto patio trasero del antiguo convento de la Trinidad, que durante largo tiempo ha venido haciendo de Ministerio de Fomento, reciben su luz la cátedra y los laboratorios del reducido espacio de cielo que queda entre los altos y vetustos paredones de las casas que los rodean y ahogan, y tiene su acceso por un largo pasillo, túnel obscuro, de lo más rústico y repulsivo que hay entre los pasadizos de la villa y corte de Madrid. Hago gracia á los oyentes de la descripción del cuarto de estudio y laboratorio del profesor, y de la catacumba-laboratorio de los alumnos. Allí hubieran estado muy en su lugar Rogerio Bacon, Apolonio ó Arnaldo de Villanueva.

Y, sin embargo, allí explicaron y concluyeron su vida nuestros inolvidables maestros los Sres. Bonet y Sáenz Díez; allí les sucedió el Sr. Boira, y allí han estudiado dos generaciones de doctores.

¡Dichosos los maestros y alumnos, los químicos, que vivan en aquellos días, que tal vez han de venir, si no estamos condenados á perpetua desventura, en los que, renovadas las energías de la patria, pueda la Ciencia beneficiar en ella los dones que debemos á la Naturaleza! Habrá entonces recursos para estudiar, y sabremos conocer, estimar y explotar esos dones, que aumentarán nuestros menguados capitales, si se establece de hecho, entre otras fecundas bases de producción, la de nuestra "Gran industria química,, para lo que contamos con más elementos que bastantes pueblos extranjeros. En ella figurarán: la del ácido sulfúrico con el

beneficio de las piritas de Huelva, de Jaén, de Murcia y de Almería, y de los azufres de Hellín, Lorca y Sierra de Gador, “inagotable tesoro—dice el sabio profesor de Zurich G. Lunge,—que podrá, durante muchísimos años, suministrar á Europa la primera materia de sostenimiento de esa industria,, y que hoy va escaseando fuera de España; la del cloro y la de la sosa, al disponer, como disponemos, de seculares y grandes salinas tan mal explotadas, y de cuya primera materia también, ya con el ácido sulfúrico, por el procedimiento de la obtención del clorhídrico, ya por el electrolítico, que va perfeccionándose tanto, se obtendrán el gas y sus productos derivados, los cloruro-decolorantes y las sales sódicas; la de las substancias desinfectantes y antisépticas que forman el cloro, y la cal ó el mercurio, elementos que poseemos como nadie; la de las industrias derivadas de las metalúrgicas del hierro, del cobre, del plomo y del cinc en Somorrostro, Oviedo, Riotinto, Granada, Sevilla, Murcia, Almería y Santander; la de las materias colorantes derivadas de la destilación de la hulla, de nuestras reducidas, pero poco explotadas, cuencas carboníferas de Aller, Langreo, Barruelo, Belmez-Espiel, Villanueva del Rfo y Las Abadesas; la de la utilización de los residuos de la fabricación del vino en las riberas del Ebro, del Tajo y del Guadalquivir y en las comarcas de Levante y de la baja Andalucía; la del azúcar de caña y remolacha y la del tabaco en muy diversas zonas de la Península; y, en fin, la de los aceites esenciales y primeras materias de perfumería en los floridos cármenes y paradisiacos jardines de Sevilla, de Granada, de Murcia y de Valencia, más pródigos y hermosos que los afamados de Cannes, Niza y Grasse en la costa liguriana, y más espléndidos que los de Sofía, de los cuales podíamos obtener pingües rendimientos si sus ramilletes de rosas, geranios, violetas y jazmines se destinaran, en gran parte, á sumergir y ocultar sus espléndidas corolas

en el fondo de los alambiques, en vez de dedicarse sólo á servir de incomparable adorno, gala y encanto á las hermosas hijas de nuestro suelo.

Así podrá la Industria química, así logrará la Ciencia contribuir, bajo el amparo de la paz bienhechora, á cicatrizar nuestras heridas y á reponer nuestras fuerzas, para que España, después de su calvario, vuelva á levantarse y viva fuerte y próspera, con sus propios recursos, desde el día tan suspirado de su resurrección.
