

# EL HILEMORFISMO Y LA CIENCIA QUÍMICA MODERNA<sup>(1)</sup>

## I

### Introducción

**Importancia de la cuestión.** — La importancia *filosófica* de esta cuestión es muy grande, como lo demuestra el hecho de lo mucho que se ha escrito y disputado sobre el hilemorfismo; muchas otras cuestiones están relacionadas con él, y si se demuestra que esta tesis es falsa, tienen que revisarse muchos de los argumentos que en ella se fundan, con notable peligro y detrimento de la filosofía escolástica.

**Debemos estudiar la cuestión.** — En principio debemos respetar, y no apartarnos de la tradición sin motivo suficiente; además,

---

(1) Conferencia pronunciada en la sesión extraordinaria de la «Academia de Filosofía», del Colegio Máximo de Sarriá (Barcelona).

Tratándose aquí más bien de una *vista de conjunto* del problema del hilemorfismo, he procurado con todo empeño que la exposición resulte lo más clara posible; pero por necesidad he de ser breve. Esta es la razón de las pocas citas de autores que en él presento. Sin embargo, me parece conveniente poner aquí una corta nota bibliográfica, citando las obras de interés general filosóficas que principalmente he consultado; más adelante, en su sitio respectivo, se citarán otras obras de interés científico.

- 1) PESCH (T.), S. I., *Institutiones philosophiae naturalis*, Friburgi Brisgobiae, 1880.
- 2) NYS (D.), *Cosmologie*, Louvain, 1906.
- 3) URRÁBURU-IBERO, S. I., *Compendium philosophiae Scholasticae. T. III. Philosophia naturalis*, Madrid, 1924.
- 4) IBERO (J. M.<sup>a</sup>), S. I., *Disputatio de esentiali corporum constitutione*.
- 5) DESCOQS (Pedro), S. I., *Essai critique sur l'hylémorphisme*, Paris, 1924.
- 6) DARÍO (J. M.<sup>a</sup>), S. I., *Praelectiones Cosmologicae*, Parisiis, 1923.
- 7) DONAT, S. I., *Cosmologia*, Oeniponte (Innsbruck), 1924.
- 8) VAISSIÈRE (J. de la), S. I., *Cursus philosophiae naturalis*, t. 1, Paris, 1912.
- 9) *Conventus cosmologorum*, S. I., Oeniponte, 1924.

esta tesis se ha de apoyar sobre los *hechos observados*, y no puede estar en contradicción con ellos: verdad que todos los escolásticos admiten.

Pero se da el caso de que los escolásticos antiguos observaban los fenómenos naturales de una manera muy somera, y de hecho se equivocaron en la apreciación de algunas causas naturales, y defendieron proposiciones que hoy en día todo el mundo tiene como falsas. Por ejemplo:

1) Todos los cuerpos están compuestos de alguno de los cuatro elementos: fuego, aire, agua, tierra.

2) Estos elementos se cambian los unos en los otros, tomando alguna de las cuatro propiedades: seco, caliente, húmedo y frío. Esto lo veían así por experiencia, aunque no bien observada. Les parecía ver cómo el fuego se convertía en aire.

3) Los cuerpos celestes (astros) eran de naturaleza diferente que los de la tierra. Hoy se sabe por los espectros que son de la misma naturaleza que la tierra.

4) Los astros influyen en los cambios de los cuerpos terrestres, etc., etc.

Hay que advertir que estos errores no son propiamente de los filósofos, sino de los sabios de aquellos tiempos. (*Sabios*, en el sentido actual de *científicos*, o cultivadores de las ciencias naturales, que mejor se podrían llamar *experimentadores*, porque el experimento es el medio principal que emplean para estudiarlas.) También conviene notar que en aquellos tiempos no estaban bien deslindados como ahora los campos de la filosofía y de las ciencias físico-naturales, y todo lo que se sabía de estas ciencias formaba parte de la Cosmología.

Por otra parte, los científicos modernos han llegado a conclusiones que parecen estar en contradicción con la teoría de la materia y forma, habiendo casi demostrado que los átomos existen en los compuestos, por ciertas propiedades, comunes a tal o cual átomo, que está en un compuesto determinado. Por ejemplo:

1) Todas las sales de cobre dan las mismas reacciones del cobre.  
2) Todos los compuestos de radio emiten partículas «alfa», «beta» y radiaciones «gamma».

3) Se llega hasta fotografiar por los rayos X la posición relativa que cada átomo ocupa en su molécula, etc. Y estas experiencias a *primera vista* parecen demostrar la existencia *formal* de los elementos en el compuesto.

**Posición que el filósofo debe adoptar.** — ¿Cuál ha de ser la posición del filósofo delante de estos hechos? Es evidente que no ha de ser la de *desprecio*, porque sería injusta, y, además, muy peligrosa para la filosofía y para la sana doctrina en conexión con la Teología; tampoco ha de ser la de *ligereza*, y de pasarse en seguida al campo contrario, haciendo caso omiso de todas nuestras tradiciones y argumentos de razón, sino que ha de ser la de *prudente expectativa y estudio serio*, tanto de la parte filosófica como de la parte científica, ninguna de las cuales es fácil. Sin conocimientos científicos y filosóficos serios, es bastante difícil hacerse cargo de la fuerza de los argumentos, que, por ambas partes, se proponen, y así, el que sólo sabe filosofía, comprende con dificultad al científico; y viceversa, éste, si no ha estudiado filosofía, no sabe a dónde va y qué quiere decir el filósofo.

**Nuestra posición.** — A pesar de todo lo anteriormente dicho y de haber estudiado desde el punto de vista científico y filosófico todos estos fenómenos indicados, creo que podemos muy bien hoy, como en tiempos anteriores, *afirmar la existencia de la materia y forma, no sólo en los vivientes, sino también en los seres inorgánicos*.

Entiendo esta proposición en el sentido admitido por la generalidad de los escolásticos, y así la tengo no sólo por muy probable, sino como *filosóficamente cierta*.

Pero desde el sentir de Santo Tomás y de Aristóteles hasta el de Alberto Magno, se da una gama de opiniones y de explicaciones muy diferentes. Para fijar cuál de ellas es la más probable, o tal vez la cierta, habrá que confrontarlas con los hechos científicos demostrados, los cuales pueden estar en contradicción con algunas opiniones y favorecer a otra, dándoles nuevos argumentos en su favor. No pretendo por ahora abarcar todas estas cuestiones; aquí tan sólo trato de la materia y de la forma en el sentido admitido por la generalidad de los escolásticos.

La *materia primera* es una sustancia incompleta, apta para constituir un cuerpo natural con otra sustancia incompleta también, pero absoluta, que es la *forma*, que la completa por íntima compenetración. Es el primer sujeto de todas las mudanzas de los cuerpos. Se conserva la misma en todos los cuerpos cuando tienen lugar las mudanzas sustanciales: es la raíz de la cantidad.

La *forma* es también sustancia incompleta, que con la materia constituye el cuerpo natural en su especie determinada. Es la raíz de

las propiedades activas de los cuerpos. El concepto de *forma sustancial* se ha de deducir, *a posteriori*, fundándose en los hechos observados. Si alguna de las definiciones de materia y forma están construidas *a priori*, y no concuerdan con los hechos, se tendrán que rechazar o modificar convenientemente. Los argumentos, que aduciremos después, prueban con certeza, por las mutaciones sustanciales, que existe una raíz sustancial y esencial propia para cada sustancia; y por la unidad de las acciones de una sustancia pura, que la materia y forma están unidas por íntima penetración, necesaria, para constituir un todo.

La certeza que atribuyo al hilemorfismo proviene de parte de los argumentos filosóficos, dado que se deduce de muchos hechos observados *por raciocinio*, y la tesis no se encuentra en contradicción con ninguno de los hechos observados por la ciencia, ni con las teorías inmediatamente deducidas de ellos. Más: algunas nuevas teorías parecen que están más conformes con la explicación filosófica del hilemorfismo; pero no afirmo que de ellas se deduzcan los argumentos de certeza para probar el hilemorfismo, pues siendo las hipótesis científicas sólo probables, no se puede fundar en ellas la certeza. Aunque todas estas teorías resultasen falsas, los hechos quedan en pie y lo que se funde en ellos por recto raciocinio.

La *ciencia experimental*, de suyo, no afirma ni niega, puesto que nunca podrá llegar a separar de hecho, en ningún ser mineral, la materia de la forma. Y si la separase, sería el golpe mayor que se podría dar al hilemorfismo, el cual afirma que no pueden subsistir aisladas. Aquello de ninguna manera podría ser materia y forma, sino otra cosa. Así, cuando la física ha llegado a separar el protón y el electrón en el átomo de hidrógeno, ninguno crea que el uno es la materia y el otro la forma, pues cada uno tiene su materia y forma propia. Como si el día de mañana se llegase a subdividir el protón y el electrón en otros componentes, cada uno tendría su forma diferente.

De las anteriores consideraciones aparece con claridad el error de los filósofos que, por miedo a las dificultades que pueden proceder para la unidad de forma de la heterogeneidad de estructura del compuesto inorgánico, admiten la diferencia sustancial sólo en los cuerpos simples o elementos y no en los compuestos.

**Diferencia entre la filosofía y la ciencia experimental.** — La filosofía procede en sus investigaciones por *puro raciocinio*, tanto *a priori* como *a posteriori*, sin contradecirse jamás, y procurando no

perder el contacto con los *hechos observados*; porque un hecho bien observado que esté en contradicción con una deducción lógica, por más bien razonada que a uno le parezca, la anula por completo, y demuestra claramente que en ella se oculta una falacia. Por ejemplo: el hecho real de un milagro bien observado, anula todos los raciocinios de los que quieren demostrar su imposibilidad.

La ciencia (en sentido estricto) *procede siempre a posteriori, experimentando*, es decir, observando los *hechos naturales* y provocando circunstancias especiales, normales y anormales, para ver cómo se desarrolla el proceso del fenómeno que quiere estudiar. *Con estos hechos bien observados*, nunca se ha de poner en contradicción la filosofía.

Las matemáticas tienen una naturaleza especial. Proceden siempre *a priori* por puro raciocinio, y sólo toman una propiedad de las cosas, la cantidad. No abarcan todo el problema de la naturaleza de las cosas, y muchas veces los datos fundamentales son arbitrarios; aunque el raciocinio sea verdadero, las consecuencias pueden no serlo. Por esto, conviene tener un cuidado especial con estas teorías físicomatemáticas; pues cuando los científicos comienzan a *filosofar* sobre ellas, sacan a veces consecuencias inquietantes para un *verdadero filósofo*, como la que hoy se afirma corrientemente por varios científicos de que la materia no existe, sino que sólo es *energía condensada*. Ninguno que no sea muy perito en matemáticas y en física podrá señalar el punto de la argumentación, en que se desvían del recto raciocinio, al llegar a una conclusión, que por razones de otra ciencia diferente se descubre con certeza, que es falsa (1).

