



LA VISUALITZACIÓ DEL CANVI QUÍMIC

LES TAULES D'AFINITATS DEL SEGLE XVIII

Pere Grapí

Quan el 1718 es va publicar la taula d'afinitats de Geoffroy es va presentar quelcom més que una llista dels materials a l'abast de tots aquells dedicats a la pràctica de la química. La continuïtat i el desenvolupament que la taula de Geoffroy va tenir a través de les nombroses taules d'afinitats que van aparèixer al llarg del segle XVIII la van convertir en el prototipus de la credencial visual del canvi químic. A més, el seu format va facilitar que s'adaptés com a recurs didàctic per a l'ensenyament de la química.

■ 'SIMELE SIMILI GAUDET': ORDENAR I CLASSIFICAR

Abans del segle XVIII, els canvis observats en la naturalesa de les substàncies –els canvis químics– ja havien estat interpretats en termes de certa afinitat entre els cossos. La idea original que els cossos semblants tenien certa afinitat entre si –precisament per assemblar-se (*simele simili gaudet*)– va dur a finals del segle XVIII a la idea convencional d'entendre l'afinitat com una simple tendència a la unió entre substàncies.

El pensament filosòfic del segle XVIII es va caracteritzar, entre altres coses, per l'intent de fer encaixar tot allò conegut dins d'un tot sistemàtic i ordenat. La metodologia reconeguda per arribar a formular lleis generals era la inducció a partir dels fets observats pels sentits i, per tant, l'esperança que aquesta inducció fos possible va ser un dels principals motius per buscar una ordenació en els fets registrats.

La química aspirava a convertir-se en una ciència respectable. La tradició científica del moment era la newtoniana i alguns químics del segle XVIII tenien posades les esperances en el fet que els seus successors farien de la química un reflex de la física newtoniana. Imaginaven que aquest procés no seria el fruit d'una especulació teòrica sinó la conseqüència de l'observació dels fets, la recerca de regularitats en aquests fets i la inducció de lleis matemàtiques.

«EL PENSAMENT FILOSÒFIC DEL SEGLE XVIII ES VA CARACTERITZAR, ENTRE ALTRES COSES, PER L'INTENT DE FER ENCAIXAR TOT ALLÒ CONEGUT DINS D'UN TOT SISTEMÀTIC I ORDENAT»

La idea de fer llistes de substàncies seguint l'ordre de la seva tendència a combinar-se amb altres substàncies no era pas una novetat a començament del segle XVIII. No obstant això, el mèrit per concebre allò que va ser conegut a partir del segle XVIII com a «taules d'afinitats» és degut a Étienne-François Geoffroy (1672-1731). Aquest ordre de les afinitats establert per les taules determinava el resultat d'una descomposició en preferència a una altra i, en definitiva, imprimia a les afinitats un caràcter electiu. Va ser per aquest motiu que a les afinitats químiques se les va reconèixer amb el sobrenom d'*afinitats electives*.

■ GEOFFROY: EL MODEL PER A LES TAULES POSTERIORS

Geoffroy va designar la seva taula com una *Table des différents rapports observés entre différentes substances*, utilitzant el terme de *relacions (rapports)* en comptes del d'*afinitats o atraccions* per evitar qualsevol connotació amb les idees newtonianes

sobre la naturalesa de l'afinitat química. La taula de Geoffroy consistia en setze columnes en les quals les substàncies estaven indicades (quasi sempre) amb símbols alquímics. A la capçalera de la columna hi havia el símbol de la substància (o grup de substàncies) a la qual estaven referides totes les substàncies de la columna. Aquestes substàncies estaven llistades en ordre a la seva afinitat per a la substància que encapçalava la co-

A l'esquerra, Uiso Alemany. Sèrie «Químic entotsolat», 2010. Tècnica mixta, 27 x 35 cm.



El químic i metge francès Étienne-François Geoffroy va ser el precursor de les taules d'afinitats. Els químics francesos van adoptar la taula de Geoffroy com un estàndard.

lumna; així, com més amunt estava una substància més gran era la seva afinitat per la substància que donava nom a la columna, sense poder ser desplaçada per cap altra de les substàncies col·locades per dessota, a les quals sí que podia desplaçar en combinar-s'hi.

