

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

EXCMO. SR. D. JOSE CASARES GIL

El día 15 de Junio de 1913.



MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO EDITORIAL
Calle de Pontejos, núm. 3

1913

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. JOSÉ CASARES GIL

Señores Académicos:

Sean mis primeras palabras para agradeceros el honor que me habéis dispensado al admitirme entre vosotros. A tan señalado honor quisiera yo corresponder exponiéndoo un trabajo científico que fuese verdaderamente digno de vuestra atención. Pero en ninguna circunstancia se conoce mejor lo limitado de las fuerzas propias, que al querer desarrollar ante los individuos que ocupan tan alto puesto de honor científico un tema que guarde relación con sus merecimientos.

Este temor, del cual no se han librado ni aún aquellas figuras que por sus trabajos son la gloria del país en que han nacido, es mucho más intensa y más honda en los que no podemos presentar títulos semejantes. Y ya que no está en mis medios el cambiar el estado de las cosas, el poder adquirir los conocimientos que quisiera y exponerlos ante vosotros en forma irreprochable, atended á mi buena voluntad y juzgad con benevolencia mis esfuerzos, ya que sólo aspiro á cumplir el precepto reglamentario.

Ocupo por uno de los azares de la vida el lugar que deja vacante un insigne analista y un querido amigo. Poco

tiempo tuvo la Academia la suerte de contar entre sus miembros al Doctor Fajes y Virgili, uno de los Catedráticos más ilustres de la Universidad de Madrid y uno de los hombres más modestos y más buenos que he conocido. De gustos sencillos, con apasionado amor á la ciencia, sin ambiciones y sin enemigos, era el tipo del profesor que consagra su vida al estudio y al bien. La rectitud de su carácter, el deseo de llegar á la verdad ó de aproximarse á ella todo lo posible, y el temor de no alcanzarla, marcan un sello especial á todos sus trabajos. La desconfianza exagerada en sus fuerzas le hacía repetir y multiplicar las experiencias para comprobar las conclusiones; con la mayor escrupulosidad trataba de evitar cuantas causas de error podían influir en los resultados, y conocedor profundo de la facilidad con que el investigador pierde el camino, sigue una falsa ruta ó cae en una emboscada, desconfiaba siempre de todo trabajo precipitado y procuraba, á fuerza de comprobaciones y tanteos, adquirir la certeza de la verdad descubierta.

Gran influencia ejerció en la educación científica de Fajes otro Académico insigne cuyo recuerdo está vivo entre vosotros y que por sus condiciones personales dejó siempre huella profunda en el ánimo de sus discípulos. Todos sabéis que me refiero á D. Magín Bonet. Cierto es que Fajes se ha formado después en gran parte por sus propios esfuerzos; pero el colorido enérgico y el vigor que aquel severo Catedrático daba á sus enseñanzas moldearon el espíritu del discípulo cuyos estudios analíticos llevan todo el sello del maestro que hablaba, al tratar de los líquidos valorados, de medirlos hasta la media gota. Las investigaciones de Fajes sobre los nitroprusiatos; sobre la determinación del arsénico; sus trabajos analíticos sobre los cloratos; su opúsculo sobre los métodos indirectos del análisis cuantitativo, traducido al alemán, honra que han

merecido muy pocos trabajos de Química española, demuestran cuanto era y señalan su paso por la ciencia. Muerto á la edad en que podrían esperarse los mejores frutos de los conocimientos y experiencia que había acumulado, su pérdida ha sido muy sensible para la Academia y muy dolorosa para sus amigos.

Para el ingreso en la Academia eligió Fajes como tema de su discurso un estudio sobre los químicos de Vergara, estudio de erudición y de verdadero interés en la historia de la ciencia (1). A pesar de ser analista no eligió como tema un capítulo de la ciencia á que se consagraba. Y es que la labor del analista, práctica, minuciosa y de detalle se armoniza mal con las condiciones de un discurso de ingreso en una Academia.

Estas mismas consideraciones son también las que me deciden á elegir como tema de mi discurso no una cuestión de análisis, sino otra más general de la ciencia química. Creo que de esta manera, llamando vuestra atención sobre los altos problemas de la ciencia evocando recuerdos históricos, tratando de las cuestiones que hoy preocupan á los químicos más eminentes, vuestra imaginación se distraerá y así el tiempo transcurrirá más breve. Os invito, señores Académicos, á discurrir conmigo sobre la valencia química y la utilidad de este concepto en la ciencia.

¿Qué es la valencia? ¿Cómo ha aparecido este concepto en la química? Examinemos á grandes rasgos el desarrollo histórico de las teorías que han luchado en el campo de la ciencia.

(1) Véase la biografía de Fajes, por D. José Rodríguez Mourelo.

Después de haber terminado el imperio de la alquimia, conocidas las leyes de la combinación y explicadas de una manera admirable por la hipótesis de Dalton, fundador de la teórica atómica, los químicos se vieron obligados á discutir la naturaleza de las fuerzas que reúnen los átomos y forman las moléculas. En aquella época se conocían dos clases de fuerzas distintas. El tipo de una de ellas era la gravedad, fuerza que atrae los cuerpos independientemente de su naturaleza; fuerza siempre atractiva, y que, como Newton explicó, es la causa primordial de las leyes que rigen el movimiento de los astros. La otra clase de fuerzas eran las fuerzas magnéticas y eléctricas. Estas tenían una acción selectiva; polos y electricidades del mismo nombre se repelen; polos y electricidades de distinto nombre se atraen. La mayoría de los químicos del siglo XIX supusieron con Berzelius que las fuerzas que enlazan los átomos eran enteramente análogas á las eléctricas.

Y es natural que así pensasen. Reciente estaba el famoso descubrimiento de la pila eléctrica que tanta admiración había causado en el mundo científico. «La pila de Volta, decía Couvier, es un aparato que se electriza constantemente á sí mismo, y por esta acción continua ejerce los efectos más inesperados é importantes en la química y la fisiología, y tiempos llegarán en que será para una y otra ciencia lo que es hoy día el microscopio para la Historia Natural y el telescopio para la astronomía». Berzelius admitió, como ya hemos dicho, que las fuerzas que atraían los átomos eran de origen eléctrico, y así se formó la teoría dualista electroquímica, teoría que permitió clasificar de una manera racional las combinaciones orgánicas, teoría que explicaba los hechos hasta ahora conocidos, y que la autoridad de su fundador sostuvo durante muchos años dominando completamente la ciencia.

El olor desagradable producido por las bujías que ilu-

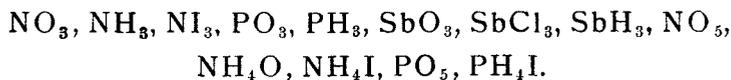
minaban los salones del Palacio de las Tullerías en una brillante *soirée*, fué la causa del descubrimiento del fenómeno inesperado de la sustitución del hidrógeno por el cloro. Estos dos cuerpos simples son de naturaleza eléctrica muy diferente. No se concibe que puedan reemplazarse el uno al otro sin una alteración profunda en las propiedades del compuesto resultante. Y, sin embargo, no ocurría así, ni el hecho era una excepción. En contra de lo que suponía la teoría dualista, en el ácido acético se podían reemplazar tres átomos de hidrógeno, elemento electropositivo, por tres átomos de cloro, elemento electronegativo, y el estudio de las reacciones del ácido tridoracético demostraba su gran analogía con el ácido acético. La teoría electroquímica tropezaba con una dificultad insuperable. Químicos evidentes se decidieron á abandonarla.

Nacieron entonces, con la teoría de las sustituciones, la teoría de los tipos y la teoría de los núcleos, teorías que á su vez se modificaron y se unieron con la de los radicales de Berzelius. La idea electroquímica fué perdiendo terreno. A la teoría dualista se opuso la teoría unitaria. «La constitución de las substancias, decía Dumas, no se rige por las leyes de Berzelius. El dualismo no es necesario para explicar las combinaciones químicas, las cuales pueden compararse á sistemas planetarios suponiendo que sus distintas partes se atraen recíprocamente. Estas partes pueden ser más ó menos numerosas, sencillas ó complicadas: en la constitución de los cuerpos juegan el mismo papel que en nuestro sistema planetario los planetas sencillos, como Marte ó Venus, ó aquellos otros que, como la tierra, tienen su luna, ó como Júpiter, sus satélites.

Este período de la ciencia es interesantísimo. Pocas veces la actividad científica fué más extraordinaria; los descubrimientos se sucedían unos á otros; las teorías luchaban entre sí, se modificaban y se confundían, y hasta

los químicos, arrastrados por los descubrimientos, daban á sus polémicas una forma que demuestra la exaltación de que estaban poseídos.

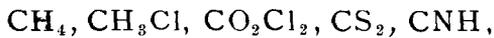
Es en esta época cuando se dibujó claramente la idea de la valencia. Era necesario averiguar si los radicales existían y aclarar el concepto de las combinaciones copuladas de Berzelius. Frankland comenzó sus notables investigaciones sobre los radicales organometálicos, y sus estudios le hicieron formular por vez primera el concepto de la valencia. He aquí sus memorables palabras. «Si se consideran aún superficialmente las combinaciones inorgánicas, llama la atención á todo observador la simetría de las fórmulas. El nitrógeno, el fósforo y el arsénico tienen una tendencia marcada á formar compuestos en los que un equivalente de dichos elementos se une con tres ó cinco equivalentes de otros distintos, y en esta relación se satisfacen mejor sus afinidades. Esto es lo que resulta evidente, sin más que recordar las fórmulas



Sin querer formar una hipótesis sobre la causa de esta coincidencia en la agrupación de los átomos, resulta bien claro de los ejemplos anteriores que existe una tendencia ó una cierta ley, en virtud de la cual la afinidad que une los átomos de los mencionados elementos se satisface mejor por un número determinado de otros átomos, independientemente del carácter químico que poseen.»

Al lado del nombre de Frankland debe figurar también el de Olding como precursor de la teoría de la valencia. Olding, en un trabajo sobre la constitución de los ácidos y sales, habla claramente del valor de sustitución de los átomos y ya designa el símbolo del hierro en las sales fe-

rrosas y férricas, tal como hoy lo representamos por Fe'' «y Fe'''». A pesar de su sencillez, las ideas de Frankland y Odling no tuvieron al pronto la aceptación de los químicos. Cuando la teoría de la valencia apareció con su verdadera importancia, fué después de la notable Memoria de Kekulé sobre la constitución y metamorfosis de las combinaciones orgánicas. Si se consideran las combinaciones más sencillas del carbono, dice Kekulé, tales como



llama la atención desde el primer momento que la cantidad más pequeña de carbono que el químico puede admitir, es decir, el átomo se une siempre con cuatro átomos de un elemento monoatómico; con dos de uno diatómico, y en general, que la suma de las unidades químicas de los elementos ligados á un átomo de carbono, es igual á cuatro». La obra de química que Kekulé no llegó á terminar, y en la cual aparecen las combinaciones orgánicas, clasificadas partiendo de la idea fundamental de la tetratomicidad del carbono y de la propiedad que tienen sus átomos de unirse entre sí formando cadenas abiertas ó cerradas, ha contribuído á demostrar la utilidad de esta teoría.

No sin lucha la admitieron todos los químicos. En Francia, la autoridad de Berthelot fué la causa de que no se aceptase unánimemente, sino después de varios años. Su importancia ha resultado, sin embargo, tan grande, que hay quien dijo al hablar de Berthelot, que su oposición á admitir la idea de la valencia como base de la clasificación de las sustancias orgánicas, fué una de las causas que contribuyó al predominio de la industria química alemana sobre la francesa. Los tiempos han cambiado. Hoy, al explicar la química orgánica, se da á los alumnos casi de una

manera dogmática las fórmulas de estructura basadas en la idea de la valencia.

