



ELS ORÍGENS  
DE L'AFINITAT QUÍMICA

TAULA DELS DIFERENTS RAPPORTS OBSERVATS  
EN LA QUÍMICA ENTRE DIFERENTS SUBSTÀNCIES

Étienne-François Geoffroy

*Traducció, introducció i comentaris  
de Pere Grapí i Vilumara*

**Clàssics de la Química 11**

SOCIETAT CATALANA DE QUÍMICA

Filial de l'Institut d'Estudis Catalans



Institut  
d'Estudis  
Catalans



ELS ORÍGENS  
DE L'AFINITAT QUÍMICA



Étienne-François Geoffroy (1672-1731).

Imatge procedent de Wikimedia Commons, de domini públic.

# ELS ORÍGENS DE L'AFINITAT QUÍMICA

Taula dels diferents *rapports* observats  
en la química entre diferents substàncies

Étienne-François Geoffroy

Traducció, introducció i comentaris  
de PERE GRAPÍ I VILUMARA

**Clàssics de la Química 11**

SOCIETAT CATALANA DE QUÍMICA  
Filial de l'Institut d'Estudis Catalans

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

**Geoffroy, Etienne-François, 1672-1731, autor**

[Obres. Seleccions. Català]

Els Orígens de l'afinitat química : taula dels diferents rapports observats en la química entre diferents substàncies. — Primera edició. — (Clàssics de la química ; 11)  
Bibliografia

ISBN 9788499656793

I. Grapí Vilumara, Pere, editor literari, traductor, escriptor d'una introducció

II. Societat Catalana de Química. III. Títol IV. Col·lecció: Clàssics de la química ; 11

1. Química — Història 2. Afinitat química — Obres anterior al 1800

54(091)

544.424

Editors de la col·lecció «Clàssics de la Química»:  
Consol Blanch i Colat i Pere Grapí i Vilumara

© Pere Grapí i Vilumara, per la traducció, la introducció i els comentaris  
Editat per la Societat Catalana de Química,  
filial de l'Institut d'Estudis Catalans  
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: novembre del 2022

Primera reimpressió: febrer del 2023

Text revisat lingüísticament per la Unitat d'Edició  
del Servei Editorial de l'IEC

Disseny de la coberta: Estudi Barreras

Compost per la Unitat de Producció del Servei Editorial de l'IEC  
Imprès a Ediciones Gráficas Rey, SL

ISBN: 978-84-9965-679-3

Dipòsit Legal: B 21648-2022

DOI: 10.2436/10.2003.04.1



Aquesta obra és d'ús lliure, però està sotmesa a les condicions de la llicència pública de Creative Commons. Es pot reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada. Es pot trobar una còpia completa dels termes d'aquesta llicència a l'adreça:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>.

## TAULA

Presentació,	
<i>per Consol Blanch i Colat</i>	7
Introducció	11
Notes biogràfiques sobre Étienne-François Geoffroy	15

### PRIMERA PART

Les afinitats químiques al segle XVIII. La taula de <i>rappports</i> d'É.-F. Geoffroy	19
1. Transformar la matèria. Teories i pràctiques químiques	19
2. La mecanització del canvi químic. Partícules i moviment	32
3. L'impacte del newtonianisme. Entre afinitats i atraccions	43
4. La visibilitat del canvi químic. Les taules d'afinitats	58

## SEGONA PART

Memòries d'É.-F. Geoffroy	71
Taula dels diferents <i>rappports</i> observats en la química entre diferents substàncies	71
Aclariments sobre la taula inserida a les memòries de 1718 sobre els <i>rappports</i> observats entre diferents substàncies	89
Referències	109



## PRESENTACIÓ

En el present volum de la col·lecció «Clàssics de la Química» hem volgut retre homenatge a un savi del segle XVIII, Étienne-François Geoffroy. Nascut en el si d'una nissaga de farmacèutics, es va formar durant el darrer quart de segle XVII fent estudis de farmàcia a Montpeller i, posteriorment, de medicina a Londres i a París.

Des de 1707, Geoffroy va ser professor de medicina al Jardin du Roi i, a partir de 1709, al Collège Royal de París. Habitualment impartia matèries de l'àmbit mèdic i també diverses hores de química. Geoffroy era un empirista, com ho mostren la trentena de memòries i altres informes que va presentar a l'Académie des Sciences de París entre el 1700 i el 1727, tal com destaca àmpliament l'autor en la introducció d'aquest llibre.

L'obra cabdal de Geoffroy, per la qual ocupa un lloc important en la història de la química del segle XVIII, és la seva *taula de 'rapports'* (afinitats), organitzada en setze columnes. Aquest treball va ser pre-

sentat a l'Académie des Sciences de París el 1718. En la taula esmentada s'ordenaven algunes de les substàncies conegudes aleshores segons la seva capacitat d'interaccionar i de generar un desplaçament mutu dels components de les combinacions respectives. Aquesta taula va rebre unes objeccions que van originar una resposta complementària per part de Geoffroy el 1720. Tal com esmenta l'autor del llibre al final de les notes biogràfiques, l'originalitat de l'obra de Geoffroy d'expressar els resultats dels seus experiments en forma de taula va iniciar una nova concepció del canvi químic que va perdurar durant més d'un segle.

