

DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS,

FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PÚBLICA

DEL SR. D. LUIS DE LA ESCOSURA

el día 4 de julio de 1869.



MADRID:

IMPRESA Y LIBRERIA DE LA VIUDA DE AGUADO E HIJO.—PONTEJOS, 8.

—
1869.

DISCURSO

SOBRE

LOS LÍMITES DEL ANÁLISIS QUÍMICO

LEIDO POR

DON LUIS DE LA ESCOSURA.

Señores:

CONTANDO mas con la indulgencia de la Academia que con mis propios recursos, vengo, en cumplimiento de lo que sus estatutos previenen, á ofrecerla el testimonio de mi profunda gratitud por la honra con que me ha distinguido, nombrándome para ocupar el puesto vacante por la muerte de D. Joaquin Blake; pérdida que deploran con sus amigos todos los amantes de las ciencias en España.

He procurado buscar, en el tema de mi discurso, el interés que me hubiera sido imposible crear en asunto menos variado; y con ejemplos y referencias á aplicaciones industriales, he tratado de hacer mi insuficiencia mas tolerable á tan ilustre auditorio.

El análisis es uno de los ramos mas difíciles de la química, pero es tambien el mas interesante de todos, por el auxilio que presta á las demás ciencias y á las artes.

Fijar sus limites, y examinar el grado de exactitud que puede lograrse por los medios analíticos descubiertos has-

ta el día, me han parecido asuntos de interés para un discurso, y dignos de fijar la atención de la Academia.

Todas nuestras sensaciones tienen un límite: de las propiedades químicas de los cuerpos juzgamos por estas mismas sensaciones, forjándonos teorías más ó menos racionales para explicar lo que sucede cuando los cuerpos entran en nuevas combinaciones; y como para el análisis químico nos valemos única y exclusivamente de nuestros sentidos, claro es que tiene límites, como lo tienen todas las operaciones humanas.

De la existencia de la mayor parte de los cuerpos nos damos cuenta por su color; reconocemos algunos de ellos por su olor; la precipitación de sólidos en el seno de un líquido, el desprendimiento de gases al formarse ciertas combinaciones, etc., son los caracteres físicos que nos revelan la formación de nuevos compuestos, la descomposición de otros, y la separación ó desprendimiento de muchos de ellos. La manera con que las últimas moléculas ó átomos de los cuerpos se agrupan entre sí en el momento de la combinación, el *modus operandi*, en una palabra, nos es desconocido. Cuando disolvemos el hierro en ácido sulfúrico diluido en agua, nuestros sentidos perciben un gas que se desprende, y que es inflamable; advierten que el hierro se disuelve y desaparece, y que, evaporando el líquido, se separan cristales de la sal conocida con el nombre de caparrosa. Se supone que el oxígeno del agua oxidada al hierro, que este óxido de hierro se combina con el ácido sulfúrico y se forma el sulfato de hierro, y que el gas hidrógeno, libre, se desprende. Los que admiten que las descomposiciones se verifican por sustitución, se contentan con decir que el metal hierro sustituye al metal hidrógeno, y que el sulfato hídrico se convierte en sulfato

ferroso. Por otra parte, si se somete á la accion de una corriente galvánica la combinacion del ácido sulfúrico y del agua, ó la del ácido sulfúrico y del óxido de hierro, en un polo se obtiene ácido sulfúrico y oxígeno y en el otro hidrógeno; ó ácido sulfúrico y oxígeno en uno, y hierro en el opuesto. Ni en uno ni en otro se recoge agua ni óxido de hierro. Y por esto hay quien supone que no se forma préviamente el óxido de hierro, sino que el radical salino, compuesto de azufre y de todo el oxígeno del ácido y del agua, se combina directamente con el hierro formando un compuesto análogo, por ejemplo, al que el cianógeno forma con el mismo metal, que es á su vez comparable al cloruro, yoduro, etc. Las sales compuestas de ácidos y de óxidos son en tal caso binarias, como lo son las sales haloideas.

La primera de estas teorías, además de ser sencilla, es la más generalmente admitida, y desde que fué magistralmente explicada por Berzelius, se han hecho con ella los pasmosos descubrimientos que la historia de la ciencia registra en lo que va de siglo; pero con ella ó con otra mejor, los químicos no podrán nunca tener más recursos para apreciar las reacciones, que las propiedades puramente físicas de los cuerpos formados por estas mismas reacciones.

Los límites del análisis son, por consiguiente, los límites de nuestras sensaciones.

Los métodos analíticos nos permiten, como ejemplos extremos, averiguar que una parte de fosfato magnésico amoniaco se disuelve en 45,880 partes de agua amoniacal; que para disolver 1 parte de carbonato de plomo son necesarias 50,551 partes de agua; que 55,368 partes del mismo líquido solo pueden contener 1 de magnesia en disolucion; y por fin, que para disolver 1 parte de carbonato bari-

tico, se necesitan 14,137 veces su peso de agua. Todos saben que para dar color al agua y al alcohol bastan cantidades tan pequeñas de algunas materias colorantes, que apenas son apreciables; y que por medio del soplete se descubren porciones sumamente pequeñas de ciertos metales. Sin embargo, debemos desconfiar de que nuestros medios sean bastante eficaces para descubrir todos los elementos que contienen los cuerpos naturales. Liebig cita una planta acuática, cuyas cenizas contienen hasta 10 por 100 de manganeso; y para cerciorarse de la presencia de este metal en el agua en que el vegetal crecía, tuvo necesidad de evaporar muchos litros y ensayar el residuo para hacer perceptible la reacción, sin embargo de ser el manganeso uno de los metales que al soplete se descubren con mas facilidad, aun en cantidades extraordinariamente pequeñas. En manos de un operador menos experto, el manganeso no hubiera aparecido en el análisis del agua, á pesar de ser asimilado en gran proporción por la planta citada. Diré mas: el ilustre profesor, antes de ensayar las cenizas, no hubiera podido prever, conociendo la composición del agua en que la planta vivía, que el vegetal pudiera asimilarse manganeso, y menos aún que se lo asimilara en cantidades tan crecidas.

Por medio del análisis espectral, descubierto hace pocos años por los Sres. Kirchhof y Bunsen, se consigue descubrir el calcio en 1 cienmilésimo de milígramo de cloruro; y el sodio es perceptible en el espectro, empleando solo 3 diezmillonésimas de milígramo de clorato de sosa.

Para cerciorarse de que el resultado de un análisis representa la verdadera composición del cuerpo, no hay mas que dos caminos. Si la suma de los pesos de los cuerpos elementales obtenidos en el análisis es igual á la cantidad

analizada, ¿podremos asegurar que el resultado representa la verdadera composición del cuerpo? Aunque muchas veces puede bastar la comprobación de los pesos, no debe considerarse este camino, que es uno de los dos que hemos señalado, como riguroso, porque lo que tomamos por un cuerpo solo, pudiera contener dos ó más; por otra parte, un cierto número de elementos en relaciones determinadas, puede dar lugar á compuestos muy diferentes. Sirva de ejemplo el sulfito sódico, que calentado se convierte, sin perder nada de su peso, en una mezcla de sulfato y de sulfuro. Las dos sustancias contienen el mismo peso de azufre, de sodio y de oxígeno, y son sin embargo cuerpos muy diferentes. Pero en este caso, como en otros muchos, la comprobación de los pesos con el auxilio del estudio de las propiedades del cuerpo, puede conducir á una verificación exacta del análisis. Mas seguro y riguroso es el segundo camino de los dos que he apuntado. Si el resultado del análisis es verdadero, tomando cantidades iguales de los elementos obtenidos, y poniéndolos en condiciones propicias para la combinación, deberá aparecer un cuerpo idéntico al analizado. Algunos minerales se han fabricado artificialmente de este modo; y si con todos no se ha conseguido, ha sido mas bien por carecer de los recursos de que la naturaleza dispone para su creación, que por falta ó defecto en el análisis. La presión, temperatura, tiempo y cantidades con que la naturaleza suele formar estos cuerpos, no están al alcance de un operador, ni caben en el recinto de un laboratorio. También se ha logrado, con mayor número de compuestos artificiales, verificar sintéticamente el resultado de los análisis; y nadie ignora, por ejemplo, que el agua y la atmósfera se preparan en todos los laboratorios.

En la formación de las sustancias organizadas, intervienen las fuerzas ocultas que llamamos organismo; y la reproducción de tales cuerpos sale de la esfera limitada de nuestras concepciones. Algunos alquimistas, desoyendo la voz de la razón y lanzándose á lo imposible, pretendían haber alcanzado la solución de este problema, y afirmaban que el *homunculus*, ridículo y misterioso engendro de sus extravagantes delirios, podía conservarse en una redoma, como se prepara y conserva hoy una sal ú otro compuesto inorgánico. Si esta mistificación, la más atrevida de cuantas inventaron los alquimistas, sirvió de sortilejo á algunos de ellos para explotar la credulidad de gentes sencillas, entre los más el *homunculus* no pasó de ser una efímera visión con que halagaban su impotente vanidad, á la vez que la intemperante exaltación de los adeptos.

No es, pues, posible obtener sintéticamente las sustancias organizadas como se preparan los compuestos inorgánicos, y no es extraño tampoco que las leyes y teorías que bastan para explicar la formación de los últimos, sean insuficientes para darse razón de los primeros.

Berzelius propuso la adopción de radicales ó cuerpos compuestos que funcionan como los simples, para explicar, por medio de su teoría electro-química, la composición de las combinaciones orgánicas. Esta teoría, con la cual no pudieron darse razón algunos químicos de ciertas reacciones entre cuerpos orgánicos, fué reemplazada por otra llamada de sustitución, con la que se creyó desde luego vencer, no solo las dificultades con que la primera había tropezado en la química orgánica, sino mejorar, con más recta aplicación, la teoría de las combinaciones inorgánicas. A su vez los partidarios de las nuevas ideas tropezaron con algunas dificultades, que trataron de vencer con hipótesis

diversas, y con la adopcion de una infinidad de términos enteramente desconocidos en la ciencia. A los núcleos primitivos y á los derivados sucedieron los tipos químicos, vinieron mas tarde los mecánicos, y se llegó por fin á los mixtos y á los condensados; resultando tanto nombre y tal complicacion, que algun escritor moderno (1) ha creido ver en todo esto la reproduccion de los ciclos y epiciclos del sistema de Tolomeo. No habiendo logrado la teoría llamada de los tipos conciliar la de los radicales con la de sustitucion, se ha inventado la de la atomicidad, que se define con dificultad, que es vaga y oscura, y cuya novedad consiste más en el nombre que en la esencia. De todos modos cumple á nuestro propósito sentar, que la composicion y leyes de combinacion de los cuerpos inorgánicos, y su representacion atómica, es mucho mas sencilla y mas clara por los principios generalmente admitidos, y como ya hemos dicho, magistralmente explicados por Berzelius, que por cualquiera de las otras tres teorías con que se ha pretendido reemplazarla.

Hemos entrado en esta cuestion, de mayor importancia científica que industrial, buscando los medios de comprobacion de los análisis; y para fijarlos de una manera terminante, nos hemos visto precisados á establecer una diferencia analítica entre los cuerpos inorgánicos y las sustancias organizadas. Los primeros se reproducen sintéticamente, y las segundas están sujetas al organismo, y su reproduccion es imposible.

