

LA RELEVANCIA DE LA TEXTUALIZACIÓN EN LA IMPLANTACIÓN DE UNA INNOVACIÓN CIENTÍFICA. EL CASO DE LAS AFINIDADES QUÍMICAS A PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX EN FRANCIA

Pere GRAPÍ VILUMARA.

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC. Universitat Autònoma de Barcelona)

Resumen: Pueden esgrimirse buenas razones para considerar los libros de texto como unos instrumentos de indagación adecuados para los historiadores de la ciencia. A principios del siglo XIX el químico francés Berthollet presentó una innovación que llegó a considerarse como una auténtica subversión de la disciplina. Berthollet introdujo una visión alternativa del cambio químico que se enfrentaba a la concepción sostenida por el sistema de las afinidades electivas desde principios del siglo XVIII. El propósito de este artículo es conocer en qué grado los libros de texto franceses publicados durante el primer cuarto del siglo XIX reflejaron el sistema de las afinidades químicas de Berthollet y valorar la contribución de la tradición francesa de los libros de texto en el proceso de marginalización de las afinidades de Berthollet.

Abstract: There exist good reasons to regard scientific textbooks as research tools of peculiar interest for historians of science. At the very beginning of the nineteenth century the French chemist Claude-Louis Berthollet introduced an innovation that became to be considered subversive for the whole discipline. Berthollet launched an alternative view of the chemical change that faced with the traditional conception founded in the system of the elective affinities since early eighteenth century. The purpose of this article is to establish in which degree French chemistry textbooks published during the first quarter of the nineteenth century reflected Berthollet's system of affinities and to asses the contribution of the French textbook tradition to what can be described as the marginalization of Berthollet's affinities.

Introducción

Si las memorias de investigación representan el vehículo más dinámico mediante el cual aquellas personas que no han participado en la construcción de una innovación científica pueden acceder a su conocimiento, los libros de texto y los textos científicos representan el medio alternativo para aquellos que se forman en la disciplina que acoge dicha innovación.

El tipo de conocimiento científico que los libros de texto intentan difundir ha sido objeto de análisis por parte de Kuhn. Para él, 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 hitos que la comunidad ha reconocido como el fundamento de su futura práctica, razón por la cual no se considera necesario que los libros de texto proporcionen una información ajustada del proceso de reconocimiento y de aceptación de la ciencia normal (Kuhn 1970: 10, 37). A partir de este supuesto se ha afirmado que los libros de texto no tan solo han subestimado perspectivas que en su momento parecieron poco ortodoxas, sino que, también, han dejado de plasmar aquellas anomalías conocidas y generalmente aceptadas por la ciencia normal (Barnes 1982: 18-19).

El estudio de estos libros de texto de química no puede aislarse del contexto de su utilización. Actualmente, en nuestra cultura, el acto de aprender es en última instancia una acción inevitablemente vinculada al acto de enseñar (exceptuando situaciones autodidácticas). Este binomio enseñanza-aprendizaje está socializado en la institución escolar, la cual, precisamente, a partir de la revolución francesa se convirtió en una prioridad de los poderes públicos para atender —de forma más o menos partidista— el derecho de los ciudadanos a la instrucción. Por lo tanto, el resultado del estudio de aquellos libros de texto debe acoplarse al contexto educativo de la Francia posrevolucionaria: las instituciones de enseñanza, los profesores de química con su particular aproximación a la disciplina y su pertenencia a una determinada escuela, las exigencias de los programas de química en cada institución según sus necesidades y, finalmente, la competencia intelectual de la audiencia de los cursos. No obstante, este artículo no pretende ser exhaustivo al tratar algunos de estos elementos, sino, tan solo, presentarlos para contextualizar la enseñanza de las afinidades químicas a principios del siglo XIX en Francia.

Diferentes historiadores de la química han constatado las dificultades de comprensión que presentó el texto científico de Berthollet, *Essai de statique chimique*, donde expuso una visión definitiva de su innovación científica, y cómo esta deficiente comprensión contribuyó a una mala interpretación de sus ideas (Crosland 1972: xx-xxi y Goupil 1977: 163-164). Existe, no obstante, un notable vacío sobre la difusión de las ideas de Berthollet en los libros de texto. El presente artículo pretende contribuir a llenar este vacío y, al mismo tiempo, revalorizar la contribución de Berthollet a la revolución que transformó la química a finales del siglo XVIII.

Para cumplir con este objetivo se analizará la presentación que los libros de texto vigentes en el período 1795-1824 hicieron de las afinidades químicas. Este período comprende, prácticamente, el primer cuarto del siglo XIX, aunque se ha acotado entre estos dos años por dos motivos. El primero es que el interés del estudio está en conocer la extensión con que los libros de texto difundieron el sistema de las afinidades de Berthollet, y la primera textualización de este sistema, aun siendo incompleta, tuvo lugar en las *Séances* publicadas el 1795. El otro motivo está en el hecho de que a partir de 1813 el texto de Thenard, *Traité de chimie élémentaire*, se convirtió en el tratado de química más influyente en Francia, y la cuarta edición del texto de 1824 fue la última que se publicó dentro del primer cuarto del siglo XIX. Asimismo, el 1824 se publicó la tercera edición del texto de Orfila *Éléments de chimie*. Por idénticos motivos, el análisis de aquellos libros de texto publicados antes de 1795 se ha realizado partiendo de las ediciones posteriores a este año.