Acabo de decir que los científicos a veces *filosofan*, y conviene notar esto diligentemente; pues una cosa es lo que dice la ciencia (*in suo ordine*), es decir, en el orden experimental bien demostrado, y otra lo que dicen los científicos cuando se salen de su *objeto formal*, y comienzan a meterse en el campo de la filosofía. ¿Cuántos disparates no han dicho? Es muy natural en el hombre el deseo de filosofar y buscar las causas de las cosas. Pero los científicos no son autoridad en filosofía si a la vez no estudian los principios y normas fundamentales de la filosofía. De suyo en cuanto científicos, deben prescindir, no negar, ni despreciar las conclusiones filosóficas.

---

(1) Véase el artículo del P. J. A. PÉREZ DEL PULGAR aparecido en *Estudios Eclesiásticos*, junio de 1930, p. 367.

De la filosofía, la *Cosmología* en particular busca las causas *últimas* del mundo inorgánico; causas eficientes, constitutivas y finales. Nosotros aquí sólo tratamos de las constitutivas. La Ciencia busca las causas *inmediatas*, basándose en lo que le dice el experimento. Pero es evidente que también la filosofía ha de tener presentes las causas inmediatas, para que no estén en contradicción con las *más internas*, que por el raciocinio se pueden descubrir.

La ciencia, tomada esta palabra en sentido general, es, según Nys, como un edificio de varios *pisos* y *compartimientos*: el piso de la filosofía es superior al de las ciencias experimentales, y tiene que fundamentarse sobre él. Si el piso de la filosofía se arruina, pueden quedar intactos los pisos inferiores, pero si éstos no son sólidos, peligra el piso superior.

La Cosmología escolástica se apoyó sobre la ciencia experimental *vulgar* de otros tiempos. ¿Al ampliarse el nuevo edificio de la *ciencia moderna*, habrá quedado completamente resquebrajado e inservible el piso superior? Yo creo que no, que sigue en pie, y que, a lo más, se le ha de dar algún retoque y acomodamiento, para que encaje perfectamente y se apoye sobre el piso inferior.

## II

### Demostración por la experiencia vulgar, esclarecida por las experiencias macroquímicas de síntesis y análisis

**Demostración.** — Prescindimos de los argumentos metafísicos y sólo nos fundaremos sobre los argumentos de *orden físico, a posteriori*. El de *las transformaciones sustanciales*, principalmente, y el de *la unidad sustancial* del individuo, que servirá más bien de confirmación.

El argumento de las transformaciones sustanciales se suele exponer de esta manera. Las *mutaciones* sustanciales exigen que quede algo sustancial (llamado *materia prima*) (si no sería aniquilamiento y creación) y que desaparezca algo sustancial y aparezca algo diferente sustancial (llamados *formas sustanciales*). (De lo contrario, no habría mudanza sustancial.)

La *unidad de las acciones* del individuo exige que lo que queda y lo que aparece de nuevo estén íntimamente compenetrados, de modo que formen un todo.

Es así, que en las transformaciones químicas algo sustancial queda, y algo sustancial desaparece, y algo sustancial aparece de nuevo, y, además, entre lo sustancial que queda y lo que aparece de nuevo existe una unidad de acción de un orden superior a las uniones modales y accidentales. Luego existe la materia y forma de los escolásticos; pues éstas son las propiedades que se les asigna.

La mayor la admite todo el mundo, la dificultad principal está en la menor, no en cuanto que haya mutaciones, sino en cuanto que éstas sean sustanciales.

**Advertencia importante.** — Pero, antes de seguir adelante, conviene notar que si uno se empeña en *ver con los ojos*, o con otro sentido material, la materia prima y la forma sustancial (es decir, que sea *evidente*), confieso que esto no puede ser, con la materia y forma de los escolásticos. Sólo vemos, tocamos y palpamos los accidentes, que radican en la sustancia, unos propios de la materia, otros propios de tal o cual forma, y otros accidentales.

Con la *razón* tenemos que admitir que hay algo, que está debajo de los accidentes (*substat*, de donde sustancia), que si *permanece*, permanecen siempre constantes todos los accidentes en ella radicados; y que si varía, varían los accidentes. Por el contrario, podemos inferir razonablemente que si estos accidentes propios varían, también ha variado lo que está debajo, o sea, la sustancia sobre que radican.

*Dirá alguno:* El que se pruebe que varían los accidentes, no basta para probar que ha tenido que variar una entidad absoluta, compenetrada con la materia.

*Respondo:* Creo que probando que todo el conjunto de los accidentes nuevos, que radican en la forma, depende de todo el compuesto, dándole una unidad de acción, que no tenían sus elementos antes de la combinación, basta, para probar que ha tenido que variar una entidad absoluta sustancial, compenetrada por la materia, que la completa, para formar un todo sustancial. Pues no tenemos otra manera de conocer los cambios sustanciales; y, por consiguiente, tendríamos que conceder el absurdo, de que no podemos demostrar que en el mundo se produzcan cambios sustanciales, y que todos son cambios accidentales. Viniendo a casos particulares, en química no podríamos probar la diferencia, *no de magis et minus*, sino de orden diferente, que todos los químicos admiten, entre una mezcla y una combinación. En un vegetal no podríamos probar que haya otra cosa sustancial diferen-

te de una mezcla de oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, carbono y trazas de otros elementos ligeros; porque nosotros sólo vemos accidentes diferentes. Este orden diferente de mutaciones, que vemos entre una mezcla y una combinación, sólo puede ser accidental o sustancial; como el de una mezcla es accidental, el de una combinación y el de una planta, para que sea diferente, ha de ser sustancial.

En las observaciones de los fenómenos naturales distinguimos muy bien entre unos accidentes, que acompañan a un ser determinado *no siempre y per se*, sino accidentalmente o *per accidens*, v. gr., que un metal esté caliente o frío, electrizado o no; y otros que le acompañan *siempre*, y éstos son las propiedades *ut sic*. Sólo de estas propiedades decimos que radican en la sustancia, y sólo ellas son señales para conocer si ha habido cambio sustancial. Unas de estas propiedades radican en la materia, como la cantidad de masa, que se mide por el peso, y otras en la forma, como tal o cual actividad de reacción.

**Prueba de la menor.** — Será suficiente probarla en cuanto a la forma; pues que la *materia primera* sea la misma para todos los seres inorgánicos, todos lo conceden.

**Prueba de la menor por la observación vulgar.** — La experiencia vulgar enseña que hay mucha diferencia entre unos y otros cuerpos inorgánicos: por ejemplo, entre un trozo de hierro, otro de azufre y otro de sulfuro de hierro, y distingue este último de una mezcla accidental de polvo de azufre y de limaduras de hierro; pues sabe que en esta última mezcla, levigándola con agua, las limaduras de hierro se irán al fondo con más facilidad que el polvo de azufre, y agitando el agua convenientemente y decantando, se separará el azufre de hierro; pero esta separación no la podrá hacer en el sulfuro de hierro. Si el observador es algo más instruido, sabrá que un imán podrá separar el hierro del azufre. Como éste se podrían exponer innumerables casos.

El vulgo supone, con sentir común, que esta diferencia de propiedades basta para decir con certeza: el hierro es de una sustancia diferente del azufre, y éstos dos diferentes del cultivo de hierro; pero no dice que los dos primeros son sustancia diferente de la mezcla de azufre y de hierro. El filósofo, después de examinarla, no hace más que confirmar la apreciación del vulgo. Luego por la observación vulgar se deduce que es verdad que unos seres inorgánicos son sustancias diferentes de los otros. Pero esto no puede ser verdad si algo sustancial no ha variado (a lo cual llamamos forma los filósofos).

Sólo en esta observación vulgar se apoyaban los antiguos filósofos, para deducir de ella la existencia de la forma sustancial, que daban como cierta.

**Prueba de la menor por la química moderna.** — La observación científica actual está mucho más aquilatada que la observación vulgar; por esto, al presente, puede haber razonable duda de si ésta concuerda con la observación vulgar, o de si está en abierta contradicción y conviene examinarla, para ver si hay que retocar algo en el edificio de la filosofía que sobre ella está fundado.

Antes de seguir adelante, es necesario distinguir entre las observaciones que efectúa la ciencia química sobre los cuerpos constituidos, como parecen a simple vista, a la cual, por abreviar, llamaremos *macroquímica*; y entre las que se refieren a los constitutivos pequeñísimos, electrones, protones, átomos y moléculas, que no se pueden ver a simple vista, a la cual también, por abreviar, la llamaremos *microquímica*.

**Prueba de la menor por la observación científica macroquímica.** — Actualmente han sido sometidas muchas sustancias inorgánicas y orgánicas a numerosas experiencias, no sólo a la temperatura y presión ordinarias, sino a toda la serie de temperaturas y presiones que se ha podido, en condiciones muy variadas. En esto consiste precisamente la investigación experimental, de modo que se han fijado y catalogado las propiedades, no sólo de las sustancias puras, sino también de muchas mezclas definidas. Es decir, que la observación vulgar ha sido completada y criticada con toda la exactitud posible por la física y química moderna. A pesar de todo, delante de estos hechos bien observados, el argumento, apoyado sólo en la experiencia vulgar por los antiguos escolásticos, permanece con toda su fuerza probativa.

Las observaciones de macroquímica se pueden dividir en dos grandes secciones: de *síntesis* y de *análisis*, y discutiremos las consecuencias que se deducen de cada una de ellas en particular.

**Por las experiencias de síntesis química.** — Si juntamos en recipiente cerrado oxígeno e hidrógeno (1), poniendo doble volumen de hidrógeno que de oxígeno (o en peso ocho partes de oxígeno por

---

(1) Puede verse explicado con más pormenores este caso en mi obra de *Análisis químico mineral*, t. I, p. 118.

una de hidrógeno), a la temperatura ordinaria, el aspecto exterior de una observación vulgar no nos dirá nada; porque ni cuando estaban separados en sus recipientes respectivos éramos capaces de distinguir el uno del otro, ni ambos del aire ni de otro cualquier gas incoloro. Tampoco vemos ningún cambio de propiedades cuando los mezclamos. ¿Qué ha de hacer en este caso particular el filósofo? Lo que debe hacer, si quiere obrar con prudencia, es suspender el juicio; y si imprudentemente se abalanzase a dar su parecer se equivocaría, porque tendría que decir que el oxígeno e hidrógeno y cualquier gas incoloro eran la misma cosa, *aire*, como decían los antiguos. Se trata de un caso *negativo*, es decir, en el cual no vemos ninguna diferencia en sus propiedades, porque no las hemos examinado sino a simple vista. Tendríamos que haberlas examinado *positivamente* todas o casi todas sus propiedades, para poder dar un juicio razonable sobre *este caso particular*. En otros muchos casos, como antes hemos dicho, encuentra ya estas diferencias la observación vulgar.