Volviendo al tema, y recordando que para apreciar las reacciones químicas nos valemos exclusivamente de las pro-

(1) Hoeffler, *la Chimie enseignée par la Biographie de ses fondateurs*: Paris, 1865.

propiedades físicas con que los cuerpos se ofrecen á nuestros sentidos, podemos con toda evidencia sentar: que todo cambio de propiedades físicas revela una alteracion en la composicion de los cuerpos, ó que toda alteracion en la composicion debe producir un cambio de propiedades. Si este principio fundamental de la ciencia no fuera exacto, los resultados del análisis químico no tendrían el valor decisivo y absoluto que tan justamente se les atribuye.

Es muy posible que se efectúen muchos cambios de composicion que no alcancen á descubrir nuestros sentidos, tanto mas, cuanto que en las operaciones químicas no podemos servirnos de todos á la vez. Si mezclamos una disolucion, en agua, de sulfato de sosa con otra de nitrato de potasa, en el mismo líquido, la mezcla queda incolora; no se desprende ningun gas, ni se depositan cuerpos sólidos, ni hay, en una palabra, fenómeno alguno que revele la menor alteracion; y por consiguiente, no advirtiéndose variacion de propiedades físicas, no podemos concluir que la composicion haya cambiado. Nos contentamos con decir que el nuevo líquido representa una mezcla de las dos sales. Por analogía, llave preciosa con la cual se explican muchas veces fenómenos envueltos en el mayor misterio, pudiéramos inferir que los dos cuerpos mezclados han experimentado alteracion, porque si reemplazamos las sales anteriormente citadas con una disolucion de sulfato de cobre, que es de color azul, y con otra de cloruro sódico, que es incolora, aun cuando al mezclarlas no observáremos deposicion de cuerpos sólidos ni desprendimiento de gases, notáremos que el líquido cambia en verde su color azul; y como esta tinta es propia del cloruro de cobre, la variacion de color nos revela la trasformacion del cloruro sódico en sulfato y la del sulfato de cobre en cloruro, y la analogía nos con-

duce á conjeturar, que en el ejemplo de las sales de sosa y de potasa debió verificarse una descomposicion semejante.

Otras veces sucede lo contrario: se advierten alteraciones notables en las propiedades físicas de los cuerpos, y el análisis químico no descubre el cambio de composicion; mas aún; los cuerpos, en ciertas ocasiones, sin perder nada de su peso, experimentan variaciones tales en sus propiedades físicas, que á no estar seguros de que se trata de una misma y sola sustancia, distinguiríamos con nombres diferentes las dos modificaciones.

Las alteraciones físicas que puede experimentar un cuerpo sin que el análisis revele cambio de composicion, se refieren á su forma, á su color, á su estructura, á su densidad, á su dureza, á su maleabilidad, y á veces á varias de estas propiedades simultáneamente.

La naturaleza nos presenta, y el arte fabrica un mismo cuerpo con dos y tres formas cristalinas tan diferentes, que por no tener entre sí la menor relacion, se dice que son incompatibles. Todos saben que el espato calizo y el aragonito cristalizan en formas de sistemas distintos, y que ambos minerales dan idéntica composicion química al análisis; cal y ácido carbónico en las mismas proporciones: que el hierro espático y la junkerita no solo se encuentran en caso análogo, sino que son isodimorfos con el carbonato de cal; y que uno y otro contienen cantidades iguales de óxido de hierro y de ácido carbónico: que el azufre se prepara en dos formas de sistemas incompatibles: que el grafito y el diamante, que son ambos carbono puro, cristalizan de diverso modo: que el carbonato de plomo, el bisulfato potásico, el cromato de plomo y otros cuerpos son dimorfos: que el sulfato de níquel con 7 átomos de agua y el ácido titánico son trimorfos: y es un hecho comprobado, que al

cambiar de formas estos cuerpos cambian tambien de densidad. Del mismo modo, sin que cambie en nada la composicion, se advierte que el sulfuro de mercurio precipitado con hidrógeno sulfurado de una disolucion del cloruro mercurico, es de color negro, y que sublimado ó preparado con mercurio agitado en una disolucion de hipersulfuro potásico, se trasforma en bermellon; que á su véz, calentado el bermellon y enfriado súbitamente en agua, se vuelve negro, ó conserva su color si se le enfria con lentitud. El yoduro de mercurio cambia de color y de forma cristalina, sin que el análisis advierta la menor variacion. Recien preparado por sublimacion es de color amarillento pálido, y conserva esta tinta por algun tiempo: si se le somete á una fuerte presion, se vuelve de color de escarlata y cambia de forma cristalina. En otros muchos cuerpos se operan alteraciones de esta especie, es decir, que son permanentes, y que no deben confundirse con los cambios de color á diferentes temperaturas, como el que experimenta el óxido de zinc, el de mercurio, y otros, que recobran su primitivo color al enfriarse.

Al mismo tiempo que algunos cuerpos cristalizan con facilidad por enfriamiento, una vez fundidos ó disueltos en un líquido, hay tambien otros que carecen de esta aptitud, y que se presentan en forma de masas de figura irregular, ménos trasparentes que las cristalinas, que tienen fractura concoidea, y se encuentran en un estado particular que llamamos vítreo, que es el que, por ejemplo, afecta el ácido arsenioso fundido ó sublimado al cabo de cierto tiempo.

La estructura cambia de una manera notable, sin que se altere la composicion, en los óxidos de aluminio, de cromo y de estaño, en muchos fosfatos, tungstatos, antimoniatos y silicatos. Todos estos cuerpos, solubles aun

despues de haber perdido el agua con que se precipitaron, se convierten, sin que varie en nada su composicion, en sustancias insolubles, con solo exponerlos á la accion del fuego.

Todos los metales cambian de densidad calentándolos, y la maleabilidad de casi todos ellos, la de sus aleaciones y compuestos, se altera, con la sola elevacion de temperatura, de un modo sorprendente. El zinc en barra ó en lingote es quebradizo, y se puede laminar calentándole á 150° centígrados. El cobre es maleable en frio y á un calor moderado, pero si la temperatura se eleva cerca de su punto de fusion, se hace tan quebradizo que es fácil reducirle á polvo. El hierro, por el contrario, es maleable á todas temperaturas. Pierden los metales por el forjado y la laminacion la maleabilidad, y para poderlos trabajar es necesario recocerlos de tiempo en tiempo. No es indiferente que al sacarlos del horno se enfrien repentinamente ó con lentitud. El cobre conserva la maleabilidad que adquiere en el recocado, lo mismo que se le enfrie con lentitud que de repente. Hay una aleacion de cobre y de estaño que es más maleable cuando se la enfria de pronto que dejándola enfriar poco á poco; y el acero enfriado de repente adquiere dureza bastante para cortar el hierro, y conserva su maleabilidad si se la enfria con lentitud. Una aleacion de estaño y plomo, de que se valen los fundidores de laton, y que es dura relativamente recien preparada, se convierte con el tiempo en una masa de tan poca resistencia, que concluye por hacerse inservible.

Los cambios de temperatura producen alteraciones en casi todas las propiedades de los cuerpos, y sobre todo en los metales, sin que el análisis químico advierta la menor variacion. La facultad de conducir el calórico y la electri-

cidad, la dureza, la ductilidad, la dilatacion y otras propiedades, son diferentes segun la temperatura á que se encuentran los cuerpos.

Estos hechos, y otros muchos que pudieran citarse, están en oposicion con el principio fundamental de que todo cambio de propiedades revela cambio en la composicion; porque no podemos atribuir á defecto del análisis la oscuridad de los fenómenos indicados, puesto que los cuerpos, en las condiciones apuntadas, no cambian de peso al variar de forma, de color, de estructura, de densidad, de dureza, de maleabilidad, etc. Algunos químicos han indicado la posibilidad de que un cuerpo sin peso, un fluido como el calórico, pudiera tomar parte como elemento en las combinaciones; en cuyo caso, ni sería necesario renunciar al principio señalado como fundamental, ni habria anomalía entre el cambio de propiedades y la constancia en el peso.

Los primeros experimentos y observaciones proceden de autoridad tan respetable, que sin el menor riesgo podemos entrar en materia presentando algunos hechos en favor de esta conjetura.

Berzelius observó que los óxidos de aluminio y de cromo, calentados, perdian la facultad de disolverse en los ácidos; y notó además que, al perderla, se enrojecian hasta el punto de hacerse luminosos, desprendiendo, por consiguiente, una gran cantidad de calórico. El mineral llamado gadolinita, que es un silicato de itria, calentado, arde, se vuelve luminoso, toma un color amarillento, y tampoco cambia de peso, aunque sí de propiedades.

La conversion del ácido arsenioso cristalino en opaco, se verifica espontáneamente al cabo de cierto tiempo; pero puede lograrse instantáneamente disolviendo el primero en

ácido cloro-hídrico diluido, hirviendo, y dejando enfriar la disolución: los cristales que se depositan, son de la variedad opaca. Si el enfriamiento se verifica en un paraje oscuro, se observa en el líquido un destello de luz al tiempo de depositarse cada uno de los cristales, lo cual manifiesta un desprendimiento de fluido, al pasar el ácido vítreo á opaco, en el momento de la cristalización.

La influencia del calórico en la forma de un cuerpo es notable. Echando una disolución de cloruro cálcico en otra de carbonato amónico, se forma un precipitado. Si los líquidos estaban á 10° centígrados próximamente, los cristales de carbonato cálcico de que se compone el precipitado tendrán la forma romboédrica del espato calizo, y la del aragonito, si la temperatura fuera de 65°. Mas todavía: si se toma un cristal algo voluminoso de aragonito, y se le calienta en la llama de una lámpara de espíritu de vino, decrepita, y los fragmentos toman la forma del espato calizo.

Cuando vemos dos pedazos de acero procedentes de la misma barra, calentados á un tiempo en el horno, que el uno, enfriado con lentitud, es maleable, y que el otro, enfriado de repente, adquiere tal dureza que sirve para cortar el mismo hierro, y que este último, vuelto á calentar y enfriado lentamente, adquiere de nuevo la maleabilidad, ¿no parece natural conjeturar que el calórico en este caso, como en el de la alúmina, y la gadolinita y el ácido arsenioso, se encuentra en mayor proporción en uno que en otro pedazo?

Forjamos un metal y se desprende calor; la densidad y la maleabilidad del metal se alteran: caldeamos el metal y se restablecen sus propiedades. ¿Bastará con que digamos que el calor dilata los cuerpos, cambia la estructura,

y que la forma, dureza y maleabilidad son dependientes del agrupamiento de los átomos ó moléculas?

El desprendimiento de calor en el momento en que se verifica el cambio de propiedades, es un hecho observado por Berzelius y los que le han sucedido; y el restablecimiento de las propiedades por la elevacion de temperatura, un medio empleado en la industria para trabajar el oro, la plata, el cobre, el hierro, el zinc, y las aleaciones de estos metales. Para cambiar el sulfuro negro de mercurio en bermellon, trasmutacion maravillosa para los alquimistas, que en su lenguaje figurado representaban por la conversion del leopardo en leon rojo, basta calentar y dejar enfriar con lentitud el sublimado. Para convertir el bermellon en sulfuro negro, no hay mas que calentarle y enfriarle de repente. Lo mismo se verifica la conversion del sulfuro gris de antimonio en el anaranjado, y vice-versa. Parece natural inferir tambien, que el sulfuro negro y el bermellon no tienen la misma cantidad de calórico, y que en igual caso se encuentran los dos sulfuros de antimonio.