El cambio químico reinterpretado: afinidad electiva vs. acción química

A finales del siglo XVIII, la innovación que Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) había legado a la química se había convertido en una «revolución» para la disciplina. A principios del siglo XIX, Claude-Louis Berthollet (1748-1822), uno de los primeros químicos en adoptar la química antiflogística de Lavoisier, presentó otra innovación que pretendía revolucionar la concepción del cambio químico hasta entonces fundamentada en la teoría de las afinidades electivas. De acuerdo con esta teoría, el resultado de cualquier cambio químico estaba predeterminado por el orden electivo establecido, entre dos

substancias reaccionantes, en las tablas de afinidad. Así, por ejemplo, una substancia A podía descomponer a un compuesto BC ($A + BC \rightarrow AB + C$) si, de acuerdo con las tablas de afinidad la substancia B mostraba mayor afinidad para A que para C. Esta era una concepción del cambio químico que reflejaba la confianza de los *savants* del siglo XVIII en una visión de la naturaleza regida por leyes estrictas e invariables.

Las tablas de afinidad ofrecían la posibilidad de «ver» el orden electivo de las afinidades entre bastantes pares de substancias y, en consecuencia, permitían visualizar aquella concepción del cambio químico. De este modo, las tablas actuaron como una verdadera credencial visual de las afinidades electivas durante buena parte del siglo XVIII, convirtiéndose en el verdadero mensaje de la concepción asumida del cambio químico (Duncan 1996). La tabla de *rappports* de Etienne-François Geoffroy (1672-1731) (Geoffroy 1718) fue el modelo para las tablas de afinidad que proliferaron durante el siglo XVIII, pero, sin duda alguna, fueron las tablas confeccionadas por Tobern Olof Bergman (1735-1784) las que tuvieron un mayor prestigio entre los practicantes de la química. Una primera versión de estas tablas fue editada por el propio Bergman en 1775, y otras dos ediciones mejoradas de las mismas se publicaron en el texto de Bergman *Disquisitio de Attractonibus Electivis* en 1775 y en 1783 (Bergman 1788). No obstante, las tablas de afinidad no fueron el único tipo de inscripciones que dieron soporte a la difusión y aceptación de las afinidades electivas. De hecho, las tablas desempeñaron su papel aliadas con los diagramas figurativos cifrados que permitían una visualización de los cambios químicos (Crosland 1959 y Goupil 1991: 161-163, 188-189).

La estructura teórica de las afinidades químicas se desarrolló durante el siglo XVIII hasta convertirse en un sistema firmemente acreditado que había articulado una explicación del cambio químico basada en la constancia de las afinidades y en su carácter electivo. El establecimiento de un nuevo sistema de las afinidades químicas fue el resultado de unas observaciones precisas y de una no menos profunda reflexión de Berthollet sobre el cambio químico. La articulación del nuevo sistema supuso la eliminación del papel protagonista que el concepto de *afinidad* había asumido en la determinación del curso de todo cambio químico. Berthollet transfirió este papel protagonista al concepto de *acción química*, entendida como la tendencia de una substancia para formar una nueva combinación, y que cada substancia poseía en función de su afini-

dad y de su proporción cuantitativa. Dejar de considerar la constancia de las afinidades como principio vertebrador para la interpretación del cambio químico implicaba proporcionar otro principio que pudiera explicar satisfactoriamente la variedad de cambios químicos, pero, sobre todo, aquellos casos de inversión química con los que las afinidades electivas tuvieron que enfrentarse. El sistema de las afinidades electivas había previsto que el resultado de cualquier cambio químico estuviera unívocamente determinado y que, consecuentemente, los productos finales de todo cambio químico no pudieran unirse de nuevo para reproducir los reactivos originales. Así, siguiendo con el mismo ejemplo, una vez completada la descomposición ($A + BC \rightarrow AB + C$), el proceso no podía invertirse ($AB + C \not\rightarrow A + BC$). Sin embargo, la práctica de la química no dejó de proporcionar verdaderos ejemplos de inversiones químicas que llegaron a convertirse en anomalías persistentes para las afinidades electivas a finales del siglo XVIII.

Berthollet articuló el nuevo principio estructurante entorno a las llamadas leyes de la acción química. Primera, cuando una sustancia actúa sobre un compuesto, el sujeto de la combinación se reparte entre las otras dos sustancias en función de su afinidad y de su proporción. Esta primera ley no contemplaba que una descomposición tuviera que completarse. Así, pues, cuando una sustancia A descomponía un compuesto BC, B se repartía entre A y C, coexistiendo en el medio de reacción las especies A, BC y AB. Segunda, la cantidad con que una sustancia actúa puede substituir a los efectos de la afinidad para producir un mismo grado de saturación y, en consecuencia, la acción química de una sustancia disminuye a medida que aumenta la proporción de saturación. Esta segunda ley era la que asumía el fenómeno de la inversión química al prever que un exceso de una sustancia podía compensar su menor afinidad respecto a otra y así invertir el sentido de un cambio químico (Goupil 1977: 155-172). Berthollet contempló el fenómeno de la inversión química como una justificación para sus leyes de la acción química y, al mismo tiempo, consideró la formación de combinaciones químicas en proporciones variables como la esencia misma de estas leyes (1977: 195-208).

Las leyes de la acción química se mostraron especialmente vigorosas y resolutivas al tratar el fenómeno del intercambio mutuo entre sales solubles. Los estudios sobre este tipo de intercambio condujeron a Berthollet a establecer lo que, ya en el siglo XIX, se conoció como la *ley de Berthollet*: el resultado del

intercambio entre sales solubles dependía tanto de la solubilidad como de la proporción de las posibles combinaciones entre las especies disueltas y, en cualquier caso, no podía considerarse determinado a priori como defendían las afinidades electivas.