Lo que no puede distinguir el vulgo, lo puede reconocer el químico con gran facilidad. Si somete la mezcla en un eudiómetro a la chispa eléctrica, verá que se produce una gran explosión, y que luego, si ha tenido cuidado de compararlo a la misma temperatura, con tal que pase de los 100 grados, si antes el volumen era como tres, ahora es como dos solamente, y que si deja enfriar a la temperatura ordinaria, antes la mezcla era gaseosa y ahora lo que ha resultado es un líquido. Si en otra experiencia pone el oxígeno y el hidrógeno en proporciones diferentes de las dichas, verá que el elemento sobrante queda sin combinarse, aun después de haber hecho saltar la chispa. Si hace saltar la chispa eléctrica por el recipiente, en que tiene almacenados el oxígeno y el hidrógeno aislados, verá que no pasa nada, y así por esta propiedad distinguirá el oxígeno e hidrógeno de su mezcla; pero por esta sola propiedad no distinguirá el oxígeno del hidrógeno. No se olvide que sólo el estudio del *conjunto de propiedades* nos puede informar debidamente sobre la naturaleza de las cosas.

El químico puede someter la mezcla de oxígeno e hidrógeno a bajas temperaturas. En este caso, observará que al llegar a la temperatura de  $-181^{\circ},4$  comenzará a aparecer un líquido blanco, y bajando la temperatura sin llegar a  $-243^{\circ},5$ , tendrá parte líquida y parte gaseosa. Separándolas y examinándolas aparte, resultará que la parte gaseosa está formada toda por el hidrógeno, y la líquida por el oxí-

geno. Si efectúa la liquidación del agua cuando ésta es gaseosa, primero la temperatura de liquidación será muy superior, de  $+100^{\circ}$ , y además no encontrará nada de hidrógeno gaseoso. De donde el químico deduce que lo primero es una *mezcla* y lo segundo una *combinación*.

Si el químico, prosiguiendo en sus prolijas investigaciones, llena de nuevo el recipiente de oxígeno e hidrógeno en las proporciones anteriores dichas y va aumentando gradualmente la temperatura, examinando atentamente lo que sucede, encontrará que antes de  $120^{\circ}$  todo es oxígeno e hidrógeno (no hay reacción) y que entre  $120^{\circ}$  y  $850^{\circ}$  se forma más o menos agua; pero que el agua formada no se descompone en oxígeno e hidrógeno (zona de los falsos equilibrios de Duhen, o zona de equilibrio metastable, como quieren otros químicos). Si en un punto de la mezcla calentásemos a más de  $850^{\circ}$  con una llamita, la combinación vendría en seguida con gran explosión y producción de calor, como en el caso de la chispa eléctrica, pues ésta sólo ha obrado por el calor y no por la electricidad (zona de combinación total). Siguiendo el aumento de temperatura a  $1.230^{\circ}$ , entraremos en la zona de equilibrio verdadero, en que el agua comienza a descomponerse sólo *en parte*, y aumentando más la temperatura, por ejemplo, a unos  $3.000^{\circ}$ , seguirá la zona de descomposición total, o sea en las que sólo puede haber oxígeno e hidrógeno, pero en la que el agua no puede existir. Esto último no lo ha podido experimentar el químico, por la dificultad especial que en ello encuentra, pero lo puede suponer razonablemente, por lo que ha encontrado, al estudiar casos análogos de sustancias que se disocian totalmente a temperaturas inferiores.

Al hacer descender ahora gradualmente las temperaturas, observará los mismos fenómenos en orden inverso hasta la temperatura de  $850^{\circ}$ ; pero, al bajar de ésta, todo será agua gaseosa, líquida o sólida, según la temperatura, pero no encontrará ya nada de oxígeno e hidrógeno como antes: las propiedades serán completamente diferentes.

Después de estas minuciosas investigaciones, el químico está cierto de que *siempre* que examine la mezcla de oxígeno e hidrógeno de la manera antes dicha, le dará los mismos resultados. También está cierto de que el conjunto de propiedades del agua, comparadas con las del oxígeno y del hidrógeno, de donde ha salido, son completamente diferentes, y casos como el del agua nos podría presentar muchísimos.

Aquí acaba la misión del químico; de la forma sustancial no nos dice nada, porque no es objeto de su ciencia, sino de la filosofía. El filósofo, basándose sobre estos hechos observados, ciertos, establece su raciocinio, y deduce que la raíz, donde se fundan estas propiedades tan diferentes, es esencialmente diferente; de lo contrario, *no se daría la razón suficiente* de estos hechos observados; y obraría irracionalmente el químico cuando afirmase con certeza: esto ( $2H_2 + O_2$ ) es mezcla de dos sustancias; esto ( $H_2O$ ) es una sola sustancia. No vemos ni tocamos con los sentidos la esencia de las cosas; pero vemos cosas que están en conexión necesaria con la esencia, como son las propiedades sensibles de las sustancias, siempre las mismas en su conjunto cuando se trata de una sola sustancia, y diferentes cuando se trata de diferentes sustancias. Luego la síntesis química demuestra la existencia de raíces de propiedades, que son diferentes y esenciales al cuerpo estudiado, porque sin ellas no podrían existir tales cuerpos, y a estas raíces, esenciales y diferentes las unas de las otras, es a lo que llama la filosofía *formas sustanciales*.

**Por las experiencias del análisis químico.** — El objeto del análisis químico es: primero *separar* las sustancias, y después de separadas, *reconocerlas* por sus propiedades particulares, sirviéndose de una manera especial de las que son peculiares o características de cada sustancia.

El analista supone, y es un hecho bien establecido, como se ha demostrado en la síntesis, que cada sustancia, observada en las mismas condiciones, presenta las mismas propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, al ácido sulfúrico lo distinguirá siempre no sólo del bromo, del cloruro de carbono y de otras sustancias que no tengan ningún otro elemento común, sino del ácido sulfuroso, del ácido persulfúrico, de todos los ácidos de la serie tiónica, y de cualquier mezcla de azufre, oxígeno e hidrógeno, de azufre y agua, de ácido sulfídrico y oxígeno, etc., que tienen los mismos componentes simples.

Por otro lado, cuando quiere determinar una sustancia dada, de ordinario no examina *todas* las propiedades, sino sólo *algunas*, las más características. Por ejemplo, para decir que en una solución existe una sal de plata, le basta obtener con ácido clorhídrico un precipitado blanco soluble en el amoníaco, reprecipitable por ácido nítrico; obtener con el soplete un botoncito blanco brillante, fusible, maleable, que disuelto en ácido nítrico y expulsando el exceso de ácido, da con cro-

mato o dicromato potásico un precipitado rojo; sin examinar otras propiedades, el analista *está cierto* de que aquello es plata.

Fundándose en estos hechos interviene el filósofo y discurre así; debe de haber una raíz diferente de estas propiedades en cada sustancia (en esto como en el caso de la síntesis), y, además, esta raíz *debe de ser una* para toda sustancia determinada, de donde dependan *todas* las propiedades propias de la forma; pues el analista, determinando *algunas* propiedades en una sustancia dada, ya saca la conclusión que tiene todas, y esto lo afirma con certeza. Si no es porque la raíz de todas es *una*, el analista no tiene *razón suficiente* para tal afirmación: obra irracionalmente. Tendría que conocerlas todas para afirmarlo con certeza, pues no se ve ninguna otra conexión entre las diferentes propiedades. Luego el analista, si no *signate*, porque no trata de ello, por lo menos *exercite* supone formas sustanciales.

*Dirá alguno:* El analista, cuando en un cuerpo encuentra varias propiedades características, da por cierto que tendrá también las otras propiedades, aunque no las busque, y que, por consiguiente, pertenecerá a una sustancia determinada, por ejemplo, plata, no porque admita forma sustancial, de la cual no sabe ni el nombre, sino sólo por *experiencia propia* o de los otros analistas, que así lo han dejado consignado en los libros.

*Respondo* que así es, y por esto he dicho que lo de la forma el analista lo sabe sólo *exercite* y no *signate*; pero saber una cosa por experiencia no es asignar una causa al hecho observado. Si queremos filosofar y buscar las causas íntimas, tendremos que admitir *signate* una raíz sustancial propia y peculiar de *todas* estas propiedades, o sea la forma sustancial.

Muy diferente es la manera de proceder del analista cuando se trata de una mezcla. Si en una mezcla de alcohol y de agua encuentra varias propiedades del agua, nunca dirá que allí hay alcohol: para afirmar esto último tendrá que buscar algunas propiedades del alcohol. En una mezcla de oxígeno e hidrógeno, si sólo reconoce algunas propiedades del oxígeno, no podrá afirmar que allí hay hidrógeno; pero en el agua, cualquier propiedad que reconozca tendrá que atribuirla al conjunto, sin poder decir: ésta pertenece al oxígeno sólo y ésta otra al hidrógeno sólo.

*Replican algunos:* Los antiguos deducían legítimamente de la observación vulgar que la forma estaba unida por compenetación con la

materia prima en toda su extensión, porque suponían que las masas sensibles químicamente puras eran completamente homogéneas en sus accidentes, y, por tanto, que también lo eran en su entidad sustancial. Pero ahora, sabiendo que las moléculas tienen heterogeneidad, por lo menos accidental, y que en las reacciones químicas se deshacen unas moléculas y se constituyen otras, variándose las uniones (*no penetrativas*) de protones y electrones, no parece cierta la existencia de la forma sustancial que compenetra a la materia prima.

*Respondo:* Es cierto que si existiese la homogeneidad que suponían los antiguos se probaría la tesis con menos dificultades; pero no es cierto que a la heterogeneidad de partes integrantes no acompañe *ninguna unión penetrativa* de estas partes entre sí (como explicaremos en la parte de microquímica) (pág. 514), lo cual basta para probar la unidad de la forma y la compenetración de ella con la materia prima, como basta en los vivientes.

**Advertencia importante.** — Aquí doy por *casi terminado* el argumento, por el que defiendo la certeza de mi tesis, apoyada en la observación vulgar y en la investigación más detenida de la macroquímica. Digo *casi terminado*, porque se completa la prueba con la demostración de que no existe ninguna contradicción entre esta tesis y la microquímica, como veremos en seguida, al exponer los principios de estas nuevas teorías. Como estas teorías sólo son probables, sobre ellas no podremos basar la certeza, aunque probaremos que con ellas concuerda mejor la existencia de la forma sustancial diferente, y, sobre todo, ayudan a determinar mejor algunos casos particulares y a esclarecer algunos puntos oscuros.

**Dificultades.** — Dirá alguno: 1) La afirmación de que en un compuesto no pueda el químico señalar una propiedad que pertenezca sólo a uno de los simples y no a todo el compuesto, no es siempre verdad para todos los casos particulares; pues cuando analizamos una sal de plata, de cobre o de cualquier otro metal, tanto si es cloruro, nitrato, sulfato, como cualquier otra sal, reconocemos siempre la propiedad *particular* del catión, plata o cobre, etc. De manera que sólo podemos afirmar que hay plata o cobre, pero no podemos decir si es cloruro, nitrato o sulfato sin investigar también aparte las propiedades de los aniones, cloruros, nitratos o sulfatos que, por otra parte, son también las mismas para cualquier sal de dicho anión.

2) Además, una mezcla de agua y de alcohol, como el vino, que

además de las dichas tiene otras sustancias, presenta también un *conjunto* de propiedades propias y características.

3) Por otra parte, ¿quién dirá que el agua líquida o sólida y el agua vapor son la misma sustancia y no tres sustancias, pues tienen un conjunto de propiedades tan diferentes, y ésta, según hemos dicho, es la señal para reconocer las sustancias específicamente diversas?

