

VALORACION DE LA OBRA DE PROUST Y BERTHOLLET EN LOS TEXTOS DE QUIMICA GENERAL

PERE GRAPI VILUMARA
MERCÉ IZQUIERDO

Universitat Autònoma de Barcelona

RESUMEN

En este artículo se analizan las referencias que se hacen a la obra de Proust y de Berthollet en algunos textos de química general del siglo XIX y XX.

En libros de química general actuales se encuentran con frecuencia referencias a la polémica que supuestamente mantuvieron Proust y Berthollet con motivo de la composición fija de las sustancias. Sin embargo, nos parece que, en general, estas referencias tienen poco rigor histórico; la polémica entre Proust y Berthollet se ha ido convirtiendo en un argumento retórico a favor de la teoría atómica y de la metodología científica.

Con todo ello ha quedado claramente magnificada la cualidad científica de Proust, en detrimento de la de Berthollet, con el olvido consiguiente de la originalidad y la honestidad de las aportaciones de Berthollet a la química.

ABSTRACT

The controversy held by Proust and Berthollet in the opening years of the 19th century about the limits in the proportions of combination between two substances became a rhetoric strategy in favour of Dalton's atomic theory.

The final consequence of this episode has been transferred into textbooks in terms of winner against loser neglecting Berthollet's scientific status in the 19th-century chemistry. The main goal of this paper is to point out some of the causes of this unequal treatment and to explore its consequences in the teaching of chemistry.

The content of the paper is focused on the degree of commitment of textbooks, published in France and Great Britain, with the innovation introduced by Berthollet into the system of chemical affinities.

Nos ha parecido interesante investigar las causas del trato desigual que recibe la obra de ambos científicos y explorar sus consecuencias por lo que se refiere a la enseñanza de la química general.

Special attention has been paid to Fourcoy's textbooks of chemistry published before Berthollet's death and in those ones that appeared after this date. This fact provided a disbalanced version of the debate on the limits of combination, which is still reproduced in our present textbooks of chemistry.

Palabras clave: Química, Siglos XIX-XX, Libros de texto, Proporciones de combinación.

1. Introducción

El tipo de contenidos científicos que los libros de texto intentan difundir ha sido objeto de cierto análisis por parte de T.S. Kuhn. Si bien es cierto que éste, al tratar este tema, se ha circunscrito mayoritariamente a los libros de texto de ciencias actuales, el papel otorgado a los mismos en los períodos de ciencia normal induce también a contrastar las tesis de Kuhn cuando se refieren a otras etapas del pensamiento científico.

Para Kuhn, los libros de texto se limitan a incorporar y a difundir el cuerpo teórico de conocimientos aceptados por la comunidad científica, es decir, el conjunto de aquellos logros que la comunidad ha reconocido como fundamento para su práctica futura; y para cumplir con este objetivo no se considera necesario que estos textos proporcionen una información ajustada del proceso de reconocimiento y aceptación de los fundamentos de la ciencia normal [KUHN, 1970, p. 10, 37]. En base a estas tesis se ha afirmado que los libros de texto no tan sólo han subestimado perspectivas que parecieron en su momento poco ortodoxas, sino que también han dejado de plasmar aquellas dificultades conocidas y generalmente aceptadas por la ciencia normal [BARNES, 1982, pp. 18-19].

El objetivo de este artículo es estudiar hasta que punto los libros de texto de química reflejaron uno de los cambios más importantes del pensamiento científico en la química, los que Berthollet introdujo en la teoría de las afinidades químicas vigente desde principios del siglo XVIII. Se constatará como las argumentaciones de Berthollet en defensa de su sistema condujeron a una desafortunada conclusión sobre la variabilidad de la composición de las sustancias. Tal conclusión enfrentó elegantemente a Berthollet con Proust, defensor este último de una composición fija para las sustancias. La

discusión entre ambos se centró en casos tan particulares como los óxidos y los sulfuros metálicos. Así, mientras que Proust admitía la existencia de dos grados de oxidación para los metales, Berthollet sostenía una variación continua en las proporciones de oxígeno y metal en la combinación. Veremos como la gran revolución que supuso la teoría atómica de Dalton a principios del siglo XIX neutralizó de hecho la proyección pública de la innovación de Berthollet.

En este estudio se analizan de forma particular los textos que aparecieron en los años inmediatamente posteriores a la publicación de las ideas de Lavoisier y que fueron utilizados para la enseñanza de la química en Francia.

2. La conclusión prematura de Berthollet sobre las proporciones de combinación

Ante todo es necesario constatar que mientras el sistema de Dalton se interesó básicamente por la composición de las sustancias, el sistema de Berthollet se refería sobre todo por el proceso de los cambios que acontecían en dichas sustancias, es decir, al transcurso de las reacciones químicas.

El sistema de Berthollet fue renovador porque se opuso a la teoría de las afinidades electivas vigente durante gran parte del siglo XVIII. El eje vertebrador de esta teoría era el axioma de constancia: la afinidad entre cada par de sustancias debía ser constante independientemente de las condiciones experimentales y sólo el calor podía alterar el resultado de las afinidades. Por el contrario, para Berthollet la afinidad de una sustancia respecto a otra podía variar en función de la cantidad de la misma que estaba presente en la mezcla de reacción y las condiciones experimentales podían alterar sensiblemente el resultado final de la reacción.