Les reaccions de desplaçament relacionades amb les vuit primeres columnes pertanyen a operacions químiques que impliquen la dissolució de substàncies en solucions àcides, conegudes genèricament com reaccions per via humida. Les operacions químiques que suposen combinacions i recombinacions de substàncies a temperatures elevades –per exemple, a la temperatura de fusió–, conegudes genèricament com reaccions per via seca, estan associades a les reaccions de desplaçament visualitzades des de la novena a la quinzena columnes. L'última columna representa solucions aquoses, és a dir, per la via

© Académic

© Collection Académie Nationale de Médecine, Paris

Taula de *rapports* de Geoffroy (1718). Com es pot observar, la taula consistia en setze columnes on s'indicaven les substàncies amb símbols alquímics. La capçalera de la columna contenia el símbol de la substància a la qual estaven referides totes les substàncies de la columna, llistades en ordre d'afinitat respecte a la primera.

humida. La taula de Geoffroy distingeix implícitament aquests dos tipus d'operacions i això li permet mostrar-nos els dos principals dominis de la teoria i pràctica químiques del moment: la formació de sals a partir de solucions àcides, i les separacions metal·lúrgiques i les combinacions de metalls en els aliatges.

La taula de Geoffroy va ser entesa com una taula estàndard pels químics francesos. Com a prova d'això només cal tenir compte que en el *Recueil de Planches* del volum vuitè de l'*Encyclopédie* (1763) apareix una *Table des rapports* (en la pàgina següent), basada en la taula de Geoffroy, amb dinou columnes i vint-i-quatre addicions (corresponents a l'entrada de sis noves substàncies) assenyalades per un asterisc. La juxtaposició de la taula amb el gravat d'un laboratori en plena activitat es pot interpretar com una estratègia visual per persuadir que l'organització del coneixement químic es fonamentava en el treball pràctic de laboratori i que,

també, l'assoliment d'un coneixement científic sistemàtic depenia de la cooperació activa entre els practicants de la química en combinar la teoria amb l'experiència.

Després de la publicació de la taula de Geoffroy el 1718 es té coneixement de l'existència de catorze taules més fins a l'aparició el 1775 de les taules de Torbern-Olof Bergman (1735-1784), però les diferents taules d'afinitats publicades entre la de Geoffroy i la de Bergman són d'una importància menor. Les taules de Berg-

«LA IDEA DE FER LLISTES DE SUBSTÀNCIES SEGUINT L'ORDRE DE LA SEVA TENDÈNCIA A COMBINAR-SE AMB ALTRES SUBSTÀNCIES NO ERA UNA NOVETAT. PERÒ EL MÈRIT PER CONCEBRE ALLÒ QUE VA SER CONEGUT COM A "TAULES D'AFINITATS" ÉS DEGUT A GEOFFROY»



© Biblioteca d'Humanitats Joan Reglà, Universitat de València

Laboratori i taula de *rapports* basada en la taula de Geoffroy, làmina apareguda en l'*Encyclopédie* de Diderot i D'Alembert. El fet que la taula apareguera amb el gravat d'un laboratori es pot interpretar com un intent de mostrar que el coneixement químic es fonamentava en el treball pràctic de laboratori i que l'assoliment d'un coneixement científic sistemàtic depenia de la cooperació activa entre els practicants de la química en combinar la teoria amb l'experiència.

man —una per la via humida i l'altra per la via seca—, formades per cinquanta-nou columnes, van superar tot allò que s'havia fet fins aleshores i es van convertir en el model que calia seguir. És evident que un treball tan laboriós no hauria estat possible sense el vast coneixement que Bergman tenia de les reaccions químiques adquirint en el seu treball analític i que el va col·locar en una posició excel·lent per estudiar l'afinitat química. A partir de Bergman el projecte de fer una taula del tot completa i que agrupés totes les reaccions químiques esdevingué cada vegada més difícil d'assolir.