La publicidad y posterior textualización del sistema de Berthollet cubren el período entre 1794 y 1803, y estuvieron íntimamente vinculadas a dos eventos históricos notables del período revolucionario que vivió Francia a finales del siglo XVIII: los cursos de química en la efímera *École Normale* del año III y a la expedición de Napoleón Bonaparte a Egipto. La exposición de Berthollet sobre sus afinidades en aquellos cursos de química y su consiguiente publicación en las *Séances* (Berthollet 1795-1797) marcaron un punto de inflexión entre el sistema de las afinidades electivas y el de Berthollet, consolidado después de la publicación en 1803 de su texto *Essai de statique chimique* (Berthollet 1803). Fue precisamente entre ambas publicaciones cuando tuvo lugar el proceso de construcción y asimilación de las nuevas afinidades. Este proceso quedó reflejado en la lectura de las *Recherches sur les lois de l'affinité* en el *Institut de France* a finales de 1799 y en su posterior publicación el 1801 (Berthollet 1801), donde Berthollet expuso una versión bastante avanzada y madura de su sistema de las afinidades.

Cuando en 1817 apareció la última intervención de Berthollet en el debate sobre sus afinidades no se daban las condiciones para que se produjera entre los químicos un reemplazamiento progresivo del sistema de las afinidades electivas por el de Berthollet (Berthollet 1817). Este hipotético reemplazamiento chocó con diversos episodios obstaculizadores, unos de ámbito general, como el elevado grado de consolidación de las afinidades electivas y las dificultades de comprensión de la exposición de Berthollet (Dumas 1837: 322). Internamente, no obstante, el sistema de Berthollet proporcionó aspectos realmente conflictivos; la conjetura sobre las proporciones variables de combinación, la preexistencia de la fuerza de cohesión en la formación de precipitados y el carácter incompleto de las descomposiciones químicas. La conjetura de Berthollet sobre las proporciones variables de combinación inauguró una célebre controversia con Louis-Joseph Proust (1754-1826), resuelta a favor de este último, que defendía composiciones fijas para las sustancias (Fujii 1986; Gago 1990: 30-31; Grapí, Izquierdo 1994). Por otra parte, la falta de éxito en la cuantificación de las afinidades fue un déficit importante del sistema de Berthollet. Finalmente, las teorías atómica y electroquímica, por motivos dis-

tintos, tampoco favorecieron la implantación de las ideas de Berthollet (Grapl 1996: 215-230).

El papel protagonista de las afinidades electivas

Antoine-François Fourcroy (1755-1809) conjuntamente con Bernard-Louis Guyton de Morveau (1737-1816) y Berthollet fueron los máximos representantes de la química teórica en Francia después de la muerte de Lavoisier. Por su parte, Fourcroy también desplegó sus excelentes dotes personales en los campos de la política educativa y de la docencia de la química (Smeaton 1962). Al evaluar las orientaciones del pensamiento científico en Francia a principios del siglo XIX, cabe distinguir la existencia de dos grupos o escuelas. El grupo asociado al *Muséum d'Histoire Naturelle*, liderado por Fourcroy, y el grupo constituido en torno a la *Société d'Arcueil*, con Berthollet y Pierre-Simon Laplace como directores de investigación. El grupo de Arcueil, abordando problemas desde la perspectiva de las ciencias físico-químicas, y la escuela de Fourcroy, con una aproximación a la química como disciplina aliada a la historia natural y a la farmacia (Crosland 1967).

Los representantes de la escuela de Fourcroy ejercieron su influencia a través de las plazas de profesor de química que ocuparon en buena parte de las instituciones de enseñanza superior durante el primer cuarto del siglo XIX. Estas instituciones fueron emblemáticas en la Francia posrevolucionaria: el *Muséum d'Histoire Naturelle* (Fourcroy, Vauquelin, Brogniart, Bouillon-Lagrange y Laugier), la *Faculté de Pharmacie* (Vauquelin y Bouillon-Lagrange), la *Faculté de Médecine* (Fourcroy y Vauquelin) y la *École Polytechnique* (Fourcroy y Guyton de Morveau). No obstante, en algunas de estas instituciones (*Faculté de Médecine*, *École Polytechnique* y, sobre todo, el *Collège de France*) las plazas de profesor de química fueron ocupadas a medida que avanzaba el siglo por químicos más vinculados al grupo de Arcueil.

La elaboración por parte de Fourcroy, entre 1786 y 1806, de un programa para organizar la enseñanza de la química estuvo vinculada al proceso social y político que condujo al establecimiento de un sistema nacional de educación en Francia con el cual Fourcroy también estuvo comprometido. Es en este con-

texto donde se entiende mejor la preponderancia de la escuela de Fourcroy y de las afinidades electivas en los libros de texto de química. Los libros de texto de Fourcroy fueron los más ampliamente utilizados en la enseñanza de la química antes de la publicación del *Traité* de Thenard el 1813. Fourcroy supo plasmar en sus textos el convencimiento en las afinidades electivas y, sobre todo, supo transmitirlo a los lectores de su texto. Para conseguirlo situó al lector ante un panorama de la química en el cual presentaba de forma progresiva: el papel central de las afinidades en el cambio químico, unas afinidades electivas sujetas a un conjunto de leyes que las regulaban y aquellas inscripciones que constituyeron las credenciales visuales del cambio químico: las tablas de afinidad y los diagramas figurativos.