Considerado el calórico como un elemento que entra en las combinaciones, lo mismo que los demás cuerpos simples, con la sola diferencia de no aumentar ni disminuir su peso absoluto, por no hallarse este fluido sujeto á la accion de la gravedad, deberá satisfacer á la primera y mas esencial de todas las leyes que rijen las combinaciones, es decir, á la de las proporciones fijas. Debemos confesar que todo cuanto se relaciona con la cuestion del calórico como cuerpo elemental, no puede salir hoy del terreno de la conjetura, hasta que con mayor número de datos y experimentos llegue á establecerse definitivamente; pero las observaciones recojidas prueban que el calórico entra en proporciones fijas en las combinaciones. Los cuerpos emiten

cantidades invariables de calórico durante su combustion; es decir, que el carbono procedente del reino vegetal, del animal ó del mineral, el hidrógeno preparado por distintos métodos, etc., emiten siempre cada uno de ellos la misma cantidad de calórico, como el agua del mar, la del Rin y la del Tajo contienen la misma proporción de oxígeno. Es constante la cantidad de calórico latente en el hielo, en el vapor de agua y otros cuerpos estudiados cuidadosamente por los físicos más eminentes; y si los ejemplos no son numerosos, no hay en cambio hechos que demuestren que se combina en proporciones indefinidas con los demás cuerpos.

No debe confundirse el calórico, considerado como elemento, con el calórico específico ó capacidad de los cuerpos para el calórico sensible, ni con la temperatura que accidentalmente pueda adquirir la combinación, como no se confunde, en un cuerpo cristalizado, el agua higroscópica interpuesta entre los cristales, con el agua de cristalización, ni con la porción de agua básica ó combinada. La primera, espontáneamente se evapora hasta que se establece el equilibrio higrométrico entre los cuerpos inmediatos; la segunda puede perderla el cuerpo sacrificando su forma; y la última, solo cuando se destruye para formar nuevos compuestos.

Nada hay que se oponga, en la admisión del calórico como elemento de las combinaciones, á la teoría moderna de la unidad de las fuerzas. Si esta teoría se funda en la transformación de las acciones mecánicas en calórico, se ocurre desde luego preguntar: ¿dónde se halla este calórico? Y nada tiene de particular que á los químicos se les ocurra que está en los cuerpos que lo emiten. Además, el calórico ha sido considerado bajo el orden de ideas que en

la química, ciencia puramente experimental, están admitidas, si no como infalibles, al menos como suficientemente comprobadas por hechos positivamente establecidos.

El hidrógeno se considera en la química como un metal gaseoso, del mismo modo que el mercurio es líquido; y aunque todos los metales son cuerpos simples, llamamos también metal al amonio, compuesto de los gases nitrógeno é hidrógeno, y no por eso se pretende que el hidrógeno y el mercurio sean análogos sino químicamente considerados. La suposición de un solo cuerpo ó materia de que se deriven ó formen los demás, es una idea atrevida, fácil de comprender, y mas conforme á la sencillez con que la naturaleza procede en sus creaciones, que la inmensa tabla de cuerpos simples que los químicos admiten como elementos de las combinaciones. Adoptar la primera suposición sería abandonar el camino seguro de la experiencia, y retroceder á la época de las cábalas y quimeras de los alquimistas.

Si la falta de datos y observaciones no permite sacar del terreno de las conjeturas la suposición de que el calórico funciona como los demás elementos de las combinaciones, la necesidad de explicar el defecto del análisis no debe tampoco llevarnos á desechar el principio de que las variaciones de composición producen alteraciones en las propiedades de los cuerpos.

En la alternativa, y observando que se desprende calórico en el tránsito de los cuerpos de una modificación á otra; que el calórico altera en unos casos, restablece en otros, é interviene siempre en aquellas variaciones de propiedades que experimentan los cuerpos sin cambiar de composición; advirtiéndolo además que el calórico se combina en proporciones fijas, y que los fenómenos anotados se ex-

plican con claridad, suponiendo que un cuerpo puede combinarse con diferentes cantidades de este fluido, me parece preferible admitir un nuevo elemento, aun á costa de aumentar el número crecido ya de la tabla de cuerpos simples, que renunciar al principio fundamental de la ciencia.

En esta opinion, apuntada por químicos eminentes y fundada en experimentos que, aunque poco numerosos, proceden de observadores cuya reputacion soia basta para darles el carácter de pruebas terminantes, podria encontrarse la explicacion de la isomeria y de los estados llamados alotrópicos. Y el dia en que se descubriera el medio de medir las cantidades de calórico químicamente combinadas con los cuerpos, el análisis químico, que tanto ha contribuido ya al progreso de las ciencias de observacion, podria ensanchar sus límites actuales, y suministrar datos preciosos á la metalúrgia y á la industria en general.

CONTESTACION

AL

DISCURSO ANTERIOR

POR EL SEÑOR

DON MAGIN BONET Y BONFILL,

ACADEMICO DE NUMERO.

Señores:

EL cumplimiento de un deber, nacido de una indicacion de nuestro Sr. Presidente, que para mí tiene toda la fuerza de un mandato, hace que yo, el último de los Académicos bajo todos conceptos, tenga que contestar en su nombre al luminoso discurso cuya lectura acabais de oír. Este discurso, no ménos notable por su laconismo que por los trascendentales pensamientos que entraña, necesitaba sin duda alguna un órgano más competente para darle la contestacion que merece; pero, puesto que la suerte me ha deparado este honor para mí inmerecido, trataré de desempeñar mi cometido, si no con el brillo y la profundidad de ideas que fuera de desear, al ménos con la buena fe y el firme propósito del mejor acierto, sintiendo desde luego no poseer lo castizo del lenguaje y el laconismo de la diction que tanto brillan en el trabajo de nuestro nuevo compañero, para haceros más soportable y ménos pesada la lectura del mio.

Y antes que entre en el fondo de las importantes cuestiones que se nos acaban de plantear, séame permitido emitir una idea exclusivamente mia, no prevista en nuestro reglamento. Dispone éste de una manera terminante, incuestionable y por lo mismo ineludible, que el nuevo Académico tome posesion de su plaza despues de la lectura de un discurso, y de la correspondiente contestacion de uno de los señores que le han precedido en estos sitios, siquiera sea el último de todos, como esta vez sucede, y esté su mérito muy por debajo del que concurre en el neófito. Pero á mí se me ocurre que cuando éste posee los méritos relevantes que le adornan, y ha recorrido todavía joven una carrera tan brillante como lo ha hecho el Señor ESCOSURA, cuyas breves y numerosas etapas están marcadas por trabajos importantísimos, prestados, ora á la enseñanza por espacio de trece años consecutivos que tuvo á su cargo la de análisis química, además de la química general que durante los mismos con frecuencia ha dado tambien en la Escuela especial de Minas; ora á la industria, como lo prueba la descripción de las minas de zinc y de cobre y de la fabricacion del laton en San Juan de Alcaraz, la fundicion de los minerales de cobre de Rio-Tinto, el beneficio de los minerales de antimonio de Losácio (Zamora), las luminosas Memorias sobre las minas de esta provincia, de Sierra de Córdoba, Hiendelaencina, etc., los análisis de un sin fin de materias primeras para la industria, como lo son muchas arcillas refractarias de nuestro país, la caliza hidráulica de Iraeta, diversos minerales de hierro de varias provincias; cuando ha escrito trabajos como el viaje metalúrgico por el litoral del Mediterráneo; cuando ha montado y dirigido establecimientos industriales, como la fábrica de fundicion de plomo de las Navas de

Tolosa, la de beneficio de cobre y de la plata de Barbadi-
llo (Burgos), otra igual en Changoa (Navarra); cuando ha
proyectado y dirigido obras de conduccion de aguas pota-
bles, como las de Valdepeñas, Almagro, Toledo y Andújar;
cuando ha realizado los trabajos indispensables para en-
contrar y conducir aguas buenas, y mejorar las malas ir-
reemplazables, como lo ha hecho en todas las estaciones
de las líneas férreas que van de Madrid á Alicante y á
Ciudad-Real, y en algunas de las que se encuentran en
la via de Zaragoza ; cuando, haciendo su estudio favorito
de esta materia, analiza las de los rios Manzanares, Jara-
ma, Tajo, Pisuerga, Guadalete, Guadalquivir, Salado,
Sorbe, Henares, Majaceite, etc., etc.; cuando, hallándose al
frente de la construccion de la casa de Moneda de esta
capital, introduce en ella reformas importantísimas, que
lo breve del espacio de que puedo disponer, no me per-
miten reseñar, pero que vivirán perennes en dicho esta-
blecimiento, y produjeron notable economía en los gastos
de la afinacion y estampado de los metales preciosos amo-
nedados; cuando, en fin, dominado por su genio indus-
trial no se desdeña en constituirse fabricante, montando
un establecimiento modelo destinado á la produccion del
albayalde, y un laboratorio de productos químicos; cuando
todos estos y otros merecimientos, que por lo breve del
tiempo no enumero, posee el candidato, entiendo que al
que tantos y tan buenos trabajos tiene hechos, bien se le
podria dispensar del de escribir un discurso de ingreso.
En tales casos, en efecto, el rigorismo del reglamento
equivale poco ménos que, si se me permite la compara-
cion, á exigir que presente las armas para dar prueba de
aptitud, á un general vencedor en cien batallas campales.

Y que esto es así, lo prueba sobradamente la lectura

del discurso que acabais de oír. Obedeciendo á la costumbre, dedica desde su principio un sentido recuerdo á la Memoria del Sr. D. Joaquin BLAKE, cuya vacante viene á ocupar, y cuya «pérdida, dice, deploran, con sus amigos, todos los amantes de las ciencias en España.» Grande fue, en efecto, la pérdida que experimentó la Academia en una persona que llevaba honrosamente el nombre de uno de nuestros héroes de la guerra, que por su independencia sostuvo nuestro país, al finar el primer decenio y hasta muy entrado del segundo, con el Titan del siglo; en el afamado profesor de física de la Escuela de Estado mayor del ejército; en el Director tan celoso, como activo é inteligente, del Depósito de la Guerra; en el laborioso y entendido Presidente de la Comisión del mapa geodésico de España; en el tan valiente como pundonoroso antiguo oficial de ingenieros militares, y en nuestro colaborador incesante é infatigable. Pérdida irreparable seguramente, como todas las de su clase, por no estar en nuestras manos contrarestar los decretos del Altísimo, que tuvo á bien llamarle á mejor vida; pero que la Academia conllevará con menor pena, por honda que sea la que con tal motivo le aflige, recordando los altos merecimientos del que viene á reemplazarle.

Plantea luego el Sr. Escosura el objeto principal de su discurso, que versa sobre la análisis química, y dice con tal motivo: «Fijar sus límites, y examinar el grado de exactitud que puede lograrse por los medios analíticos descubiertos hasta el día, me han parecido asuntos de interés para un discurso, y dignos de fijar la atención de la Academia.»