**Respondo primero en general.** — Aunque fuese verdad todo lo que suponen estas dificultades, a lo más se deduciría de ellas que en estos casos *particulares* y en otros parecidos no sabríamos determinar con certeza si son la misma sustancia o diferentes, si forman una mezcla o una combinación; pero aun admitiendo esta hipótesis, no se probaría nada contra la tesis general, pues basta para que sea verdadera que podamos señalar *algunos casos* de sustancias, que son diferentes con certeza, como lo hemos hecho, y podríamos señalar no sólo algunos, sino *otros muchos casos* parecidos.

Como puede suceder que se presente algún caso en que exista especial dificultad en determinar si un microbio dado es vegetal o animal, no tenemos derecho para afirmar que no hay diferencia esencial entre los animales y vegetales.

**Respondo por partes.** — 1) *A lo primero:* Se sabe de cierto que los iones, *cuando están separados en solución*, como es el caso propuesto del análisis, son sustancias diferentes de los metales, de los ácidos correspondientes y de sus sales. El que se encuentren *separados* ya es una razón suficiente para admitirlo; pero, además, como veremos con más detención al explicar los argumentos de microquímica, yo admito que los iones son verdaderas combinaciones del metal o del resto del ácido con el agua, según que sean cationes o aniones, y que la fuerza química es la que separa y mantiene separados los iones, que de suyo se atraen y tienen tendencia a juntarse por la atracción de la fuerza eléctrica.

En cuanto a si el metal que forma parte de una sal sólida y está unido *al resto del ácido* constituye o no un todo sustancial con él, o un todo diferente, lo más probable es que formen un todo; pero hay razones de orden microquímico, fundadas en la teoría electrónica, que dan algunos visos de probabilidad a la sentencia contraria. Es prudente, pues, suspender el juicio hasta que aparezcan nuevas razones en pro o en contra, o, por lo menos, me parece conveniente prescindir aquí de esta cuestión particular. Más adelante volveremos sobre el mismo tema.

2) *A lo segundo:* Es verdad que las mezclas tienen sus propiedades propias; es decir, propias de cada una de las formas sustanciales de las sustancias mezcladas; y como no vemos la raíz de estas propiedades, o sea su forma, hay que contrastar y experimentar, sometiéndolas a diferentes ensayos y reacciones, para poder afirmar si son una o diferentes sustancias.

El químico sabe de cierto que el vino es una mezcla, porque puede separar sus componentes de agua, alcohol, ácido tartárico, fosfatos, sulfatos, materias colorantes diversas y otras varias sustancias, por medios puramente físicos, y sin separarlos, puede reconocerlos en el seno del vino por sus reacciones específicas.

Los antiguos escolásticos, no disponiendo de los actuales medios de análisis, podrían dudar de ello y tal vez aun afirmar lo contrario. En este caso particular, la ciencia química, ha venido en auxilio de la observación vulgar y la ha corregido.

Respecto a la cuestión particular de la mezcla de agua y de alcohol, aún se podría declarar y especificar más la solución dada a la anterior dificultad.

Si según la opinión bastante probable, por no decir casi cierta, entre los químicos, el alcohol *se combinase* con el agua, el alcohol acuoso con el agua sobrante sería una mezcla, no de alcohol absoluto ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ ) con el agua, sino de la combinación del alcohol y agua ( $\text{CH}_3.\text{CH}_2\text{OH}.\text{xH}_2\text{O}$ ), con el agua. Cosa parecida diríamos del ácido sulfúrico acuoso, que sería una mezcla de anión, catión de hidrógeno y agua, y de otros muchos casos parecidos.

Como se ve, la química esclarece muchos casos particulares que el filósofo por sí solo no podría resolver. Diremos que hay una sola forma sustancial cuando el químico afirme que existe una combinación, y que son varias, cuando afirme que se trata de una mezcla.

3) *A lo tercero digo:* Que parece lo más probable que en el hielo, agua y vapor de agua se trata de la misma sustancia, pues son observaciones de la misma cosa en diferentes condiciones, o sea a diferentes temperaturas, aunque existen equilibrios entre estas diferentes fases a muchas temperaturas.

Pero como se discute, sobre todo en microquímica, si en estos diferentes estados las moléculas del agua son simples o compuestas de varias moléculas, y si el oxígeno y el hidrógeno están unidos por más o menos valencias, se puede razonablemente dudar.

Este caso estará comprendido en otro más general, es decir, en la cuestión de saber si las sustancias isómeras, tautómeras y polímeras, por lo que se refiere a los compuestos, y entre las alotrópicas, por lo que se refiere a las simples, son o no sustancias diferentes.

Aunque aquí no todos los casos particulares son iguales, como no es lo mismo el caso del agua, cuyo estado depende sólo de la temperatura y de la presión (y por esto digo que es más probable que sea una sola sustancia), que el caso del ozono y del fósforo rojo, que se descomponen al calentarse, y al enfriarse no se regeneran, sino que se quedan convertidos en oxígeno y fósforo ordinario.

Creo que la certeza de la tesis general no depende sólo de cómo se solucione este caso particular.

**Resumen de las soluciones de las dificultades.** — Resumiendo las soluciones que acabo de indicar, se puede decir que la mayor parte de las dificultades contra la tesis de la materia y forma se reducen a proponer algunos *casos particulares* difíciles. Para resolver estas dificultades, la luz se ha de buscar principalmente en la química, y si uno, aunque sea buen filósofo, no siendo a la vez buen químico, o no buscando la ayuda de la química, se atreve a resolver la cuestión, puede fracasar fácilmente en su empeño, más bien por imprudencia que por otra causa.

Apoyados únicamente en la observación vulgar, los antiguos filósofos afirmaron proposiciones falsas; su falsedad sólo se ha podido descubrir gracias a la ayuda prestada por la ciencia química moderna. *La tesis general* más bien ha sido confirmada por los nuevos descubrimientos, como antes hemos demostrado.

### III

#### Concordancia de la tesis hilemórfica con las teorías microquímicas

**Por las teorías modernas de microquímica,** o sea por las teorías atómica, molecular, electrónica, iónica, etc., que suponemos conocidas, o a lo más las iremos exponiendo brevemente a medida que las citemos.

**Nota importante.** — Conviene notar, que así como los filósofos estamos obligados a no prescindir de los *experimentos microquímicos*

de los científicos, también éstos están obligados a no prescindir de la *experiencia vulgar* ni de las experiencias *macroquímicas*. Si hay diferencia o contradicción entre la experiencia *externa* o macroexperiencia con la *interna* o *microexperiencia*, los químicos, cuando raciocinan como filósofos, tienen obligación de explicar el porqué de esta diferencia, como los filósofos en el caso inverso.

*Dirá alguno:* La experiencia vulgar muchas veces es ilusoria, como en el caso del movimiento de la tierra alrededor del sol.

*Respondo:* El caso es muy diferente; no sólo diferente, sino todo lo contrario, porque en aquel caso la experiencia vulgar no era de *directa y de fácil observación*, y en el estudio de las propiedades de las sustancias la observación vulgar es *directa y fácil*, y, además, modernamente en muchos casos ha sido ayudada por la macroquímica, mientras que en la microexperiencia científica es *indirecta y difícil*. Sin los aparatos costosos y muy delicados de que hoy se puede disponer, nunca se hubiera llegado al conocimiento que hoy se tiene de la microestructura de la materia.

No creamos que todo lo que afirman las teorías científicas son *cosa cierta*, ni mucho menos; en general, son más o menos probables, y esto, aunque en un tiempo dado de la historia todos admitan una proposición, como la del *átomo indivisible*, que defendíamos como cierta en nuestra juventud, y ahora se ha demostrado lo contrario con el descubrimiento de los protones y electrones aislados. Por otra parte, los filósofos, que no son a la vez químicos y físicos, para poder apreciar el valor de las experiencias, tienen que conocer los aparatos y medios de hacerlas; de lo contrario, es muy difícil que se hagan cargo exacto del alcance de tal o cual afirmación de los científicos. Se tienen que guiar, más bien que por *propio raciocinio*, por la autoridad de tales científicos, y éstos pueden tener autoridad en tal o cual ciencia, pero no en filosofía.

Ni las moléculas, ni los átomos, ni los protones, ni los electrones los podemos percibir (ver, oír, etc.) *directamente*. Según D. Domingo Orueta (en su obra *Microscopio*), los objetos invisibles a simple vista se pueden dividir en

- |                                |              |                               |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1) <i>Microscópicos</i> ,      | tamaño hasta | 0,11 $\mu$ (milésimas de mm.) |
| 2) <i>Ultramicroscópicos</i> , | — —          | 0,003 $\mu$ —                 |
| 3) <i>Amicroscópicos</i> ,     | menor de     | 0,003 $\mu$ —                 |

El tamaño de las moléculas es, por término medio,  $0,0006\text{ }\mu$ , o sea de 8 a 10 veces menor que las partículas ultramicroscópicas visibles en la actualidad. Pues los átomos, protones y electrones son mucho menores. Luego su conocimiento sólo lo podemos adquirir indirectamente: vemos otra cosa que está en conexión con ellos, y esta conexión presenta a veces varios eslabones. Por ejemplo: en el espantariscopio no vemos directamente las partículas que desprenden los cuerpos radioactivos, sino la fosforescencia que produce su choque en la pantalla de sulfuro de cinc (blenda Sidot).

¿Cómo se sabe la disposición de los átomos en la molécula? En un aparato especial se proyecta un haz de rayos X sobre un cristal, por ejemplo, de  $\text{ClNa}$ ,  $\text{ClK}$ ,  $\text{BrK}$ , etc. (los rayos X no los vemos directamente; la longitud de onda de sus radiaciones es demasiado pequeña para que pueda impresionar nuestra retina: sólo vemos la fosforescencia que producen al chocar contra ciertas sustancias). Los rayos X se difractan en los átomos o grupos de átomos (que no vemos) y que están dispuestos en los nodos de las redes cristalinas de la teoría de Bravais (que suponemos verdadera). Los rayos difractados van a chocar contra una placa fotográfica sensible a estos rayos. El efecto producido por los rayos X difractados en la placa fotográfica es lo único que vemos: unas manchas oscuras más o menos intensas que suponemos que proceden no de uno, sino de varios átomos, y que esta mayor intensidad está en relación proporcional con el mayor peso atómico de los átomos. Así, por ejemplo, analizando el bromuro de potasio aparecerán unas manchas muy fuertes, que atribuiremos a varios átomos de bromo (peso atómico, 79,92); otras débiles, propias de los átomos de potasio (p. a. 39,1), y otras intermedias, que procederán de átomos alternos de bromo y de potasio. Si examinamos el cloruro de potasio, como los pesos atómicos de sus elementos son muy parecidos ( $\text{Cl} = 35,5$ ) ( $\text{K} = 39,1$ ), la intensidad de estas manchas será en todas casi igual. Como sabemos, por otro lado, que en el cristal examinado no hay más que bromo y potasio, con razón asignamos las manchas intensas al bromo y las débiles al potasio. Pero *se necesita una interpretación* para descifrar el significado de esta placa fotográfica, en la que se presupone que son verdaderas todas las hipótesis que se admiten, para pasar desde estas manchas de diferente intensidad hasta la existencia de los átomos, o, mejor dicho, de la *masa de los átomos* distribuida en sitios precisos de la molécula de bromuro de potasio.

sio: *de si los átomos están o no con su forma propia, no nos dice nada la placa fotográfica.*

A pesar de todas estas dificultades, es tal la técnica admirable que han desarrollado Bragg, Debye, Hull y otros investigadores en resolver este problema, que sería imprudente no admitir las conclusiones que de estos experimentos se han deducido; y por esto los he expuesto con algún pormenor, para que se comprenda mejor después la dificultad contra nuestra tesis y la solución que damos.