La presentación de las afinidades químicas en las cinco ediciones los *Éléments d'histoire naturelle et de chimie* de Fourcroy tuvo la fortuna de formar parte de un texto que se había redactado de nuevo para adaptarlo a la química de Lavoisier, y si esta fue una circunstancia que contribuyó a la difusión del texto, a su vez convirtió a éste en un buen difusor de las afinidades electivas. Eso fue así porque el uso de la nueva nomenclatura química en la interpretación de los diagramas figurativos favoreció la asimilación de las afinidades químicas que los fundamentaban (Fourcroy 1791: 2; 296-299). El cuerpo teórico de las afinidades electivas disponía, como cualquier otra teoría, de unas leyes que pretendían la explicación del cambio químico. Estas leyes, enunciadas en los *Éléments* de Fourcroy (1791: 1: 55-93), fueron reproducidas en otros libros de texto también favorables a las afinidades electivas. Éste fue el caso de la *Philosophie chimique*, también de Fourcroy (Fourcroy 1792), del *Manuel d'un cours de chimie* de Edme Jean-Baptiste Bouillon-Lagrange (Bouillon-Lagrange 1798-1799), de los *Éléments ou Principes Physico-chimiques* de Mathurin-Jacques Brisson (Brisson 1800) y de los *Éléments de chimie* de Jean-Antoine Chaptal (1756-1832) (Chaptal 1790). Este último texto ofrecía una exposición clásica de las afinidades químicas siguiendo el plan de los *Éléments* de Fourcroy, pero, en su última edición de 1803, el texto de Chaptal admitió la pérdida de valor predictivo de las tablas de afinidad. Los textos de Fourcroy supusieron una validación de los argumentos de Bergman para acomodar los fenómenos de inversión química al sistema de las afinidades electivas. De hecho, tanto los textos de Fourcroy como el de Bouillon-Lagrange intentaron menospreciar la condición de anomalía de aquellas inversiones químicas reconocidas como tales, olvidando mencionar tanto su carácter anómalo como el hecho de que se

trataba de casos que el propio sistema de las afinidades electivas había intentado solucionar.

Antes de la aparición de las afinidades de Berthollet, tanto el número como el redactado de las leyes de las afinidades electivas ya habían sufrido algunas variaciones, pero la modificación más relevante fue la introducida por Fourcroy en los *Tableaux synoptiques de chimie* (Fourcroy 1800a) y en el *Système de connaissances chimiques* (Fourcroy 1800b), y por Bouillon-Lagrange en su *Manuel*. Esta modificación fue presentada en una revisión de la novena ley de las afinidades, al reconocer que la acción de la afinidad estaba en proporción inversa al grado de saturación (Fourcroy 1800a: Première tableau; 1800b: 1; 8). Fourcroy redactó esta nueva ley antes de que Berthollet leyera sus *Recherches* en el *Institut de France* y, por lo tanto, se puede concluir que Fourcroy se apropió de su significado después de que Berthollet la presentara en su curso de química en la *École Normale*. Así, pues, la incorporación de esta ley a la nómina de las afinidades electivas debe considerarse como una abducción de las ideas de Berthollet. De esta manera Fourcroy, consiguió, antes de la publicación del *Essai*, camuflar una de las leyes de la acción química de Berthollet como una de las leyes de las afinidades electivas y, por lo tanto, las afinidades de Berthollet salían en desventaja a la palestra de un debate que pronto empezaría. Estas incorporaciones en las leyes de las afinidades electivas fueron anuladas en la edición de 1806 de la *Philosophie chimique* de Fourcroy. Es muy probable que las críticas sobre el sistema de Berthollet, centradas en el tema de las proporciones de combinación, indujeran a Fourcroy a eliminarlas. No obstante, fue en la primera edición del *Manuel* de Bouillon-Lagrange donde se introdujo por vez primera la ley de Berthollet sobre el efecto de la cantidad y, por lo tanto, fue el primer texto que dispensó un tratamiento nada desfavorable a las afinidades de Berthollet (Bouillon-Lagrange 1798-1799: 1; 14). A pesar de todo, esta favorable toma de posición fue aparente, ya que, simultáneamente, la leyes de las afinidades electivas de Fourcroy se presentaban como principios más generales que abarcaban la totalidad de los fenómenos químicos.

El control que la escuela de Fourcroy ejerció en gran parte de las instituciones de enseñanza, las excelentes dotes de Fourcroy como profesor de química, su prolija dedicación a la redacción de libros de texto y su actuación en el ámbito de la política educativa son factores que, unidos a la existencia de un proyecto para la enseñanza de la química, permiten contextualizar y valorar mejor la eficiente difusión de las afinidades electivas a través de buena parte de los libros de texto.

La innovación de Berthollet en los libros de texto franceses

A partir del 1813 las cinco ediciones del texto de Louis-Jacques Thenard (1777-1857) *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique* le convirtieron en el manual de química más influyente en Francia y en otros países (la última edición apareció en 1836). Thenard inició su formación y publicó sus primeros trabajos de química bajo la protección de Vauquelin y Fourcroy. No obstante, a partir de 1804 Thenard entró a formar parte del círculo más próximo a Berthollet en Arcueil. Sus competencias en la química mineral y animal, adquiridas durante el período de colaboración con Fourcroy y Vauquelin, fueron un valioso complemento para los intereses del grupo de Arcueil, enfocados hacia una visión más interdisciplinar de la física y la química, diferente de la visión de la escuela de Fourcroy, más en la línea de la tradición de la historia natural. La buena difusión del *Traité* de Thenard estuvo acompañada de una exhaustiva dedicación a la docencia de la química en instituciones como el *Collège de France* (1804), la *Faculté des Sciences* (1808) y la *École Polytechnique* (1811).