La teoría de Berthollet sobre las afinidades fue la misma desde su primera exposición en las sesiones de octubre y noviembre de 1799 en el Institut de France, pasando por su texto *Essai de Statique Chimique* de 1803, hasta su texto inédito de 1815. Fue en el *Essai* donde Berthollet afirmó que la composición de las combinaciones químicas variaba de manera continua en el curso de una reacción al variar las condiciones experimentales y, en consecuencia, consideró la ley de las proporciones fijas como una hipótesis mal fundamentada [BERTHOLLET, 1803, vol. 1, p. 139, vol. 2, p. 370].

En realidad, sus ideas sobre la composición de las combinaciones fueron una consecuencia innecesaria de su teoría de las afinidades. La formación de una determinada combinación debía ser el resultado de un equilibrio de fuerzas

que podía ser modificado por diversos factores. Pero Berthollet creyó que la propia composición de la combinación debería variar, cuando realmente lo que variaba al modificar las condiciones experimentales era la proporción de la combinación en la mezcla que se obtenía [SADOUN-GOUPIL, 1977, pp. 190-191].

La teoría de las afinidades de Berthollet aspiraba a convertirse en una nueva visión, dinámica, del cambio químico y no tanto en una explicación sobre la composición de las sustancias. Para Berthollet la variabilidad en la composición de las sustancias residía en la misma esencia de su concepto de *acción química*, y su rechazo a las proporciones definidas debe contemplarse, en gran medida, como una estrategia en su refutación de las afinidades electivas. Por el contrario, la teoría vigente de las afinidades electivas ofrecía una explicación satisfactoria de las proporciones definidas. Proust, convencido de que había probado la ley de las proporciones fijas a través de numerosas observaciones, muy precisas, de las relaciones cuantitativas de las sustancias combinadas, encontró en el axioma de constancia de las afinidades una justificación teórica para su ley. La conclusión prematura de Berthollet no tan sólo desencadenó la famosa controversia entre él y Proust, sino que también contribuyó a que sus ideas sobre las afinidades dejaran de despertar interés. La polémica entre ambos químicos se mantuvo, siempre con una exquisita cortesía, a través de diversas memorias publicadas en el *Journal de Physique* y en las *Mémoires de l'Institut* hasta 1808, sin que las opiniones de ambos hubieran cambiado.

3. La controversia de las proporciones de combinación en vida de Berthollet

Un primer aspecto que cabe destacar es que en los textos publicados inmediatamente después del *Essai* no se refleja la existencia de una polémica; ésta empieza a plantearse públicamente al iniciarse la segunda década del siglo. Así, en las primeras ediciones del libro de Thomson (1807) se presenta una clasificación de sustancias según que sus ingredientes mantengan o no proporciones constantes y se presenta además, elogiosamente, la obra de Berthollet. De hecho, se hace notar que todos los cuerpos que presentan proporciones constantes tienen un cuerpo elástico como ingrediente, es decir, que estas proporciones fijas están determinadas por peculiaridades del producto final, tal como indicaba Berthollet. Sin embargo, más adelante Thomson se alejó de las posiciones de Berthollet, a la vez que hizo suyos los planteamientos atomísticos de Dalton y la ley de las proporciones múltiples. Parece pues que los contemporáneos de Proust y Dalton apreciaron la novedad de las aportaciones de Berthollet, pero volvieron a los antiguos

planteamientos de las afinidades electivas de la mano de la nueva teoría atómica de Dalton.

Davy, en la misma época, fue partidario de la teoría de las proporciones definidas, a la que él mismo hizo aportaciones del máximo interés; sin embargo, se opuso a que esta constatación requiriese la creencia en unas partículas últimas de la materia. Criticó pues la teoría de las proporciones indefinidas, pero no, en cambio, las leyes de la afinidad de Berthollet, que justificó en términos eléctricos. Wollaston, igualmente, consideró como muy dudosa la ley de máxima simplicidad de Dalton, puesto que entendió que, en una serie de compuestos binarios de dos elementos, era imposible saber en cual de ellos los elementos mantenían la relación 1:1. Y, a la vez que criticó a Dalton, también elogió la *penetración* de Berthollet. Finalmente, sin embargo, y por consideraciones muy diferentes (como la existencia o no de una atmósfera finita alrededor de la Tierra), aceptó la existencia de los átomos y, con ello, se alejó también de la hipótesis de las proporciones variables.

Pfaff (1811) pareció aportar pruebas definitivas en contra de las tesis de Berthollet, a partir de una serie de experiencias en las que dos ácidos concurrían por una misma base o dos bases por un mismo ácido; concluyó que no había reparto del ácido entre las dos bases o viceversa. Berthollet, en su réplica, negó que los resultados de Pfaff fuesen contrarios a su teoría, siempre y cuando ésta se aplicara con rigor. Sin embargo, y a pesar de las quejas de Berthollet por ser malinterpretado y a sus esfuerzos por adaptar sus leyes a la creciente presión de la teoría atómica, las proporciones constantes se impusieron, incluso sin la necesidad de rendir tributo a la teoría atómica. No obstante, las aportaciones de Berthollet respecto a la afinidad continuaron siendo reconocidas, como una teoría de la reacción química que podía constituir una alternativa a la de las afinidades electivas.

