



LA VISUALIZACIÓN DEL CAMBIO QUÍMICO

LAS TABLAS DE AFINIDADES DEL SIGLO XVIII

Pere Grapí

Cuando en 1718 se publicó la tabla de afinidades de Geoffroy se presentó algo más que una lista de los materiales al alcance de todos los que se dedicaban a la práctica de la química. La continuidad y el desarrollo que la tabla de Geoffroy tuvo a través de las numerosas tablas de afinidades que aparecieron a lo largo del siglo XVIII la convirtieron en el prototipo de credencial visual del cambio químico. Además, su formato facilitó que se adaptase como recurso didáctico para la enseñanza de la química.

■ 'SIMELE SIMILI GAUDET': ORDENAR Y CLASIFICAR

Antes del siglo XVIII, los cambios observados en la naturaleza de las sustancias –los cambios químicos– ya habían sido interpretados en términos de cierta afinidad entre los cuerpos. La idea original de que los cuerpos semejantes tenían cierta afinidad entre sí –precisamente por parecerse (*simele simili gaudet*)– llevó a finales del siglo XVIII a la idea convencional de entender la afinidad como una simple tendencia a la unión entre sustancias.

El pensamiento filosófico del siglo XVIII se caracterizó, entre otras cosas, por el intento de hacer encajar todo lo conocido dentro de un todo sistemático y ordenado. La metodología reconocida para llegar a formular leyes generales era la inducción a partir de los hechos observados por los sentidos y, por tanto, la esperanza de que esta inducción fuera posible fue uno de los principales motivos para buscar una ordenación en los hechos registrados.

La química aspiraba a convertirse en una ciencia respetable. La tradición científica del momento era la newtoniana y algunos químicos del siglo XVIII tenían puestas las esperanzas en que sus sucesores harían de la química un reflejo de la física newtoniana. Imaginaban que este proceso no sería el fruto de una especulación teórica sino la consecuencia de la observación de los hechos, la búsqueda de regularidades en estos hechos y la inducción de leyes matemáticas.

La idea de hacer listas de sustancias siguiendo el orden de su tendencia a combinarse con otras sustancias no era una novedad a principios del siglo XVIII. No obstante, el mérito de concebir lo que fue conocido a partir del siglo XVIII como «tablas de afinidades» se debe a Étienne-François Geoffroy (1672-1731). Este orden de las afinidades establecido por las tablas determinaba el resultado de una descomposición en preferencia a otra y, en definitiva, imprimía a las afinidades un carácter electivo. Fue por este motivo que a las afinidades químicas se las reconoció con el sobrenombre de *afinidades electivas*.

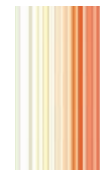
■ GEOFFROY: EL MODELO PARA LAS TABLAS POSTERIORES

Geoffroy designó su tabla como una *Table des différents rapports observés entre différentes substances*, utilizando el término de *relaciones (rapports)* en lugar del de *afinidades* o *atracciones* para evitar cualquier connotación con las

ideas newtonianas sobre la naturaleza de la afinidad química. La tabla de Geoffroy consistía en dieciséis columnas en las que las sustancias estaban indicadas (casi siempre) con símbolos alquímicos. En la cabecera de la columna estaba el símbolo de la sustancia (o grupo de sustancias) a la que estaban referidas todas las sustancias de la columna. Estas sustancias estaban listadas en orden a su afinidad por la sustancia que encabezaba la columna; así, cuanto más arriba estaba una sustancia

«EL PENSAMIENTO
FILOSÓFICO DEL SIGLO
XVIII SE CARACTERIZÓ,
ENTRE OTRAS COSAS,
POR EL INTENTO DE
HACER ENCAJAR TODO
LO CONOCIDO DENTRO DE
UN TODO SISTEMÁTICO Y
ORDENADO»

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.





El químico y médico francés Étienne-François Geoffroy fue el precursor de las tablas de afinidades. Los químicos franceses adoptaron la tabla de Geoffroy como un estándar.

mayor era su afinidad por la sustancia que daba nombre a la columna, sin poder ser desplazada por ninguna otra de las sustancias colocadas por debajo, a las que sí que podía desplazar al combinarse.