La exposición formal de las afinidades químicas en el *Traité* de Thenard, aun siendo favorable al sistema de Berthollet, proporcionó una visión sesgada del mismo, básicamente, por un motivo. El *Traité* no acogió la ley de Berthollet relativa al efecto de repartición y, por lo tanto, transmitió la idea de que las reacciones químicas transcurrían hasta completarse. El trasfondo de esta ausencia era la estricta asociación que Berthollet había hecho entre las afinidades químicas y las proporciones variables de combinación. La presentación que Thenard hizo del sistema de Berthollet fue una reconstrucción dirigida a desacreditar el carácter electivo de las afinidades y a instrumentalizar las leyes empíricas de las proporciones de combinación de las cuales estaba convencido. En cambio, la exposición de las investigaciones de Berthollet y de Pierre-Louis Dulong sobre la acción recíproca entre sales se ajustó mucho más a las ideas de Berthollet, y acabó siendo la que identificó, definitivamente, su sistema de las afinidades (Dulong 1812). Thenard y su *Traité* pueden considerarse responsables de que las conclusiones de Berthollet sobre los fenómenos de la acción recíproca entre sales se convirtiesen en la «única ley» de Berthollet.

La aceptación de las proporciones fijas de combinación fue el motivo para no incluir en el *Traité* la ley de Berthollet relativa al efecto de repartición en una descomposición química. Aceptar este efecto implicaba aceptar, también,

unas proporciones variables de combinación que se contemplaban como un grave inconveniente para validar los resultados de los análisis químicos. En cambio, esta validación quedaba asegurada mediante descomposiciones que transcurrían hasta completarse y en las cuales se separaban combinaciones en proporciones fijas.

El partidismo de Thenard por las afinidades de Berthollet se plasmó no tan solo en la exposición, aunque parcial, de su sistema, sino también en las críticas al sistema de las afinidades electivas centradas en el rechazo de las tablas de afinidad. Esta defensa de las afinidades de Berthollet en detrimento de las afinidades electivas fue especialmente notable al tratar los aspectos generales de las sustancias salinas y, sobre todo, el tema de la acción mutua entre las sales solubles. La extensa exposición que Thenard hizo de las conclusiones de Berthollet sobre este último tema se convirtió en un alegato a favor de las afinidades de Berthollet y se puede considerar como la parte del texto que mejor las acreditaba (Thenard 1814: 2; 350-355).

Esta acreditación tuvo éxito porque Thenard recurrió, en primer lugar, a la presentación de los resultados de Berthollet sobre la descomposición mutua de sales, utilizando las mismas tablas que Thomas Thomson ya había presentado en su *A System of Chemistry* en 1802. Estas tablas deben valorarse como inscripciones que visualizaban el mensaje de las afinidades de Berthollet. Las tablas no eran, evidentemente, la réplica a las tablas de afinidad del siglo XVIII, porque no tenían, como éstas, un carácter predictivo sino que, al contrario, transmitían la idea de que el resultado de la acción química no estaba predeterminado, y que dependía de las proporciones y de las circunstancias con que se operaba. De esta manera, no obstante, las afinidades de Berthollet consiguieron disponer, como las afinidades electivas, de una credencial visual para avalar la definitiva «ley de Berthollet». Y, en segundo lugar, Thenard incluyó una completa exposición de las investigaciones de Dulong sobre la acción mutua entre sales solubles e insolubles. La inclusión de estas investigaciones, publicadas en 1812 y consideradas por Thenard como la mejor demostración de descrédito de las afinidades electivas, era un reconocimiento tácito del potencial explicativo del sistema de Berthollet (1814: 2; 356-360, 173).

Después del *Traité* de Thenard, el otro gran éxito de publicación de un libro de texto de química fue los *Éléments de chimie appliquée à la médecine et aux arts* de Mateu-Josep-Bonaventura Orfila (1787-1853). El texto,

publicado por vez primera el 1817, fue reeditado en ocho ocasiones hasta 1851. El propio Orfila quedó gratamente sorprendido de la buena aceptación de un libro que se publicaba el mismo año en que aparecía la segunda edición del *Traité* de Thenard. Orfila redactó sus *Éléments* antes de ocupar la plaza de profesor de medicina legal en la *Faculté de Médecine* el 1819, y el tratamiento que deparó a las afinidades de Berthollet fue bastante similar al del *Traité* de Thenard, por lo menos hasta la séptima edición del libro de 1843 (Orfila 1824: 1; 299-300, 2: 553). La incorporación, aunque parcial, de las afinidades de Berthollet es un hecho, en principio, inesperado teniendo en cuenta la formación de Orfila como químico. Orfila, al llegar a París pensionado por la Junta de Comerç de Barcelona, completó sus conocimientos químicos bajo la supervisión de Fourcroy, Vauquelin y Laugier, es decir, en el entorno de la asociación de químicos partidarios de las afinidades electivas; y cuando decidió continuar sus estudios de medicina, a partir de 1808, el profesor titular de química en la facultad era Fourcroy. Por lo tanto, la afiliación de Orfila a las afinidades de Berthollet se debió producir en el período 1811-1817 cuando estaba ocupado en sus cursos privados de química.