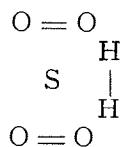
**Exposición de la prueba.** — Para mantener la certeza de la tesis, basada en el raciocinio, que se funda en la experiencia vulgar y en la macroquímica, basta demostrar que, según las teorías microquímicas, aun suponiéndolas verdaderas:

1) No es necesario admitir que los elementos estén en sus compuestos con sus formas sustanciales. Si esto fuese necesario, estarían en abierta contradicción con nuestra tesis y podría hacer dudar sobre el valor del argumento allí desarrollado.

2) Además (sin creer que sea necesario para la certeza de la tesis), afirmo que las teorías modernas, bien examinadas, se pueden conciliar, y que aún están más conformes con suponer forma sustancial diferente en los compuestos que en los simples, aunque no digo que se pueda demostrar por ellas apodícticamente.

**No existe contradicción.** — Tanto las fórmulas empíricas como las fórmulas de estructura se han de interpretar según las teorías reinantes en cada época. El que se escriba la fórmula del ácido sulfúrico  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , no quiere decir que los átomos de azufre, oxígeno e hidrógeno se encuentren en él de una manera absolutamente igual que en dichos simples, ni como están en el anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) y el agua oxigenada ( $\text{O}_2\text{H}_2$ ), ni como se encuentran en el anhídrido sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ) y el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sino que con estas fórmulas tan sólo se afirma que en su molécula existe la masa de un átomo de azufre, la de cuatro de oxígeno y la de dos de hidrógeno, y, además, que se puede descomponer en ellos siempre en las proporciones asignadas.

Para que se tuviese que admitir que la forma sustancial de los elementos permanece como tal en sus compuestos, sería menester interpretar, por ejemplo, la fórmula del ácido sulfúrico de esta o parecida manera:



Es decir, manteniéndose entre sí unidas dos moléculas de  $\text{O}_2$ , una de  $\text{H}_2$  y un átomo de S por fuerzas físicas, en las que deberían predominar las de atracción para que formasen un todo, por lo menos accidental; pero al mismo tiempo los átomos de las moléculas  $\text{O}_2$  y  $\text{H}_2$  deberían de estar unidos entre sí por las fuerzas químicas ordinarias, sin alteración ni modificación sustancial; porque si estas moléculas se alterasen, ya no se tendría derecho a decir que conservaban la misma forma sustancial.

Es así que en la actualidad ningún químico admite esta interpretación. Luego no es necesario admitir que los simples estén en sus compuestos con sus formas sustanciales.

La mayor es evidente, porque desde el momento que modifiquen algo la manera de unirse de estos átomos, ya no se vería repugnancia en que variase la forma. Por necesidad tienen que modificar esta estructura, uniéndolos *más intimamente entre sí* (sea como sea, esto ya lo veremos después); de lo contrario no podrían dar *ninguna razón suficiente* para distinguir cuándo se mezclan estos elementos entre sí de cuándo se combinan para formar el ácido sulfúrico.

Los antiguos químicos y físicos, que veían estas cosas *en confuso*, y buscaban con *gran entusiasmo* la explicación de todos los fenómenos naturales por las ideas nuevas, admitían una yuxtaposición de átomos sin alteración interna sustancial. El P. Angel Secchi, S. I. (1), dice que todo depende de la materia y del movimiento. Aun hoy en día casi todos los químicos reducen las fuerzas químicas a meras atracciones eléctricas; pero ya veremos más adelante que esto no parece probable, es decir, que las fuerzas químicas se deban sólo a atracciones eléctricas, aunque ordinariamente éstas les acompañen, como también muchas veces les acompaña el calor y el movimiento; pero tanto si son iguales, como si son diferentes, no hacen consistir en ellas la forma, aunque podrían ser para nosotros una *señal* para saber cuándo

(1) En su obra *L'unité des forces physiques*, 2.<sup>a</sup> edic. París, 1874, p. 610.

hay variación de forma, si, como suponemos, esta variación sólo tiene lugar cuando han intervenido las fuerzas químicas.

Sin embargo, cualquiera que sea su opinión sobre la *naturaleza* de las fuerzas químicas, ninguno admite que en el ácido sulfúrico estén juntos entre sí los átomos de las moléculas de  $O_2$  y  $H_2$ , sino separados y unidos directamente al azufre los cuatro de oxígeno. Respecto a los dos átomos de hidrógeno, existen dos opiniones: unos piensan que cada átomo de hidrógeno está unido a su correspondiente átomo de oxígeno, formando el radical oxhidrilo ( $OH$ ), y otros que los dos están unidos a un solo átomo de oxígeno; pero en ningún caso los dos átomos de hidrógeno están unidos directamente entre sí, como tampoco los de oxígeno. No se podría explicar, si esto se admitiese, por qué dejan de ser gaseosos a temperatura ordinaria el  $O_2$  y  $H_2$  y por qué es líquido el S en el ácido sulfúrico.

**Las teorías modernas se pueden conciliar con la existencia de la forma.** — No sólo se pueden conciliar, sino que nos pueden ayudar a explicar mejor varias cuestiones relacionadas con la tesis del hilemorfismo, como son principalmente la *homogeneidad y heterogeneidad* del compuesto inorgánico y la manera cómo los elementos están contenidos *virtualmente* en los compuestos.

No es posible en un trabajo como éste, ni exponer, ni menos discutir, las muchas y variables teorías que en estos últimos años se han propuesto sobre electrones, átomos y moléculas, desde el primitivo átomo de Rutherford hasta las últimas suposiciones de Luis de Broglie sobre el *electrón; onda y gránulo* de materia a la vez. Sin embargo, estas disquisiciones no son inútiles, como alguno podría suponer, pues han provocado experiencias muy delicadas y preciosas que proyectan bastante luz sobre región tan oscura, y estos hechos observados quedan siempre en pie, aunque su interpretación pueda variar.

Conviene notar: Primero: Que en la base de estas teorías se encuentran varios postulados no demostrados y en contradicción con la mecánica clásica. Célebres son por este respecto los dos postulados que Bohr supone como fundamento de su modelo de átomo: el de las órbitas cuánticas, estables, y el de la no emisión de ondas electromagnéticas por los electrones, que por ellas se mueven.

Segundo: Que entre algunas de estas teorías no se ve aún el lazo de unión que puede haber entre ellas, como sucede entre la teoría de

los *magnetones* de Weiss en relación con la estructura electrónica de los elementos, como el mismo P. Weiss confiesa (1).

Esto supuesto, propondremos brevemente la manera de explicar la reacción química en sus líneas generales, según las teorías, electrónica y de las valencias positivas y negativas.

**Teoría electrónica y teoría de las valencias positivas y negativas.** — Estas dos teorías no son enteramente lo mismo. La segunda se ha establecido fundándose en las propiedades macroquímicas, y los casos particulares los explica procurando que concuerde la teoría con dichas propiedades; sin embargo, ella, en el fondo, es una verdadera teoría microquímica. La teoría electrónica es como una imagen de la anterior en un terreno más profundo y *determinado* de la microquímica, en cuanto identifica una valencia positiva con un electrón periférico y una valencia negativa con la ausencia de un electrón, de los que faltan hasta completar una configuración estable de electrones.

Aunque la teoría de las valencias positivas y negativas ya se había comenzado a desarrollar mucho antes que la teoría electrónica y sin pensar en ella, hoy en día son inseparables y se completan mutuamente (2).

### Resumamos brevemente estas teorías:

1. Segundo Rutherford, el átomo consta de un *núcleo central* de volumen muy pequeño con relación al volumen total, pero donde prácticamente está concentrada casi toda la masa del átomo, y de electrones que giran alrededor de dicho núcleo en órbitas circulares o elípticas, situadas en regiones o pisos más o menos alejados del centro, como los satélites que rodean a un planeta. Véase, por ejemplo, un esquema del átomo de magnesio en la (*fig. 1*).

2. Según Bohr, estas órbitas son varias y fijas, y las únicas que

(1) «Estudios sobre el Magnetismo», *An. Soc. Española de Fis. y Quím.*, 1930, p. 155.

(2) El desarrollo de estas teorías puede verse principalmente en el t. I de mi obra: *Teoría y Práctica del Análisis Químico Mineral, explicado según la nueva teoría de las valencias positivas y negativas*. Tip. Casals, Barcelona, 1924. Resúmenes breves se pueden encontrar también en los artículos que publiqué en *Ibérica*, 1922, t. I, pp. 168 y 296, y en la *Revue générale des Sciences*, París, agosto y septiembre de 1925, pp. 456 y 503.

puede recorrer el átomo sin gastar energía: es decir, que el electrón no emite ondas electromagnéticas mientras las recorre.

3. Al pasar el electrón de una órbita a otra, modifica su energía. Absorbe energía, cuando pasa de una órbita interior a otra exterior, y desprende energía, cuando penetra dentro de otra órbita interior, produciendo radiaciones que pueden ser calóricas, luminosas, rayos ultraviolados, rayos X, según la longitud de onda que presenten. Las de los electrones exteriores, que pueden desprenderse con mayor facilidad, serán luminosas; las de los más interiores, ultravioletados y rayos X, más blandos o más duros, menos penetrantes o más penetrantes, según que su longitud de onda sea mayor o menor.

Si llamamos  $f$  a la frecuencia de la radiación y  $\hbar$  a la constante universal de Planck,  $\hbar f$  será la energía absorbida o desprendida.

Estos haces de radiaciones darán los *espectros* que son característicos de cada elemento. Si la fuerza que ha movido el electrón es tan grande que le hace saltar fuera del átomo, tendremos un *ión*.

*Dificultad.* — Bueno será aprovechar esta ocasión para exponer, aunque sea brevemente, una objeción que podría deducirse contra la diversidad de formas del simple y sus compuestos, si obtuviésemos las mismas rayas del espectro con el elemento y con sus combinaciones; porque en este caso tendríamos una propiedad igual para un elemento dado, por ejemplo, el cobre, en el simple y en el compuesto.

Conviene distinguir, para mayor claridad, entre *espectro luminoso*, que, como hemos dicho, procede de los electrones exteriores, y *espectros de rayos X*, producidos por los electrones interiores.

a) *Espectro luminoso.* — Puede ser de *llama*, de *chispa* y de *arco*.