La obra de Berzelius (1811-2) *Versuche die bestimmten und einfachen Verhältnisse auszufinden.* constituyó el inicio de su propia elaboración de la teoría atómica basada en una investigación estequiométrica rigurosa. Empezó por referirse a las opiniones contrarias de Proust y Berthollet en cuanto a las proporciones de combinación y se pronunció claramente a favor del primero. Sin conocer aún directamente la teoría atómica de Dalton, Berzelius se propuso investigar si *los saltos* en la cantidad de oxígeno fijada a una cantidad determinada de un metal, que habían sido detectados por Proust, se reproducían en otras combinaciones siguiendo leyes fijas.

Entre los químicos franceses el prestigio de Berthollet fue muy grande y por ello no es de extrañar que sus tomas de posición fueran vacilantes. Thenard admitió que existían proporciones indefinidas entre cuerpos con

afinidades débiles, los cuales formaban disoluciones. Pero hizo notar que la ley de los volúmenes de reacción confirmaba el sistema atómico de Dalton y proporcionaba un método mucho mejor para determinar las masas atómicas y no tan hipotético como lo era el anterior. Según Gay-Lussac, en cambio, su ley no hacía más que confirmar la teoría de Berthollet, que ya predecía proporciones definidas como consecuencia de un fenómeno de contracción del sistema. Se ha dicho también que para Gay-Lussac, en una tradición cartesiana, el volumen era más importante que la masa; al contrario, Dalton, en una tradición newtoniana, elaboró su esquema en términos más gravimétricos. Sin embargo, más adelante, Gay-Lussac aceptó también una visión atómica próxima a la daltoniana.

Los textos a los que nos hemos referido pueden ser considerados, en su mayor parte, informes de investigación. Pero la demanda creciente de formación química a lo largo del siglo XIX impulsó la elaboración de libros de texto con un formato característico, cada vez más formal, que podemos reconocer fácilmente en los libros de texto actuales. En este sentido es imprescindible considerar la evolución de la formación científica en Francia.

4. Los textos de química durante la refundación del sistema educativo en Francia

A partir de 1795, coincidiendo con la refundación del sistema educativo francés sobre las ruinas de los colléges del Ancien Régime, se produjo una avalancha en la publicación de libros de texto para responder a la demanda de manuales temáticos de las *Écoles Centrales* de reciente creación. A modo de ejemplo se puede citar que el promedio de textos científicos, expresados como porcentajes de todos los textos publicados en el entorno de un determinado año, fue del 12% en 1785, para subir al 15% en 1798 y llegando a ser del 20% en 1812 [DHOMBRES, 1989, p. 179].

La *École Polytechnique*, máximo representante de este sistema educativo, impulsó la idea de que los programas de los cursos fuesen redactados por los propios profesores y con la profundidad necesaria para llevar a cabo una enseñanza a la altura de los conocimientos actuales. Es decir, los libros de texto debían referirse también a las últimas innovaciones acontecidas en las ciencias. El proyecto de la *Ecole Polytechnique* estaba en la línea de las sugerencias que Arbogast -colega de Condorcet en el Comité d'Instruction Publique- había presentado en su informe al citado comité en octubre de 1792, alertando del peligro que suponía para la enseñanza el uso de textos desfasados en relación al estado actual de las ciencias:

"Elevons les livres, qui contiendront les éléments des sciences, à l'hauter où sont parvenues les sciences elle-mêmes.

[Situemos los libros, que contendrán los elementos de las ciencias, al nivel alcanzado por las ciencias mismas]."

El déficit de buenos textos elementales había sido uno de los obstáculos más importantes para el perfeccionamiento de la enseñanza. La penuria de este tipo de textos era debida a que los hombres de ciencia más eminentes habían preferido ganarse reconocimiento más por sus trabajos de investigación que por promocionar la difusión de las ciencias. Arbogast, convencido de estas causas, hizo un llamamiento a las figuras más relevantes de las ciencias para poner manos a la obra de componer textos adecuados para la enseñanza de las ciencias:

"Mais si les représentants du peuple les appellent à sacrifier, pour quelque temps, la gloire attachée aux découvertes, à la gloire plus universelle qui accompagne les objets d'une utilité générale et présente; s'ils les insistent à faire fleurir les sciences et les arts, quel est l'homme de mérite, quel est le savant patriote, qui refusera ses veilles, ses peines à une entreprise si belle, si intéressante pour l'humanité ? Qui n'ambitionnera pas de devenir le bienfaiteur de la génération présente, et de préparer le bonheur des générations futures?"

[No obstante, si los representantes del pueblo les piden que sacrifiquen, por algún tiempo, la gloria vinculada a los descubrimientos por la gloria más universal que acompaña a todo lo que posee una utilidad general y actual; si les insisten en que hagan florecer las ciencias y las artes ¿quién es el hombre con prestigio, el sabio patriota, que rehusará sus desvelos y esfuerzos para una empresa tan bella e interesante para la humanidad? ¿Quién no ambicionará convertirse en un benefactor de la generación actual y preparar la felicidad para las generaciones futuras?]" [ARBOGAST, 1792, p. 127].