El texto de Chaptal *Chimie appliquée aux arts*, a diferencia de sus *Éléments*, se mostró más partidario que cualquier otro texto del sistema de Berthollet. Chaptal formó parte de un grupo de figuras relevantes de las ciencias (como Berthollet, Fourcroy y Laplace) que ocuparon posiciones de responsabilidad en el gobierno y en la administración durante el período napoleónico. Así, Chaptal fue consejero de estado y ministro del interior entre 1801 y 1804. Chaptal gozaba de una buena amistad con Berthollet y durante su etapa ministerial frecuentó las reuniones de la *Société d'Arcueil*, aunque no ingresó formalmente en la sociedad hasta el año 1810. Después de dimitir como ministro del interior, Chaptal volvió a Montpellier, se reincorporó a sus actividades en la industria química y comenzó a redactar su *Chimie appliquée aux arts*. Este texto, publicado en el año 1807, está considerado como el más importante de Chaptal, al reflejar, a la vez, los avances industriales y las innovaciones que la química estaba experimentando (Smith: 1979: 20)

Chaptal no redactó su texto ni pensando en los debutantes en el estudio de la química ni en los aprendices de los talleres de las industriales químicas. Su texto iba específicamente dirigido al industrial químico experto. El texto de Chaptal fue el que más se comprometió con las afinidades de Berthollet porque expuso sin ambigüedades las dos leyes de la acción química referentes a

los efectos de la cantidad y de la repartición. No obstante, esta total aceptación de las leyes de la acción química no se hizo extensiva a la conjetura sobre las proporciones variables de combinación (Chaptal 1807: 1; 5-6). Para Chaptal, como para el resto de los químicos, aceptar las proporciones variables de combinación era equivalente a admitir la aleatoriedad de los análisis químicos.

Este compromiso tan estricto de Chaptal (un químico pasado a industrial y poco predispuesto a entrar en los aspectos teóricos de la química) con las afinidades de Berthollet no fue tanto el resultado de una opción teórica como, más bien, el de una estrategia retórica para persuadir a los químicos industriales de la validez del texto propuesto. Chaptal perseguía con su compromiso con las afinidades de Berthollet una buena recepción para su texto por parte de un público desconfiado, en general, frente las innovaciones que los químicos pretendían introducir en sus fábricas. La reputación y la competencia de Berthollet, precisamente en el campo de la química industrial, pretendían ser una buena carta de presentación para reclamar la atención de los potenciales lectores de su texto (Grapí 1996: 353-355).

Finalmente, no sería razonable dejar de mencionar el trato favorable a las afinidades de Berthollet dispensado en algunos libros de texto destinados a la enseñanza secundaria. Así, las *Leçons élémentaires de chimie* de Adet (1804) y el *Traité élémentaire de physique* de Haüy (1803) fueron textos utilizados en los cursos de ciencias de los *lycées* que también se comprometieron con las afinidades de Berthollet. El texto de Adet fue el manual para la enseñanza secundaria que expuso más claramente las ideas de Berthollet (Adet 1804: 6-10) y el texto de Haüy era un tratado de física que ofrecía una exposición parcial de las afinidades de Berthollet no tanto con el propósito de presentar el sistema de Berthollet como más bien con la intención de articular un modelo para las reacciones de neutralización (Haüy 1821: 1; 43-48).

En resumen, ninguno de los libros de texto franceses que se comprometieron con las afinidades de Berthollet en el primer cuarto del siglo XIX, presentaron una exposición completa de los elementos de su sistema de las afinidades. Todos, excepto uno, dejaron de mencionar la ley de la acción química referente al efecto de repartición y ninguno tomó de manera manifiesta partido por las proporciones variables de combinación. Los libros de texto que optaron de forma más decidida y sin ambigüedades por el sistema de las afini-

dades de Berthollet fueron el *Traité* de Thenard y los *Éléments* de Orfila. El único texto publicado durante aquel período que expuso las dos leyes de la acción química de Berthollet fue *Chimie appliquée aux arts* de Chaptal, que no fue, precisamente, un libro de texto de uso común en la enseñanza de la química en Francia.

Conclusiones

Los episodios obstaculizadores citados en el primer apartado, y en particular el de la previsión de las proporciones variables de combinación, pueden presentarse como buenas razones para explicar el deficiente reemplazamiento de las afinidades electivas por las de Berthollet. No obstante, se puede obtener una valoración más completa de este pobre reemplazamiento si se consideran las características de la difusión que los textos científicos y los libros de texto hicieron del sistema de Berthollet.

Aunque este artículo ha centrado su atención en la difusión de las ideas de Berthollet a través de los libros de texto franceses, no sería legítimo dejar de apuntar algunas conclusiones sobre su difusión en los libros de texto británicos. Éstos, a diferencia de los franceses, fueron inicialmente más receptivos a las afinidades de Berthollet y también reflejaron, antes que los franceses, su oposición a las ideas de Berthollet cuando la emergencia del atomismo químico desautorizó la previsión de Berthollet sobre las proporciones variables de combinación. En este caso, merece destacarse el hecho inusual de que unos libros de texto, un medio destinado a instruir a los principiantes en una disciplina, se convirtiesen en un foro para un debate sobre una innovación científica (Grapí 1996: 208-217)

Después de la publicación de las *Recherches* el 1801, Berthollet dio a conocer sus ideas definitivas sobre las afinidades químicas en un texto, el *Essai* (1803), cuando el respectivo debate había prácticamente empezado. Es en los primeros momentos en que una innovación científica se hace pública cuando su presentación es más importante (Crosland 1994: 52). Presentar en un texto como definitiva la nueva teoría de las afinidades, tan solo tres años después de haberse hecho pública, situó la asimilación de la teoría a un nivel de exigencia para el cual los químicos no estaban preparados. El texto científico proporciona siempre una visión más consolidada de los conocimientos que un artículo de investigación publicado en una revista y, en este sentido, la pre-

matura publicación del *Essai* restó oportunidades de adaptación a las nuevas afinidades.