*Respondo:* I.<sup>o</sup> En todos estos casos se puede suponer que el cuerpo volátil sometido a elevadas temperaturas se *ha dissociado*, y entonces claro está que se trata de la misma sustancia, es decir, de los elementos o de sus iones, no del compuesto. En el espectro de llama, de temperatura relativamente baja, sólo dan espectro las sales de metales alcalinos, alcalinotérreos y de alguno que otro metal parecido, cuyos compuestos son fácilmente volátiles e ionizables, lo cual confirma la anterior suposición.

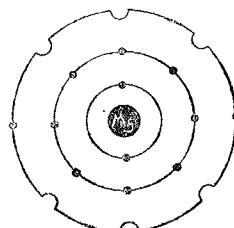


Fig. 1.<sup>a</sup>

2.<sup>o</sup> Existen espectros, como son los espectros de bandas, que, según los físicos, pertenecen a los compuestos: son conocidos los del óxido de carbono, de cianógeno, del fluoruro del silicio y el del agua. Por consiguiente, esto prueba que no siempre los espectros de los simples son iguales a los de los compuestos, y que cuando en la práctica experimental resultan iguales se ha de buscar otra causa, como es la de que estén disociados, o la que indicaremos en seguida al tratar de las sustancias ionizables.

b) *Espectros de rayos X.* — Según M. de Broglie (1), la absorción de los rayos X es un fenómeno atómico, y esto está en contra de la diversidad de formas; pero por otra parte cita las experiencias de Bergengren con el fósforo, quien encuentra diferentes rayas para el fósforo negro de Bridgemann que para el fósforo del ácido fosfórico y fosfato amónico, y las de Lindh para el cloro y el azufre, quien también encuentra diferente valor para el cloro del cloro y cloruros que para el de los cloratos y percloratos de potasio, y para el azufre y sulfuros que para el azufre de los sulfatos, y estos hechos están en favor de la diversidad de formas.

*Respondo:* 1.<sup>o</sup> Muchas veces estas radiaciones tan penetrantes ionizan y provocan reacciones químicas. Cuando se pone en marcha una lámpara de mercurio que produce rayos ultravioletas, a los pocos momentos se percibe el olor del ozono, en que se transforma parte del oxígeno del aire. Mucho más penetrantes son los rayos X, y, por consiguiente, existe suficiente fundamento para suponer que en los casos en que se obtiene el mismo espectro han disociado el compuesto y que hasta han podido destrozar el elemento simple, haciéndole perder electrones que en seguida recupera, produciendo el espectro y volviendo a su natural estado. Esto sería como si estudiásemos un animal mientras lo acribillamos a balazos.

El que el cloro del cuerpo simple  $\text{Cl}_2$  y el cloro de un cloruro den el mismo espectro, es casi cierto que se debe atribuir a la ionización de los átomos del  $\text{Cl}_2$  por los rayos X. Esta solución de la dificultad parece la más probable.

2.<sup>o</sup> Aunque así no fuese, se puede admitir que, como antes ya hemos indicado, los elementos o grupos de elementos de las sales,

(1) *Les Rayons X*, París, 1922, p. 67.

ácidos y bases, que son las sustancias que se descomponen en sus iones, estén también formando iones que se mantienen unidos por sus cargas de signo contrario. En este caso sería diferente sustancia el anión que el catión, y no sería de extrañar que el sodio, por ejemplo, del cloruro de sodio diese el mismo espectro que el sodio del bromuro, del sulfato o del nitrato de sodio, y el cloro del cloruro de sodio igual que el del cloruro de potasio, pero diferente del cloro del clorato de potasio, como antes hemos dicho.

Tendríamos entonces *un caso particular interesante*, o sea el de la unión natural de dos sustancias diferentes y, por consiguiente, con dos formas diferentes: por ejemplo, el anión cloro y el catión sodio del cloruro de sodio, el anión  $\text{SO}_4^{''}$  y los dos cationes  $\text{Na}'$  del sulfato de sodio, que siempre, naturalmente, irían juntos, unidos por fuerzas eléctricas más bien que químicas. Esto sucedería en muchísimos compuestos inorgánicos, o sea en todos los llamados «polares»: ácidos, bases y sales. Ni la experiencia vulgar ni la macroquímica nos podría decir nada sobre este caso particular, no nos daría suficientes razones para resolverlo; pero tal vez se pueda resolver con las experiencias de microquímica. Nótese que el cloro y el sodio del cloruro de sodio no serían la misma sustancia que el cloro metaloide y el sodio metal, y además que los aniones  $\text{SO}_4^{''}$ ,  $\text{ClO}_3'$ , etc., son *verdaderos compuestos*, en los que el azufre y el cloro no tienen los mismos espectros que el azufre y el cloro, cuerpos simples.

De paso se podría responder con esta solución a otras varias dificultades que se encuentran al estudiar las propiedades de estas sustancias ionizables, como el que casi todos los cromatos sean amarillos; todos los permanganatos, violados; casi todas las sales de cobre hidratadas, azules. Por esto dije, al afirmar que los iones separados en solución son con certeza dos sustancias diferentes, y que es probable que en estado sólido también lo sean, por lo menos algunos; el afirmarlo de todos ofrece serias dificultades, que no me parece conveniente exponer aquí. En este caso las consideraciones filosóficas confirmarían las deducciones sacadas de los experimentos físicoquímicos.

3.<sup>º</sup> También se podría responder que el espectro es una propiedad sólo de una parte *integrante* de la masa del electrón, puesta en condiciones especiales, y no de *todo* el ser; y puede suceder que diferentes seres tengan *alguna* parte integrante igual y en las mismas condiciones, con tal que no lo sean *todas*.

Sea de esto lo que quiera, es prudente tener un poco de paciencia, y esperar a que por nuevos experimentos establezcan los físicos con toda precisión cuál de las suposiciones que hemos indicado es la verdadera o la más probable. Entre tanto queda bien demostrado que en muchos casos el espectro de los compuestos es diferente del de los simples, lo cual basta para probar la tesis general de que el elemento no está *formaliter* en el compuesto. Pero sigamos con la exposición de la teoría electrónica.

4. El hidrógeno, que es el elemento de menor peso atómico conocido, tiene un electrón en su envoltura; el helio, que le sigue, dos (1), el berilio tres, y así sucesivamente hasta el uranio, que tiene 92. Con este número de electrones coincide el llamado *número atómico*, que no es más que el número de orden que cada elemento ocupa en el sistema periódico, progresando desde el 1 hasta el 92. Ordinariamente los «pesos atómicos» también crecen en el mismo sentido; pero existen algunas excepciones.

5. Al núcleo de hidrógeno se le llama *protón* y es la menor cantidad de masa aislada que se conoce, con una carga de *electricidad positiva*. El *electrón*, que, según Millikan, tiene una masa 1.845 veces menor que la masa del átomo de hidrógeno, o sea de un peso atómico 0,00054, es la menor cantidad de masa aislada que se conoce, con una carga de *electricidad negativa*.

6. El núcleo de los otros átomos está constituido de protones y electrones. Los protones pueden estar aislados o formando grupos, sobre todo núcleos de helio de cuatro protones y dos electrones, que son las partículas «alfa» desprendidas espontáneamente de los núcleos de los elementos radioactivos.

Las partículas «beta» son electrones desprendidos del núcleo, y las radiaciones «gamma» se identifican con los rayos X. Fuera de lo dicho no se sabe nada de cómo está constituido el núcleo de los átomos.

*Dificultad.* — Aquí se puede responder a la dificultad que presentan algunos diciendo que los elementos radioactivos están *formaliter*

(1) Aunque en mi libro de *Análisis Químico Mineral*, publicado en 1924, atribuyo al helio cuatro electrones exteriores como probables, siguiendo a Rydberg, después de las investigaciones ulteriores todos los químicos le atribuyen sólo dos.

en sus compuestos; pues el radio y sus similares, tanto si están como sulfatos, como cloruros, como bromuros o formando cualquier otra sal, siempre tienen la misma propiedad de emitir partículas «alfa», «beta» y radiaciones «gamma», propiedad que es propia y exclusiva del átomo de radio.

*Respondo:* La dificultad no es muy grande; pues sólo proviene de no haber notado que el radio, al emitir estas partículas, *deja de ser radio*, descomponiéndose en helio, electrones y otro elemento; es lo mismo que si considerásemos al hidrógeno del agua en el momento en que ésta se descompone en sus elementos oxígeno e hidrógeno. Además, se podría decir que el radio de cualquier sal es la misma sustancia, ión radio, o que la emanación es propiedad de una parte integrante, como hemos dicho antes, al tratar de los espectros; pero no es necesario acudir a estas soluciones; pues la primera es cierta.

7. La suma algebraica de protones positivos y de electrones negativos, o sea el número en que superen los protones a los electrones del núcleo, será también igual al *número atómico*, e igual al número de electrones de la periferia. Así, el átomo normal será eléctricamente neutro. Si pierde o gana algún electrón será un ión con carga eléctrica. Los electrones de la periferia, que son a la vez cargas eléctricas negativas, neutralizan a los protones del núcleo. Pero nótese que no los neutralizan como los electrones, que están dentro del núcleo. No llegan nunca a tocarlo. ¿Por qué? Dicen que la fuerza centrífuga de rotación lo impide. ¡Y esta fuerza centrífuga de dónde viene? ¡Misterio!

8. Los electrones de la periferia de los átomos están distribuidos en pisos y subpisos, más o menos, según los autores. De estos pisos tienen una importancia especial los que forman las llamadas *configuraciones estables*, que son de *dos* electrones en el primer período (1), de *ochos* en el segundo, de *dieciocho* en el tercero y de *treinta y dos* en el cuarto, o sea el *duplo de los cuadrados de los números naturales 1, 2, 3, 4*.

9. Siguiendo el sistema periódico de los elementos, los electrones de la periferia se van disponiendo en pisos, según las configuraciones estables. Los gases nobles tienen todos sus electrones formando

---

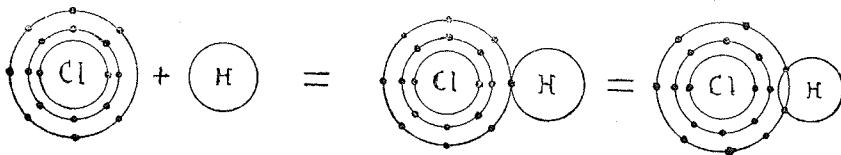
(1) Entiendo *periodo*, en el sentido que le atribuyo en la nueva disposición, que doy al sistema periódico de los elementos en las obras citadas.

estas configuraciones estables; por esto no tienen ninguna valencia. Los átomos de los otros elementos tienen tantas *valencias positivas* posibles por esta razón, cuantos electrones les sobren, después de haber completado la última configuración estable, y tantas *valencias negativas* posibles, cuantos electrones les falten, para formar la configuración estable próxima.

Como los electrones de estos pisos principales pueden formar otras agrupaciones secundarias, llamadas *subpisos*, subdividiéndose en dos o más de éstos, el número de valencias disminuye, porque sólo están formadas por los electrones de los subpisos exteriores. Como, además, pueden pasar electrones de un piso o subpiso exterior a otro interior y viceversa, el número de valencias de los elementos en que esto sucede, es *variable*.