No sólo esta teoría permitió relacionar los cuerpos entre sí y dar cuenta del por qué de sus reacciones, sino que hizo posible abordar uno de los fenómenos más oscuros en el dominio de la ciencia.

En los años 1823 y 1824, Liebig y Wöhler publicaron sus célebres investigaciones sobre los ácidos cinámico y fulmínico, y con la mayor sorpresa llegaron á la conclusión que estas dos substancias tenían la misma composición química, estando formadas por iguales cantidades de carbono hidrógeno y oxígeno. Faraday en 1825, demostraba que el etileno y el butileno son cuerpos de idéntica composición centesimal. Wöhler en 1828, transformaba el cianato amónico en urea, y Berzelius, en 1832, probaba la identidad del ácido racémico de Kestner y del ácido tartárico ordinario. Estos hechos fueron los suficientes para que Berzelius, comprendiendo su gran alcance, los agrupase todos atribuyéndoles una causa común, y formando así un nuevo capítulo de la ciencia, al que dió el nombre de isomería. Cuál era la causa de estos fenómenos inesperados, no daba lugar á duda. Es cierto, decía Berzelius, que nosotros no podemos determinar cómo los átomos están agrupados; pero es cierto también que deben estarlo con arreglo á un orden determinado, sin el cual no presentarían las substancias las propiedades que poseen. La diferente agrupación de los átomos es, sin duda, la causa de la isomería».

En el año 1833 se conocían ya 28 compuestos isoméricos; hoy su número es extraordinario. Víctor Meyer y Jacobson dicen en la primera edición de su obra de química orgánica, que el número de combinaciones distintas á las que se le asigna la fórmula $C_n H_{10} O_3$ es 55.

Werner de Merkleburg, en una conferencia sobre la isomeria publicada en 1900, afirma que se conocen 82, que corresponden á dicha fórmula; y el Lexicón de Richter, en la edición que se acaba de publicar, señala 164 cuerpos distintos, constituídos todos por 9 átomos de carbono, 10 de hidrógeno y 3 de oxígeno. La isomeria no es un hecho excepcional; es un hecho de los más frecuentes.

Dotados los átomos, en la teoría de valencia, de una especial capacidad para unir ó retener un número determinado de otros átomos, es evidente que se podrán enlazar de diferentes maneras, y que á cada agrupación debe corresponder un cuerpo distinto. Esta idea hace posible abordar el problema que Berzelius consideraba insoluble en su época, y permite formar conjeturas sobre la manera cómo los átomos están enlazados en el interior de las moléculas. Las actuales fórmulas de estructura explican por qué el alcohol propílico es distinto del insopropílico; por qué hay cuatro alcoholes butílicos; por qué los nitrilos son diferentes de los isonitrilos; por qué el benzol da origen á tres derivados bisustituídos, etc., etc. En todos estos casos se deduce del estudio de las reacciones de los cuerpos mencionados una fórmula de estructura para cada uno, una agrupación de átomos característica que da la clave de sus propiedades y el por qué de la isomeria.

El concepto de la valencia no sólo explica los hechos, sino que permite adivinarlos. Innumerables cuerpos ha previsto la teoría antes que la práctica los hubiese preparado. Cierto es que no todos los que se conciben se pueden obtener; hay circunstancias variables que hacen imposible dar solidez á las agrupaciones de átomos ideadas; son todavía muy desconocidas las fuerzas que rigen las combinaciones; pero el valor de la teoría queda bien probado cuando su don profético se confirma en numerosos casos.

Que no sea posible obtener todas las agrupaciones imaginables que pueden idearse con un cierto número de átomos nada tiene de extraño, como se acaba de decir, y nada debilita el valor de la teoría. Pero lo que ya constituye una objeción grave es el que la experiencia demuestre la existencia de cuerpos que ella no puede prever. Y este caso se ha dado.

En una famosa conferencia pronunciada en 1869, Wislicenius probaba ante un numeroso auditorio que existían tres ácidos oxipropiónicos, uno dextrogiro, otro levogiro y otro inactivo, y deducía como consecuencia que las fórmulas de estructura no bastaban para explicar este caso de isomería. Es la primera vez, hacía notar, en que el número de isómeros es superior al que se deduce de las fórmulas desarrolladas. Estos hechos, añadía, obligan á buscar nuevas causas que den razón de la diversidad de sus moléculas, y estas causas deben residir en la diferente situación de los átomos en el espacio.

De aquí la necesidad de ahondar más en la naturaleza de la valencia. Ya no bastaba el averiguar cómo los átomos ó grupos de átomos se unían entre sí; era necesario formar una idea de la manera cómo estaban ordenados en el espacio; era preciso estudiar la dirección de las valencias.

Sabiendo es que en 1874 el holandés Van't Hoff y el francés Le Bell, independientemente uno de otro, formularon la conclusión que las valencias del carbono actúan en la dirección de las líneas que unen el centro con los vértices de un tetraedro. Le Bell llegó á esta conclusión tomando como base los célebres trabajos de Pasteur sobre los ácidos tartáricos. Así comenzó la estereoquímica.

Penetrar en la estructura de las moléculas hasta llegar á idear modelos de cómo los átomos se encuentran agrupados en el espacio parecía demasiado á los químicos de la antigua escuela. El famoso Kolbe, á propósito de la pu-

blicación de Van't Hoff *La química en el espacio*, decía: «Yo no me ocuparía de esta Memoria ni la citaríá si un famoso químico no la hubiera tomado bajo su protección y no la recomendase calurosamente. Pero el caso que un tal Doctor Van't Hoff, perteneciente á la Escuela de Veterinaria de Utrech, y desprovisto de afición á las investigaciones químicas serias encontró un procedimiento muy cómodo para practicarlas. Montado en el caballo de Pegaso (sin duda uno de los de su Escuela), subió al Parnaso, y allí, desde aquellas alturas, aprendió fácilmente la manera cómo se unen en el mundo de los mortales los átomos de los cuerpos.»

Pero no basta que una teoría parezca absurda; es preciso demostrar su incapacidad para explicar hechos que la contradigan de una manera manifiesta, y en este sentido la teoría de Van't Hoff resistió todas las pruebas.

La primera consecuencia que de ella se deduce es la de que todos los cuerpos que contienen un átomo de carbono asimétrico y son inactivas deben poder desdoblarse en otros dos: uno destrogiro y otro levogiro. En la época en que Van't Hoff formuló su teoría se conocían ya muchos cuerpos cuya fórmula de estructura demostraba que en su molécula existían uno ó más átomos con dicha condición; pero sólo se había logrado hasta entonces desdoblar el ácido paratártrico en sus isómeros. Los químicos se pusieron á la tarea, y no sin fruto. En 1878 Le Bell desdoblaba el alcohol amílico inactivo en dos isómeros que nadie había previsto; en 1780 Bremer conseguía lo mismo con el ácido málico valiéndose de la cinconina; en 1882 Lewkowsch desdoblaba los ácidos amigdálico, láctico y glicérico; á éstos siguieron en 1886 los trabajos de Ladeburg sobre la conina, y en 1890 publicaba Fischer sus famosas investigaciones sobre la manita, la manosa y la levulosa, cuyas modificaciones ópticas llegó á aislar valiéndose de

la estricnina y la brucina. Ya los químicos no podían reirse de una teoría que conducía á tales descubrimientos por temeraria que pareciese.

La hipótesis de Le Bell y Van't Hoff resistió todos los combates. El gran químico Baeyer le fué primero hostil. A consecuencia de sus estudios sobre la constitución del limoneno y otros terpenos formuló la conclusión que el poder rotatorio no podía servir de guía al químico en el estudio de estas combinaciones, y que al contrario eran la física molecular y sus teorías las que debían plegarse á los resultados del químico. Los trabajos posteriores demostraron que Baeyer se equivocaba; Wagner, Tiemann y Samler probaron que Van't Hoff tenía razón y Baeyer rectificó sus juicios.

Pasar del carbono á otros elementos, y tratar de averiguar la dirección en el espacio de las valencias de los átomos, era el paso natural en el camino de las investigaciones químicas. Pero para abordar este problema faltaban datos, y únicamente en el nitrógeno las experiencias de Goldschmidt, de Werner y de Hantsch dieron base para formar su extereoquímica.

Detengámonos, Sres. Académicos, en este desarrollo histórico. Hemos recordado cómo ha nacido la teoría de la valencia, su grandísima importancia, cómo transformó la química orgánica, lo útil que es para el investigador; y estudiemos ahora de una manera más directa lo que se refiere á esta fuerza en sí misma. Volvamos de nuevo á nuestro tema. ¿Qué es la valencia? ¿Cuáles son sus leyes? ¿Es idéntica á la afinidad ó difiere de ella? ¿Es algo real ó una pura fantasía de los químicos? Al estudiar de cerca estas cuestiones penetramos en uno de los terrenos más difíciles de la ciencia y en que toda precaución es poca por lo escabroso del camino.

La valencia no es idéntica á la afinidad. La fuerza con que los átomos se unen no guarda relación con la capacidad de saturación de los mismos. El cloro y el hidrógeno se combinan con gran desprendimiento de calor; basta un rayo de sol para que en una mezcla de estos elementos los átomos de uno y otro se precipiten y se unan con extraordinaria energía. Y, sin embargo, un átomo de cloro sólo puede retener un átomo de hidrógeno; su fuerza parece agotada después de esta unión, y no se conocen combinaciones que contengan un átomo de cloro unido con dos ó más átomos de hidrógeno. En cambio, el carbono tiene débil fuerza de atracción para el hidrógeno; estos dos elementos no se combinan directamente sino con gran dificultad; parecen indiferentes el uno al otro. Esta falta de simpatía no es obstáculo para que el átomo carbono pueda retener cuatro átomos de hidrógeno, y para que existan variadísimas agrupaciones atómicas de estos elementos, constituyendo los innumerables individuos del grupo de los hidrocarburos. La valencia no es, pues, la afinidad en el sentido estricto de esta palabra. No hay relación entre la fuerza con que los átomos se atraen y el número de los que pueden unirse para formar la molécula.

¿Tendrá en realidad la valencia existencia positiva? ¿Será algo que reside en el interior del átomo? ¿Tiene acaso la constancia que demuestra personalidad propia, ó es una circunstancia variable que inclina más bien á considerarla una consecuencia que un principio? Este tema ha sido muy discutido por los químicos y merece alguna detención.

Kekulé fué siempre partidario decidido de la teoría de la constancia de la valencia. Para él era algo fijo propio del átomo, al que acompañaba en sus manifestaciones químicas, y tan definido como podía serlo el peso atómico. Sus trabajos le habían demostrado que en innumerables

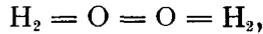
condiciones de la química orgánica el carbono es siempre tetratómico, el oxígeno diatómico y el hidrógeno monoatómico. Es cierto que el nitrógeno aparece unas veces como triatómico y otras como pentatómico; pero esta dificultad la evadía Kekulé admitiendo que en las combinaciones en que el nitrógeno aparecía como pentatómico, los átomos que restaban, después de saturar la valencia triple, estaban retenidos de otra manera que hacía parecer como excepción lo que debía incluirse en la ley general. A esta clase de combinaciones, que no obedecían al principio de la constancia de la valencia, las denominó combinaciones moleculares.

Lo cierto es que un número extraordinario de compuestos orgánicos, el oxígeno, el hidrógeno, el azufre y el carbono, aparecen con una valencia constante que explica la opinión de Kekulé. Pero lo que en la química orgánica resulta á primera vista, tratándose del carbono, hidrógeno y oxígeno, una ley general es insostenible al pasar á otros elementos, y en la química inorgánica no hay medio de obtener fórmulas que guarden relación con las propiedades de los cuerpos, partiendo del principio de la constancia de la valencia.