El hecho de que Berthollet decidiese publicar la visión definitiva de sus afinidades en un texto, en vez de publicarla periódicamente en los *Annales de Chimie*, estuvo relacionado con la orientación que esta revista tomó después de la muerte de Lavoisier. A partir de 1792, Fourcroy presidió el comité editor de los *Annales* y su aproximación naturalista a la química determinó la línea editorial de la revista. Berthollet también formó parte del comité editor, pero su posición no era suficientemente influyente como para que la revista tomase en consideración investigaciones de orientación más físico-química. Después de la muerte de Fourcroy (1809), el comité editor de los *Annales* fue presidido por Guyton de Morveau y la revista continuó manteniendo su aproximación médico-farmacéutica a la química. No fue hasta después de la muerte de Guyton que Berthollet presidió el comité editor de los *Annales*, pero en 1815 ya era demasiado tarde para que la revista se convirtiera en un medio de difusión y propaganda de las afinidades de Berthollet. Así, pues, la construcción y el desarrollo de las nuevas afinidades dispusieron de una textualización en textos y revistas científicas que no favorecieron demasiado su asimilación y difusión entre los químicos.

Por otra parte, el sistema de Berthollet disfrutó de una textualización significativa, aunque parcial, en aquellos manuales dirigidos a la enseñanza de la química. Esta textualización, si bien puede considerarse satisfactoria en aquellos manuales en los que las afinidades de Berthollet suplantaron a las afinidades electivas, no fue del todo fiel en el mejor de los casos. Así, a fines del primer cuarto del siglo XIX, los libros de texto que habían tomado partido por su sistema de las afinidades no habían llegado a acreditar su controvertida conjetura sobre las proporciones variables de combinación y, aún más, habían simplificado el mensaje de las leyes de la acción química en una única «ley de Berthollet». No obstante, esta ley transmitía el mensaje de la imposibilidad de decidir a priori sobre el sentido de los cambios químicos. Así, pues, estos libros de texto no difundieron la esencia de la acción química de Berthollet, pero sí la esencia de su sistema de las afinidades, es decir, la posibilidad de inversión en los cambios químicos. En este sentido, pues, las afinidades de Berthollet desbancaron a las afinidades electivas suplantando su lugar en aquellos libros de texto. Por otra parte, los libros de texto publicados a partir de 1800, y que se mostraron partidarios de las afinidades electivas, no resultaron del todo invulnerables al impacto que repre-

sentaron las afinidades de Berthollet. No obstante, estos textos acabaron camuflando las ideas de Berthollet o supeditándolas a las leyes de las afinidades electivas. Así, pues, la textualización de las afinidades de Berthollet es un episodio que merece ser considerado al valorar el desarrollo de su sistema, ya que las deficiencias apuntadas en dicha textualización también se presentan como importantes razones para explicar las dificultades de su implantación.

Bibliografía

- ADET, P. A. (1804): *Leçons élémentaires de chimie, à l'usage des lycées*. Dentu: París.
- BARNES, B. (1982): *T. S. Kuhn and social science*. Columbia University Press: New York.
- BERGMAN, T. O. (1788): *Traité des affinités chimiques ou attractions électives*. (Buisson: París). Este texto de Bergman es la traducción francesa del texto original en latín del año 1783. Aparentemente, esta traducción se hizo a partir de la traducción inglesa del año 1785 (*Dissertation on elective attractions*).
- BERTHOLLET, C. L. (1795-1797): *Leçons de Chimie*. En *Séances des Écoles Normales recueillies par des sténographes et revues par les professeurs*, 8 vols. Imprimerie du Cercle Social: París.
- BERTHOLLET, C. L. (1801): Recherches sur les lois de l'affinité. *Annales de Chimie*, 36, 302-317; 37, 151-181, 221-252; 38, 3-29, 113-134. Las «Recherches» fueron también publicadas en las *Mémoires de l'Institut des Sciences Physiques et Chimiques* (1803) y en el texto *Recherches sur les lois de l'affinité* (Badouin: París, 1801). Un último y tardío artículo de Berthollet sobre las leyes de la afinidad fue publicado en las *Mémoires de l'Institut des Sciences Physiques et Chimiques* en el año 1806 (7, 229-300).
- BERTHOLLET, C. L. (1803): *Essai de Statique Chimique*. 2 vols. Firmin Didot: París. Berthollet estuvo trabajando entre los años 1814 y 1815 en una segunda edición del *Essai*. Michelle Goupil llevó a cabo una reedición crítica del borrador inacabado de esta *Revue de l'essai de statique chimique* (Éditions de l'École Polytechnique: Palaiseau. 1980).
- BERTHOLLET, C. L. (1817): Note sur la décomposition du sulfate de baryte et du sous-carbonate de chaux par la potasse. *Mémoires de Physique et de Chimie de la Société d'Arcueil*, 3, 453-461.