Esta cuestión, como la Academia comprende, es la más trascendental que puede plantearse, y de seguro

nunca obtendrá un resultado provechoso y satisfactorio en su trabajo, quien, ocupándose de análisis química, no la tenga constantemente fija en su memoria durante todos sus trabajos. Fijar los límites del análisis, equivale á decirle al operador, que los medios que emplea en sus investigaciones primero, y más tarde en sus determinaciones cuantitativas, están relacionados con una multitud de accidentes y circunstancias que, si no se toman en debida cuenta, pueden ser causa de errores de gran cuantía, tal vez irreparables, y de consecuencias funestísimas, si con sus trabajos debe ilustrar á la administracion de justicia. Saben, en efecto, cuantos se ejercitan en esta parte de los estudios químicos, que los reactivos que se aconsejan para descubrir la presencia de los cuerpos, distan mucho de tener igual grado de sensibilidad. Tampoco ignoran que los más sensibles dejan con frecuencia de responder á las preguntas que se les dirigen, si los ménstruos, las disoluciones, el cuerpo del delito tal vez, sobre que se les hace funcionar, no reúnen las condiciones indispensables para obtener una respuesta categórica, afirmativa ó negativa, pero siempre concluyente. Conocen, en fin, que los reactivos mejor preparados dejan de funcionar con frecuencia, si no se emplean en la forma, cantidad, modo y tiempo que son indispensables para obtener las respuestas que de ellos se aguardan, y sobre que debe fundarse más tarde, tal vez, la determinacion cuantitativa del cuerpo ó cuerpos que por su medio se acaban de descubrir en el que es objeto de sus investigaciones. Y puesto que todo esto saben, procuran convencerse bien previamente de la sensibilidad, del *límite de su accion*, cuando van á emplear un reactivo: medio único de tener la debida seguridad en el trabajo que están efectuando.

Para desarrollar su tesis sobre los límites del análisis en química, aduce el nuevo Académico muchas razones de gran peso, tomadas unas veces de la solubilidad de los cuerpos que precipitamos en los líquidos mismos, en cuyo seno se forman; otros, de los trabajos del insigne barón de LIEBIG referentes á la acción asimiladora que ejercen ciertas plantas acuáticas sobre determinados principios que se encuentran en el medio en que viven, á pesar de no haberse demostrado en el agua su presencia por los medios ordinarios que se siguen en nuestros laboratorios; sin descuidar tampoco la gran difusibilidad de ciertas materias colorantes que, en pequeñísima cantidad, comunican su color á enormes de líquidos, la extrema sensibilidad del soplete para descubrir pequeñísimas porciones de cuerpos en los minerales, y los trabajos extraordinarios obtenidos recientemente por la espectroscopia, ó sea por el análisis espectral de BUNSEN y KIRCHHOFF. Estas citas no pueden ser más atinadas para desenvolver la tesis planteada, y revelan claramente que el que las hace posee en alto grado las dotes que distinguen al antiguo y célebre profesor de análisis química de la Escuela de Minas. Ellas nos dicen que si el fosfato magnésico-amónico se disuelve en 45,880 partes de agua amoniacal, en vano aspirará á hacer una exacta determinación cuantitativa de la magnesia ó del ácido fosfórico por medio de dicho fosfato magnésico-amónico, quien no cubique el líquido en cuyo seno tiene lugar su precipitación, y en vista de su volumen, no corrija más tarde las cantidades respectivas en magnesia y en ácido fosfórico que encontrará por el cálculo del pirofosfato magnésico; debiendo añadir que, si bien con esta corrección disminuirá la pérdida del cuerpo que busca, no desaparecerá del todo, por cuanto aún desconocemos la cantidad de

aquel fosfato que es disuelto por las aguas de su locion, fuertemente amoniacales, pero nunca saturadas del mismo. Mayor será todavía este error, si desconoce que el fosfato doble que nos ocupa, se disuelve en mucha mayor cantidad en una disolucion rica en cloruro amónico ó sal amoniaco, por cuanto si el agua amoniacal contiene $\frac{1}{7}$ de su peso de dicho cloruro, el doble fosfato de que tratamos ya se disuelve en 7548 partes de ella.

Lo que nos dice el Sr. Escosura sobre la solubilidad de este fosfato, con más razon podemos aplicarlo al arseniato magnésico-amónico. Si el que determina cuantitativamente el ácido arsénico en este estado, no cubica el líquido amoniacal en que se formó dicho arseniato, y al peso de este más tarde no añade 1 milígramo por cada 16 centímetros cúbicos del expresado líquido amoniacal, por ser este su coeficiente de solubilidad á la temperatura ordinaria, la determinacion del ácido arsénico será en extremo defectuosa. Así y todo no será del todo exacta, porque desconocemos la cantidad que se pierde con las aguas de locion; pero al ménos la pérdida se habrá reducido mucho, y se tendrá la seguridad de haber trabajado dentro de los buenos principios del análisis.

Cítanos tambien el nuevo Académico, entre otros ejemplos de solubilidad, la del carbonato de plomo, que tiene lugar en 50,551 partes de agua. Este ejemplo, á mi vista, es uno de los más conducentes al objeto que se propone. Siguiendo en él debo añadir, que cuando en análisis cuantitativa se determina el plomo precipitándolo de sus disoluciones ácidas, como sucede con frecuencia, en estado de carbonato, primero se ha debido neutralizar su demasiada acidez por medio del amoniaco líquido, y luego se emplea un exceso de carbonato amónico para estar seguros de la

precipitacion de todo el plomo; resultando de esto que el líquido, en cuyo seno se forma el carbonato de plomo, contiene forzosamente carbonato amónico y amoniaco libres, ó tal vez nitrato y carbonato amónicos, como consecuencia de la mejor precipitacion del plomo por dicho carbonato amónico, en cuyos dos líquidos el carbonato de plomo, así producido, ya se disuelve en 23,450 partes, ó sea en menos de la mitad de cuando es el agua pura. De aquí los errores consiguientes, si el que determina el plomo en dicha forma no tiene siempre presente esta solubilidad, para hacer la correccion debida en el producto que obtiene.— Pero es de mucha mayor importancia aún la solubilidad del carbonato de plomo en el agua sola, que lo que acabamos de exponer; pues la correccion de la solubilidad en los líquidos en que se produce es muy fácil de realizar, y, por otra parte, tambien tenemos otros medios para determinar el plomo, precipitándolo en otra forma que no sea el carbonato; al paso que no es fácil reemplazarle en algunas de sus aplicaciones, como en la conduccion de aguas, en la techumbre de los edificios que deben estar á la intemperie, en el forrado de depósitos de aguas, etc. Cuando el plomo que cubre un terrado, por ejemplo, ó el canalon que recibe y conduce el agua de lluvia que cae en el mismo, son nuevos, podemos estar seguros de que el agua de lluvia que se recojerá por su medio, contendrá una cantidad notable de plomo en disolucion, sea al estado de óxido (que este tambien se disuelve en 7000 partes de agua), sea al de carbonato, ó en entrambos casos á la vez; pero cuando el plomo presta ya algun tiempo este servicio, entonces el agua de lluvia que por su medio se recoje y conduce, siempre lleva disuelto, cuando ménos, el carbonato de plomo en la cantidad que indica el nuevo Académico, y ma-

yor aún por pasar al estado de bicarbonato, más soluble todavía, á expensas del ácido carbónico que siempre lleva consigo el agua de lluvia. Por desconocer ú olvidar esta solubilidad, se han tenido que deplorar con frecuencia profundas alteraciones en la salud de las personas (1) y de los animales que beben agua recojida ó conducida en las condiciones que nos ocupan. Afortunadamente la ciencia ha

(1) A poco de llegada á Inglaterra la familia de Luis FELIPE, Rey de los franceses, y de instalada en el palacio de Claremont, hubieron de advertirse en varios de sus individuos alteraciones manifiestas de su salud, que tenían todas las apariencias de un envenenamiento. Alarmados con tal motivo, como era consiguiente, los facultativos encargados de su asistencia, se tomaron todas las precauciones imaginables para evitar el acceso de una mano criminal, de un nuevo *VOUDRETON* (el envenenador enviado á París por Carlos VI de la Navarra francesa, designado en la historia con el calificativo de el *Malvado*, para envenenar al Rey de Francia y á todos los Príncipes de su familia) con gorro frigio; se examinó cuidadosamente la calidad de los alimentos, y solo cuando fué analizada el agua que bebían los régios proscriptos, fué demostrada por GRAHAM, MILLER Y HOFMANN la causa verdadera del mal, que consistía en que contenía plomo, debido á que circulaba por tubos de este metal.—Por haber bebido el agua de una fuente que se halla en Bagshot, cerca de Londres, perecieron varios perros de caza de la reina Victoria, y enfermó de gravedad uno de los cazadores que también la bebió. Esta agua se demostró luego que contenía plomo. El Doctor CLARK refiere, que toda la servidumbre que llevó consigo á una de sus casas de campo Lord Aberdeen, enfermó una vez, habiéndose convencido de que la causa consistía en el plomo contenido en el agua que bebía.—La historia de la marina militar del vecino Imperio refiere el malestar general que se notó en toda la tripulación de un buque de guerra, á poco de haberse hecho á la mar en el puerto de Tolon, y que despues de bien averiguado todo, se encontró en el plomo contenido en el agua destilada que bebía. Este plomo le suministraba una soldadura hecha en el pico del refrigerante ó serpentín por donde pasaba toda el agua que se destilaba, habiendo empleado en ella la soldadura ordinaria del hojalatero. Separada esta, se obtuvo al momento el remedio que se deseaba.

demostrado, que nada hay tan fácil como impedir esta solubilidad del plomo en el agua que se recoge sobre planchas de este metal, ó que circula y se guarda en depósitos forrados del mismo; bastando al efecto que contenga naturalmente disuelta una pequeña cantidad de carbonato de cal, como le sucede á la del Lozoya y á la mayor parte de las que fluyen en la superficie y en el interior de la

Por ser esta una cuestion tan capital, atendido al frecuente uso que se hace de los tubos de plomo en la conduccion de las aguas, ha sido estudiada oportunamente en todos los paises, figurando Inglaterra sin duda alguna al frente de ellos. MEDLOK, despues de haber analizado varias docenas de aguas de este pais, y su accion disolvente sobre el plomo, sienta el principio de que esta solubilidad es debida sobre todo á la presencia de materias nitrogenadas en el agua, las que por su descomposicion dan lugar á la formacion del nitrito amónico, y tambien más tarde al nitrato de la propia base. El nitrito es, segun este químico, el gran disolvente del plomo, formando un nitrito neutro de este metal y luego uno básico; pero como en las aguas donde tiene lugar la descomposicion de las materias nitrogenadas, siempre se produce ácido carbónico, este precipita la mitad del plomo del nitrito básico, que disuelve una nueva cantidad de plomo, y así consecutivamente. El ácido nítrico y el nitrato amónico obran tambien como disolventes del plomo. Favorece igualmente esta solubilidad en el agua la presencia en ella de cloruros solubles.