El particular recorregut que va tenir a França el text de Bergman *Disquisitio de attractionibus electivis* —on es presentaven les seves taules— reforça encara més la idea que la taula de Geoffroy va gaudir d'una notable

acceptació entre els químics francesos durant quasi setanta anys. La *Disquisitio* de Bergman va ser publicada el 1775 en la *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, un extracte en francès (de traducció anònima) va aparèixer el 1778 en les *Observations sur la Physique*. L'edició, augmentada i revisada, del text en llatí de 1775 va ser publicada pel mateix Bergman el 1783 en el volum tercer dels seus *Opuscula Physica et Chymica*. Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) va traduir al francès només els dos primers volums dels *Opuscula* en els *Opuscules Chymiques et Physiques* (1780-1785) i no va ser fins el 1788 quan va aparèixer la traducció francesa de la versió de 1783 en el text *Traité des Affinités Chymiques ou Attractions Electives*, sent-ne François-Joseph Bonjour el traductor. No obstant

això, la versió original en llatí del 1783 va ser traduïda per primera vegada, a l'anglès, per Thomas Beddoes el 1785 (*A Dissertation on Elective Attractions*) i, probablement, Bonjour va redactar la versió francesa de 1788 a partir de la traducció de Beddoes.

■ EL REREFONS TEÒRIC

El sistema de les afinitats químiques a finals del segle XVIII va ser el resultat de la fascinació que les idees de Newton sobre la combinació química havien produït en els homes de ciència, en haver suggerit que el canvi químic era degut a l'acció d'una força atractiva anàloga a l'atracció astronòmica. No obstant això, va ser Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788), qui primer va generalitzar les lleis de l'atracció newtoniana a la resta dels fenòmens naturals i, en particular, a les reaccions químiques.

La generalització de les lleis de la gravitació a les reaccions, per tal que les afinitats químiques poguessin ser presentades com a simples modificacions de la llei general, significava salvar dos obstacles importants. Primer, l'explicació mitjançant una mateixa força d'atracció de la diversitat d'efectes que mostraven els fenòmens químics. Segon, l'aplicació d'una llei que depenia tant de la massa dels cossos com de la distància entre ells a fenòmens que representaven un contacte o una distància quasi bé nul·la entre partícules. Buffon va superar ambdós obstacles fent intervenir la forma de les partícules de les substàncies reaccionants.

Aquesta forma, que en el cas dels cossos celestes no semblava alterar sensiblement la seva atracció recíproca, esdevenia un factor important a distàncies extremadament petites en entrar com un element en la distància. D'aquesta manera, la llei de la raó inversa al quadrat de la distància en el cas de les reaccions químiques només semblava variar per efecte de la forma de les parts constituents de cada substància. Si només la varietat de les formes de les partícules constituents podia ser la causa de la modificació de l'atracció de curt abast, aleshores, l'afinitat química d'una substància respecte d'una altra havia de ser constant.

Aquest és l'anomenat «axioma de constància», ras i curt. Les afinitats químiques entre cada parell de substàncies havien de ser constants independentment de les circumstàncies en les quals la reacció tenia lloc. Quan Bergman, al començament del seu *Traité*, es va plantejar la pregunta de si l'ordre de les afinitats era constant, va deixar en suspens el sentit afirmatiu de la seva resposta a l'espera, per part del lector, de l'estudi de la resta del seu text. Això no obstant, en relació a les dificultats que ja s'havien presentat en contra d'aquest ordre va ser més

The image shows a historical table titled "Nomenclature Elective - Attractions" by Geoffroy. It is a large grid with many columns and rows, containing chemical symbols and formulas. The table is organized into sections, with the top part labeled "Nomenclature Elective - Attractions" and the bottom part labeled "L. de D. W.". The grid contains various chemical combinations and reactions, likely representing the results of experiments or theoretical predictions of the time.

Després de la publicació de la taula de Geoffroy el 1718 es té coneixement de l'existència de catorze taules més, però d'una importància menor, fins a l'aparició el 1775 de les taules de Torbern-Olof Bergman. En la imatge, primeres 34 columnes de la seva taula.

**«LA TAULA DE GEOFFROY ENS MOSTRA
ELS PRINCIPALS DOMINIS DE LA TEORIA
I PRÀCTICA QUÍMICA DEL MOMENT:
LA FORMACIÓ DE SALS A PARTIR DE
SOLUCIONS ÀCIDES I LES SEPARACIONS
METAL·LÚRGIQUES I LES COMBINACIONS
DE METALLS EN ELS ALIATGES»**



taxatiu i va assegurar que encara no havia trobat cap cas que, un cop examinat en detall, no pogués ser reconduït a l'ordre constant de les afinitats. Aquest axioma de constància, eix vertebrador de la teoria de les afinitats durant el segle XVIII i part del XIX, va ser un reflex d'una particular visió del món segons la qual la naturalesa actuava sempre de manera uniforme i quan semblava que no era així, era perquè o bé les opinions havien substituït les veritables lleis de la naturalesa o bé només s'havien tingut en compte una part de les causes a considerar. La naturalesa, doncs, era portadora de veritats que només l'experiència –l'oracle de la naturalesa– podia desentrellar.