En relación a la publicación de textos de química puede decirse que la situación no era tan desesperada, puesto que en 1792 ya se habían publicado los libros de texto de Lavoisier, Fourcroy y Chaptal, aunque seguramente las sugerencias de Arbogast propiciaron una fecunda reedición de los mismos.

El *Traité élémentaire de chimie* de Lavoisier de 1789 fue reeditado en 1793, 1801 y 1805. Las *Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chimie* de Fourcroy publicadas en 1782, conocieron cinco reediciones con el título de *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, siendo la última de ellas en 1793. Otro texto del mismo autor publicado en 1792, *Philosophie chimique*, fue reeditado en 1795 y 1806, y *Principes de chimie*, también de Fourcroy, que había sido editado en 1787, vió una tercera edición en 1797. El texto de Chaptal *Éléments de chimie* de 1790 fue reeditado en 1794, 1796 y 1803.

Cuando las nuevas ideas de Berthollet sobre las afinidades fueron publicadas en 1801, los textos mencionados de Lavoisier, Fourcroy y Chaptal eran títulos utilizados en los cursos de química de la École Polytechnique. A ellos habría que añadir el *Mannuel d'un cours de chimie* de Bouillon-Lagrange de 1799, del que hubo una reedición en 1812, y las *Tableaux synoptiques* de Fourcroy de 1800 que fueron reeditadas en 1805 [BRADLEY, 1976, pp. 173-174].

Para cumplir con el objetivo de este estudio se han tomado como referencia los textos de Fourcroy y el texto de Chaptal *Chimie appliqué aux arts* de 1807. La elección de los textos de Fourcroy se debe tanto a que fueron los que tuvieron una difusión más amplia como a que Fourcroy fue un firme defensor de la teoría de las afinidades electivas a la que Berthollet se opuso. No obstante, es preciso puntualizar que el resto de los textos mencionados tampoco reflejaron una adhesión clara a las tesis de Berthollet. Evidentemente, hay que hacer dos salvedades en relación al texto de Lavoisier: la primera es que Lavoisier ni tan siquiera dedicó un capítulo de su texto al tema de las afinidades y la segunda es que las dos últimas reediciones de su texto fueron posteriores a su ejecución en 1794. Para Lavoisier las afinidades constituían la parte de la química más susceptible de convertirse en una ciencia exacta, pero la falta de precisión y certeza en la determinación de las mismas le convencieron de la inconveniencia de su inclusión en un texto elemental de química¹. El texto de Chaptal seleccionado para este estudio fue probablemente el primer texto de química en lengua francesa (y el único) que tomó una opción clara a favor de las ideas de Berthollet sobre las afinidades.

4.1. Los textos de Fourcroy y su programa para la enseñanza de la química

Fourcroy fue un firme adepto a la teoría de las afinidades electivas siguiendo las pautas marcadas por Bergman y Guyton de Morveau. Su colosal obra en diez volúmenes *Système de connaissances chimiques* apareció publicada en 1801, justo en el mismo año en que Berthollet ya había dado a conocer sus ideas. Fourcroy, en relación a las mismas, dijo:

"Ces recherches, d'ailleurs très utiles aux applications de la science aux arts dans lesquels il s'agit des effets constants, ne doivent rien changer aux principes de cette science sur les attractions chimiques, puis que les lois de celles-ci ne sont exposées qu'un supposant des quantités exactes, constantes et bien déterminés, comme des températures et en général des circonstances données.

[Estas investigaciones, por más que muy útiles para las aplicaciones de la ciencia a las artes en las cuales se producen efectos constantes, no deben alterar en nada los principios generales de la ciencia de las atracciones químicas, ya que las

leyes de estas últimas han sido formuladas bajo el supuesto de unas cantidades exactas, constantes y bien determinadas, como también de unas temperaturas y, en general, de unas circunstancias estipuladas]" (FOURCROY, 1801, vol. 1, Discurs Préliminaire].

Las ideas de Fourcroy no habían cambiado cuando en 1808 en el artículo *Natron* de la *Encyclopédie Méthodique* se refirió a las primeras observaciones de Berthollet en su expedición a Egipto como:

"... cette décomposition, qui semble faire une exception aux lois ordinaires des affinités, ...

[... esta descomposición, que parece presentarse como una excepción a las leyes ordinarias de la afinidad, ...]" [FOURCROY, 1808, vol. 5, p. 205].

Las buenas cualidades de Fourcroy como químico y como profesor y su capacidad organizativa como estadista explican su interés en abordar una estructuración temática para la enseñanza de la química. Fourcroy no tan solo promovió la fundación de la *École Polytechnique* y la organización de los cursos de química en los primeros años de la escuela, sino que también concibió lo que en términos actuales llamaríamos un currículum para la enseñanza de la química.

El programa que llevó a cabo Fourcroy para su enseñanza de la química puede considerarse en dos etapas. En una primera etapa su objetivo fue el de ofrecer a los estudiantes las nociones elementales de la química mediante enunciados concisos en forma de axiomas o proposiciones como los que presentó en la primera edición de su *Philosophie chimique* de 1792. Este objetivo ya lo había avanzado Fourcroy en la segunda edición de los *Eléments d'histoire naturelle et de chimie* de 1786, donde expuso la idea de que no había probablemente ningún fenómeno químico en el que no estuviera involucrado un fluido elástico y que los fenómenos químicos podían reducirse a unos cuantos fenómenos generales en los cuales se deberían considerar los cambios que sufren las sustancias mediante su atracción íntima. En la segunda etapa de su programa Fourcroy se propuso ordenar aquellas nociones elementales siguiendo un orden metódico que facilitara su comunicación a los estudiantes. Dedicó la composición de sus *Tableaux synoptiques* en 1800 a conseguir este objetivo, concibiendo estas tablas como una continuación de la *Philosophie chimique* y también como una tabla sinóptica de su posterior *Système*.