En Madrid se han preocupado algunas personas tambien, á juzgar por lo que de vez en cuando dicen los periódicos, de la accion disolvente del agua del Lozoya sobre el plomo; pero atendido el carbonato de cal que lleva en disolucion dicha agua, no puede disolver, ni disuelve, en efecto, cantidad alguna de este metal para alterar la salud de los que la beben. Mas, teniendo en cuenta que la generalidad del público no conoce bastante la química para tranquilizarse sobre este punto, y recordando que tambien la prensa de provincias ha publicado artículos, suscritos en algunas ocasiones por personas que se dice poseen grandes conocimientos en dicha ciencia, llamando la atencion del vecindario de Madrid sobre lo expuesto que estaba á ser envenenado si bebia el agua del Lozoya, que circula por tubos de plomo, el 10 de octubre de 1862 sometimos una plancha de plomo á la accion de cinco aguas distintas, que son: la

tierra; ó que de no contenerle, como sucede con la de lluvia, se ponga en los depósitos donde se recoge, y mejor aún en el sitio por donde se vierte en ellos, un buen fragmento de mármol ó de una caliza, ó sea piedra de cal, la que, gracias al ácido carbónico que siempre lleva disuelto el agua de lluvia, cede á la que por su superficie se desliza, la cantidad necesaria de carbonato para impedir los

pura ó destilada, la del Lozoya, la de las fuentes de la plaza del Progreso y del Ministerio de Fomento y la de pozo de este mismo ministerio, continuando desde entonces hasta el día esta experiencia. El resultado fué concluyente: el agua destilada atacó profundamente el plomo, cubriéndose todas las paredes del frasco bañadas por ella, de una costra blanca de hidrato de plomo, lo propio que la superficie de la chapa del metal; al paso que en los cuatro frascos restantes no se ha observado nada de esto, permaneciendo todo como en el acto de empezar esta experiencia. Por otra parte, si con una pipeta se toma un poco de la primera y se trata con una disolución de hidrógeno sulfurado, al momento se observa una coloración parda, debida al plomo disuelto en ella: nada de esto se observa en las restantes sometidas á igual prueba. Repitan esta experiencia los que tengan dudas sobre el modo de obrar del plomo con el agua del Lozoya, y obtendrán el mismo resultado tranquilizador que nosotros.

La acción bienhechora del carbonato de cal para impedir que se disuelva el plomo en un agua, la demostramos todos los años (hace ya más de quince) en nuestras lecciones del modo siguiente: echamos un poco de raspaduras de plomo en dos frascos; los llenamos con agua destilada hasta la mitad; al uno añadimos además un poco de bicarbonato de cal, y agitamos bien los dos, dejándolos abiertos para el libre acceso del aire: antes que concluya la lección, se observa como túrbida ó medio lechosa el agua pura, mientras que queda del todo trasparente la en que se añadió el bicarbonato de cal. Además, la primera toma el color pardo, antes indicado, por el hidrógeno sulfurado, al paso que la segunda queda incolora.

Si recordamos que es rara el agua que corre en la superficie ó en el interior de la tierra, que no contenga disuelto un poco de carbonato ó de bicarbonato de cal, nunca agradeceremos bastante la prevision del Autor de todas las cosas, que de este modo ha puesto al hombre y á los animales que necesitan de ella para la bebida, á

efectos tóxicos del plomo, que en el caso contrario siempre disuelve en una cantidad sensible.

Como prueba de la solubilidad extrema, y á la vez rara, de algunos cuerpos, cita tambien con mucha oportunidad el nuevo Académico, el hecho de haber sido menester toda la habilidad del baron de Liebig, nuestro sabio correspondiente en Munich, para encontrar el manganeso en el agua del mar, y explicarse, por su presencia en ella, la gran

cubierto de los frecuentes envenenamientos que sin su presencia tendrian lugar cuando fluye por tubos de plomo.

Desempeña, en fin, este carbonato otra mision no ménos trascendental en el agua que se bebe. Preséntense á un caballo, por ejemplo, dos cubos llenos de agua destilada, pero á uno de los cuales se haya puesto un poco de creta ó de carbonato de cal en suspension, siquiera se haya ya sedimentado en el fondo en su mayor parte: el noble cuadrúpedo bebe la que tiene este carbonato, y deja el agua pura. Hágase la misma experiencia con una tórtola enjaulada, poniéndole dos abrevaderos en las condiciones antedichas: tambien prefiere el agua turbia ó que tiene la creta en el fondo. Désele agua pura tan solo: acosada por la sed, la bebe; pero si la jaula está colgada de la pared, pronto observaremos que el pico de la tórtola se vuelve romo y obtuso por picotear contra el muro, tomando de sus materiales la cal que falta en el agua que se le hace beber. Sepárese la jaula de la pared por medio de una plancha de zinc: la pobre prisionera no dejará de picotear contra la plancha de metal, con el consiguiente deterioro de su pico, y si se prolonga la experiencia, acaba por perecer, por faltar la cal en su bebida. ¡Instinto admirable, que suple en los animales la falta del raciocinio, que es patrimonio exclusivo del hombre en su mayor grado de perfeccion!—Este raciocinio, precedido de las experiencias citadas y del estudio detenido de los alimentos que toma, y de su armazon, ó sea de su sistema óseo, ha demostrado ser indispensable la cal en cierta cantidad en su bebida. De aquí el que se le tenga que añadir al agua destilada cuando la beben los tripulantes y viajeros en la mar, en la cantidad de 1 litro de disolucion saturada de bicarbonato por 1000 litros de ella, aireándola además convenientemente: de aquí el que en las cisternas destinadas á recibir y guardar el agua de lluvia para la bebida, siempre deba haber una caliza ó fragmento de mármol, como más arriba se ha indicado.

cantidad de dicho cuerpo encontrado en las cenizas de una planta que vive en su seno. Muchos hechos parecidos, y todavía más sorprendentes, pueden citarse en corroboracion de esto mismo. El análisis directo de la propia agua tomada en pequeña cantidad, no acusa la presencia en ella del ácido fosfórico, ni por consiguiente de los fosfatos. Viendo, sin embargo, que el sistema óseo de los peces es rico en fosfato de cal tribásico, y que los fosfatos se encuentran dominantes en las cenizas de la sangre, lo mismo que en las de la carne de estos animales, para ningun naturalista razonador debia ser problemática siquiera la presencia de los fosfatos disueltos en el medio en que viven. Todo lo más que haria, sería lamentarse de la ineficacia de los medios analíticos empleados para descubrir lo que el naturalista veia tan claro como la misma evidencia. Y esta lo fue muy luego para todos, cuando se analizaron las incrustaciones formadas en las calderas de vapor alimentadas con el agua del mar, procedentes de la evaporacion de centenares de litros de agua, en las que fue bien demostrada la presencia de los fosfatos, del calizo en particular. Buscáronse despues en la propia agua, evaporando grandes cantidades de ella, y trabajando con el residuo salino que se obtenia (1), y tambien de este modo se patentizó la presen-

(1) *Jahresbericht von J. LIEBIG u. H. KOPP für 1849, S. 612.*

Id., für 1850, S. 621.

FORSCHHAMMER demostró, no solo la presencia del fosfato de cal en el agua del mar, sino tambien la del fluoruro cálcico que se encuentra en algunos moluscos y políperos de esta procedencia, la del manganeso, de la barita ó de la estronciana (no llegó á distinguir las bien), etc.

Desde entonces FRESSENIUS, el gran analizador de aguas minerales de Alemania, ha encontrado la barita y la estronciana en muchas de las que ha analizado, y por cierto que no son pocas, como

cia de los fosfatos, sin los cuales así fuera de todo punto imposible la vida de los peces en su seno, como inútil su carne para la alimentación del hombre. Es sabido, además, por los trabajos de MALAGUTI, DUROCHER y SARZEAUD, que la misma agua del mar contiene plata en disolución (¡1 miligramo en 100 litros!), plomo ($\frac{18}{1000000}$), y cobre en una cantidad parecida; resultando naturalmente de esto, que en las cenizas de varias plantas marinas se han encontrado cantidades infinitesimales de estos cuerpos.—Pero, lo que más sorprende en este punto, es el observar que en la composición que repetidas veces se ha dado del agua del mar, no se encuentra el yodo, ó al ménos no se le menciona; y, sin embargo, es sabido que se extrae este cuerpo, sobre todo, de las cenizas de diferentes algas marinas. Recórrase la série ya numerosa del *Anuario de química*, fundado por una reunion de catedráticos de la Universidad de Giessen, en el Gran Ducado de Hessen-Darmstadt, bajo la dirección de Liebig y KOPP primero, bajo la de KOPP y WILL luego, y dirigido despues por el Doctor Will tan solo, nuestro muy estimado maestro, á poco de muerto el gran BERZELIUS,

puede verse en los opúsculos que periódicamente viene imprimiendo desde 1850 en Wiesbaden sobre este ramo importante de la química analítica. En ellos se ve, que mientras al principio se contenta con señalar dichas bases en cantidad indeterminada, más tarde ya fija este valor. Así vemos, que en 1856 determina las cantidades de barita y de estronciana en el agua de la fuente de *Weilbach* (Nassau), trabajando con treinta litros de ella, encontrando dos mil trescientos sesenta y dos cien miligramos de la primera (0'02362), que corresponden á setecientas ochenta y siete millonésimas (0'000787 p. m.) por mil, y setenta y una millonésimas (0'000071 p. m.) de la segunda, ó sea de estronciana, en mil de agua. Más tarde, en el agua mineral de la fuente de *Geilnau* (en 1857), trabajando sobre 13310 gramos de agua, consiguió determinar el peso de veinticinco diez miligramos (0'0025) de sulfato de barita.

con el fin de continuar el *Anuario* de éste, y solo en el que corresponde á 1860 (1) se encuentra mencionado el yoduro de magnesio en una nota, acompañando al bromuro del propio metal, en el agua del Mar Blanco ó polar, tomada en Nonoxa, y analizada por C. KNAUSS; advirtiendo que en el del año siguiente (2) se citan hasta doce análisis de agua del mar que baña las costas de Suecia y Noruega, tomada en distintos puntos, hechas por H. STRUVE y AD. GOEBEL, y en ninguna de ellas se menciona la presencia de dicho cuerpo. Y no se diga que los que se han ocupado en estos trabajos eran poco competentes, pues desaparece del todo semejante suposición cuando se recuerdan sus nombres, entre los cuales aparecen los de MULDER, RIEGEL, STRECKER, PISANI, y otros muchos que pudieran citarse, y gozan de fama merecida en química analítica. ¿Se puede dudar por nadie, esto no obstante, de la existencia del yodo en forma de yoduro en el agua del mar? ¿De dónde le sacarían, si en ella no existiese, los muchos seres que viven en su seno, desde las algas, en sus numerosas variedades, hasta las esponjas? Si hasta ahora parece dudosa su presencia en dicha agua, esto no prueba que no existe en ella el yodo; lo que prueba es que los analizadores trabajan con medios mas groseros y por tiempo más limitado, que los indicados seres que se lo asimilan.

Existen todavía otras muchas asimilaciones de la propia índole efectuadas por otras plantas. Con gran trabajo consigue el químico sacar la potasa, por ejemplo, de la tierra destinada al cultivo: todos sabemos, sin embargo, la facilidad con que se obtiene por la incineración de ciertas

(1) *Jahresbericht von H. KOPP u H. WILL für 1860*, S. 830.

(2) *Idem für 1861*, S. 1090.

plantas, que de la misma tierra la toman.—Con no ménos trabajo obtiene el químico el ácido fosfórico, ó los fosfatos contenidos en la propia tierra, tanto que por mucho tiempo no se ha notado siquiera su existencia en ella; el grano del trigo, sin embargo, que no puede formarse sin el concurso de los fosfatos asimilables, venia acusando constantemente al químico, de lo grosero y poco exacto de su trabajo, habiéndose al fin enmendado de esta muda, pero no por esto ménos elocuente reconvencion, en términos que en el dia prepara el fosfato soluble y asimilable que para su granazon necesitan las gramíneas, á fin de que por su falta, ni se esquilme el suelo, ni escasee la cosecha.