La división en subpisos se encuentra principalmente en los períodos tercero y cuarto. Se conoce el número de subpisos que tiene cada elemento por el valor diferente de la energía que es necesaria para hacer saltar los electrones de cada subpiso.

10. Penetrando uno o varios electrones (valencias positivas) de uno o de varios átomos en la esfera de atracción de otro átomo (valencias negativas, figuradas por semicírculos entrantes en el átomo de Mg., fig. 1), éste tenderá a completar, o habrá completado, su número estable, y habrá *tenido una combinación*. Por ejemplo: el cloro, que tiene siete electrones en la última capa, atrayendo al electrón del hidrógeno, habrá llegado hasta el número 8, que es el número de su configuración estable, y habrá formado el ácido clorhídrico (fig. 2). Si, además, suponemos que otro electrón del cloro ha penetrado en la va-

Fig. 2.<sup>a</sup>

lencia negativa del hidrógeno, se habrá completado el número estable del hidrógeno, que es *dos*; en este caso habrá dos uniones, y tendremos la estructura asignada al ácido clorhídrico *gaseoso*.

La *afinidad* consistiría, según esta teoría, en la atracción mutua

que ejercen los electrones de la envoltura exterior de unos átomos sobre los electrones de la envoltura exterior de otros átomos, *por la tendencia que tienen a formar configuraciones estables o más completas.*

Nótese que esta atracción mutua, aunque se ejerce entre electrones, *no es entre electrones aislados*, sino entre un *conjunto* de electrones sobre otro u otros electrones. Además, estos conjuntos obran, no por sí solos, sino en dependencia con los otros electrones y con el núcleo del átomo. Por consiguiente, la afinidad depende, en último término, de todo el átomo, y en la combinación, la *totalidad* de todos los átomos de la molécula queda modificada en su *parte activa*, de modo que con razón podamos decir de cualquier acción, que no pertenece a éste o al otro átomo, sino a todos los átomos, o sea al *compuesto*.

**Consecuencia filosófica.** — Claro está que el químico aquí se para, y prescinde de si hay o no hay otra nueva entidad sustancial que sea la raíz de estas acciones; pero el filósofo, no sólo no ve ninguna repugnancia en que exista, sino que supone que con la forma sustancial se explicaría mejor la *unidad* de estas acciones.

Cuando los químicos afirmaban que los átomos en los compuestos estaban sólo *yuxtapuestos*, sin más, sometidos a movimientos mecánicos, era difícil admitir una modificación sustancial en ellos; pero cuando nos dicen que hay *penetración interna*, mutua influencia y modificación en la raíz de sus propiedades activas y que los movimientos mecánicos solos no bastan para explicar esta atracción, sino que, por el contrario, se han tenido que admitir postulados que están en contradicción con la mecánica clásica, ya no tiene el filósofo ninguna dificultad en defender la forma sustancial que explique la unidad del orden y armonía admirable de mutua dependencia que se ve en ese conjunto de electrones y protones, tal vez subdivisibles a su vez en otras *entitáculas* más pequeñas, para nosotros hasta ahora insospechables. Nótese de paso que la unidad y mutua dependencia de las partes integrantes no se ve tan bien cuando se las estudia aisladas, como cuando se observa su manera de obrar en conjunto; por esto la prueba principal directa de la existencia de la forma se ha de deducir de las experiencias macroquímicas.

Como el alma vegetativa, sensitiva o intelectual regula la heterogeneidad de los vegetales, de los animales y del hombre, así la forma sustancial inorgánica regularía las actividades de estas diversas partes constituyentes de naturaleza también heterogénea en algún sentido, o

sea *integrante*, que bien puede compaginarse con la homogeneidad *formal*. Por más que se disequen y estudien con el microscopio los organismos animales y vegetales, nunca encontraremos los principios vitales que los regulan; así, tampoco encontraremos en los seres inorgánicos las formas sustanciales. Es una ilusión sin fundamento el esperar que con los adelantos de las ciencias físicoquímicas podremos ver algún día la materia y la forma. Si por esto vamos a decir que no existen, prescindiendo de todos los argumentos de orden filosófico que lo persuaden, nos ponemos en grave peligro de que *a pari*, por la misma razón, se niegue la existencia de las formas o principios vitales de los seres orgánicos. Ya sabemos que la existencia de esos principios vitales ha sido negada por muchos científicos modernos, de los dedicados principalmente al estudio de las ciencias físicas y naturales. En el mundo vemos en ciertos seres un orden, una unidad especial, que regula armónicamente todos sus constituyentes entre sí de una manera íntima y de mutua dependencia: éstos son los animales, plantas, compuestos definidos y cuerpos simples (1) del mundo inorgánico.

Esta mutua dependencia es muy diferente de una simple mezcla o de cualquier yuxtaposición de varios seres, que entre sí no tienen relación de unidad y dependencia tan íntima, sino sólo accidental.

**No es cierto que la afinidad química consista sólo en la fuerza eléctrica (2).** — Kossel, en su teoría, supone como principio fundamental, y ésta es la opinión ordinaria entre los químicos, que se identifica la energía química con la energía eléctrica. A esta suposición da alguna verosimilitud la existencia de los compuestos llamados «*polares*». Por ejemplo: en el cloruro de sodio suponen que salta un

(1) No es absolutamente igual *elemento* que *cuerpo simple*. *Elemento* se llama, según Urbain, al conjunto de los isótopos de un número atómico determinado, *considerados aislados*, v. gr., H, O, P, S. *Cuerpo simple* es el cuerpo puro formado de átomos de un solo elemento. Pocas veces sus moléculas son monoatómicas, como en los gases nobles y en algunos metales en *estado de vapor*; ordinariamente, son combinaciones entre dos o más átomos del mismo elemento, v. gr.,  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $P_4$ ,  $S_8$ . Por consiguiente, poca diferencia química existe entre un cuerpo simple y entre un compuesto definido. Otra cosa es el elemento en *estado naciente*, que, si existe, lo tendremos por una sustancia diferente del cuerpo simple correspondiente.

(2) Estas ideas las desarollo con más extensión en el trabajo que presenté al Congreso de Ciencias de Barcelona, 1929: «La disociación iónica en la teoría de las valencias positivas y negativas», publicado en julio de 1930.

electrón del sodio al cloro; de esta manera el cloro ha completado su número estable de ocho, y el sodio, perdiendo el único electrón que tenía en su capa exterior, queda también con todos sus electrones, formando configuraciones estables. Como el cloro y el sodio por este hecho ya no son neutros eléctricamente, sino que quedan con cargas eléctricas de signo contrario, se atraen, y entonces se efectúa la combinación.

Concedo que en los compuestos polares puedan encontrarse juntas las fuerzas eléctricas y las químicas, y que tal vez en algunos casos actúen sólo las primeras; pero de aquí no se sigue que se identifiquen siempre, pues todos los químicos admiten que existen combinaciones de compuestos «*no polares*». Además, son muchas y graves las dificultades que se oponen a la teoría de Kossel (1).

A pesar de todo, es ésta la opinión general entre los químicos, y por esto voy a citar dos testimonios de autoridades indiscutibles, que afirman que *no todas* las combinaciones se pueden explicar por sola electricidad. Sea el primero el de Th. W. Richards (2): «La hipótesis electrónica sola no puede explicar convenientemente ni siquiera los fenómenos polares.» El segundo es de G. N. Lewis (3): «La teoría electrónica, que en algunas épocas ha dominado la ciencia de la Química, debe ser hoy abandonada o reducida a un papel secundario..... Ahora se reconoce incompetente para resolver los fenómenos fundamentales de la Química.»

En la teoría propuesta de las configuraciones estables se excluye formalmente que se identifique la fuerza eléctrica con la química, porque precisamente supone que, cuanto mayor número de electrones tenga el piso exterior, antes de llegar a la configuración estable, *con más fuerza atrae* a los electrones; y si los electrones del átomo obraren por su energía eléctrica, los siete electrones, por ejemplo, del cloro deberían *rechazar*, no atraer, con una fuerza como siete al electrón del átomo de hidrógeno, en lugar de formar con él el ácido clorhídrico. Si estos siete electrones estuviesen aislados, en lugar de formar parte del átomo de cloro, así sucedería.

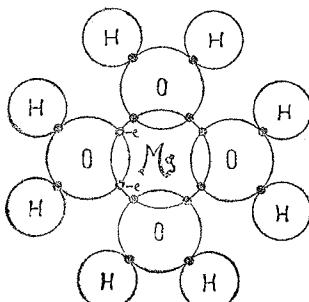
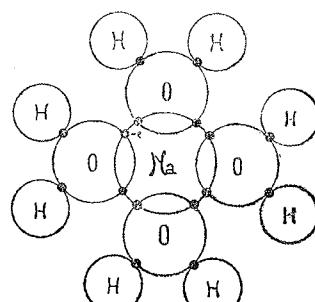
(1) Puede verse G. D. Dupont., *Bull. Soc. Chim. de France*, 1927, p. 1.103.

(2) *Chim. Phys.*, 1928, p. 83.

(3) *Chem. Reviews*, p. 231.

Suponiendo esta diferencia entre las fuerzas eléctricas y químicas, he propuesto una explicación de por qué se separan los iones en combinación, por ejemplo, los del sulfato de magnesio (1).

Admito que la separación se efectúa, porque *una fuerza química mayor contrarresta a una fuerza eléctrica menor*. El átomo de magnesio desprende los dos electrones más exteriores, que le sobran de su número estable *ochos*, y así los electrones que le quedan todos están distribuidos en números estables. Si antes tenía seis valencias negativas, ahora tendrá ocho, y se podrá combinar con cuatro moléculas de agua por el oxígeno formando una molécula, que lleva a la vez dos cargas eléctricas positivas (las señaladas con — e). Este será el catión magnesio (*fig. 3*). El catión sodio se podrá representar de manera análoga (*fig. 4*). Los dos electrones que ha perdido el magnesio han sido captados

Fig. 3.<sup>a</sup>Fig. 4.<sup>a</sup>

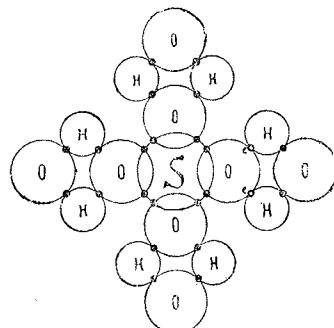
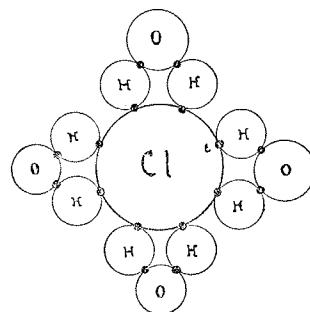
dos por uno de los átomos de oxígeno del  $\text{SO}_4^{2-}$ , el cual habrá completado así su número estable y quedará con dos cargas eléctricas negativas (las señaladas con e), equivalentes a dos valencias positivas de más. Como los otros tres átomos de oxígeno también tienen libres varias valencias positivas, se podrán combinar con ellas varias moléculas de agua por sus hidrógenos y constituir el anión  $\text{SO}_4^{2-} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (*fig. 5*). El caso del anión cloro de un cloruro será completamente análogo (*fig. 6*). Nada impide el que nuevas moléculas de agua se agreguen a las representadas en los esquemas, tanto en los cationes como

(1) En el trabajo antes citado presentado al Congreso de Ciencias de Barcelona.

en los aniones. Los trabajos de Baborovsky, Veliseck y Wagner (1) sobre la hidratación absoluta de los iones confirman esta manera de ver, pues asignan al anión cloro  $4\text{H}_2\text{O}$ , al bromo  $3\text{H}_2\text{O}$ , al catión sodio de 8 a  $9\text{H}_2\text{O}$  y al litio de 13 a  $14\text{H}_2\text{O}$ . Esta teoría está muy conforme con la teoría de los «solvatos» (2), pero además da la explicación de por qué tiene lugar esta unión del anión o catión con el agua.