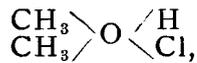
Aun respecto á los elementos antes citados no es posible afirmar de una manera absoluta que su atomicidad sea fija. El carbono es indudablemente el que aparece casi siempre como tetravalente; pero las dos combinaciones CO y CO₂ de todas conocidas prueban ya que la regla sufre una excepción. En estos últimos años Gomberg, haciendo actuar el cinc en polvo sobre derivados halogenados del trifenilmetano, obtuvo el trifenilmetilo, cuerpo cristalino, oxidable en contacto del aire, en el cual es probable, y por lo menos discutible, que un átomo de carbono está unido á tres fenilos, resultando en esta combinación el carbono trivalente.

Si del carbono pasamos al oxígeno, la duda no puede subsistir. He aquí algunos hechos que demuestran lo lejos que están los químicos de mantener unanimidad en la valencia doble para el oxígeno.

Tomsem, á consecuencia de sus investigaciones termoquímicas, asignó al agua la fórmula



en la cual el oxígeno resulta tetravalente. Friedel obtuvo por la acción del ácido clorhídrico sobre el éter metílico un compuesto de adición



cuya fórmula, deducida de la densidad al estado gaseoso, obliga á suponer un átomo de oxígeno reteniendo dos metilos, un átomo de cloro y otro de hidrógeno. Rose preparó el compuesto Ag_4O , y los trabajos de Baeyer y Williger confirmaron la idea de que el oxígeno entra en muchas ocasiones como un átomo tetratómico.

Sería alargar inútilmente mi discurso pasar ahora revista á todos los elementos de la química y citar los casos que obligan á admitir la variabilidad de su valencia. Sólo el hidrógeno, que se toma por unidad, es por esta causa un elemento con afinidad constante. En los demás casos, á excepción de los gases raros, cuya valencia es nula, los químicos admiten hoy la variabilidad de la valencia.

Y si es algo que varía y no tiene fijeza, ¿qué concepto formar de ella? ¿Esta variabilidad no es una contradicción consigo misma? Los químicos han formulado una nueva hipótesis, la de la valencia máxima. Según ella, cada átomo puede retener un cierto número de otros átomos; pero el puede no es el debe, y en muchas combinaciones los

átomos no funcionan con todas sus valencias. Según esta concepción, los átomos son semejantes á un imán con varios polos de los cuales algunos pueden permanecer libres sin tener forzosamente que estar ligados con otros átomos.

No es sólo esta dificultad la que tuvo que vencer la teoría de la valencia. Un hecho interesante de la química orgánica parecía también en contradicción en sus principios. Estudiando las reacciones de algunas sustancias resulta sin género de duda que su composición corresponde á dos fórmulas de estructura diferentes; esto ocurre con el ácido cianhídrico, con el ácido ciánico, con el éter acetilacético, con las derivadas del nitrometano, etc., etc. ¿Cómo imaginar que los átomos de un mismo cuerpo estén enlazados de dos maneras distintas en una misma molécula? ¿No es esto un absurdo? Como siempre, se buscaron explicaciones para dar razón de la causa del fenómeno, conocido con el nombre de tautomeria; pero en realidad estas explicaciones eran muy artificiales. Las investigaciones modernas consiguieron posteriormente un brillante resultado. De la misma manera que en los compuestos racémicos hay dos clases de moléculas con poder rotatorio diferente, los compuestos tautoméricos están formados por dos cuerpos con fórmulas distintas, las cuales se hallan en equilibrio químico. La velocidad de transformación de un compuesto en otro es á veces muy grande, y por esto sucede que cuando en una reacción se destruye uno de ellos, á consecuencia de la ley del equilibrio químico se transforma el otro, y la mezcla reacciona como si fuese una sola substancia. Los trabajos experimentales de Schiff sobre el éter acetacético; los de Claissen sobre el tribenzoilmetano, y los de Wislicenus sobre el éter formilfenilacético, aislando las dos formas tautomeras, dan base racional á la anterior teoría.

Continuemos presentando dificultades á la idea de la valencia, y veamos cómo se pliega y modifica para vencerlas. Hay en la química orgánica muchos cuerpos en cuya fórmula de estructura aparecen átomos de carbono unidos por un doble ó triple enlace. Lo natural es admitir que estas uniones dobles deben ser más firmes y resistentes que las uniones sencillas, y que los átomos ligados de esta manera deben estar adheridos con gran fuerza. La experiencia, sin embargo, demuestra lo contrario: en las reacciones químicas es el enlace doble el punto endeble de la molécula, y el que con más facilidad es atacado por los reactivos químicos. Cierto que no faltan explicaciones en cada caso particular que pueden servir para dar razón de esta anomalía; pero estas explicaciones pierden su fuerza ante los datos termoquímicos que demuestran, sin duda alguna, que la fuerza que retiene los átomos en las uniones dobles no es el duplo de la que liga los átomos enlazados por una sola valencia.

A Baeyer se debe una hipótesis que aclara estos hechos. Imaginemos, dice Baeyer, un átomo de carbono. Sus valencias actúan en direcciones determinadas, son algo análogo á los polos de un imán. Al aproximarse otro átomo de carbono, las fuerzas atractivas de dos de los polos se orientan en línea recta; pero las que corresponden, en la doble ligadura, al segundo enlace, ya no están en idéntica condición y deben cambiar de sitio, resultando de aquí una cierta tensión en esta parte de la molécula que explica la convertida en un punto vulnerable. Por esta misma causa las uniones triples son más inestables que las dobles, y cuantas más uniones de esta naturaleza existan, mayor violencia debe reinar en la molécula formada por esta asociación de átomos. Baeyer apoyó su teoría en numerosos datos experimentales, y partiendo de ella llegó á preparar el ácido tetracetildicarbónico

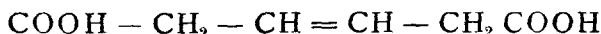


que, en armonía con sus suposiciones, es un cuerpo extraordinariamente explosivo, bastando un ligero choque para romper esta asociación violenta de un átomo.

La teoría de Baeyer es muy ingeniosa; no explica todo, pero explica mucho y da cuenta además del por qué algunos compuestos de cadena abierta con cuatro y cinco átomos de carbono producen con facilidad derivados cíclicos mientras que esa tendencia falta en las combinaciones con cuatro átomos.

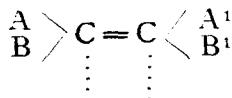
Respecto á las uniones dobles, Thiele formuló una teoría que explica la excepción que en muchas reacciones ofrecen las llamadas uniones dobles conjugadas, de la cual puede servir de tipo la que existe en el ácido mucónico.

Se observa en este ácido, en contradicción con lo antes dicho, respecto á las uniones dobles, que al hacer actuar sobre él ciertos reactivos, por ejemplo el hidrógeno nascente, éste no se fija siempre en los dos puntos que corresponde á una ligadura doble, sino que tiene lugar á un cambio en la situación de la misma. Así el ácido mucónico se transforma por la acción de la amalgama de sodio en el ácido α y γ hidromucónico



Hechos análogos encontró Baeyer estudiando el ácido benzolcarbónico.

Thiele supone que en las uniones dobles las valencias no se saturan totalmente y queda un residuo de atracción, una valencia parcial ó valencia residuo, como representa esquemáticamente la fórmula



Las adiciones y reacciones tienen lugar de preferencia en la parte de la molécula en que existen los residuos de atracción. En el caso de las uniones dobles conjugadas representadas por el esquema



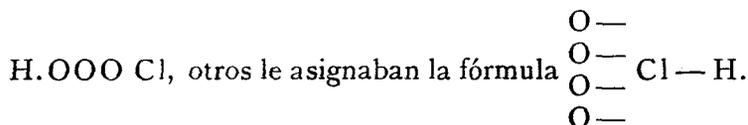
las valencias parciales intermedias se saturan entre sí, quedando libres las de los extremos, y de ahí que las adiciones de hidrógeno tengan lugar en la forma antes indicada.

Esta teoría, que Thiele aplicó á un gran número de casos, es muy apropiada para explicar ciertas particularidades en las propiedades del benceno, de que no da cuenta la fórmula de Kekulé, y en especial del por qué sólo existe un ortoderivado y la causa de que en las reacciones se obtengan casi siempre simultáneamente los derivados orto y para y no los orto y meta. Es necesario, sin embargo, confesar que con esto va desapareciendo la idea primitiva sencilla de la valencia y que hay que admitir valencias residuos además de las valencias ordinarias y suponer también que en las uniones conjugadas las valencias parciales intermedias se unen entre sí y no con las de los extremos. Cuando además los átomos que se adicionan son diferentes, la regla de Thiele no tiene lugar sin que se explique el por qué de la excepción.

Los investigadores se han esforzado en aplicar á la química inorgánica las fórmulas de estructura que tan excelentes resultados dieron en la química orgánica. La constitución de la substancia inorgánica, ácidos, bases y sales, es en general sencilla; sus moléculas constan de menor número de átomos, y siendo esto así, lo lógico sería pensar que con facilidad podrían hallarse fórmulas que expresasen el enlace de los mismos. La experiencia demuestra todo lo

contrario. Lo que es relativamente fácil en las sustancias orgánicas, se hace mucho más difícil en las inorgánicas. Cualquiera diría que en las sustancias orgánicas las partes que forman la trabazón de sus moléculas saltan y se desprenden con facilidad por la acción de los reactivos químicos, mientras que en las inorgánicas el enlace es tan fuerte, que al querer arrancar una pieza se destroza más o menos el resto de la molécula.

Faltos de base para formular hipótesis racionales, los químicos las idearon más ó menos arbitrarias. Así, mientras unos representaban el ácido clórico por la expresión



El ácido sulfúrico, que muchos consideraban formado por átomos unidos en una larga cadena H. O. O. S. O. O. H, tenía para otros la fórmula central



En realidad, las fórmulas de estructura no son en la química inorgánica tan necesarias como en la orgánica; pueden muy bien estudiarse las reacciones de muchos compuestos minerales sin que sea indispensable fijar el enlace de cada uno de los átomos. Pero, aun prescindiendo del natural deseo de penetrar en la estructura de estas moléculas, hay en la química mineral combinaciones complejas, tales como las sales dobles y los compuestos amoniacales, que obligan al investigador á aventurarse en este terreno. Es actualmente en la química inorgánica en donde más lucha la idea de la valencia, y los resultados obtenidos hacen pensar que

dentro de algunos años las ideas de los químicos diferirán mucho de las actuales. Me ocuparé principalmente, por su importancia práctica, de las hipótesis de Werner, que hoy figura como uno de los primeros investigadores en este capítulo de la ciencia.

Las hipótesis de Werner tienen por origen sus trabajos sobre las combinaciones complejas, es decir, aquellas combinaciones que Kekulé denominaba combinaciones moleculares, y á las cuales no pueden aplicarse, sino de una manera forzada, las fórmulas basadas en la primitiva idea de la valencia. Las hipótesis de Werner son algo complicadas, y me esforzaré tan sólo en señalar la esencial de las mismas.

Consideremos las dos moléculas anhídrido sulfúrico SO_3 y agua H_2O . Cuando estas moléculas se ponen en contacto, se engendra el ácido sulfúrico SO_4H_2 , cuerpo al cual se le asigna hoy día la fórmula siguiente:



En cambio, cuando se hace actuar el ácido clorhídrico ClH sobre el cloruro áurico Cl_3Au al resultado de la unión se le consideró primero como un compuesto molecular $\text{Cl}_3\text{Au} \cdot \text{ClH}$, y, posteriormente, como el ácido cloroáurico

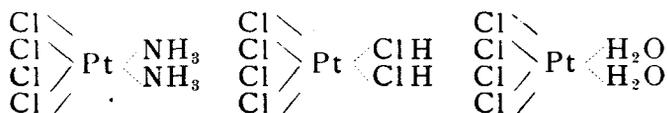


el cual se representa por una fórmula muy diferente de la del ácido sulfúrico.