Las reacciones de desplazamiento relacionadas con las ocho primeras columnas pertenecen a operaciones químicas que implican la disolución de sustancias en soluciones ácidas, conocidas genéricamente como reacciones por vía húmeda. Las operaciones químicas que suponen combinaciones y recombinaciones de sustancias a temperaturas elevadas –por ejemplo, a la temperatura de fusión– conocidas genéricamente como reacciones por vía seca, están asociadas a las reacciones de desplazamiento visualizadas desde la novena a la decimoquinta columnas. La última columna representa soluciones acuosas, es decir, por la vía húmeda. La tabla de Geoffroy distingue implícitamente estos dos

«LA IDEA DE HACER LISTAS DE SUSTANCIAS SIGUIENDO EL ORDEN DE SU TENDENCIA A COMBINARSE CON OTRAS SUSTANCIAS NO ERA UNA NOVEDAD. PERO EL MÉRITO DE CONCEBIR LO QUE FUE CONOCIDO COMO “TABLAS DE AFINIDADES” SE DEBE A GEOFFROY»

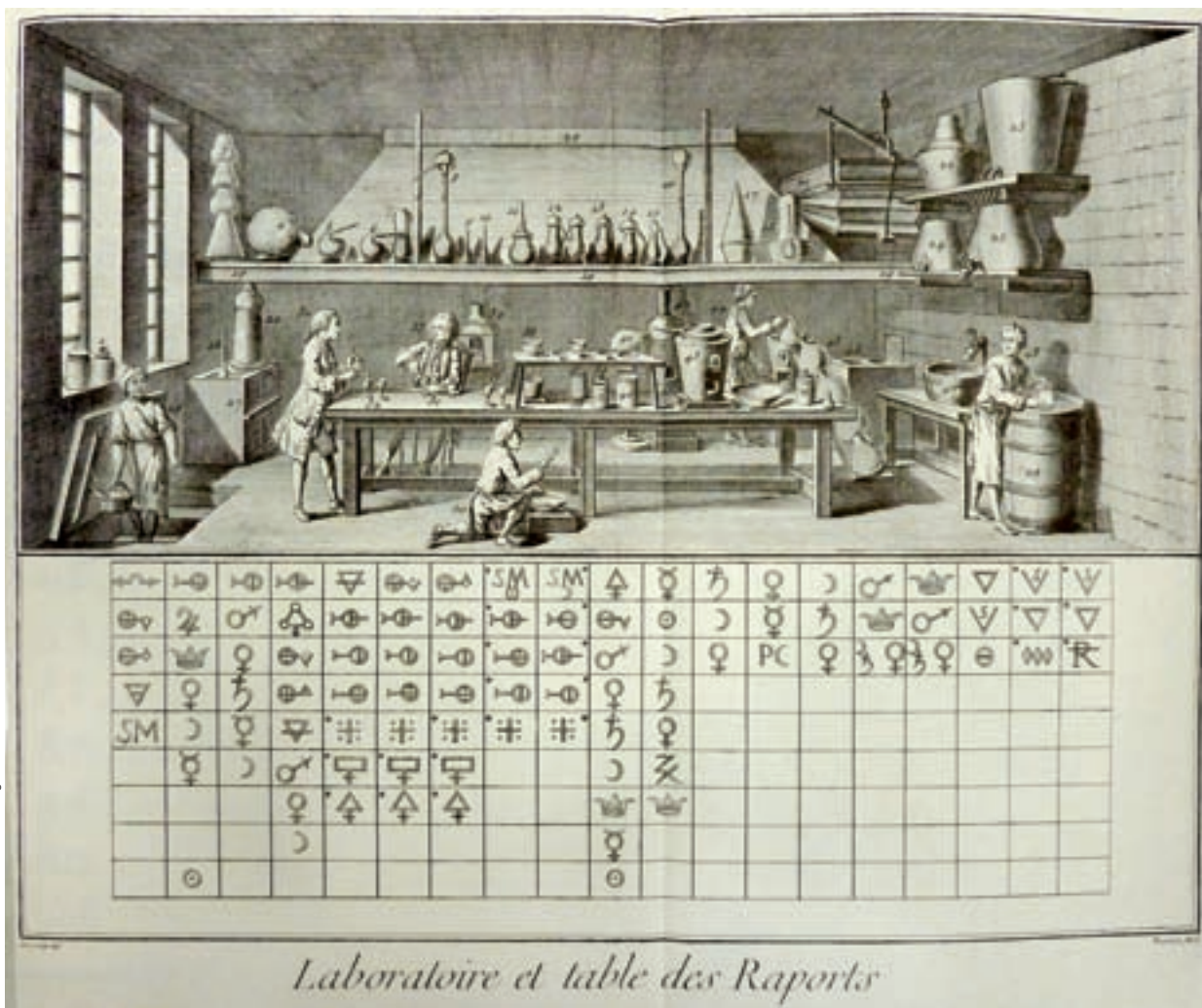
1. Especies ácidas. 2. Agua de la tierra. 3. Agua vitriolada. 4. Agua de la vida. 5. Sal ácida volátil. 6. Tierra absorbente. 7. Substancias metálicas. 8. Mercurio. 9. Espiritu d'Antimonio. 10. Oro. 11. Plata. 12. Azufre. 13. Fuego. 14. Aire. 15. Agua. 16. Argento.