Sin los fosfatos asimilables por las plantas, de otra parte, bien lo sabe la Academia, las yerbas no habrian podido servir de pasto á los animales, ni el hombre, el sér más perfecto de la creacion, encontrará en ellos y en los vegetales los elementos indispensables á su crecimiento y desarrollo; y como sin su presencia en el agua del mar acabamos de ver que fuera asimismo imposible la vida animal en su seno, es inmenso, sin duda alguna, el influjo del ácido fosfórico ó de los fosfatos solubles y asimilables en la naturaleza organizada, si bien no tanto como han creido algunos materialistas, al suponer equivocadamente que las facultades intelectuales del hombre dependen del fósforo que entra en la composicion de su masa cerebral, y que la diferencia entre uno de gran ingenio y otro de limitadas facultades intelectuales, estriba tan solo en poseer el primero *algun grano más de fósforo* que el segundo; siendo así que en la generalidad de los casos sería facil demostrar, que debe suceder precisamente todo lo contrario de lo que con tan arrogante como lamentable é infundada temeridad aseveran tan desatentados innovadores.

Citanos nuestro recién venido el soplete, como un medio excelente de trabajo, y por cierto que esta cita no puede ser más oportuna. Con este instrumento bien manejado, y con los reactivos y aparatos indispensables para su buen uso, no solo se demuestra pronto y bien la presencia del manganeso, como dice el Sr. Escosura, sí que la del níquel, cobalto, cromo, plomo, antimonio, y la de la mayor parte de los metales y no pocos ácidos inorgánicos. Es más, por su medio, bien lo sabe la Academia, se llevan á feliz término multitud de determinaciones cuantitativas, mucho más pronto y con no ménos acierto, que trabajando por la vía húmeda. Pueden citarse como ejemplos las del oro, plata, plomo, estaño, cobre, níquel, cobalto y otras varias.

Menciona oportunamente también el Señor Escosura, el nuevo método de análisis que hace unos diez años está llamando la atención de los químicos, y por cierto de una manera jamás vista con otro alguno: tal es el análisis espectral. La sensibilidad de sus indicaciones es verdaderamente portentosa. Por su medio, multitud de cuerpos han sido descubiertos donde antes jamás se les había sospechado. En la ceniza del tabaco y en las de muchas otras plantas terrestres, por ejemplo, se ha encontrado el litio ó la litina, lo mismo que en el agua del mar, en las cenizas de las algas que viven en su seno, en diversas aguas minerales, en las cenizas de la leche y de la sangre, y en numerosas especies y variedades de minerales que sería largo mencionar; resultando de esto que el litio, que se creía ser un cuerpo raro en la naturaleza, es al contrario uno de los mas generalmente esparcidos. Lo propio podríamos decir de una multitud de otros cuerpos. Y por lo mismo que el análisis espectral nos hace encontrar los conocidos donde antes ni siquiera se les sospechaba, se comprende

que es el medio más abonado para descubrir otros que hasta ahora habían pasado desapercibidos por lo grosero y poco sensible de los métodos de trabajo comunmente empleados. Sabe muy bien la Academia, en efecto, y tampoco lo ignora el ilustrado auditorio que nos favorece con su asistencia, que al análisis espectral se debe ya el descubrimiento de varios elementos, empezando por el *cesio* (1), reconocible sobre todo por dos líneas azules sobre fondo gris, que presenta en la parte ó region azul del espectro ordinario; el *rubidio* (2), que debe su nombre al color rojo oscuro de dos líneas que sobre todo descubre en el espectro mas allá de la línea A de FRAUNHOFER, descubierto, como el primero, por Kirchhoff y Bunsen, comun en las lepidolitas, que suelen contener dos por mil ($\frac{2}{1,000}$) de óxido de rubidio, y frecuentes entrambos en todas las aguas minerales, si bien en cantidades infinitesimales. Una prueba de esto, y á la vez de la extrema sensibilidad del análisis espectral, la tenemos en que el agua de Dürkheimer solo contiene unos dos diez millonésimos de cloruro de rubidio! Otro cuerpo simple descubierto simultáneamente por LAMY y CROOKES en ciertas piritas cobrizas, y tambien en pequeña cantidad en algunas variedades de azufre nativo de diversos paises, incluso el nuestro, es el *tallio* (3), caracterizado por una sola línea de un verde intenso, que presenta en la zona del espectro donde concluye el amarillo y principia el verde. El *indio* (4), en fin, forma ya el cuarto metal, que se

(1) Del latin *cæsius*, gris azulado.

(2) De *rubidus*, rojo oscuro.

(3) Del griego *θαλλός*, en latin *thallus*, ó sea una rama verde.

(4) El color azul del añil bien pronunciado en las rayas del espectro, y la procedencia más antigua de esta materia colorante, la India, dieron su nombre al indio.

debe al análisis espectral, descubierto por los profesores F. REICH y TH. RICHTER, de la Academia de minas de Freiberg, en las blendas de dicha comarca del reino de Sajonia, y en el zinc con las mismas obtenido, en el que se encuentra en una milésima parte, reconocible por dos solas rayas que presenta en su espectro, una de un azul añil intenso y otra del propio color, pero mucho más claro.

Los importantes descubrimientos efectuados ya por medio del análisis espectral, son una prueba evidente de lo mucho que la ciencia puede esperar con fundamento de este nuevo método de trabajo, así en el terreno especulativo, como en el campo de la aplicación. Vióse, por ejemplo, que la disolución alcohólica de su protóxido, refracta y dispersa sobre manera los rayos de luz que la atraviesan, y de aquí dedujo racionalmente Lamy, que el cristal en que entrase este óxido, debía ser más acomodado que el generalmente usado, para fabricar los prismas destinados al estudio del espectro solar. En su consecuencia se puso á estudiar la mejor composición que podía darle un buen cristal para el uso de los trabajos de la óptica, fundados en la descomposición y dispersión de los rayos luminosos, y sus esfuerzos en este sentido fueron coronados del mejor éxito (1). En la última exposición universal de París,

(1) Para su primer ensayo tomó 300 partes de arena, 400 de carbonato de tallio y 100 de carbonato de potasa. Se obtuvo un vidrio muy fusible y de fácil afinación, pero una vez frío estaba mucho de ser homogéneo. Las capas superiores no eran tan amarillas, tan densas ni tan ricas en tallio como las inferiores. En un segundo ensayo ya fué más feliz, pero esta vez buscó un cristal en lugar de un vidrio. Le obtuvo con 300 partes de arena, 200 de minio y 335 de carbonato de tallio. Esta mezcla se fundió más pronto y afinó con más facilidad que la anterior, el cristal resultante fué completamente homogéneo, y presentó un color amarillo limpio y

admiraban los inteligentes, entre los compuestos todos del tallio exhibidos por su descubridor, un magnífico bloque de cristal, un prisma triangular equilátero, y un pedazo del primero, tallado en brillante, engarzado en oro y sostenido por una tripode de lo mismo, todos estos objetos de una limpieza suma en su homogeneidad, transparencia y color amarillo claro, que participaba del color del oro y de la miel. El peso específico de este cristal era 4,25. Recordando ahora la tendencia de la ciencia actual á llevar al momento al campo de la práctica y de la especulacion todos sus adelantos, y que con el espectroscopio, segun una expresion feliz de uno de nuestros compañeros (1), se ha llegado *hasta el conocimiento detallado de las sustancias que arden en el astro á que debe el mundo su existencia vital*, debemos estar prevenidos y dispuestos á toda suerte de sorpresas, á medida que el análisis espectral, aun descendiendo de los espacios celestes donde tanto brilla, aplicada por el nunca bastante celebrado P. SECCHI, nuestro sabio corresponsal romano, por HUGGINS y MILLER,

hermoso: su peso específico 4,235, y su índice de refraccion (para el rayo amarillo) 1,71 fueron superiores á todos los demás vidrios y cristales hasta entonces usados para los instrumentos de óptica. Cambiando las cantidades del tallio obtuvo otros cristales, cuyo peso específico llegó á 5,625, y el índice de refraccion á 1,965. De todo lo cual dedujo con razon Lamy: 1.º: que el tallio puede reemplazar mejor al potasio que al plomo en el cristal; 2.º: que el tallio comunica á este un color amarillo; 3.º: que el cristal del tallio es específicamente más denso y refracta más la luz que el de potasa; 4.º: que por todo lo dicho, el cristal de tallio es indudablemente preferible al de potasa para la fabricacion de ciertos vidrios destinados al estudio de la óptica, y para la imitacion de algunas piedras preciosas.

(1) El Sr. D. Ildefonso SIERRA Y ORANTES en su Discurso de recepcion, pag. 50.

y por otros muchos que sería difuso enumerar, y abarata-
ndo los instrumentos con que se lleva á cabo, se practi-
que sobre multitud de cuerpos poco conocidos que se
encuentran en nuestro planeta, y están llamados tal vez
á prestarnos servicios parecidos, si no superiores á los del
tallio que se acaban de indicar.

Ocúpase nuestro candidato, luego, de la manera como
puede comprobarse la exactitud de los resultados obtenidos
en un análisis. Con razon observa que no basta para esta
comprobacion obtener exacta la composicion centesimal,
por ser varios los casos, y alguno cita muy oportunamen-
te, en que dos ó más cuerpos presentan la misma com-
posicion, y sin embargo, poseen propiedades distintas, y
por lo mismo son cuerpos diversos. Para él es de más
fuerza el resultado sintético, reducido á producir un cuer-
po idéntico al analizado, tomando los factores que le con-
ponen en las cantidades que se han determinado, y favo-
reciendo su combinacion por los medios que la ciencia
posee; citando tambien en favor de este medio de com-
probacion, el ejemplo de diversas especies mineralógicas
ídénticas á las que nos da la naturaleza, que han salido
del crisol del químico. Este raciocinio es seguramente de
lo más sano, tratándose del análisis de los cuerpos inorgá-
nicos bajo el punto de vista técnico ó industrial; pero ya
comprende el Sr. Escosura, que el análisis en ocasiones
dadas exige algo más que esta mera composicion. Ella
sola no habria bastado, por ejemplo, al Sr. Lamy y á
Crookes para hacer el estudio del tallio, de cuyo cristal
acabamos de hablar, ni Bunsen y Kirchhoff habrian llevado
á la perfeccion que lo han hecho, no obstante su rara
habilidad, el del cesio y rubidio, que poco hace descubrie-
ron por medio del espectroscopio. Nada se puede saber, en

efecto, en estos casos (y son por cierto los de más fortuna para el químico, cuando da ó encuentra un nuevo cuerpo ó elemento), para determinar su equivalente, ni el número y composición de los diversos óxidos, cloruros, sulfuros, etc., etc., que puede formar. La síntesis, que también nos recomienda para comprobar el resultado de un análisis, no obstante los buenos resultados que ha dado tratándose de varias especies mineralógicas que han sido perfectamente reproducidas en nuestros laboratorios, sabe muy bien nuestro nuevo compañero que es de todo punto impracticable tratándose de la reproducción de la mayor parte de los productos de origen orgánico, con los cuerpos obtenidos en su análisis, sucediendo con ellos lo mismo, que muy oportunamente observa en su notable trabajo respecto á los cuerpos organizados, que deben su formación al conjunto de funciones que se cumplen en el sér viviente. De oxígeno, hidrógeno y carbono se componen un sin fin de cuerpos orgánicos, desde el azúcar hasta la celulosa textil, y nadie ha reproducido uno siquiera de estos principios inmediatos por la síntesis basada en la combinación directa de los principios constitutivos ó remotos que los forman. Los propios factores, oxígeno, hidrógeno y carbono, forman una numerosísima série de ácidos orgánicos, desde el fórmico y acético hasta el tártrico, butírico y esteárico; y su síntesis, basada en la combinación directa de los productos encontrados por el análisis, está todavía por intentarse, no obstante haberse obtenido un buen número de ellos en nuestros laboratorios, por las metamorfosis que hacemos experimentar unas veces á otros principios de composición más compleja, ó por la misma síntesis, empleando, no los cuerpos elementales, ni ménos los productos obtenidos por el análisis. sino algunos cuerpos bi-

narios distintos de ellos (1). Es más, el azúcar de uvas, por ejemplo, y el ácido acético cristalizable ó monohidratado tienen la misma composición centesimal; y así podrían citarse muchas docenas de otros cuerpos que se hallan en idéntico caso. No basta, pues, para llegar al término del análisis, fijar la composición centesimal, sino que es menester determinar bien la naturaleza del cuerpo que se está analizando, y caracterizar de una manera clara y terminante las funciones químicas en que puede tomar parte, cuando nos fuese desconocido uno ó más de los fac-