Y, sin embargo, dice Werner, no hay razón para esta diversidad de fórmulas. La analogía de las reacciones que engendran ambos compuestos es muy grande. En el primer caso se unen dos óxidos, el de azufre y el de hidrógeno; en el segundo, dos cloruros, el de oro y el de hidrógeno. El fenómeno es análogo; el resultado de la reacción

semejante, y, sin embargo, al ácido sulfúrico y al ácido cloroáurico se les asignan fórmulas de diferente estructura. Werner insiste en la falta de lógica de estos razonamientos, y deduce que la manera ordinaria de considerar la valencia no permite explicar la constitución de los cloruros.

Werner aborda el problema emprendiendo un nuevo camino. A consecuencia de un estudio minucioso y concienzudo de las combinaciones de cloruro platínico con el amoníaco, con el ácido clorhídrico y con el agua, deduce la conclusión que la estructura de estas combinaciones es semejante, que sus fórmulas deben mostrar tal analogía, y que en ellas debe admitirse un núcleo central formado por el átomo de platino, alrededor del cual se agrupan átomos ó moléculas, tal como indican las siguientes fórmulas:



Considerando estas fórmulas, se ve en ellas que unas veces el átomo de platino está unido á átomos de cloro, y otras á las moléculas completas



Werner considera que estas dos clases de enlaces son distintos. El enlace que une el platino con el cloro, es decir, átomo con átomo (ó con un residuo), es enteramente análogo á la valencia ordinaria, y le designa con el nombre de valencia principal; el enlace del platino con las moléculas completas



representado por las líneas de puntos, no es igual al ante-

rior, y le llama valencia parcial ó valencia secundaria. Según Werner (aun cuando esta idea sea ya antigua), hay muchas moléculas en las cuales las afinidades de los átomos no se saturan tan totalmente que no quede un cierto residuo de atracción, al cual es debido, por ejemplo, la unión de las sales anhidras con el agua.

Aplicando sus ideas al ejemplo antes citado, es decir, á la formación del ácido sulfúrico, Werner razona de esta manera. Las dos moléculas SO_3 y H_2O tienen una valencia parcial que es la causa por la cual reaccionan entre sí, atrayéndose recíprocamente



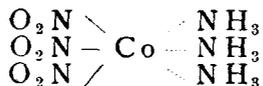
Inmediatamente que estas moléculas se unen sobreviene un cambio; los átomos se agrupan de cierta manera, y se produce el ácido sulfúrico



Pero este cambio es un fenómeno secundario. En muchos casos no tiene lugar, y permanecen los grupos unidos al átomo central por las valencias principales ó secundarias.

Uno de los resultados más importantes que dedujo Werner de sus estudios sobre las sales complejas es el que designa con el nombre de número de coordinación. A este concepto se llega por el siguiente razonamiento.

El nitrito cobáltico se une con el amoníaco, dando origen á compuestos amínicos. El nitrito cobáltico triamínico tiene propiedades que corresponden á la fórmula



Haciendo actuar sobre esta sal más amoníaco se adiciona una nueva molécula y se produce el compuesto nitrito cobáltico tetramínico. Las propiedades de este nuevo cuerpo son diferentes de las del anterior; el primero no desprende ácido nitroso por la acción de los ácidos débiles ni conduce la electricidad; el segundo pierde con facilidad uno de los grupos y además sus disoluciones dejan pasar la corriente eléctrica. Indudablemente, en el segundo compuesto uno de los grupos se encuentra ligado de una manera distinta que lo están los otros. Werner supone que este grupo NO_2 deja de estar unido directamente al cobalto, saliendo de su primera esfera de acción, y queda más lejos, ocupando su hueco el amoníaco. La fórmula del nitrito cobáltico tetramínico es, según esta hipótesis, la siguiente:



Un resultado análogo al anterior se obtiene haciendo actuar sobre el tetracloruro platínico diamínico el amoníaco. Uno de los átomos de cloro se hace entonces ionizable y se descubre fácilmente por las reacciones ordinarias de los cloruros; el nuevo compuesto conduce además la electricidad. El fenómeno es enteramente análogo al anterior y las fórmulas de los dos compuestos se representan en esta teoría de la manera siguiente:



Si se continúa la acción del amoníaco sobre las sales anteriores, se observa que sucesivamente el grupo NH_3 va

sustituyendo los grupos nítricos ó los átomos de cloro que rodean al platino y que estos átomos ó grupos salen fuera de la que podríamos llamar primera esfera de atracción del átomo central y quedan unidos á él, pero en forma ionizable. No hay medio de cargar el núcleo central de platino con más de seis átomos ó moléculas alrededor; cuando se quiere forzar la carga salen fuera. El número seis es para el platino el número máximo de coordinación. Los átomos ó grupos que salen de lo que llamamos primera esfera quedan unidos al grupo por una valencia susceptible de producir iones y que llama valencia indirecta.

Las ideas que acabamos de exponer Werner las aplica á un gran número de sales inorgánicas complejas, principalmente á las derivadas del cobalto, platino, hierro y cromo. Para cada uno de estos elementos ha averiguado los números de coordinación, que son cuatro ó seis, números que expresan, como ya se ha dicho, cuántos son los átomos, grupos ó moléculas que se agrupan alrededor del átomo central, es decir, que ocupan el espacio de la primera esfera, y que están ligados por valencias directas, ya primarias, ya secundarias.

Partiendo de estos hechos, Werner considera la afinidad como una fuerza que parte del átomo y se irradia en todas direcciones y no según líneas determinadas. No hay en realidad valencias en el sentido primitivo de la palabra; este concepto resulta del número de átomos que se agrupan alrededor del que se considera, y este número, como es natural, es variable, dependiendo de la naturaleza de los elementos.

La teoría de Werner es excelente para orientarse en el difícil grupo de las cobatiaminas (de las cuales se conocen varios centenares), y en los de las combinaciones complejas del platino y otros elementos. Y no sólo es útil para clasificar fácilmente estos compuestos, sino que constituye

un excelente medio de investigación y aclara los fenómenos tan oscuros de la isomería de las combinaciones minerales. Entre estas isomerías, son de verdadera importancia las que corresponden á las isomerías estereo-químicas.

Es evidente efecto que los átomos ó grupos que rodean el grupo central, podrán situarse y agruparse de diferentes maneras, y estas agrupaciones serán cuerpos isoméricos. Basando sus ideas en numerosos datos experimentales, Werner dedujo que cuando el número de coordinación es 4, como sucede en los derivados del amoníaco, en las combinaciones del carbono, del silicio, etc., los átomos ó grupos ó moléculas se agrupan alrededor del central simétricamente, coincidiendo su posición con la indicada por Van't Hoff. No sucede, sin embargo, siempre así; del estudio de las isomerías de los compuestos de platino, deduce la conclusión que en algunos casos las valencias se hallan en un plano y no distribuídas regularmente en el espacio. Cuando el número de coordinación es 6, los átomos ó grupos se reparten alrededor del central, ocupando posiciones que coinciden con los vértices de un octaedro. Werner apoya estas hipótesis, como ya se ha dicho, con multitud de datos experimentales, siendo muy interesantes los derivados que ofrecen poder rotatorio, destrogiro y levogiro. Los trabajos de Werner ocupan muchas páginas de las revistas científicas de estos últimos años, y son la mejor prueba de la fecundidad de sus ideas.

La teoría de los iones y la hipótesis electrónica conducen á nuevas especulaciones sobre la naturaleza de la valencia. Sabido es que hoy se admite que las sales, al disolverse en el agua, se separan en iones, los cuales son átomos ó grupos de átomos cargada de electricidad, es decir, unidos á eletrones. Cada átomo tiene, pues, una fuerza atractiva para los electrones, fuerza que varía con su naturaleza, y á la que se le da el nombre de electro afinidad.

Considerando el mayor ó menor número de eletrones que un átomo puede retener, nace el concepto de la eletrovalencia. Cuando las uniones son tales que al disolverse en el agua producen iones, las valencias se llaman ionizables; cuando no hay disociación electrolítica, las valencias no son ionizables.

Basado en estas ideas, Ramsay formuló una teoría para explicar la diferencia que existe entre las valencias ionizables, las valencias principales y las secundarias. Para él, cuando las valencias son ionizables, el átomo electro positivo pierde un electrón que adquiere el átomo positivo; en las uniones formadas por valencias no ionizables un elemento electronegativo pierde un electrón, que adquiere el átomo positivo. En las valencias parciales, cada una de las dos partes ligadas por ella pierden un átomo que adquiere la otra.

No discutiré esta teoría exponiendo los casos que se ofrecen como excepción y que no explica racionalmente. Me limitaré á transcribir el juicio de Werner, que es el siguiente: La teoría de Ramsay conduce á conclusiones que no se apoyan en pruebas experimentadas y á algunas contradicciones que difícilmente pueden aclararse.

Además de la teoría de Ramsay se han formulado otras muchas, entre las cuales citaremos las de Spiegel, Friend, Thomson, Stark y Abbeg. Entre ellas, las de Stark suponen los electrones unidos á la superficie del átomo, y que las líneas de fuerza son la causa del enlace de los mismos. Abbeg atribuye á los átomos dos clases de valencias, que denomina valencias normales y contravalencias; la suma de ambas es para cada átomo igual á ocho. Todas estas teorías son muy ingeniosas, pero sólo demuestran la dificultad del problema que se trata de resolver.

Tal es, Sres. Académicos, el estado de la cuestión.

Sólo conocemos de una manera grosera lo que es la valencia. Para poder adaptar esta idea á la explicación de los hechos es necesario formular hipótesis más ó menos ingeniosas como las que acabais de oír. Ciertamente que estas hipótesis artificiales no satisfacen á un espíritu matemático que busca el rigor de los conceptos y no especulaciones fantásticas; pero estos juegos de los sabios no son inútiles sino indispensables para el progreso científico. El investigador se encuentra ante los fenómenos naturales como aquel á quien colocan repentinamente en una habitación en que no penetra luz alguna. Avanza en un cierto sentido, coge los objetos, los examina, tantea su forma, supone lo que pueden ser, busca su relación con otros y en su cerebro forma un concepto, que si no se adapta á la realidad, nunca está totalmente separado de ella. Si en vez de investigar permaneciese inmóvil y se dedicase á imaginar lo que á su alrededor podía existir, le sucedería lo que á los antiguos filósofos que formularon las conducciones más absurdas. No es posible en el estado actual de la ciencia formar de la naturaleza íntima de las fuerzas químicas más que sospechas y conjeturas; pero como éstas derivan del trabajo experimental, que es como si dijéramos el tanteo del ciego, estas sospechas y conjeturas tienen siempre un valor real y positivo. Son además absolutamente indispensables al investigador. Para buscar es necesario suponer que hay algo; es necesario formar prejuicios, si queréis, evitando el darles realidad objetiva, y guiándose por estas concepciones, buscar y buscar siempre, que el resultado del trabajo, si no es el previsto, es muchas veces algo más precioso que lo que se imaginaba. Los nuevos hechos cambian las teorías; éstas se modifican y transforman; pero subsisten siempre como un medio indispensable para la investigación científica. Las teorías, según una ingeniosa comparación, son como las herramientas de trabajo que

se tiran cuando ya están gastadas y resultan inútiles.

Y aquí se presenta también la eterna cuestión de la teoría y la práctica; cuestión siempre muy debatida y que aparece al tratar de temas científicos elevados. ¿Puede hablarse con propiedad del mito de la ciencia pura? ¿Puede creerse que sólo los trabajos de aplicación, los de técnica química, por ejemplo, merecen realmente ocupar la imaginación y el tiempo de los hombres capaces de una labor científica, y que deben abandonarse los que no ofrecen utilidad inmediata? La historia de la valencia química contesta á tales afirmaciones.