■ LES TAULES D'AFINITATS COM A CREDENCIAL VISUAL DEL CANVI QUÍMIC

Acreditat l'axioma de constància de les afinitats no va ser l'única funció de les taules en el segle XVIII. Les taules van complir altres funcions que han suscitat l'interès dels historiadors de la ciència. Alistair Duncan va suggerir quines haurien estat les funcions que els químics del segle XVIII van atorgar a les taules d'afinitats. Primera, havien de ser predictives. Se n'esperava que fossin útils per prevenir les reaccions sense necessitat de realitzar-les a la pràctica. Segona, les taules –fornides per un nombre cada cop més gran de resultats experimentals– haurien de poder revelar lleis generals, amb la qual cosa augmentaria el crèdit científic de la química. I, tercera, les taules d'afinitat tindrien una funció simplement informativa proporcionant una llista de les substàncies conegudes, el material de treball bàsic dels químics.

Sense perdre de vista les diferents aproximacions a la funcionalitat de les taules, cal considerar també les taules d'afinitat com a inscripcions que van esdevenir la credencial d'una determinada visió del canvi químic. El valor de credencial visual per a les taules d'afinitat es pot concretar en els següents aspectes. Primer, les taules proporcionaven, resumida i en un sol lloc, la informació verbalitzada en el text. Segon, les taules gaudien de certa autonomia respecte del text, es podien utilitzar en el discurs sobre el canvi químic per persuadir el lector o l'audiència a veure allò que era escrit o es deia. I, finalment; les taules no es podien llegir com un text; cada símbol s'havia de llegir com una unitat d'informació que estava relacionada amb altres unitats o símbols d'una mateixa columna. Així doncs, llegir la taula suposava visualitzar una regularitat, una manera d'ordenar les substàncies per mostrar de ma-

nera consistent la constància de les seves afinitats. Aquest valor de les taules com a credencials visuals es pot constatar mitjançant dues opinions significatives.

La primera és la presentació feta per Bergman de la mateixa taula de Geoffroy en el seu *Traité*: «El 1718, Geoffroy imaginà fer veure a primera vista la sèrie d'atraccions electives tot disposant els símbols químics en una taula, seguint un ordre determinat.»

La segona opinió és la del químic Claude-Loius Berthollet (1748-1822) –que es convertiria més endavant en el gran adversari de les afinitats electives i, per tant, de les taules d'afinitats–. Berthollet va dir en els cursos de química de l'École Normale de l'any III (1794): «Una taula d'afinitats exposa davant dels ulls la comparació de les forces que han produït els fenòmens i que estan a disposició del químic.»

Aquesta intervenció de Berthollet du a considerar també el valor didàctic que van tenir les taules d'afinitats. Ell mateix va explicar als seus alumnes que la millor manera per explicar les afinitats electives era utilitzar les taules d'afinitats i els diagrames figuratius com a recurs didàctic, tot apostant per la confecció d'un mural a tall d'una taula d'afinitats durant el desenvolupament del curs.

A la Gran Bretanya, la taula de Geoffroy no va despertar massa interès fins la dècada del 1760, quan el químic escocès William Cullen (1710-1790) la va adoptar com a recurs didàctic per a les seves classes de química. Cullen, com a professor d'aquesta disciplina, primer a la Universitat de Glasgow i, després, a la d'Edinburg, va fer imprimir les seves pròpies taules d'afinitats per a l'ús dels seus estudiants. D'aquesta manera les taules d'afinitats com a recurs didàctic van contribuir a fer que les afinitats químiques electives esdevinguessin una part significativa de la química britànica. ☺

BIBLIOGRAFIA

- 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 i Londres.
- KLEIN, U. i W. LEFÈVRE., 2007. *Materials in Eighteenth-century Science. A Historical Ontology*. The MIT Press. Cambridge i 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 Grapí. Professor associat del Centre d'Història de la Ciència, Universitat Autònoma de Barcelona.