La concepción de las tablas se asentaba en dos supuestos, a modo de guías para su composición. El primer supuesto era la división de las sustancias en base a sus propiedades químicas en ocho clases, desde las más simples (luz, calórico, oxígeno, ...) hasta las más complejas (sustancias

animales). El segundo supuesto consistía en el uso de las afinidades químicas para determinar las propiedades químicas, debido tanto al orden que las afinidades permitían introducir como a su capacidad para fijar la atención y la memoria de los alumnos (FOURCROY, 1800, pp. 7-9).

La última edición en 1806 de su *Philosophie chimique* representa la culminación de su proyecto para la enseñanza de la química. Fijó las bases elementales de la química en ocho consideraciones: definición de la química, medios generales de la química, naturaleza y propiedades de los cuerpos, atracción de agregación, atracción de composición, operaciones químicas, clasificación de los cuerpos y fenómenos de la naturaleza y de las artes. Los distintos cuerpos naturales se clasificaron en los ocho tipos que ya había establecido en sus tablas y los fenómenos de la naturaleza se correspondían a los mismos *fenómenos generales* establecidos en la anterior edición de su *Philosophie*. Para Fourcroy el orden establecido para el estudio de estos fenómenos permitía expresar los principios de la química, al considerar que dicho orden estaba relacionado con la clasificación de los cuerpos naturales; y entre estos principios no tuvieron cabida las ideas de Berthollet.

4.2. El texto de Chaptal "*Chimie appliqué aux arts*"

Si bien los *Éléments de chimie* de Chaptal no introdujeron ninguna novedad en el tratamiento de las afinidades, su otro texto de 1807, *Chimie appliqué aux arts*, reeditado en 1830, representó el caso contrario. Chaptal consideró su texto como un tratado elemental de química dirigido al perfeccionamiento de las artes químicas, pues según él para que la química pudiera perfeccionar a las artes era preciso conocer en profundidad los reactivos, sus propiedades y su acción.

Seguramente no es una casualidad que fuera en un texto dedicado a la química aplicada donde se trataran, por primera vez, las afinidades químicas de acuerdo con el sistema de Berthollet. No hay que olvidar que las ideas de Berthollet fueron en buena parte el fruto de sus experiencias en fenómenos químicos acontecidos a gran escala, como por ejemplo: las observaciones en el lago del *Natrón* en Egipto, los procesos del refinamiento del nitrógeno para la fabricación de la pólvora y sus conocimientos sobre los procesos de tintaje.

La influencia de las ideas de Berthollet en el texto se aprecian de entrada en su estructuración y en la terminología utilizada para designar las distintas partes del libro. El texto está dividido en tres partes, los nombres de las cuales revelan un lenguaje propio del sistema de las nuevas afinidades: acción química, sujetos de la acción química y mezclas y combinaciones de los cuerpos. Es en la primera parte del texto donde se exponen claramente y sin

ambigüedades los principios de las nuevas afinidades: (1) la separación incompleta de una de las sustancias de un compuesto debida a su partición entre la otra sustancia y el cuerpo que provocaba la separación, (2) la influencia de la masa en el resultado de la acción química y (3) la posibilidad de realizar una descomposición total mediante sucesivas adiciones de la sustancia descomponente.

La presentación de un nuevo texto estructurado siguiendo el sistema de Berthollet y utilizando un lenguaje que incluía unos términos propios del nuevo sistema pueden contemplarse como elementos retóricos importantes del texto. La novedad que suponía esta estructuración del texto podría haber llamado la atención de un lector acostumbrado a presentaciones más tradicionales de la química (basadas en la división entre los tres reinos de la naturaleza) y captar su interés por el contenido así estructurado. El mismo lector también podría sentirse persuadido de que este contenido podía ser explicado en base a unas nuevas ideas sobre las afinidades y utilizando unos conceptos diferentes en algunos aspectos. No obstante, todo este dispositivo retórico no estuvo aliado a otro factor decisivo: la audiencia a la que iba dirigido. El texto de Chaptal fue pensado para ser utilizado en las escuelas especiales para las artes y las manufacturas químicas, donde la salida profesional normal de sus alumnos era la industria química y no la investigación o la docencia; por ello este enfoque no resultó apropiado. [DHOMBRES, *et al.*, 1989, pp. 793-795].

5. La controversia como *cliché* retórico

A partir de la muerte de Berthollet las citas referentes a su obra se diversificaron. Cada vez se le recordó menos en relación a las proporciones fijas de combinación, que se aceptaron ya sin discusión como base de la teoría atómica y como prerrequisito para diferenciar a un cambio químico de un cambio físico o bien a una sustancia química de una disolución o de una aleación; se le citó, en cambio, en relación a las reacciones de doble descomposición.