Es, como hemos visto, Sres. Académicos, el estudio de la valencia un estudio teórico que nos obliga á tratar de aquello que está muy lejos de nosotros, y de tal fantasía, que pretende averiguar la ley con que los átomos se enlazan en el interior de las moléculas, cuando en realidad nadie ha visto los átomos, y ni aun á ciencia cierta puede afirmarse que existan. Como estudio teórico creo que puede considerarse como uno de los que más.

Pues bien; antes de la teoría de la valencia las combinaciones orgánicas eran en su mayor parte impenetrables para los estudios químicos; poco más podía hacerse que catalogarlas y señalar empíricamente algunas de sus reacciones, y aún no hace muchos años que se explicaban en una Universidad clasificadas por orden alfabético.

Hoy esto no sería permitido. Los millares de cuerpos de la química orgánica incluídos en el Beilstein aparecen en su mayoría colocados sistemáticamente; principios sencillos sirven de brújula para guiarse en este impenetrable bosque, y tal portento lo ha conseguido la teoría de la valencia química.

Pero si aún no os dieseis por satisfechos; si juzgando como hombres prácticos preguntareis por la utilidad inme-

diata á las necesidades de la vida del concepto de la valencia, bastaría un ejemplo para contestaros.

Del residuo negro, sucio y espeso, llamado alquitrán de hulla, verdadero estorbo en las fábricas de gas del alumbrado, Faraday extrajo el benzol ó benceno, en aquella época un hidrocarburo sin importancia alguna. Del benzol se obtuvo la anilina y con esta substancia se preparó la primer materia colorante artificial. Hoy el número de materias colorantes extraídas de la brea de hulla es enorme. Todos los colores, el negro intenso, el rojo escarlata, el amarillo de oro, el azul zafiro, el verde prado, en una palabra, la gama con sus innumerables matices constituye el resultado del esfuerzo de los químicos. ¿Y quién más que nadie ha contribuído á un éxito semejante?

Todos sabéis que ha sido el famoso exágono de Kekulé, aquel símbolo alquimista que tiene la pretensión de expresar cómo están unidos los átomos de carbono é hidrógeno en el carburo fundamental de la serie aromática. No creo pueda apreciarse en metálico cuanto pueda haber valido semejante invención química; pero baste señalar que la industria de las substancias orgánicas descubiertas gracias al exágono de Kekulé, colorantes unas y medicinales otras, vale á Alemania cada año cientos de millones de marcos. La alizarina arruinando el cultivo de la rubia, y el índigo sintético poniendo en grave aprieto las plantaciones de añil en la India, demuestran á cuánto llega una teoría.

No sin un gran trabajo se realizan, es verdad, éxitos industriales semejantes. No es sólo el genio científico quien conduce á tales resultados. No hay que olvidar la perseverancia y el aliento industrial que hace que la empresa Badische Anilin und Soda Fabrik gastase en el negocio del añil sintético 16 millones de marcos. Pero todo el genio comercial é industrial de nada hubieran servido sin los grandes trabajos de Baeyer, quien guiado por las fórmulas

de estructura deducidas de la teoría de la valencia obtuvo por vez primera el añil sintético.

No despreciéis las teorías químicas por lo mucho que tienen de imaginativas, porque á ellas no se las pueden aplicar las fórmulas matemáticas que también se adaptan á los fenómenos físicos. No todas las leyes de la Naturaleza son tan sencillas como las del choque de los cuerpos elásticos á las de la reflexión de la luz. El fenómeno químico es muy complejo y todavía muy oscuro y misterioso; pero es seguro que en el porvenir los esfuerzos de los sabios darán la clave de lo que hoy llamamos valencia química, precisarán sus leyes y explicarán la causa de sus variaciones.

DISCURSO

DEL

ILMO. SR. D. JOSE RODRÍGUEZ MOURELO

Señores:

Al dar la bienvenida en nombre de la Academia y cumplir el para mí honrosísimo encargo de contestar al discurso de entrada de mi muy querido amigo el profesor D. José Casares Gil, habéis de permitir que comience la respuesta evocando la memoria de mi primer maestro de Química; de aquel venerado catedrático á quien debo la iniciación en la ciencia que constituye la pasión de mi vida. Era yo un adolescente cuando la suerte me llevó á las aulas de la Universidad Compostelana, y nunca se borrarán de la memoria las impresiones recibidas en aquellas lecciones oídas á D. Antonio Casares, y que jamás fueron parte á hacerme olvidarlas otras lecciones y otras enseñanzas de profesores eminentes nacionales y extranjeros. Todo claridad y sencillez, en la inteligencia aguda y despierta del catedrático no había nieblas ni dudas; su palabra atraía y embelesaba, despertando en los oyentes el amor por la ciencia; y como poseía el arte de la experimentación en grado eminente, explicaba un admirable curso de Química.

Muchos años después volví á Santiago, y mi primera visita fué para la tumba del famoso maestro, y fuí guiado é impulsado por un sentimiento de gratitud que el tiempo no

ha extinguido, y quiero rendírselo de nuevo en este momento solemne, cuando vuestra voluntad me honra eligiéndome para contestar al hijo de mi maestro, como él químico y profesor de Química, y como yo discípulo suyo. Que este recuerdo mío de quien determinó mi vocación guíe mis ideas é informe mis palabras; y creo que no lo habrá más grato para nuestro nuevo compañero en el momento presente, cuando recibe el galardón, bien merecido ciertamente, su admirable labor científica.

Bastante conocida y debidamente apreciada es de todos, para que yo trate ahora de ensalzarla de nuevo, patentizando su valía y describiéndola punto por punto. Fuera larga tarea, según es ella copiosa y variada; pero también fuera gran descortesía no poner aquí lo más concreto y substancial de los trabajos y de las investigaciones del Sr. Casares, no hablar de su labor docente, ni mencionar sus acreditados libros, ni señalar su positiva influencia en la dirección científica de la juventud española. Respecto de estos particulares, algo habré de indicar, muy breve y somero, en verdad, aun cuando de ellos podrían deducirse útiles datos y buenas enseñanzas tocante á los problemas actuales de nuestra cultura nacional, con los cuales forzosamente se encuentran y en ellos entran de lleno cuantos profesan las ciencias positivas y en ellas trabajan é investigan, estimulados, á la vez, por el amor á la verdad y el amor á la patria, atraídos por la magia de lo desconocido y ansiosos de propagar la ciencia y comunicarla á los discípulos, haciéndoles patente su utilidad en todos los órdenes de la vida.

No tardó mucho tiempo, después de haber salido de las aulas universitarias, en alcanzar, mediante lucidas oposiciones, la categoría de maestro el Sr. Casares, y con excelente acuerdo trató el entonces novel catedrático de la Universidad de Barcelona de formar y constituir su personalidad científica. Para ello, convirtiéndose de catedrático en

alumno, lleno de entusiasmos y con la más decidida vocación, fué á Munich, y en aquel laboratorio donde el gran Liebig trabajara un tiempo, recibió lecciones y, mejor todavía, influencias muy decisivas del insigne químico Von Bae-
yer, trabajando durante bastante tiempo bajo su dirección y en su compañía. Debe señalarse la permanencia del nuevo académico en Alemania, porque ha sido la determinante de su personalidad científica y, además, como ejemplo para los impacientes y apresurados que pretenden abandonar la patria á destiempo, antes de estar aquí científicamente formados, seducidos muchas veces por resplandores que tienen poquísimos de luz verdadera y positiva.

Cuando hubo regresado de Alemania el Sr. Casares, conseguido de manera cumplida el fin que al ir á estudiar á Munich se había propuesto, hallábase ya en condiciones de hacer trabajo personal, y no se demoró mucho en llevarlo á cabo. Era catedrático de Química Analítica; sus aficiones se conformaban á maravilla con la minuciosa y paciente labor del analista, y consagróse de lleno á los trabajos de este orden, ejecutándolos con singular destreza y precisión y dedicándose con verdadero afán á una tarea tan difícil y complicada como es el análisis de las aguas minerales. Y ha de señalarse aquí un hecho singular: no una vez, sino muchas, tocóle volver á analizar las mismas aguas que su buen padre, nuestro común maestro D. Antonio Casares, había analizado, y la comparación de los resultados de los dos trabajos, hechos con intervalos de cincuenta y sesenta años, es la mejor prueba de la fina labor realizada, con bien escasos medios y por puro amor á la ciencia, por aquel maestro á quien tantos debemos la iniciación en la Química.

Ocurre á menudo al que es, por decirlo así, analista de raza, no conformarse con los métodos corrientes y establecidos, sino querer, de una parte, modificarlos y acomodarlos á las condiciones particulares de los problemas, y de otra,

apreciar todo su alcance, con intento de medir los límites de su aplicación. Viene de aquí el afinarlos hasta lo inverosímil, reduciendo al mínimo los imprescindibles errores de los procedimientos, y se deriva la invención de otros nuevos y el perfeccionamiento de los llamados clásicos, y el darse cuenta y razón y explicarse numerosas prácticas analíticas y operaciones, antes consideradas sólo auxiliares, objeto ahora de muy notables estudios; porque el buen analista no ha de ser un repetidor, más ó menos hábil, de métodos encaminados á determinar la presencia de los cuerpos que contiene una materia dada, separarlos y medir sus proporciones, para establecer luego la composición centesimal de ella; que á su habilidad, destreza y finura en la técnica ha de acompañar la invención, y el analista debe ser siempre investigador y de los más sagaces y avisados.

Deriva el análisis químico, y es en verdad aplicación inmediata del conocimiento de las propiedades de los cuerpos, tanto que, cuantos calificamos de simples ó elementales, son, en definitiva, límites de los procedimientos analíticos, y la evolución de la Química demuestra cómo á cada uno de éstos que se inventa corresponde el descubrimiento de uno ó de varios cuerpos simples, y bien que no sea éste el objeto primordial del analista profesional, ni constituya la esencia de sus indagaciones de un modo concreto, trata siempre de medir y apreciar las proporciones de los cuerpos, aislándolos, si no simples, en el estado de las más sencillas combinaciones. Lo cual no se realiza de manera automática y como por receta, antes bien, dándose cuenta exacta y circunstanciada de las operaciones y transformaciones precisas, enlazándolas con las propiedades de las substancias, y elevándose, para explicarlas, hasta las más trascendentales doctrinas de la Química informadoras de los modernos criterios dominantes en el análisis.

Pudiera decirse propiamente que la Química Analítica es

derivación inmediata de la Química General, sin cuyo conocimiento no puede haber en la actualidad un buen analista, y de igual manera tienen que serlo muy hábiles los investigadores, que lo han menester á cada punto para comprobar sus descubrimientos; pues no se logra crear en el orden de la Química sin primero destruir, ni se han formado, con todas sus piezas, los compuestos orgánicos de mayor complejidad sino uniendo y enlazando moléculas sencillas y residuos moleculares, aislados aplicando procedimientos de puro análisis, de otros agregados en los cuales en estas ú otras formas estaban contenidos. Y, si en resolución, estriba todo el problema del análisis en dar con una bastante sencilla y fija y lo suficientemente diferenciada de cuantas los otros cuerpos pudieran adoptar, para lograr la determinación de uno, se está de lleno en el caso general de todos los problemas de la Química: transformar las sustancias, simplificándolas ó complicándolas hasta dar con su forma ó con su agrupación definitiva, y averiguar luego las causas de los cambios, para mejor preverlos y mejor utilizarlos.