Tabla de *rappports* de Geoffroy (1718). Como se puede observar, la tabla consistía en dieciséis columnas donde se indicaban las sustancias con símbolos alquímicos. La cabecera de la columna contenía el símbolo de la sustancia a la que se referían todas las sustancias de la columna, listadas en orden de afinidad respecto a la primera.

tipos de operaciones y eso le permite mostrarnos los dos principales dominios de la teoría y práctica químicas del momento: la formación de sales a partir de soluciones ácidas, y las separaciones metalúrgicas y las combinaciones de metales en las aleaciones.

La tabla de Geoffroy fue entendida como una tabla estándar por los químicos franceses. Como prueba de eso solo hay que tener en cuenta que en el *Recueil de Planches* del volumen octavo de la *Encyclopédie* (1763) aparece una *Table des rapports* (en la página siguiente), basada en la tabla de Geoffroy, con diecinueve columnas y veinticuatro adiciones (correspondientes a la entrada de seis nuevas sustancias) señaladas por un asterisco. La yuxtaposición de la tabla con el grabado de un laboratorio en plena actividad se puede interpretar como una estrategia visual para persuadir de que la organización del conocimiento químico estaba fundamentada en el trabajo práctico de laboratorio y que, también, la consecución de un conocimiento científico sistemático dependía de la cooperación activa entre los practicantes de la química al combinar la teoría con la experiencia.

Después de la publicación de la tabla de Geoffroy en 1718 se tiene conocimiento de la existencia de catorce tablas más hasta la aparición en 1775 de las tablas de Torbern-Olof Bergman (1735-1784), pero las diferentes tablas de afinidades publicadas entre la de Geoffroy y la de Bergman tienen una importancia menor. Las tablas de Bergman –una por la vía



© Biblioteca de Humanidades, Joan Reglà, Universitat de València

AFINIDADES ELECTIVAS

MONOGRÁFICO

Laboratorio y tabla de *rapports* basada en la tabla de Geoffroy, lámina aparecida en la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert. El hecho de que la tabla apareciera con el grabado de un laboratorio se puede interpretar como un intento de mostrar que el conocimiento químico estaba fundamentado en el trabajo práctico de laboratorio y que conseguir un conocimiento científico sistemático dependía de la cooperación activa entre los practicantes de la química al combinar la teoría con la experiencia.

húmeda y la otra por la vía seca—, formadas por cincuenta y nueve columnas, superaron todo lo que se había hecho hasta entonces y se convirtieron en el modelo. Es evidente que un trabajo tan laborioso no habría sido posible sin el vasto conocimiento que Bergman tenía de las reacciones químicas adquirido en su trabajo analítico y que lo colocó en una posición excelente para estudiar la afinidad química. A partir de Bergman el proyecto de hacer una tabla del todo completa y que agrupase todas las reacciones químicas pasó a ser cada vez más difícil de alcanzar.

El particular recorrido que tuvo en Francia el texto de Bergman *Disquisitio de attractionibus electivis* —donde se presentaban sus tablas— refuerza aún más la idea de que la tabla de Geoffroy gozó de una notable aceptación

entre los químicos franceses durante casi setenta años. La *Disquisitio* de Bergman fue publicada en 1775 en la *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, un extracto en francés (de traducción anónima) apareció en 1778 en las *Observations sur la Phisique*. La edición, aumentada y revisada, del texto en latín de 1775 fue publicada por el propio Bergman en 1783 en el volumen tercero de sus *Opuscula Physica et Chemica*. Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) tradujo al francés solo los dos primeros volúmenes de los *Opuscula* en los *Opuscules Chymiques et Physiques* (1780-1785) y no fue hasta 1788 cuando apareció la traducción francesa de la versión de 1783 en el texto *Traité des Affinités Chymiques ou Attractions Electives*, siendo François-Joseph Bonjour el traductor. No obstante, la versión original en

latín de 1783 fue traducida por primera vez, al inglés, por Thomas Beddoes en 1785 (*A Dissertation on Elective Attractions*) y, probablemente, Bonjour redactó la versión francesa de 1788 a partir de la traducción de Beddoes.