Por ejemplo, en el libro *Leçons de Chimie Générales Élémentaire*, de A. Cahours (1856), no aparece ya ni rastro de la polémica entre Proust y Berthollet. En un extenso y claro primer capítulo, *Generalités*, se da por sentado: (1) que hay un límite en la divisibilidad de la materia, tal como demostraban las leyes de Gay-Lussac, las leyes de conservación de la materia y la de Richter (la constancia de proporciones en las reacciones) y en este apartado ni Proust ni Berthollet son citados; (2) que la afinidad es la responsable de la unión de los cuerpos y (3) que las afinidades fuertes producen

un número limitado de compuestos, mientras que las afinidades débiles producen gran número de combinaciones, siempre poco estables pero diferentes de las disoluciones porque hay un cambio en las propiedades de los cuerpos que intervienen. Las leyes de Berthollet, en cambio, tienen un lugar destacado al referirse, en un capítulo específico, a las acciones entre ácidos y bases con las sales, y a las acciones mutuas entre sales.

Este patrón de presentación de las bases de la química es el más habitual en los libros de química general de la época, que se refieren con una cierta cautela a la teoría atómica, pero que defienden las proporciones definidas como base indiscutible de la química y se refieren a la teoría de la afinidad de Berthollet en los capítulos dedicados a las reacciones de doble descomposición entre ácidos, bases y sales.

Cannizzaro, en su *Sunto di un corso...* (1858), un texto muy claro y bien estructurado, presentó las diferentes aportaciones experimentales a lo largo del siglo para terminar proponiendo una escala unificada de masas atómicas plenamente justificada por el contenido del texto. Cannizzaro dió por aceptada la ley de Proust, sin citar a Berthollet. Mendelejeff, en su libro *Principes de Chimie*, se refirió igualmente a la estequiometría y a las leyes de Proust, que dió lugar a la distinción entre cuerpos compuestos en proporciones definidas y cuerpos compuestos en proporciones indefinidas, recordando simplemente que aún, a principios de este siglo, Berthollet no había hecho tal distinción.

Wurtz, en *La théorie atomique* (1880), defendió de manera rotunda la hipótesis atómica, considerando que había recibido suficiente confirmación experimental y que *se halla en la base de las ideas modernas sobre la constitución de la materia*. Debemos recordar que desde hacía más de veinte años los defensores de un positivismo a ultranza eran contrarios a la teoría atómica y no se referían a *masas atómicas* sino a *masas equivalentes*. El libro de Wurtz es, en este sentido, retórico: todo en él está ordenado de manera que la hipótesis atómica resulte deslumbrante. Y uno de los argumentos escogidos es precisamente la evolución histórica de la teoría, puesto que se cuenta con una presuposición previa: la ciencia avanza progresando.

El libro consta de dos grandes apartados: *Les atomes y L'atomicité*, y el primero de ellos (163 p. de un total de 240), donde se exponen las diferentes etapas de formación y consolidación de la hipótesis atómica, tiene una gran semejanza con el libro de Cannizzaro. Sin embargo, el tono de ambos textos es completamente diferente; el de Wurtz es mucho más prepotente, con una visión de la historia de *buenos* y de *malos* que podría resumirse en un título supuesto: *De como llegó la luz a iluminar las tinieblas de las primeras épocas de la química, dominadas por la ignorancia*. La polémica entre Proust y

Berthollet se muestra ya claramente estereotipada, apareciendo como un toque anecdótico que refuerza la argumentación. La figura de Proust, reconocida como más humilde científicamente que la de Berthollet, se ensalza por su lucha a favor de la verdad, a pesar de la desigualdad de fuerzas. (Curiosamente, los ejemplos que se citan en el texto como corroboradores de las proporciones constantes son, sin embargo, los que darían la razón a Berthollet: los sulfuros metálicos²). Se citan elogiosamente las aportaciones de Wenzel y de Richter; las de Berthollet, que las amplía a las proporciones de reacción entre ácidos y bases, quedan en parte desautorizadas por no ser coherentes con las proporciones variables que defendía en otros casos.

En cambio, Wurtz ya no se refiere a este tema en su libro *Leçons élémentaires de Chimie Moderne (1884)* sino que en él simplemente expone la *verdad química*, fundamentada en las proporciones constantes. En los textos posteriores, hasta los actuales, encontramos esta misma diversidad: en algunos de ellos se expone simplemente la teoría química; en otros se utiliza la historia de la química como argumentación que fundamenta las teorías expuestas y en estos últimos se repite exactamente el mismo tipo de argumentación retórica.

En el siglo XX han aumentados los textos que no solamente exponen la teoría química, sino que la argumentan y es muy frecuente encontrar la misma versión de la disputa entre Proust y Berthollet. Ya nadie sabe gran cosa de ellos, ni de la época en que vivieron, cuando se empezaba a creer en los átomos sin conocerse ni sus masas ni las fórmulas de los compuestos; sin embargo, lo anecdótico es lo que ha perdurado.