- BOUILLON-LAGRANGE, E. J. B. (1798-99): *Manuel d'un cours de chimie*. 2 vols. BERNARD: París; (1801): (2e édition) 3 vols; (1802): (3e édition) 3 vols; (1807): (4e édition) 3 vols. KLOSTERMANN: París; (1812): (5e édition) 3 vols. Este texto se redactó en principio para los alumnos de la École Polytechnique, pero pronto tuvo una muy buena aceptación como libro de texto en las *écoles centrales* y, más tarde, en los *lycées*.
- BRISSON, M. J. (1800): *Éléments ou principes physico-chimiques à l'usage des écoles centrales*. Bossange, Masson et Besson: París. El texto fue reeditado el año 1800.
- CHAPTAL, J. A. (1790): *Éléments de Chimie*. 3 vols. Picot: Montpellier; 1794 (2e édition) 3 vols. Déterville: París; 1796 (3e édition) 4 vols.; 1803 (4e édition) 3 vols.
- CHAPTAL, J. A. (1807): *Chimie appliquée aux arts*. 4 vols. Crapelet: París.
- CROSLAND, M. (1959): The use of diagrams as chemical «equations» in the lectures notes of William Cullen and Joseph Black. *Annals of Science*, 15, 75-90.
- CROSLAND, M. (1967): *The Society of Arcueil. A view of the French science at the time of Napoleon I*. Heinemann: London.
- CROSLAND, M. (1972): Introducción a la reedición del «Essai de statique chimique». En *The Sources of Science*, 10. Johnson Reprint Corporation: New York & London.
- CROSLAND, M. (1994): *In the shadow of Lavoisier: The «Annales de Chimie» and the establishment of a new science*. BSHS monographs (9). The Alden Press: Oxford.
- DULONG, P. . (1812): Recherches sur la décomposition mutuelle des sels insolubles et des sels solubles. *Annales de Chimie*, 82, 275-308.
- DUMAS, J. B. (1837): *Leçons sur la philosophie chimique*. Bechet jeune: París.
- DUNCAN, A. M. (1996): *Laws and order in eighteenth-century chemistry*. Clarendon Press: Oxford.
- FOURCROY, A. F. (1782): *Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chimie*. 2 vols. Rue et Hôtel Serpente: París; 1789 (3e édition) *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, 5 vols. Cuchet: París; 1791(4e édition), 5 vols.; 1793 (5e édition). Fourcroy publicó en 1787 el texto *Principes de Chimie* (Cuchet: París) como un resumen de sus *Éléments*.
- FOURCROY, A. F. (1792): *Philosophie chimique ou vérités fondamentales de la chimie moderne*. Cl. Simon: París; (1794): (2e édition). Du Pont: París; (1806): (3e édition). Levrault, Schoell: París.

- FOURCROY, A. F. (1800): (a). *Tableaux synoptiques de chimie*. Badouin: París.
- FOURCROY, A. F. (1800): (b). *Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature de la nature et de l'art*. 10 vols. Moutard: París.
- FRAWLEY, W. (1986): Science, discourse, and knowledge representation: toward a computational model of science and scientific innovation. En *The languages of creativity. Model, problem-solving, discourse*, ed. Mark Amsler, 68-91. Studies in Science and Culture, Vol. 2. Associated University Press: Cranabury, NJ.
- FUJII, K. (1986): The Berthollet-Proust controversy and Dalton's chemical atomic theory 1800-1820. *British Journal for the History of Science*, 19, 177-200.
- GAGO, R. (1990): Luis Proust y la cátedra de química de la Academia de Artillería de Segovia. En *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*. Edición facsímil de 1791, 2 vols. 1, 5-48. Academia de Artillería de Segovia: Segovia.
- GEOFFROY, E. F. (1718): Table des differents rapports observés en chimie entre différentes substances. *Histoire de l'Académie Royales des Sciences. Mémoires*, 202-212.
- GOUPIL, M. (1977): *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822. Sa vie - son oeuvre*. Vrin: París.
- GOUPIL, M. (1991): *Du flou au clair? Histoire de l'affinité chimique*. Éditions du C.T.H.S: París.
- GRAPÍ, P., IZQUIERDO, M. (1994): Valoración de la obra de Proust y Berthollet en los textos de Química General. *Llull*, 17 (33), 325-342.
- GRAPÍ, P. (1996): *Innovació i subversió en la química a principis del segle XIX. Les afinitats químiques de Berthollet i la seva difusió a través dels llibres de text (1795-1824)*. Tesis doctoral. (Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona).
- HAÜY, R. J. (1803): *Traité élémentaire de physique*. 2 vols. Imprimerie de Delance et Lesueur: París; (1806): Courcier: París; 1821. Huzard-Courcier: París.
- KUHN, T. S. (1962) (1970): *The structure of scientific revolutions*. The University of Chicago Press: Chicago.
- ORFILA, M. J. B. (1817): *Éléments de chimie médicale*. 2 vols. Crochard: París; 1819 (2e édition) *Éléments de chimie appliquée à la médecine et aux arts*. 2 vols.; 1824 (3e édition), 2 vols. Gabon et Crochard: París; 1828 (4e édition), 2 vols. Ballière, Gabon, Villeret et Crochard: París; 1831 (5e édition), 3 vols.; 1835-36 (6e édition), 3 vols. Crochard: París; 1843 (7e édition) *Éléments de chimie*. 3 vols. Fortin, Masson: París; 1851 (8e édition), 3 vols. Labé: París.

- SMEATON, W. A. (1962): *Fourcroy. Chemist and Revolutionary. 1755-1809*. Heffer & Sons: Cambridge, UK.
- SMITH, J. G. (1979): *The origins and early development of the heavy chemical industry in France*. Clarendon Press: Oxford.
- THENARD, L. J. (1813): *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*. Vol. 1 Crochard: París. 1814, Vol. 2; 1815, Vol. 3; 1816, Vol. 4; 1817 (2e édition) 4 vols.; 1821 (3e édition) 4 vols; 1824 (4e édition) 5 vols.; 1827 (5e édition) 5 vols.; 1834 (6e édition) Vols. 1,2,3; 1835, Vol. 4; 1836, Vol. 5.
- THOMSON, T. (1802): *A system of chemistry*. 4 vols; 1807 (3rd. edition), 5 vols.; 1817 (5th. edition), 4 vols.; 1820 (6th. edition), 4 vols. Baldwin, Cradock, Joy; Edinburgh; Hodges & Macarthur: Dublin.