■ EL TRASFONDO TEÓRICO

El sistema de las afinidades químicas a finales del siglo XVIII fue el resultado de la fascinación que las ideas de Newton sobre la combinación química habían producido en los hombres de ciencia, al haber sugerido que el cambio químico se debía a la acción de una fuerza atractiva análoga a la atracción astronómica. Sin embargo, fue Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), quien primero generalizó las leyes de la atracción newtoniana al resto de los fenómenos naturales y, en particular, a las reacciones químicas.

La generalización de las leyes de la gravitación a las reacciones, para que las afinidades químicas pudiesen ser presentadas como simples modificaciones de la ley general, significaba salvar dos obstáculos importantes. Primero, la explicación mediante una misma fuerza de atracción de la diversidad de efectos que mostraban los fenómenos químicos. Segundo, la aplicación de una ley que dependía tanto de la masa de los cuerpos como de la distancia entre ellos a fenómenos que representaban un contacto o una distancia casi nula entre partículas. Buffon superó ambos obstáculos haciendo intervenir la forma de las partículas de las sustancias reaccionantes.

Esta forma, que en el caso de los cuerpos celestes no parecía alterar sensiblemente su atracción recíproca, pasaba a ser un factor importante a distancias extremadamente pequeñas al entrar como un elemento en la distancia. De esta manera, la ley de la razón inversa al cuadrado de la distancia en el caso de las reacciones químicas solo parecía variar por efecto de la forma de las partes constituyentes de cada sustancia. Si solo la variedad de las formas de las partículas constituyentes podía ser la causa de la modificación de la atracción de corto alcance, entonces la afinidad química de una sustancia respecto de otra debía ser constante.

Este es el llamado «axioma de constancia», simplemente. Las afinidades químicas entre cada par de sustancias debían ser constantes independientemente de las circunstancias en las que la reacción tenía lugar. Cuando Bergman, al principio de su *Traité*, se planteó la pregunta de si el orden de las afinidades era constante,

**«LEER LA TABLA
SUPONÍA VISUALIZAR
UNA REGULARIDAD, UNA
MANERA DE ORDENAR LAS
SUSTANCIAS PARA MOSTRAR
DE MANERA CONSISTENTE
LA CONSTANCIA DE SUS
AFINIDADES»**

Después de la publicación de la tabla de Geoffroy en 1718 se tiene conocimiento de la existencia de catorce tablas más, pero de una importancia menor, hasta la aparición en 1775 de las tablas de Torbern-Olof Bergman. En la imagen, primeras 34 columnas de su tabla.

dejó en suspenso el sentido afirmativo de su respuesta a la espera, por parte del lector, del estudio del resto de su texto. Sin embargo, en relación a las dificultades que ya se habían presentado en contra de este orden fue más taxativo y aseguró que aún no había encontrado ningún caso que, una vez examinado en detalle, no pudiese ser reconducido al orden constante de las afinidades. Este axioma de constancia, eje vertebrador de la teoría de

las afinidades durante el siglo XVIII y parte del XIX, fue un reflejo de una particular visión del mundo según la cual la naturaleza actuaba siempre de manera uniforme y cuando parecía que no era así, era porque o bien las



opiniones habían sustituido a las verdaderas leyes de la naturaleza o bien solo se habían tenido en cuenta una parte de las causas a considerar. La naturaleza, pues, era portadora de verdades que solo la experiencia –el oráculo de la naturaleza– podía desentrañar.

■ LAS TABLAS DE AFINIDADES COMO CREDENCIAL VISUAL DEL CAMBIO QUÍMICO

Acreditar el axioma de constancia de las afinidades no fue la única función de las tablas en el siglo XVIII. Las tablas cumplieron otras funciones que han suscitado el interés de los historiadores de la ciencia. Alistair Duncan sugirió cuáles habrían sido las funciones que los químicos del siglo XVIII otorgaron a las tablas de afinidades. Primero, debían ser predictivas. Se esperaba que fuesen útiles para prever las reacciones sin necesidad de realizarlas en la práctica. Segundo, las tablas –alimentadas por un número cada vez más grande de resultados experimentales– deberían poder revelar leyes generales, con lo cual aumentaría el crédito científico de la química. Y, tercero, las tablas de afinidades tendrían una función simplemente informativa proporcionando una lista de las sustancias conocidas, el material de trabajo básico de los químicos.