En este sentido compréndese la beneficiosa tendencia moderna, nunca bastante elogiada, de aplicar procedimientos físicos á las indagaciones de la Química Analítica, con lo cual el antiguo aspecto de ella cambia completamente, conforme ha cambiado, por ejemplo, al aplicar las doctrinas de los equilibrios químicos ó las de la disociación electrolítica. No hay trastorno en lo fundamental; sólo se añade al hecho escueto y al fenómeno observado una interpretación racional; es decir, que se ensancha el campo, acrecentando sobremanera el interés y la importancia de los resultados analíticos, no limitados á terminar en una cifra, tan exacta como lo permiten los más perfectos medios é instrumentos, sino extendidos á explicar el sentido y valor de los números, interpretando á derechas su significado, con el fin de venir á parar en las causas á que son debidos los estados

de los cuerpos en las combinaciones, aisladas mediante los artificios analíticos y las funciones de que dependen, para mejor averiguar, en definitiva, su constitución íntima, hasta donde sea posible.

Quizá nadie se halle en condiciones tan favorables para realizar investigaciones analíticas con el sentido y tendencias indicadas, como el Sr. Casares. Catedrático de Análisis Químico en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central, profesa también, y en la misma Facultad, la asignatura de Técnica Física, con lo cual dicho se está que tiene á mano los medios de practicar los procedimientos antes recordados, juzgar de su alcance y aquilatar su valor y eficacia, transformando en corto tiempo la técnica clásica, que sin perder lo substancial se perfecciona y adquiere nuevo y más racional carácter, y aun puede también ampliar el nuevo criterio á otros órdenes bien trascendentales, de muy variada y muy complicada índole del análisis químico aplicado, quien por sus propios méritos hállase al frente del Laboratorio Central, en el Ministerio de Hacienda. Como ha realizado y lleva á término nuestro nuevo compañero estas aspiraciones y tendencias de la Química Analítica, demuéstranlo bien á la claras la compleja labor cotidiana, sus investigaciones originales y los libros que ha compuesto, y también la influencia de sus enseñanzas en la dirección científica de los discípulos.

Fuera superfluo seguir aquí los términos de la evolución de un criterio tocante á las interpretaciones de los resultados numéricos de los análisis; mas importa notar, respecto de esto, que los perfeccionamientos y la invención de los métodos de ella dependen y no de la comodidad, al parecer inherente á muchísimos, de la que es consecuencia, por punto general, la mayoría de los procedimientos abreviados, tan gratos á los holgazanes. Así, quien resuelve tantos y tan variados problemas como los que atañen á las aguas minera-

les, singulares tipos de disoluciones salinas diluídas activas, debe necesitar explicarse, por ejemplo, cómo algunas, dotadas de escasísima mineralización, son eficaces sobremanera en determinadas dolencias y específicas suyas, obligándole el hecho á indagar los componentes más enérgicos en ellas presentes, pero en cantidades infinitesimales, llegando á apreciarlos acudiendo á procedimientos especiales, de su invención personal.

Recordaré á semejante propósito dos investigaciones del Sr. Casares. Es la primera su método de reconocer y determinar el fluor en las aguas minerales, y el cual forma ya en la serie donde están colocados el de Fresenius, el de Carnot y el modernísimo debido á Gautier. Conforme más tarde había de ingeniarse para reconocer directamente el bromo ó el manganeso en ciertos manantiales españoles y hasta cuerpo tan raro como es el cesío, al analizar aguas sulfhídricas de un tipo peculiar de Galicia, de aquellas mismas que su padre comenzara á estudiar, las de Guitiriz en primer término, dió con el fluor y se aplicó á determinarlo, lográndolo de un modo seguro y por medios no difíciles, ya de todos conocidos. Trata la segunda investigación de establecer de modo cierto los caracteres diferenciales de los monosulfuros y polisulfuros, y aquí tuvo el buen acierto de hallar una reacción colorida clarísima. Tiene semejante hecho importancia notoria, en cuanto explica y da razón de las coloraciones y matices que presentan ciertas aguas, en las cuales no hay disueltas sales dotadas de color y son muy diferentes de las potables denominadas cárdenas. En ciertos minerales hidratados obsérvanse coloraciones parecidas, producto de reducciones incipientes debidas á la materia orgánica.

Gran problema de Geoquímica pudiera plantearse estudiando, con los medios actuales de investigación, las relaciones de la composición de las aguas minerales con la de

los terrenos y rocas donde emergen y las de ambos con su acción sobre el organismo; asunto singular bastante para llamar la atención y despertar las aficiones de los especialistas, en tanto grado como las indagaciones que en los actuales momentos llévanse á cabo referentes al reconocimiento y determinación de los gases nobles en los manantiales de aguas de muy variadas mineralizaciones. Cúmpleme recordar, á propósito de las relaciones antes indicadas, un antecedente español muy de los principios del siglo décimotercero, y es aquel capítulo del libro de Albeitería, donde D. Fernando de Sande y Lago trata de relacionar las virtudes curativas de las aguas con la composición de los terrenos donde brotan.

*
* *

Señala una característica de la labor del Sr. Casares su enseñanza, mejor que oral, práctica y de laboratorio, de ejemplo y no de palabra, de poquísima oratoria y ésa sencillísima; pero de mucho trabajo personal. Quien desde muy joven le consagró lo mejor de su vida, explotándolo para el provecho de su inteligencia, codiciosa de mayores adelantamientos y nunca de ellos satisfecha, adquirió, cuando la madurez fué llegada, gran caudal de experiencia, en sumo grado fructífera, de paso que se hizo y formó especialista en el análisis de las aguas minerales. Pero como el nuevo compañero no es avaro ni codicioso de ciencia, quiso difundirla y darla á todos, repartirla como la buena nueva para que sirviese de guía á los principiantes, iniciándolos en los métodos analíticos. A este móvil, generoso en grado sumo, obedece el libro de Análisis del Sr. Casares, que comenzó años atrás por ser un breve cuaderno donde se trataba, con la mayor sencillez y claridad, la parte cualitativa, y pronto

será una obra completa en tres voluminosos tomos, ya publicado el primero y próximo á salir de la imprenta el segundo, y acabada la obra formará un conjunto excelente donde se encontrarán, admirablemente seleccionados, los mejores procedimientos analíticos.

Huelga decir que no se trata de un libro de texto al uso, ni menos de indigesto é ingrato centón, farragoso resumen, si no burda copia de conocidos autores; la obra del señor Casares es, por el contrario, labor personal y fruto de su larga experiencia científica, en la que puso mucho suyo, aparte del método de la exposición, en el que revélase el maestro bien adocinado, y del excelente escogido de los procedimientos, habiendo estudiado por sí mismo y practicado los más principales. Reside en esto, en mi sentir, el mayor mérito de mi querido amigo, y es de suerte que su libro viene á formar á modo de la continuación de las enseñanzas del laboratorio y de la cátedra.

Tiene todavía otro aspecto la labor docente del señor Casares. Como todos—y aun quizá más por el carácter de ella—, ha tenido que sentirse invadido y arrastrado por esta nunca bastante alabada tendencia á compenetrar, haciéndolos servir, mutuamente, con grandísimo provecho, los métodos de la Física y los métodos de la Química, y si bien en ésta utilizábanse desde antiguo algunos de aquélla, no eran del modo sistemático, ahora en uso, de buena copia de aparatos de Física para determinar las constantes de los cuerpos y el mejor ejemplo está en los procedimientos usuales para establecer los pesos moleculares, y nadie ignora la importancia de las medidas de la conductibilidad eléctrica en el estudio de las disoluciones. Fué, pues, bueno el acuerdo de hacer conocer á los alumnos los instrumentos de Física más empleados en Química, adiestrándolos en su manejo y haciéndoles ver los límites de su empleo y el de todos los métodos por ellos representados. Muy dentro de

tales doctrinas, y explicando desde los comienzos de su profesorado la Técnica Física, en cuya disciplina tanto ha lucido el Sr. Casares, dióse á la difícil tarea de escribir un Tratado elemental, guía para el trabajo de los alumnos y verdadera obra de iniciación muy puesta al día, particularmente en la manera de emplear los distintos aparatos, y como no podía menos de suceder, el libro alcanzó la merecida fama que sus méritos prometían, siendo, ante todo, un Manual de laboratorio.

Interesante por demás, particularmente en España, resultaría un bien documentado estudio de la influencia ejercida sobre los alumnos por aquellos profesores cuya cultura científica se ha formado en el extranjero, los cuales, á su vez, han sentido las influencias de los grandes maestros y de los sabios de mayor nombradía. Semejante estudio traería aparejado el de la mayor ó menor conveniencia de importar ciencia aprendida fuera de la patria, y el de quiénes deben hacerlo, á qué sazón y con cuál criterio, para libranos del peligro de una exagerada y nada conveniente extranjerización.

Uno de los partidarios más decididos y convencidos de las ventajas del sistema de mandar al extranjero á nuestros discípulos aventajados es el Sr. Casares; y se comprende la propaganda en tal sentido de parte de quien pasó largo tiempo en Alemania y aprovechó las lecciones y enseñanzas del gran profesor Von Baeyer. Con su palabra persuasiva, con sus entusiasmos científicos y también con la bien ganada autoridad que le dan sus meritísimas investigaciones, inculca en los discípulos que le rodean este afán de ver otros medios científicos más perfectos, de respirar un ambiente distinto y de formarse de nuevo en las escuelas alemanas, al lado de profesores insignes, para traer luego de allí nuevas ideas, nuevos métodos y nueva ciencia. Sin duda alguna que los afanes del Sr. Casares, en punto á esto, apro-

vechando su notoria influencia en la cultura científica de la juventud, responden á muy elevados sentimientos, y nadie ha de dejar de tributarle elogios, y no seré yo quien ponga reparos al sistema, ni he de repetir cuanto dije en este mismo lugar, y en ocasión parecida, tocante á ello: es menester ver los resultados, y en su vista apreciar las ventajas de esta suerte de emigración científica de los mejores entre los jóvenes que salen de nuestras Escuelas y de los profesores llegados á ellas hace poco tiempo. Mejor que cultivar plantas exóticas en nuestro jardín, resulta, á mi ver, mejorar el cultivo de las indígenas ó aclimatar á nuestro medio las apropiadas de fuera traídas y que al cabo de cierto tiempo ya lograremos hacerlas completamente nuestras.

Jamás salió de España el profesor D. Juan Fages, á quien sucede en esta Academia el Sr. Casares, ni de ello necesitó para ser un meritísimo y fino analista y un maestro de primer orden. Aquí se formó, resultando investigador tan notable que, apenas eran publicados en español sus trabajos, veíanse traducidos, especialmente en alemán, ó eran solicitados para formar parte de colecciones de monografías, también en Alemania, originales de los más nombrados analistas, figurando entre ellas el último trabajo del profesor Fages, relativo á los métodos indirectos de la Química Analítica. Pero no era sólo un especialista: su gran voluntad hábale llevado á formarse la más amplia y elevada cultura científica, y muy pocos químicos le aventajarían en el profundo conocimiento de las teorías de la ciencia y en la apreciación justa del valor y extensión de cada una de ellas. Dominaba á maravilla la Química Orgánica y discurría á veces con sumo acierto acerca de doctrinas tan interesantes como las de la isomería de las combinaciones del carbono y la noción de la valencia de los átomos.

Viene á sustituir, muy dignamente por cierto, al profesor Fages, que fué eminente catedrático de Análisis Químico, el

Sr. Casares, maestro de la misma disciplina. Son ambos, ante todo, químicos notables y analistas de raza; su vocación parece que los lleva por los mismos caminos; viven en el laboratorio; únelos estrecha amistad ya desde los primeros tiempos; nunca fueron rivales; tienen la misma especialidad, y, sin embargo, en nada se asemejan, como no sea en su acendrado amor por la ciencia, al punto que no se encuentra el más leve contacto entre sus trabajos. Es tan dilatado y tan fértil el campo de la ciencia, y tan variados sus aspectos, que aun cultivando en un mismo sentido muchos investigadores, lejos de estorbarse, por juntos que vayan, se prestan mutua ayuda, y en el surco que uno abre siembra el otro para que un tercero cuide la planta nacida, cuyo fruto han de utilizar nuevas gentes en cuanto tenga sazón y llegue á maduro; que la ciencia es de todos, y del trabajo y esfuerzo de todos han menester sus adelantamientos.