(1) Con el óxido de carbono, compuesto binario inorgánico, y el agua en presencia de la potasa, se obtiene el ácido fórmico ternario, que se encuentra naturalmente formado en las hormigas, según su nombre indica.—Descomponiendo luego por la acción del fuego un formiato mineral, se consigue que el carbono del óxido del mismo y el hidrógeno del agua, hallándose en estado naciente, se combinen y den diversos carburos de hidrógeno, tales como el tetrahídrico ó gas de los pantanos, el dihídrico (hidrógeno percarbonado de los franceses), el propileno, etc.—Estos carburos, á su vez, son los factores más importantes para la síntesis de los alcoholes respectivos. Así, con el gas de los pantanos y el oxígeno se forma el alcohol metílico; con el carburo dihídrico y los elementos del agua, se obtiene el alcohol ó espíritu de vino ordinario; con el propileno y la propia agua, se efectúa la síntesis del alcohol propílico, etc.—Con los alcoholes y los carburos de hidrógeno se prepara la numerosa serie de aldehidas, que representan la mayor parte de los aceites esenciales oxidados, y no pocos ácidos orgánicos comunes en las plantas y en los animales.—Combinando en distintas circunstancias estos mismos alcoholes y carburos de hidrógeno, se obtienen los éteres compuestos, que tienen muchos representantes en el reino vegetal.—Los alcoholes, las aldehidas, los ácidos combinados con el amoniaco, nos dan los cuerpos cuaternarios, en que entran el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, designados con los nombres de amidas y de álcalis orgánicos, etc.

Por el análisis elemental se determina, como es sabido, el carbono en forma de ácido carbónico, el hidrógeno en la de agua, el nitrógeno en estado gaseoso ó en la de amoniaco, y el oxígeno por diferencia.

tores del cuerpo que analizamos ó del problema que resolvemos. En estos casos es, seguramente, indispensable empezar por el análisis centesimal, y basta éste las más de las veces para el químico técnico; pero es insuficiente para el filósofo, que debe buscar la manera de ser y de obrar de todos los cuerpos que le rodean, y pueden entrar en el campo de acción de las funciones químicas que entre los mismos pueden desarrollarse.

Partidario decidido de la buena escuela, poco después el Sr. Escosura se presenta más berzeliano que el mismo Berzelius. Decimos esto en vista del recelo con que mira las nuevas teorías, que de pocos años á esta parte se han sucedido para completar el cuadro de la ciencia, en química orgánica sobre todo, y explicar más fácilmente una multitud de fenómenos y reacciones que antes no eran de fácil comprensión. Recela de los radicales compuestos, de las sustituciones químicas, de los núcleos, de los tipos, de la atomicidad misma. Si bien lo observamos, sin embargo, esos radicales compuestos, que mira con algún desvío porque muchos de ellos no han salido todavía del terreno de la hipótesis, han sido no solo admitidos, sino hasta clasificados por el gran Berzelius (1). Lo propio sucede con las

(1) Véanse las generalidades sobre los ácidos, t. I, página 433 y siguientes de la edición francesa de su gran *Tratado de química mineral, vegetal y animal* (incompleto), de 1845.

Ibid., pag. 607.

Ibid., pag. 638, donde empieza el estudio individual de los ácidos que tienen el radical compuesto.

Id., t. II, pág. 91 y siguientes.

Id., t. III, pág. 270 y siguientes.

Id., t. V, pág. 49 y siguientes, donde se admiten los radicales compuestos y á la vez las sustituciones.

Ibid., pág. 612 y siguientes.

Id., t. VI, pág. 554 y siguientes.

sustituciones, y, hasta cierto punto, con los núcleos de LAURENT, segun puede verse al tratar de la naftalina y de sus derivados. En lo que no convenia muchas veces con DUMAS ó con Laurent, era en el modo de considerar el agrupamiento ó el arreglo molecular de los factores de los radicales compuestos, y tambien el resultado mismo de las sustituciones químicas; pero estos radicales, lo propio que la teoría general de las sustituciones, fueron prohibidos y desarrollados por el gran maestro, que no le gustaba andar rezagado tras de nadie, y ménos tras de la escuela francesa. Decimos más: si viviera Berzelius, de seguro seguiria al frente del gran movimiento del dia, como lo estuvo siempre en su época. Cuando, al ocuparse de la clasificacion de los radicales compuestos, empieza diciéndonos: *los más sencillos son los formados por el carbono y el hidrógeno*, ¿quién puede dejar de ver aquí el gran génio del profeta, que anunciaba las séries, poco ménos que interminables, de carburos de hidrógeno (homólogos, isiólogos, heterólogos), que andando el tiempo debian descubrirse? Si conoció ya y admitió la aldehida comun y los productos consiguientes á los grados de una mayor oxidacion; si tambien admitió la amida, puramente hipotética, pero cuya presencia veia en no pocos compuestos, y preparó, además, muchas combinaciones amídicas desconocidas hasta entonces, ¿puede dudarse racionalmente de que hubiese dejado de admitir todos los derivados de los numerosísimos carburos de hidrógeno, con sus alcoholes, sus amidas, sus ácidos, sus alcalóides artificiales? Dudar de esto equivaldria á negar el génio poderosamente inductivo del gran reformador, por no decir fundador, de la química actual. Habria discutido seguramente con los innovadores, como ya lo hizo cuando alguna vez atacaron con poco miramiento

su sistema predilecto, verdaderamente magistral, como le llama el Sr. Escosura con mucha propiedad; pero es indudable que al fin habria transigido las pequeñas diferencias que les separaran, y que se habria puesto al frente de los ODLING, HOFMANN, VILLIAMSON, GERHARDT, BERTHELOT, WURTZ, y demás que dirigen el movimiento de la química moderna.

La misma atomicidad distinta de que gozan ciertos radicales, simples ó compuestos, no habria dejado de ser admitida por Berzelius, como lo es por cuantos reflexionan detenidamente sobre la manera de ser y de formarse ciertos cuerpos. Si se admite por todos que hay ácidos polibásicos, ¿no es natural y lógico admitir *bases poliácidas*? La poliatomicidad, hasta cierto punto, no es otra cosa que la recíproca de dichos ácidos; pero con la diferencia que tiene todavía una generalidad más lata, y nada dudosa por cierto, por lo mismo que está fundada en la experiencia y confirmada por el análisis. Todos sabemos, por ejemplo, que el ácido fosfórico puede retener tres equivalentes de agua de combinacion ó constitucion, y que esta puede ser reemplazada ó sustituida, en parte ó del todo, por una ó más bases en equivalentes iguales en número á los del agua sustituida, naciendo entonces los diversos fosfatos mono, bi ó tribásicos, mono, bi ó trimetálicos, ó bien los fosfatos ácidos, cuando solo un equivalente de agua es sustituido por otro de una base, quedando de consiguiente dos equivalentes de agua básica en la sal; los fosfatos neutros, cuando son dos los equivalentes de agua básica sustituida por igual número de equivalentes de una ó de dos bases, quedando aún el tercer equivalente de agua de constitucion; y los fosfatos básicos, cuando toda esta agua es sustituida por tres equivalentes de una, de dos ó de tres bases distin-

tas. Esto es lo que sucede en general, y lo que admite la doctrina corriente; esto es lo que pasa cuando es la potasa, la sosa, el óxido de plata, el óxido de amonio, el óxido de etilo mismo, por ejemplo, el que reemplaza al agua de constitucion del ácido fosfórico. Pero, si son el óxido de bismuto ó el de antimonio, se observa que un solo equivalente de ellos basta para saturar toda la accion química del ácido fosfórico. Se observa asimismo, que el primero, ó sea el óxido de bismuto, necesita tres equivalentes ó átomos de ácido nítrico para formar un nitrato neutro, resultando de aquí que es una verdadera *base triácida* en este caso. Y si un solo átomo ó equivalente de bismuto, en su combinacion con el ácido fosfórico, produce igual funcion química que tres de plata ó de potasio; ó si un equivalente de óxido de bismuto tiene igual fuerza de saturacion que uno de óxido de sodio, otro de óxido de amonio y otro de óxido de hidrógeno ó de agua, ¿hay algo más racional que decir, que el bismuto es un metal *triatómico*, y que la plata, el potasio, el sodio, el amonio, el etilo, son metales ó radicales *monoatómicos*? Si vemos que los óxidos plúmbico y estánnico en sus combinaciones con el propio ácido reemplazan ó sustituyen á dos equivalentes de agua básica, ¿no estaremos en lo justo, no hablaremos el lenguaje de los hechos, llamando á dichos metales *biatómicos*? Si todos los químicos y los físicos están acordes en admitir, que en los gases permanentes, los volúmenes en que se combinan entre si representan por su número el de los átomos que toman parte en la combinacion, y si son necesarios dos de hidrógeno para formar con uno de oxígeno el primer compuesto oxidado, ¿no debemos decir entonces que el oxígeno es tambien *biatómico*, y que el cloro, que en volúmenes iguales con el hidrógeno forma el ácido