Sin perder de vista las diferentes aproximaciones a la funcionalidad de las tablas, hay que considerar también las tablas de afinidades como inscripciones que pasaron a ser la credencial de una determinada visión del cambio químico. El valor de credencial visual para las tablas de afinidades se puede concretar en los siguientes aspectos. Primero, las tablas proporcionaban, resumida y en un solo lugar, la información verbalizada en el texto. Segundo, las tablas gozaban de cierta autonomía respecto del texto, se podían utilizar en el discurso sobre el cambio químico para persuadir al lector o a la audiencia de ver lo que estaba escrito o se decía. Y, finalmente, las tablas no se podían leer como un texto. Cada símbolo se tenía que leer como una unidad de información que estaba relacionada con otras unidades o símbolos de una misma columna. Así pues, leer la tabla suponía visualizar una regularidad, una manera de ordenar las sustancias para mostrar de manera consistente la constancia de sus afinidades. Este valor de las tablas como credenciales visuales se puede constatar mediante dos opiniones significativas.

«LA TABLA DE GEOFFROY NOS MUESTRA LOS PRINCIPALES DOMINIOS DE LA TEORÍA Y PRÁCTICA QUÍMICA DEL MOMENTO: LA FORMACIÓN DE SALES A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS Y LAS SEPARACIONES METALÚRGICAS Y LAS COMBINACIONES DE METALES EN LAS ALEACIONES»

La primera es la presentación hecha por Bergman de la misma tabla de Geoffroy en su *Traité*: «En 1718, Geoffroy imaginó hacer ver a primera vista la serie de atracciones electivas disponiendo los símbolos químicos en una tabla, siguiendo un orden determinado.»

La segunda opinión es la del químico Claude-Louis Berthollet (1748-1822), que se convertiría más adelante en el gran adversario de las afinidades electivas y, por tanto, de las tablas de afinidades. En 1974 Berthollet dijo en los cursos de química en la École Normale: «Una tabla de afinidades expone ante los ojos la comparación de las fuerzas que han producido los fenómenos y que están a disposición del químico.»

Esta intervención de Berthollet lleva a considerar también el valor didáctico que tuvieron las tablas de afinidades. Él mismo explicó a sus alumnos que la mejor manera de explicar las afinidades electivas era utilizar las tablas de afinidades y los diagramas figurativos como recurso didáctico, apostando por la confección de un mural a modo de tabla de afinidades durante el desarrollo del curso.

En Gran Bretaña, la tabla de Geoffroy no despertó demasiado interés hasta la década del 1760, cuando el químico escocés William Cullen (1710-1790) la adoptó como recurso didáctico para sus clases de química. Cullen, como profesor de esta disciplina, primero en la Universidad de Glasgow y después en la de Edimburgo, hizo imprimir sus propias tablas de afinidades para el uso de sus estudiantes. De esta manera las tablas de afinida-

des como recurso didáctico contribuyeron a hacer que las afinidades químicas electivas se convirtiesen en una parte significativa de la química británica. ☺

BIBLIOGRAFÍA

- DUNCAN, A. M., 1996. *Laws and Order in Eighteenth-century Chemistry*. Clarendon Press. Oxford.
- GOUPIL, M., 1991. *Du Flou au Clair? Histoire de l’Affinité Chimique*. CTHS. París.
- GYUNG KIM, M., 2003. *Affinity, That Elusive Dream. A Genealogy of the Chemical Revolution*. The MIT Press. Cambridge y Londres.
- KLEIN, U. y W. LEFÈVRE., 2007. *Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology*. The MIT Press. Cambridge y Londres.
- LEVERE, T., 1971. *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865*. Clarendon Press. Oxford.
- STENGERS, I., 1991. «La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la química del siglo XVIII». In SERRES, M. (ed.). *Historia de las ciencias*. Cátedra. Madrid.

Pere Grapi. Profesor asociado del Centro de Historia de la Ciencia, Universitat Autònoma de Barcelona.