Lejos está de mi ánimo el intentarlo, ni es la presente ocasión de ello; pero sería curioso hacer un paralelo entre el profesor Fages y el profesor Casares, considerados como analistas y maestros de Análisis Químico. En nuestra Revista he procurado estudiar las cualidades eminentes del primero, sus grandes dotes de maestro y las características del investigador de cosas nuevas, rindiendo con ello el debido tributo á la buena memoria del hombre de ciencia y del excelente amigo; en el momento actual, ocupándome, siquiera haya sido con mucha brevedad, en la copiosa y variada labor del segundo, creo haber trazado su semblanza científica indicando sus diferentes aspectos. Con esto quedan expuestos los fundamentos de aquella labor y los comienzos del estudio de las influencias que los dos profesores pueden haber tenido desde la cátedra con sus enseñanzas, desde el laboratorio con su personal trabajo, y en todas partes con su ejemplo, en la cultura científica actual, no tan precaria y desmedrada en España como nosotros mismos nos

empeñamos en propalar; pues donde ha tenido el profesor Fages y donde tiene el profesor Casares buenos discípulos y la ciencia cultivadores como ellos, puede hacerse mucho en poco tiempo.

Ya hace algunos años, que fueron ciertamente los más difíciles para los apóstoles y propagadores de la buena nueva, cuando Fages se formaba, casi aislado, en un medio poco propicio, que hemos procurado modificar, si no crear cuantos por aquella época poníamos en ello todas las energías de la juventud, que se dibuja, y á cada punto con rasgos más pronunciados, la tendencia hacia las investigaciones y el afán de crear ciencia, no importándola ya hecha de otros países más adelantados. Quizá hay al presente mayores facilidades de lograrlo que antes, ciertamente; pero no ha terminado aún el período de lucha y se ha menester trabajar todavía sin tregua para atraer adeptos y ensanchar la acción de la ciencia hasta hacerla cosa inherente á la vida, necesidad de ella y como integrante suya. Tal debe ser nuestra aspiración, ó como si dijéramos nuestro ideal supremo, y para conseguirlo y poseerlo con la luz eterna de la verdad conquistada, es indispensable seguir trabajando sin descanso y despertar con tales fines los entusiasmos de la juventud.

Muchas veces, cuando tornamos los ojos al pasado, á aquel pasado, no muy remoto en verdad, de la formación científica de los de mi tiempo y los volvemos luego al presente, sin deslumbrarnos, ni mucho menos, lo hecho desde entonces, nos admira y alienta para continuar la labor, más serenos y tranquilos, henchidos de esperanzas para lo porvenir, poniendo en ello, con la vocación fortalecida, la experiencia propia adquirida en los años de constante afán, no en verdad estéril. Sintiéndolo así, crece muchos quilates nuestra admiración por los que fueron nuestros maestros, por aquellos que trabajaron con unos medios inverosí-

miles, solitarios, aislados, entre la mayor indiferencia, que enseñaron la buena nueva y despertaron las aficiones científicas. Precursores de cuanto hoy se ha conquistado, mantuvieron el sagrado fuego y, generosos por demás, diéronnos á manos llenas cuanto sabían: comprendiéndolo á maravilla, con su claro y elevado talento, rendía culto el profesor Fages á la buena memoria de nuestro común maestro don Magín Bonet, y dentro de la limitada esfera en que le es dado moverse á mi pensamiento, he querido, á mi vez, al honrarme contestando á su hijo, comenzar el presente discurso evocando la venerada memoria de mi primer profesor de Química D. Antonio Casares.

*
* *

Acertado estuvo el nuevo compañero eligiendo para tema de su discurso de ingreso en la Academia una cuestión fundamental, tratada de mucho tiempo atrás con los más variados criterios y desde puntos de vista muy distintos, tanto que bien puede sin temor de duda asegurarse que no hay hipótesis ni teoría química que no haya influido de modo directo en el concepto de la valencia, ni otro alguno podría citarse sujeto á mayores evoluciones. Seguir las en sus líneas generales, cuando menos; presentar claras y reducidas á los términos esenciales estas influencias, apreciando su valor en todos los casos, sin dejar de emitir el propio y bien fundamentado juicio: tal ha sido la labor realizada por el Sr. Casares en su discurso, verdaderamente doctrinal, lleno de muy atinadas y pertinentes observaciones originales.

Nunca seré osado de añadir cosa alguna á cuanto ha dicho mi querido amigo, ni trataré de ampliar sus conceptos

ó glosar sus palabras y doctrinas; fáltame para ello autoridad y carezco de su competencia; así no acometeré semejante empresa, por él desempeñada con singular acierto, y me limitaré á hacerme cargo de algunas de sus ideas, y eso de la manera más breve y compendiosa posible. Señala muy acertadamente el Sr. Casares, y en ello insiste varias veces, la eficacia y utilidad de las hipótesis en todo linaje de investigaciones científicas: fruto del afán innato en cuantos inquieren la verdad el pretender explicarse cómo son y por qué son los fenómenos objeto de su estudio, apenas aparece uno nuevo, ya se intenta buscar sus analogías con los precedentes y marcar las características más apropiadas para determinar su individualidad; y si muchas veces sirve para confirmar las hipótesis ya establecidas, otras las contraría y destruye, reclamándolas nuevas, de mayor generalidad acaso. Todas pueden considerarse resplandores de la inmortal verdad; luz ditusa de ella emanada; acaso creadas por la fantasía ó mejor por la pura necesidad del ideal que todos sentimos como imperiosa necesidad de la vida, y siquiera signifiquen algo provisional y variable, constituyen el contenido real de numerosos hechos, los explican en determinado momento, y tienen como mayor excelencia el servir de apoyo y punto de partida para descubrir otros nuevos.

Bien á las claras se manifiesta esta característica de la hipótesis en las vicisitudes y evoluciones por que ha pasado el concepto de la valencia química, á cada punto y hora modificado, siempre en sentido de darle mayor generalidad, por las doctrinas que en la Química se han sucedido, y desde las valencias fijas hasta la hipótesis de la variabilidad, y desde las ideas respecto de las tensiones, y de las valencias secundarias y residuales hasta las ideas de Werner y sus famosos números de coordinación, el cambio de los conceptos es constante. Con su maestría de costumbre

la ha puesto de manifiesto el Sr. Casares, llegando hasta la doctrina de la valencia que Ramsay ha querido deducir de la famosa doctrina de los iones.

Ocurre pensar, cuando se comparan las doctrinas científicas, en aquello ya tan sabido y casi olvidado de que las ciencias positivas no se diferencian en realidad atendiendo á su objeto, para todas el mismo, sino mejor considerando la extensión y alcance de los métodos propios y particulares de cada una, encaminados á alcanzarlo. Y la idea aparece todavía mucho más clara y precisa estudiando las mutuas influencias de las teorías, principios, leyes, hipótesis, métodos de medida y hasta de los aparatos de la Física y la Química, que las unen á cada punto con más estrechas relaciones, hasta haber dado origen á una ciencia nueva, fecunda y hermosa, que de ambas participa. Vienen á la memoria, cuando de tales cosas tratamos, ciertas poéticas frases de Goethe, en las cuales dice, hablando de la ciencia y la poesía, que son ramas de un mismo tronco, nacidas á la par, que han crecido separadas; pero allá en las superiores regiones del pensamiento se acercan y llegan á unirse con estrecho abrazo de hermanas para no separarse jamás. Mejor es aplicable el dicho del gran poeta á la Física y á la Química: juntas nacieron, en verdad, y juntas empezaron á desarrollarse; crecieron luego cada una por su lado, pero nunca tan aisladas que alguna de sus ramas, y de las más lozanas sin duda, dejaran de tocarse; la relación se estrechó poco á poco, mezcláronse las hojas, luego los ramos, hubo brotes comunes y abrazáronse al cabo formando ese tronco más fuerte de la Química Física, cuyo esplendor y lozanía nos deja suspensos y admirados.

Como no podía menos de ser, las teorías físicas ejercieron su influjo en el concepto de la valencia, comunicándole una característica nueva, y esto en dos sentidos sobre todo, representantes de las tendencias de las doctrinas

actuales: deriva uno de ellos del moderno concepto de la atomística; viene el otro de la concepción energética, y ambos, cada uno de su parte, tienden á coincidir con lo que me permitiréis llamar la noción puramente química de la valencia. Importa consignar cómo hasta ahora ninguna de las dos tendencias ha sido parte á despojarla del carácter de indeterminación que ha parecido ser su principal distintivo.

Pudiera estudiarse, y sería de gran provecho, el mecanismo de las variaciones y cambios de la idea de la valencia en función de las hipótesis actuales de la Física, y también de ciertos descubrimientos de la Química. Así se apreciarían las modificaciones debidas á la hipótesis electrónica y á la doctrina de los cuantos de energía, á la teoría corpuscular y al concepto dinámico del átomo, de una parte, y de otra, á las nuevas isomerías, al carbono trivalente de ciertos derivados del trifenilmetilo y á los complejos minerales, ahora numerosos, y cuya clase mejor conocida sirve de fundamento á las famosas doctrinas de Werner. Veríase entonces cómo á cada una de estas doctrinas y de estas hipótesis, cuya fecundidad y trascendencia no hay para qué encarecerlas, corresponde un término en la evolución del concepto de la valencia, desde pensar en un átomo atraíble en una sola dirección, hasta pensar en el mismo átomo dotado de numerosas y desiguales valencias, semejante á un Buda infinitamente pequeño, provisto de un cierto número de brazos cortos y largos con sus correspondientes manos, ó negar la propia existencia real de lo que ha sido por mucho tiempo el fundamento de la Química, sustituyendo la valencia material, si así vale llamarla, por los variados movimientos de los electrones. Llegando á tal punto, convergen ya, hasta no diferenciarse, las tendencias que pudieran llamarse físicas del problema de la valencia con las tendencias derivadas de investigaciones de la Química pura, y el problema

permanece sin resolver y la valencia no bien definida continúa prestando grandes servicios y ayudando á realizar grandes descubrimientos.

Deriva todo ello de la soberana eficacia de los métodos de investigación, que nunca se agotan y demuestran, conforme hacía notar el Sr. Casares, cómo estos resplandores de la verdad soberana hasta nosotros llegados, esta débil luz, por mortecina que se nos parezca, así como podría sostener la vida de los vegetales y producir, en virtud de sus lentas acciones, toda la multitud de cuerpos en las plantas contenidas, tiene potencia suficiente para iluminar al investigador, llevándole á los más útiles descubrimientos de aplicación inmediata, como premio de sus trabajos y de sus afanes.

Quiérese á la continua derivar inmediatamente de los hechos conocidos aquellas hipótesis que sirven para explicarlos, y de la propia manera, apenas establecida una doctrina de cierto carácter general búscanse al momento aplicaciones, y de ella suelen derivar á menudo excelentes procedimientos y métodos de investigación. Tal aconteció con las nuevas ideas acerca de la susceptibilidad magnética de los cuerpos y con la doctrina de los magnetones, y hoy aplícanse con excelente resultado los campos magnéticos para determinar los grupos funcionales orgánicos; y no es esto sólo, sino que las medidas precisas de los cambios de las propiedades diamagnéticas fueron parte, según ha demostrado Pascal, "á revelar ciertas singularidades de la estructura molecular y á caracterizar de una manera cuantitativa la complejidad de las sales metálicas ó la tautomeria de los compuestos orgánicos,"; y así aparecen esclarecidos problemas de extraordinaria dificultad y establecido un método fisico-químico de extraordinaria delicadeza, reducido á la medida delicadísima de las acciones de los campos magnéticos sobre las distintas agrupaciones atómicas.