clorhídrico, es *monoatómico* como el hidrógeno mismo? Si la primera combinación libre que conocemos entre el hidrógeno y el nitrógeno, ó sea el amoníaco, está formada de tres átomos del primero y uno del segundo, y la primera combinación del propio hidrógeno con el carbono, el hidrógeno protocarbonado, contiene cuatro de dicho hidrógeno por uno de carbono, ¿no debemos considerar con bastante fundamento que el nitrógeno es *triatómico* y el carbono *cuadriatómico*? Esto para nosotros es evidente. Cuando recordamos de otra parte que no pueden ponerse en duda las sustituciones de unos radicales por otros, que las primeras conocidas y las más fáciles de comprender son las del hidrógeno, admitidas por el mismo Berzelius, y que el valor, número ó peso de este hidrógeno se admite por la generalidad de los químicos en el día para fijar el equivalente de los demás cuerpos, encontramos muy racional y concluyente que se defina y califique la *atomicidad* de los radicales (simples ó compuestos), por el número de equivalentes de hidrógeno que pueden neutralizar en las combinaciones en que toman parte. Si el radical es neutralizado, ó solo puede reemplazar un átomo de hidrógeno, es *monoatómico*, como el hidrógeno mismo, el cloro, yodo, etilo, metilo, etc.; si puede reemplazar ó es neutralizado por dos de hidrógeno, es *diatómico*, como el oxígeno, azufre, etc.; si puede neutralizar tres de hidrógeno, es *triatómico*, como el nitrógeno, fósforo, arsénico y otros, y así de los demás casos de *poliatomicidad*, que no exponemos por no molestar demasiado la atención de la Academia, y del distinguido auditorio que nos favorece con su asistencia. Pero, después de todo, no puede ménos de observarse, que estas ideas son las mismas que sirvieron á Berzelius para trazar el cuadro maravilloso que nos dejó de la ciencia, si bien por desgra-

cia incompleto, por haberle sorprendido la muerte cuando estaba en via de concluirle. La composicion del ácido clorhídrico, la del agua, la del amoniaco, la del gas de los pantanos, ó carburo tetrahídrico como él le llama, la han tomado los sustentadores de la atomicidad, del gran maestro. ¿Cómo habria dejado, pues, éste de prohijarlas si son suyas, exclusivamente suyas, si su gran génio las habia ya revelado antes que se inventase la palabra que sintetiza el conjunto de las ideas de los sostenedores de la química moderna? La sola hipótesis de que así no lo hubiese hecho, está contradicha por la historia de toda su vida, consagrada á los adelantos de la ciencia: era demasiado hábil piloto para rebajarse espontáneamente al papel de simple grumete.

La extension que viene tomando nuestro trabajo, no nos permite acompañar al Sr. Escosura en todas las importantísimas consideraciones, y en las muy atinadas reflexiones que le sugiere la tan interesante como luminosa excursion, que hace en el campo no ménos vasto que misterioso de los diversos cambios moleculares que experimentan los cuerpos sólidos en el acto de su formacion, mayormente cuando, ora al formarse, ora despues de formados, se les somete á la accion del calórico en determinadas circunstancias. El isomorfismo, el dimorfismo y el polimorfismo, la iso y la polimería, las acciones que tienen lugar entre las sales cuando reaccionan unas sobre otras, los cambios moleculares que experimentan los metales y sus aleaciones cuando se les temple, haciendo que parezcan diversos, á juzgar por el conjunto de sus propiedades físicas, unos cuerpos en quienes hasta el presente la análisis no ha revelado diversidad alguna de composicion, todo esto, y bastante más aún, ha recorrido el nuevo candidato en los tan

elegantes como correctos periodos que consigna antes de concluir su trabajo. Imposibilitado yo en el mio de seguirle en una excursion tan vasta, como diversa é interesante, me limitaré, antes de concluirle, á exponer algunas someras consideraciones sobre el agente generador de dichos cambios moleculares, que, como dice muy bien el nuevo Académico, no es ni puede ser otro que el calórico. Y es tan arraigada su conviccion sobre este punto, que nos predice que en los indicados cambios físicos de estado, por ejemplo en los del acero templado y ordinario, debe haber cantidades distintas de calórico combinado, ó de un agente que obra como él; augurando que ha de llegar el dia en que se dé valor, se fije el peso de este nuevo agente, que hemos de ver figurar en el catálogo ya largo de los elementos hoy dia admitidos.

No puede negarse seguramente, cuando es tan evidente y experimentado, el influjo que ejerce el calórico en los cambios moleculares citados, y en todos los otros que tienen lugar en la manera de ser de los cuerpos, así como en su formacion. Puede decirse que el menor cambio molecular, supone otro correlativo del agente que preside á las manifestaciones del calórico. Cuando este cambio molecular es bastante profundo para alterar algunas de las propiedades de los cuerpos, presentándose estos en diversos estados isoméricos ó alotrópicos, como sucede con el carbono, azufre, fósforo y otros muchos, entonces los cuerpos poseen cantidades distintas del agente que nos ocupa, y son causa de los diversos *calóricos específicos* que presenta un mismo cuerpo, segun sea su estado molecular. El cambio de estado de un cuerpo, cuando puede presentar dos ó más de ellos, sabemos igualmente que es debido al propio agente que nos ocupa. Si el hielo se liquida, si el agua

así obtenida pasa al estado gaseoso, sabemos por experiencia que estos cambios de estado son debidos á que en el primer caso se fijó en el hielo una cierta cantidad de calórico, y que sobre esta se añadió otra nueva al tomar el agua líquida la forma gaseosa; observándose que mientras se efectúan estos cambios de estado no aumenta la temperatura, ni del agua procedente del hielo que se derrite, ni de la que toma la de fluido elástico. Por esto se dice que el calórico que preside á éstos cambios es *latente*, por cuanto no afecta á las indicaciones termométricas.

Cuando los cambios moleculares tienen lugar entre cuerpos de distinta naturaleza, las manifestaciones caloríficas son no ménos evidentes. Si se mezclan tan solo el agua y el ácido sulfúrico monohidratado en determinadas cantidades, sabemos que es tal la cantidad de calórico que se desprende, que la mezcla puede llegar á hervir. Si sobre un peso dado de azufre calentado en un matraz hasta el punto en que empieza á hervir, se echan limaduras de cobre, se nota un desprendimiento de calórico tal, que ya toma la forma del lumínico, puesto que se ve una viva ignición, es decir, un desprendimiento tan abundante de calórico, que es visible cual si fuese una luz sumamente brillante, si bien instantánea. Cuando sobre el cloro se hace caer polvo de antimonio ó de bismuto, hallándose los dos cuerpos á la temperatura ordinaria, tiene lugar la aparición de una verdadera lluvia de fuego. Podríamos citar otras muchas acciones químicas, que van siempre acompañadas de grandes y visibles desprendimientos de calórico.

Pero si estos efectos caloríficos son tan patentes, no lo es ménos que hasta el día no han afectado en manera alguna á la balanza. Una dada cantidad de hielo nos da la misma cantidad de agua líquida, no obstante el mucho calórico

latente que se ha fijado para este cambio de estado. Lo propio sucede en todos los demás cambios.

Un peso dado de azufre cuando empieza á hervir, y otro conocido de limaduras de cobre, no obstante el notable desprendimiento de calórico que tiene lugar al combinarse, dan, como producto de la combinación, un peso de sulfuro de cobre igual á la suma de sus componentes, ó sea del azufre y cobre tomados. Lo propio sucede en las demás combinaciones que van acompañadas de desprendimiento de calórico, en cantidad bastante para convertirse en lumínico; el producto ponderal de la combinación, está siempre representado por la suma de los pesos de sus factores.

Con estos ejemplos y otros muchos que no citamos, porque son del dominio de todo el auditorio, se demuestra que ni la fijacion del calórico *físico*, ni el desprendimiento del *químico*, si así podemos expresarnos, afectan las indicaciones de la balanza, y, de consiguiente, que el calórico es llamado con toda propiedad un agente *imponderado*, ya que no sea *imponderable*.

El nuevo Académico, sin embargo, sostiene que este agente, ú otro que participa de una manera más ó ménos completa de las propiedades principales que le distinguen, debe entrar en una cantidad constante en la constitucion de todos los cuerpos. No es, seguramente, nueva esta opinion, pues la sostuvieron con bastante empeño algunos partidarios del sistema de NEWTON, que no solo admitian que podia pesarse el calórico, sí que hasta los rayos del lumínico. Pero, sobre que esta opinion nunca tuvo en su apoyo un hecho positivo, hoy día está del todo abandonada por la ciencia, habiendo sustituido dicho sistema con el de las ondulaciones ó vibraciones, que satisface de una manera más cumplida sus exigencias en la explicacion de una

multitud de fenómenos caloríficos, luminosos y eléctricos que quedaban por demostrar por la emision ó irradiacion; debiendo añadir, que todos los hechos hoy día adquiridos por la experiencia, vienen á demostrar y corroborar una vez más lo imponderado del agente único á quien se deben todos estos fenómenos.

No se pesa, pues, el calórico en ninguna de sus manifestaciones, no obstante ser tan portentosas y variadas, y hasta indispensables á la existencia de la sociedad y del mundo mismo. Sin embargo, si no supiéramos condensar en un punto ó sitio dado una gran cantidad de calórico termométrico, no conoceríamos el uso de los metales, y la sociedad humana permanecería todavía en la ruda y fria edad de piedra, ó sea en el primitivo estado salvaje. Sin las aplicaciones del calórico latente ó fisico, nos veríamos privados del medio tan seguro como expedito que tenemos para caldear los edificios, donde viven centenares de individuos acreedores á toda nuestra consideracion y ternura, tales como los soldados y los desheredados de la fortuna, que se hallan postrados en el lecho del dolor; ni podríamos desecar con la seguridad y rapidez que lo hacemos, buen número de sustancias indispensables para el progreso y seguridad misma del Estado, tales como la pólvora, el algodón-pólvora, etc.; ni tampoco haríamos hervir grandes masas de liquidos en los depósitos de madera que se necesitan para la fijacion de ciertos colores, y en otras muchas industrias. Sin el calórico químico, que se obtiene cuando arde el hidrógeno en presencia del oxígeno en las proporciones de que resulta el agua, ó el gas del alumbrado con el propio oxígeno, la mar tempestuosa habria devorado buen número de marineros, que deben su salvacion á la luz de DRUMMOND, que en la oscuridad de la noche les señaló

el puerto de refugio; y estarían por fundir las grandes masas de platino con que se fabrican los alambiques en que se concentra el ácido sulfúrico en grande para las necesidades de la industria. No pesamos el calórico cósmico, y sin embargo, sin su influjo, ni existiera el mundo, ni aun, dada su existencia, habria en él asomo alguno de vida, porque la vida supone fuerza, movimiento ó vibracion, y no existe este movimiento ó esta vibracion sin el calórico, apagándose paulatinamente ó extinguiéndose del todo en consecuencia dicha vida, donde existe, cuando cesa de fomentarla su principal sustentador, ó sea el calórico. Conocemos los efectos de éste, conocemos sus metamorfosis ó trasformaciones, mas ignoramos por completo el modo de estimar su peso. Nuestro nuevo compañero, inspirándose sin duda en los grandes descubrimientos que ha presenciado nuestro siglo, no titubea en predecir que llegará á determinarse. El que tal consiguiera asombraría verdaderamente al mundo, y desde luego puede presagiarse que cambiaria por completo el modo de ser de todo cuanto rodea inmediatamente al hombre. ¿Se concibe, en efecto, el destino que daría á un peso un poco considerable de calórico, cuando sabemos que no se ha podido pesar el que produce todos los fenómenos que le reconocen por agente principal, incluso el movimiento, y por consiguiente la fuerza y tambien la vida? Mi mente, Señores, lo confieso con ingenuidad, no puede comprender lo que haría el hombre que tal descubrimiento hiciera, y por lo mismo que no lo comprendo, doy aquí punto á mi trabajo, repitiendo con el filósofo: *felix quis rerum possit cognoscere causas.* = HE DICHO.