6. Berthollet: un precursor del equilibrio químico

La aportación de Berthollet a la teoría de las afinidades se ha mantenido presente en los textos de química general durante todo el siglo XIX, especialmente en el capítulo de ácidos y bases, para desaparecer completamente en el siglo XX. A nivel de investigación, la figura de Berthollet fue recordada por todos los que se adentraron en la problemática de la reversibilidad química, para llegar, a partir de 1855, a la caracterización del estado de equilibrio químico. Sin embargo, tampoco en este punto llegó a triunfar el sistema de Berthollet: la problemática que él estudió (las reacciones entre sales) no fue la más adecuada para cristalizar en una teoría sobre equilibrio químico, puesto que fueron las reacciones orgánicas -la esterificación en particular- las que se mostraron más adecuadas para este propósito [HOLMES, 1962].

La línea de pensamiento de Berthollet, muy ligada a una experimentación relevante en su época, pero suplantada más adelante por otras más novedosas y por nuevas metodologías, resultó difícil de comprender. Su marco teórico, una visión dinámica, muy *newtoniana* de la química, no pudo transplantarse fácilmente al nuevo marco atomicista y estático ni, demasiado tiempo después, al enfoque termodinámico que finalmente dió cuenta de las situaciones de equilibrio químico. Pero a pesar del olvido actual de su obra, la visión sistémica que él propuso hace de él un precursor genial del estado de equilibrio químico.

7. Consecuencias para la enseñanza de la química y de la historia de la química. Conclusiones

Del estudio de los libros de texto editados después de 1801, en particular de los de Fourcroy y Chaptal, se puede llegar a la conclusión de que no es posible generalizar sin más la tesis de que los libros de texto subestiman aquellas innovaciones que se presentan como anomalías al cuerpo de conocimientos admitido por una comunidad científica. Si bien debe admitirse que en el caso de las afinidades químicas ésta fue la tendencia, también es cierto que el texto de Chaptal fue un contraejemplo de esta tendencia. Sin embargo, está claro que finalmente los textos priorizaron la ideas de Proust frente a las de Berthollet; vamos a ver cómo funcionó el mecanismo de selección.

Es razonable pensar que el hecho de que los textos que continuaban presentando la doctrina de las afinidades electivas fueran mayoría fue un factor que debió influir en contra de la difusión de las ideas de Berthollet. Pero junto a este aspecto cuantitativo deberían añadirse otros de carácter más cualitativo.

Si nos ceñimos a los textos de Fourcroy -en particular a su *Philosophie chimique* de 1806- y al de Chaptal, podemos concluir que el primer texto ofrecía a su lector una visión de la química sólidamente basada, rígidamente organizada y con el concepto de afinidad electiva como una de sus ideas estructurantes; una visión que el texto de Chaptal no igualaba.

Por otra parte, los textos de Fourcroy fueron de uso común en instituciones educativas importantes, como la École Polytechnique, donde algunos de sus estudiantes se convertirían en los futuros difusores y enseñantes de la química que aprendían. En contrapartida, el texto de Chaptal fue utilizado en escuelas especiales donde el futuro profesional de sus alumnos no era el mismo. Ciertamente, las ideas de Berthollet fueron conocidas por los alumnos de la Ecole Polytechnique -el propio Berthollet fue profesor de la

escuela- pero en cualquier caso no hay constancia de que fueran publicadas en algún tipo de manual de clase [BRADLEY, 1976, pp. 174-175].

Estas últimas observaciones nos llevan a considerar que la deficiente textualización del sistema de las afinidades de Berthollet y la imagen que de la química difundieron los textos de Fourcroy, deberían considerarse también como factores explicativos de la pérdida de interés que sufrió el sistema químico de Berthollet.

Hasta la década de los sesenta muchos libros de química general destinados a la enseñanza (aquellos que intentaban presentar razonadamente los principios de química) se referían aún a la polémica entre Proust y Berthollet tal como lo hizo Wurtz, con una clara intencionalidad retórica. Sin embargo, recientemente ha empezado a rechazarse de nuevo la aproximación histórica a la teoría atómica. Se considera, con razón, que esta teoría puede presentarse a partir de pruebas más inmediatas y que fundamentarla en las leyes estequiométricas y en la hipótesis de Avogadro requiere un esfuerzo de comprensión demasiado importante.

Ciertamente, la teoría atómica está actualmente tan bien establecida que no requiere el esfuerzo retórico que le dedicó Wurtz. Sin embargo, los orígenes de la teoría atómica serán siempre de interés para los estudiosos de la química y el auténtico significado de los *átomos químicos* difícilmente podrá captarse si no es estudiando a fondo los acontecimientos científicos en la primera mitad del siglo XIX. La diferencia de opiniones entre Berthollet y Proust es uno de ellos, y de los más relevantes. Debería contemplarse de nuevo, sin la distorsión que se ha introducido a lo largo de los años, para apreciar dónde estaban las ideas innovadoras; y las de Berthollet, sin duda, lo eran.

La manera como se refleja este incidente en los libros de química permite apreciar hasta qué punto la historia de la química es utilizada con fines retóricos, en muchos casos desde una historiografía de *progreso constante*, para defender el planteamiento teórico que ha escogido el autor del texto. Sería necesaria una reutilización de este episodio, también retórica pero desde una nueva historiografía de *cambio/evolución conceptual*, que ya no sea de buenos y malos, de sabios e ignorantes, sino que se interese por la emergencia de los patrones explicativos que han renovado, en cada época, los marcos interpretativos de los fenómenos químicos y por los complejos mecanismos que hacen que finalmente una de los patrones se imponga a los demás. Sin embargo, podemos preguntarnos si un planteamiento de este tipo sólo tendría éxito en un texto de química general. La historia parece demostrar que no sería así, a menos que el propósito del texto fuera difundir un nuevo modelo más actual de ciencia y no sólo los principios de la química; y, también, como

hemos visto, que existiera un público suficiente que se interesara por este planteamiento.