En orden á la valencia de necesidad había de tener la magneto-química una gran influencia, semejante á la de los demás procedimientos físicos de empleo constante para la determinación precisa de las constantes peculiares de cada cuerpo. Naturalmente, no he de entretenerme en describir por menudo la técnica de los procedimientos, y sólo diré que sus resultados permiten afirmar la existencia positiva de las valencias llamadas con propiedad suplementarias, sin las cuales es imposible explicar ciertos cambios diamagnéticos de los compuestos polihalogenados. Sólo por semejante consecuencia, que cito á guisa de ejemplo, se advierte al punto de qué suerte la materia tratada en el discurso del Sr. Casares, con notable claridad y sencillez, sobre todo al exponer las novísimas doctrinas del profesor Werner, siente, por decirlo así, de manera directa la influencia de los métodos y teorías de la Química Física, que afinan y alambican el concepto de la valencia de los átomos, aun prescindiendo de su naturaleza y sólo en cuanto actuán unos sobre otros y se saturan total ó parcialmente.

Recordaré ahora, siquiera haya de ser muy de pasada y sólo á modo de indicación, un trabajo teórico del profesor Urbain relacionado con la seductora teoría de los números de coordinación de Werner. Trátase de la metastabilidad y de las consecuencias de ella deducidas para el caso de la valencia de ciertos iones complejos constituídos á favor de equilibrios estables, en cuyo caso están los dihidro cloruros y los hidro sulfatos de cobre. Partiendo de la noción de equilibrio de los sistemas químicos, cuando su disociación es insensible á determinada temperatura, en el caso de no poderse desprender un elemento, como si los demás lo sujetaran, ó en el de falso equilibrio, porque el sistema evoluciona y cambia sin cesar tan lentamente como se quiera, es como se establece el concepto de la metastabilidad á modo de estado definido y cierto, en absoluto condicionado

por las reacciones posibles en determinadas circunstancias; se relaciona el concepto con la electroafinidad, y es tan general, que con Van't Hoff pudiera decir que la Química Orgánica es la Química de los sistemas metastables.

En general, la metastabilidad es peculiar de los cuerpos dotados de escasa electroafinidad, y Urbain pone el caso del platino y sus derivados, los metales de su grupo y el oro, y luego de examinar el de los metales trivalentes, cromo y cobalto, tan favorable á las doctrinas de Werner, no juzga necesaria la invariación del índice de coordinación ya cuando los iones complejos son producto de equilibrios estables; examina las fórmulas de los hidro cloruros de cobre que aquella doctrina prevé, llegando á afirmar su coexistencia en disolución, sin que haya reactivo físico ó químico capaz de distinguirlos y tampoco ve la manera de representar los hidró sulfatos de cobre. Encuentra una razón potísima en que, estando disueltos, los complejos en equilibrio estable se transforman unos en otros, y sus propiedades varían con la temperatura y la presión, existiendo sólo en equilibrio con sus propios constituyentes. No es éste uno de esos argumentos ingeniosos que se quiebran de puro sutiles; bien al contrario, constituye el argumento más serio opuesto á la teoría de Werner, fundado en el concepto de la estabilidad que pudiéramos llamar interna de los sistemas moleculares y en la manera de representarla.

Sólo estriba, conforme al estudio que se examina, la discusión de las ideas de Werner acerca de la valencia, reducidas por el Sr. Casares á sus términos esenciales, en el carácter de invariante del índice de coordinación: prevalece el sentido de Urbain y la pierde; entonces ni aun le queda á la nueva teoría química de la valencia su valor representativo, y no podrá ser, en esta particular forma suya, guía en las investigaciones. No ha buscado sus razones el descubridor del lutecio fuera de la realidad, antes

al contrario están sugeridas por el estudio de los complejos minerales: los invariables ó de sujeción química, que conservan cuando están disueltos sus propiedades características, constituyendo con los disolventes sistemas homogéneos, y los de equilibrio metastable, sometidos á continuos cambios y transformaciones asimismo cuando se hallan disueltos; y como esto es cierto, la objeción resulta bastante para conmover los fundamentos de la gran teoría del profesor de Zurich.

Grave error fuera el considerarla definitiva y libre de toda crítica; más firme parecía la constancia de la tetravalencia del carbono, verdadera piedra angular de la Química Orgánica, y ya aparece el carbono trivalente en ciertas combinaciones nuevas; pero no ha de juzgarse destruída por la bien fundada observación de Urbain. Acontecerá ahora lo que sucedió tantas otras veces: el concepto de valencia evolucionará y seguirá, como hasta aquí, transformándose sin cesar, conforme varían y cambian y progresan las doctrinas de la Química, y esta variación es su principal excelencia, porque denota vida y perfeccionamiento incesante. Ha de tenerse en cuenta que la noción de la valencia de los átomos va unida á los más fundamentales conceptos de la ciencia de las combinaciones, como la afinidad y el átomo mismo, y en substancia, su propio conocimiento ha originado hipótesis, sin cesar renovadas, las cuales han formado el actual cuerpo de doctrina de la Química, cuya trascendencia en todos los órdenes es notoria, y púsola de manifiesto, con excelente acuerdo, el Sr. Casares al terminar su discurso, evidenciando así toda la valiosa ayuda que las hipótesis nos prestan para explicar los hechos, y mejor, quizá, para sacar partido de sus aplicaciones.

Trae aparejada la doctrina de la valencia un concepto singular, muy admitido en particular tratándose de ciertos

compuestos especiales: me refiero á las combinaciones moleculares, en las que se ha ocupado con su acostumbrado acierto el Sr. Casares. Es posible considerar de dos maneras los sistemas químicos: la serie de aquellos en los cuales parecen haber entrado más valencias que las correspondientes á los átomos que las constituyen, y la de cuantos presentan valencias no saturadas. De los primeros es el agua, compuesto saturado susceptible, sin embargo, de unirse á otras moléculas saturadas, como las sales, para constituir hidratos, que son combinaciones definidas obedientes á las leyes fundamentales de la Química, y para explicar tales casos y darse cuenta de la constitución de complejos semejantes se estableció la doctrina de las combinaciones moleculares.

Hay que notar cómo en ellas la característica consiste en la individualidad de los grupos componentes, y en que su unión no se realiza de átomo á átomo, sino de molécula á molécula. A propósito de este linaje de sistemas químicos, ocurriósele á Nernst una observación fundamental: á su parecer, es menester distinguir claramente las combinaciones que sólo existen sólidas y se destruyen al disolverlas ó evaporarlas, de aquellas cuya existencia es positiva y real en los estados líquido y gaseoso; y, en su sentir, "sería posible que en las combinaciones de la primera categoría se tratase únicamente de la interposición de las diversas redes cristalinas de los componentes; de otra manera se llegaría á combinaciones que, si obedecen y se pliegan á la ley de las proporciones constantes y múltiples, para nada tienen que intervenir en ellas las acciones de las valencias entre sus componentes. Si, por el contrario, las moléculas de una combinación pueden existir en el estado gaseoso ó en el de disolución, ó, en general, en el estado amorfo, debemos admitir la acción de las valencias para mantener el conjunto, sin lo cual el propio movimiento térmico de las moléculas

concluiría por separar unos de otros los componentes del sistema. Reparo es éste de gran fuerza á la generosa y genial tentativa de Werner, concretada, en sus términos esenciales, á formar la sistemática de las combinaciones moleculares.

Viene en apoyo de la concepción de Nernst, tocante á las combinaciones sólo estables en estado sólido, una teoría debida á Sohncke, que aquel cita en su magnífico libro, y se refiere al agua de cristalización. Para éste, las redes cristalizadas con agua son agregados de dos sales distintas que se compenetran, y se concibe que la formada por los puntos del compuesto salino, sea penetrada por otra constituída de puntos congruentes de las moléculas del agua, dispuestos y arreglados de otra manera distinta. Casi con las mismas palabras del autor he querido indicar este nuevo punto de vista, bien aprovechado por Nernst, y, que en realidad, explica ciertos fenómenos de las hidrosales cristalizadas y pudiera sin esfuerzo relacionarse con las doctrinas novísimas relativas á la eflorescencia de las sales.

Indicaré ahora brevísimamente cómo, á mi parecer, la opinión de Nernst tiene no pocas relaciones con la doctrina de la metastabilidad de los sistemas químicos, en la cual tanto se ha ocupado mi querido amigo el profesor Urbain; pues, en rigor, sistemas de la clase de los metastables son las combinaciones del género de las hidrosales, capaces de existir sólo en estado sólido, lo cual significa que no hay entre sus componentes aquella sujeción característica de los sistemas verdaderamente estables. Acentúa más todavía la conexión de las doctrinas de los dos químicos su tendencia unitaria, frente á una hipótesis que tantos puntos de contacto tiene con las famosas teorías dualistas que en otro tiempo dominaron en la Química y á las que debe muchos de sus mejores progresos. Se admite ahora de manera general que en la disociación molecular prodúcense iones posi-

tivos y iones negativos, es decir, que las cargas de los átomos tienen nombre contrario, lo cual vale tanto como volver á las primitivas teorías electroquímicas y resucitar el dualismo, aunque sea vestido á la moderna, y las teorías de Werner con su noción de la isomería hidratada, aplicable, sobre todo, á las sales verdes y á las sales violeta de cromo, sería su apoyo más firme y definitivo, si otros conceptos, no menos fundamentados, pero en absoluto unitarios, al igual de los que dejo apuntados, no intentaran demostrar que el sistema dista mucho de ser general, ni siquiera atendiendo á su valor representativo.

Una cosa demuestra, principalmente, toda esta incertidumbre acerca del concepto de la valencia química, todos estos distintos y encontrados pareceres, que no consienten definirla de modo preciso y en concordancia, siquiera pasajera, con los hechos y la doctrina general de la Química de nuestro tiempo, y es la eficacia y la necesidad de la hipótesis, bien notada en el discurso del Sr. Casares. Ella satisface, á lo menos de momento, la aspiración que todos tenemos de explicarnos, no ya el mecanismo de los fenómenos, sino sus causas primordiales, el deseo de referirlos todos á la unidad substancial, en continuo cambio y de cuyas transformaciones más complicadas se origina la vida.

Juntamente con esto, la hipótesis es una representación del ideal, y poco valdrían la ciencia, sus investigadores, la humanidad entera, sin ideales. Quizá nunca podremos alcanzar ni los individuales ni los colectivos; mas debemos trabajar siempre por lograrlos, como si los tuviéramos muy cerca, consagrando á ellos todos los entusiasmos de la juventud con sus alegrías y sus esperanzas, toda la experiencia de la edad madura, todos los anhelos de la vejez con sus ansias de vida, porque en el camino la actividad y el trabajo nos proporcionan á cada punto, con la satisfacción del deber cumplido, el goce de la posesión de una parte, si-

quiera sea pequeñísima, de la verdad radiante y luminosa. Y también se ha de poner muy alto el ideal para poder contemplarlo elevando la mirada y separándola de todas las demás cosas; que cuanto más arriba y más lejano se halle, mejor ha de excitar la voluntad para emprender su conquista; que la menos fácil es en todos los órdenes la que más puede interesarnos: ejemplo de ello, la valencia de los átomos. Por eso al terminar mi discurso y dar en vuestro nombre la bienvenida á mi queridísimo amigo el profesor Casares, he de recordar la primera línea de aquella inscripción puesta á la entrada de la cripta donde yacen los restos del gran químico Luis Pasteur: ¡Bienaventurados los que tienen un ideal!