En esta hipótesis se ve bien claro que el anión y el catión son dos sustancias diferentes, como dijimos antes, al solucionar la dificultad propuesta.

Es evidente que, si no se admite alguna distinción entre la fuerza eléctrica y la fuerza química, yo no puedo dar la explicación anterior de la causa que separa los iones, puesto que la misma fuerza no puede tener tendencia a *unir y a separar a la vez los mismos objetos*.

Fig. 5.<sup>a</sup>Fig. 6.<sup>a</sup>

Esta distinción entre la fuerza química y la eléctrica favorece más a la opinión que admite diferencia de forma sustancial entre los simples y el compuesto, puesto que sabemos que muchas influencias eléctricas sólo producen modificaciones *accidentales*, como la atracción mutua de dos trozos de metal cargados de electricidad de diferente signo.

(1) *Jour. de Chimie Physique*, 1928, p. 452.

(2) Pueden verse varias citas de los autores que defienden esta teoría de los «solvatos» (P. Dutoits, H. Duperthuis, A. Reyhler, J. H. Wilson, Arrhenius, H. C. Jones y B. Cabrera) en mi trabajo «Aniones, cationes y complejos en la teoría de las valencias positivas y negativas», publicado en la *Revista de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, t. 21, 1923, p. 18.

no; fácilmente se podría deducir que tampoco las atracciones microeléctricas pasan en sus efectos más allá de las modificaciones accidentales.

Así como el acto de la generación nos sirve para conocer que se ha producido una nueva forma vegetal o animal, así el acto de una combinación química nos puede servir para conocer que se ha producido una nueva forma inorgánica. Al químico toca el indicarnos cuándo tiene lugar una verdadera combinación en los casos particulares; si duda, dudarán también los filósofos, y si está cierto, tendrán certeza de que se ha efectuado un cambio sustancial.

**Homogeneidad y heterogeneidad. Permanencia virtual de los elementos.** — Por lo dicho hasta aquí se ve que no parece probable la opinión de aquellos filósofos que desearían una homogeneidad tal de los elementos en el compuesto que fuese total, es decir, que las masas del oxígeno y del hidrógeno se fusionasen de tal manera al formar el agua, que no se pudiesen señalar partes *integrantes* diferentes. Esta opinión habrá sido formulada *a priori*, sin tener en cuenta la realidad de los hechos. Estos demuestran, en el estado actual de la ciencia química, todo lo contrario. Es preciso admitir heterogeneidad *integrante*, lo mismo que en el cuerpo de los vivientes; y esto no impide el que se pueda y deba admitir *homogeneidad formal*, que es la que da unidad al compuesto.

Esta heterogeneidad integrante explicará mucho mejor la *existencia virtual* de los elementos en el compuesto, que no se puede dejar de admitir, porque es un hecho de experiencia. Si la homogeneidad fuera total, no se ve por qué sólo una parte (en peso) del agua se convierte en hidrógeno y ocho en oxígeno, y tampoco se explica por qué resulta de la descomposición del agua oxígeno e hidrógeno y no otros elementos cualesquiera.

**Unión penetrativa entre las partes integrantes.** — Por la noción de afinidad, que antes hemos dado, se puede responder a la dificultad que dejamos pendiente de solución en la página 493, afirmando que las uniones de *las partes integrantes* de los átomos y moléculas son *penetrativas en algún sentido*.

En el átomo tenemos protones y electrones con mutua influencia, y, por consiguiente, para que no se dé acción a distancia, tenemos que admitir el éter u otra cosa que le supla. En la última y modernísima teoría de Luis de Broglie, que identifica a los electrones con corpúscu-

los-ondas, hay que ver si estas ondas interfieren entre sí, y entonces habría mutuo contacto penetrativo. Pero sea de esto lo que se quiera, pues no conocemos *toda* la estructura de los átomos, por lo menos es cierto que en cualquier teoría se tiene que admitir que protones y electrones ejercen su mutuo influjo, a lo menos por medio del éter, u otra cosa que le supla. Por consiguiente, en el átomo habrá unión penetrativa entre sus componentes: éter que penetra en el protón y éter que penetra en los electrones.

En los compuestos de dos átomos, como uno o varios electrones son comunes a los dos, también habrá entre ellos unión penetrativa; estos dos átomos, unidos con un tercero, con un cuarto, con un enésimo átomo, también se unirán con uno o varios electrones comunes, y, por consiguiente, habrá también unión penetrativa entre todo el compuesto.

Hay que advertir que esta unión penetrativa es condición *sine qua non* para que se forme un todo sustancial, pues entre seres *separados* no podemos concebir cómo puedan formar un todo sustancial; pero esto no basta, como lo demuestra el caso de los monstruos animales y humanos, en que aparecen dos seres unidos por sus tejidos, penetrándose de manera que hasta existe comunicación entre algunos vasos sanguíneos, y, sin embargo, sabemos que hay dos seres con sus facultades diferentes. En los seres humanos, memoria, entendimiento y voluntad diferentes.

Por esto no pretendemos probar con certeza por la microquímica la existencia de la forma, sino por las propiedades y acciones de los cuerpos, como los estudiamos en la macroquímica vulgar y científica, las cuales nos demuestran cambios sustanciales y unidad en el conjunto de sus propiedades. De esto deducimos que ha de haber también unidad de forma y unión penetrativa entre sus partes integrantes, tanto en los macro como en los microelementos, como condición *sine qua non*.

La unión penetrativa de los macroelementos la vemos en macroquímica, pues lo que forma un cuerpo lo vemos unido; pero ni la forma ni la unión penetrativa de sus ínfimos elementos la podemos ver por experiencia macroquímica, y la forma tampoco por experiencia microquímica, es, por consiguiente, inútil buscarla en ella; pero la condición *sine qua non*, o sea la unión penetrativa, por lo menos de algún modo, podemos buscarla por las experiencias de la microquímica y

por lo que de ellas inmediatamente se deduce en el orden físicoquímico. Esta unión penetrativa la encontramos, como hemos demostrado, en las teorías modernas de la química, en contra de lo que antes se afirmaba, de que la unión química era sólo de yuxtaposición.

Por consiguiente, permanece con toda su fuerza probativa el argumento de la experiencia vulgar de los antiguos, reforzado con la experiencia macroquímica científica, y esclarecido, en cuanto a lo que ellas pueden dar de sí, por las experiencias y teorías microquímicas, dando cuenta de cómo se efectúa la unión penetrativa de los ínfimos elementos de los simples y compuestos, que es lo que se necesita como condición *sine qua non* para admitir la existencia de la forma una.

**El individuo en el reino inorgánico.** — Nótese bien lo que decimos de que esta unión penetrativa es sólo condición *sine qua non*, pero no causa; pues se puede dar esta compenetración con una unión sólo accidental, como en el caso propuesto de dos seres humanos unidos.

Esto supuesto, se puede dilucidar otra cuestión interesante, o sea *cual es el individuo en el reino inorgánico*.

De aquí parece desprenderse que no hay dificultad para que se ponga *en la molécula química*.

En los gases es claro que debe ponerse en la molécula, porque éstas están separadas.

En los sólidos y líquidos no obsta la unión penetrativa, que suponemos que existe en ellos, entre molécula y molécula en nuestra teoría de las valencias positivas y negativas; pues la unidad de acción y propiedades se encuentra ya en la *molécula química completa*.

De intento digo en la molécula química completa, y no en la molécula cristalina; pues aunque muchas veces ésta pueda identificarse con la primera, no siempre sucede así; pues sabemos que, juntándose varias moléculas químicas, pueden dar lugar, según las circunstancias, a cristales de diferente sistema: como el carbonato de calcio, *calcita*, del sistema romboédrico, y el carbonato de calcio, *aragonito*, que es rómbico con tendencia seudoexagonal. Esta tendencia a aumentar la simetría se ve en otros muchos minerales, sobre todo en los de fórmulas complicadas, como la *leucita*, que es seudocúbica.

**Conclusión.** — Hemos terminado nuestra exposición, que, a pesar de omitir muchos temas interesantes relacionados con ella, no ha sido tan breve como yo hubiera deseado. Me he visto obligado a ello,

para poder ante todo expresar los conceptos filosóficos y científicos con toda claridad, y situar la cuestión en el *verdadero punto de vista*, desde donde hay que enfocarla, dando al César lo que es del César, y a Dios lo que es de Dios; quiero decir: a la filosofía lo suyo, y a la ciencia lo suyo; procurando que no se meta la una en el terreno de la otra; pero no perdiendo nunca el mutuo contacto, procediendo siempre *a posteriori* en nuestro raciocinio.

Creo que podemos seguir sosteniendo nuestras posiciones filosóficas y manteniernos en nuestro castillo, como los científicos se mantienen en el suyo; pero no conviene que de tal manera nos encerremos en él, que no sepamos nada de lo que pasa en el campo vecino.

Nos quejamos de los científicos, y con razón, de que ellos no se preocupan lo más mínimo de lo que sucede en el campo de la filosofía. Esta separación se ha convertido en incomprendición, y algunas veces, hasta en desprecio. El resultado de este estado de cosas ha sido fatal para la filosofía; pues de *hecho* los científicos filosofan, pero filosofan mal sin las guías y sabias normas de la filosofía escolástica, y por esta causa han infestado el mundo con sus falsas doctrinas filosóficas, valiéndose de la autoridad, que les da su ciencia experimental.

El puente que antes unía la ciencia con la verdadera filosofía está roto. Para que nosotros podamos ayudarles, es necesaria la mutua comprensión, y para esto es preciso restablecer el puente. Ellos no quieren restablecerlo; a nosotros, pues, nos toca, por caridad y por deber de celo, hacer todo lo posible para que las buenas relaciones se restablezcan.

Metámonos en su campo, que es el de la ciencia; pero llevando bien prevenidas las armas de la filosofía, sin olvidar la coraza de defensa, pues corremos peligro si quedamos inermes. Así les haremos pasar el puente a los científicos, y los podremos introducir en el campo de la filosofía cristiana, tomando de esto ocasión para declararles que la verdad de la Iglesia no contradice, ni es posible que contradiga nunca, a la verdadera ciencia experimental y a sus deducciones razonadas; pues toda verdad es hija de Dios, de cuyas manos han salido todas las admirables obras del Universo, que el mismo Dios ha entregado al estudio y disputas de los hombres.