Hemos visto que las tesis de Kuhn han quedado parcialmente corroboradas. La coherencia de los textos, que viene dada por la finalidad del autor, exige la reconstrucción ordenada y convincente de los hechos que se exponen. Nos parece que este requisito no excluye, a priori, la investigación más actual o revolucionaria; el problema está en conseguir que ésta se integre de manera eficaz en un conjunto de información y argumentaciones apropiada para el público lector.

NOTAS

1 Lavoisier, en 1792, estuvo preparando una segunda edición del *Traité* en la cual hubiera aparecido un capítulo relativo a las afinidades [BENSAUDE-VINCENT, 1990, p. 450, 456].

2 Posteriormente, los compuestos que presentan variaciones en su composición recibieron el nombre de *berthólidos*.

BIBLIOGRAFIA

ARBOGAST, L.F.A. (1792) "Rapport et projet de décret sur la composition des livres élémentaires destinés a l'instruction publique". En: Ch. Contel (1991) *La République et l'école. Une anthologie*. "Agora. Les Classiques". Press Pocket, Anglatere.

BARNES, B. (1982) *T.S. Kuhn and social science*. New York, Columbia University Press.

BENSAUDE- VINCENT, B. (1990) "A view of the chemical revolution through contemporary textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal". *BJHS*, 23, 435-460.

BERZELIUS, J.J. (1811-12) "Versuche die bestimmten und einfachen Verhältnisse auszufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur miteinander verbunden sind". *Ann. Phys.* 37 (1811), 249-334, 415-72; 38 (1811), 161-226; 40 (1812), 162-208, 235-330.

BERTHOLLET, C.L. (1803) *Essai de Statique chimique*. 2 vols. Paris, Badouin.

BRADLEY, M. (1976) "An early science library and the provision of textbooks: The Ecole Polytechnique, 1794-1815". *Libri*, 26(3), 165-180.

CAHOURS, A. (1856) *Leçons de Chimie Générale Élémentaire*. Paris, Mallet, Bachelier.

CANNIZZARO, S. (1858) "Sunto di un corso di filosofia chimica fatto nella Reale Università di Genova". *Nuovo Cimento*, 7, 521-566.

CROSLAND, M., 1991 (1978) *Gay Lussac, Savant et Bourgeois*. Paris, Belin.

DALTON, J. (1808-1827) *A new System of Chemical Philosophy*. Manchester, London, Rusell and Allen.

DAVY, H. (1811) "On some of the Combinations of Oximuriatic Gas and Oxygen, and on the Chemical Relations of these Principles to Inflammable Bodies". *Phil. Trans. Roy. Soc. 101*, 155-162.

DHOMBRES, J. (1989) "Books: Reshaping science". En: R. Darton y D. Roche (eds.), *Revolution in print. The press in France. 1775-1800*. Berkeley, CA, University of California Press, 177-210.

DHOMBRES, N., DHOMBRES, J. (1989) *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France, 1793 - 1824*. Paris, Payot.

FOURCROY, A.F. (1801) *Système des connaissances chimiques*. 10 vols. Paris, Badouin.

FOURCROY, A.F. (1808) *Encyclopédie Méthodique*. vol. 5.

FREUND, I. (1904) *The Study of Chemical Composition*. Cambridge.

FUJII, K. (1986) "The Berthollet-Proust Controversy and Dalton's Chemical Atomic Theory 1800-1820". *BJHS*, 19, 177-200.

GOUPIL, M. (1991) *Histoire de l'affinité chimique*. Paris, C.T.H.S.

HOLMES, F.L. (1962) "From Elective Affinities to Chemical Equilibria: Berthollet's Law of Mass Action". *Chymia*, 8, 105-145.

KUHN, T.S. (1962,1970) *The structure of scientific revolutions*. Chicago, The University of Chicago Press.

MENDELEJEFF, D. (1895) *Principes de Chimie*. Traducción de la 6ª edición de "Osnovi Khimii", que apareció en su primera edición entre 1868-1871. Paris, Bernard Tignol.

PFUFF, C.H. (1811) "Expériences et observations relatives au nouveau principe de l'affinité établi par M. Berthollet, avec quelques réflexions sur la mesure de l'affinité en général". *Annales de Chimie*, 77, 259-296 (avec des notes de M.Berthollet).

THENARD, L.J. (1813-16) *Traité de Chimie Élémentaire, Théorique et Pratique*. Paris, Crochard.

THOMSON, T. (1802-1818) *A System of Chemistry*. Edinburgh.

SADOUN-GOUPIL, M. (1977) *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822. Sa vie - son oeuvre*. Paris, Vrin.

WOLLASTON, H. (1814) "A Synoptic Scale of Chemical Equivalents". *Phil. Trans.* 1-22.

WURTZ, A. (1879) *La théorie atomique*. Paris, G. Baillière.

WURTZ, A. (1884) *Leçons élémentaires de Chimie Moderne*. Paris, Masson.