Es pot considerar que les aportacions de Geoffroy són una baula important en l'origen de la química moderna, amb personalitat pròpia, no com a subsidiària de pràctiques i operacions d'altres disciplines (útils per a metges i farmacèutics) o oficis (transformadors d'aliments o de materials). Aquest ordenament del coneixement d'aleshores sobre els canvis químics va ser un recurs didàctic valuós per a l'ensenyament de la química en el seu origen com a disciplina científica.

Des de la nostra perspectiva actual, es pot establir un paral·lisme entre les publicacions de Geoffroy (de 1718 i 1720) i les de Mendeléiev (de 1869 i 1871). Cadascun en el seu àmbit varen fer una important tasca de recopilació i sistematització dels coneixements existents en la seva àrea d'estudi que va suposar un gran progrés per a la història de la química, respecte a l'explicació del canvi químic en Geoffroy i a la relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic en Mendeléiev.<sup>1</sup> Ambdós es poden considerar precursors dels preparadors de revisions d'un tema, el que es coneix com a revisors

---

1. Llinàs i Victori, 2019.

especialistes, *reviewers*, per tal de fer-hi una metaanàlisi i treure'n generalitzacions. Una competència que es repeteix al llarg de la història per a la construcció de coneixement.

Tot seguint l'estructura del llibre i com és habitual en aquesta col·lecció, cada volum recull una introducció i unes notes biogràfiques en les quals l'autor de la traducció dels articles originals presenta el personatge honorat, tant en l'àmbit personal com en l'ambient professional en què es va moure.

A continuació, en la primera part del volum, s'hi troben els comentaris a les diverses teories sobre l'explicació del canvi químic que van precedir l'obra de Geoffroy i el van portar a sistematitzar el concepte d'afinitat química de les substàncies, des de les aportacions d'Aristòtil fins al segle XVIII, amb notes molt ben documentades per l'autor del llibre.

En la segona part s'ofereixen les primeres versions en català de les dues obres més importants de Geoffroy: la *Table des differents rapports observés en chimie entre différentes substances*, de 1718, i els *Eclaircissements sur la table inserée dans les memoires de 1718 concernant les rapports observés entre différentes substances*, de 1720, que també fou presentat a l'Académie des Sciences de París. El text s'acompanya de múltiples notes aclaridores per part del traductor, contemporitzadores del llenguatge químic emprat per Geoffroy, que fan molt amena la lectura de la traducció literal de l'original.

L'autor del present volum és el doctor Pere Grapí i Vilumara. Llicenciat en ciències químiques per la Universitat de Barcelona (UB) i doctor en filosofia i lletres - Programa d'Història de la Ciència per la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Ha estat catedràtic de física i química d'ensenyament secundari i professor associat a la UAB i a la Universitat de la Bretanya Occidental (Brest) per impar-

tir cursos en l'àrea d'història de les ciències. La seva recerca en història de les ciències es pot concretar en tres línies: *a)* la química de finals del segle XVIII i principis del segle XIX, *b)* la instrumentació científica i la replicació d'experiments històrics, i *c)* les relacions entre història de la ciència, ensenyament de les ciències i formació del professorat de ciències. En totes aquestes línies té una àmplia producció científica que posa de manifest la seva expertesa, com podreu comprovar en l'estudi sobre l'obra de Geoffroy que teniu a les mans.

CONSOL BLANCH I COLAT  
Coeditora de «Clàssics de la Química»

## INTRODUCCIÓ

El canvi químic constitueix la pròpia essència de la química per ser l'aspecte que millor ha permès diferenciar-la d'altres pràctiques i disciplines. Això ha estat així perquè la química s'ha interessat sempre molt més per les diferències que mostraven els materials i no tant per aquelles qualitats que els eren comunes. Actualment, a principis del segle XXI, aquesta apreciació no té exactament el mateix sentit que va tenir temps enrere. Les ciències químiques es van convertir al llarg del segle passat en una disciplina amb unes fronteres massa difuminades perquè aquella distinció pugui mantenir-se estrictament. Noves disciplines com la bioquímica, la física de l'estat sòlid, la biologia molecular, la radioquímica o la geoquímica han eludit l'antiga demarcació territorial de la química tot hibridant-se amb altres dominis disciplinaris.

Aquesta invisibilitat de la química es fa també extensiva a la seva pròpia essència: els canvis químics. Tot i que solen anar acompanyats

nyats de variacions visibles de color, olor, fase o d'intercanvis d'energia, les interaccions íntimes de les substàncies que reaccionen no són directament observables. A partir del segle xv es va començar a utilitzar el terme *afinitat* per intentar, precisament i entre altres coses, visualitzar els canvis químics.

Quan el 1718 es va presentar a l'Académie des Sciences de París la taula d'afinitats (*rappports*) de Geoffroy, es va lliurar alguna cosa més que una llista dels materials a l'abast de tots aquells dedicats a la pràctica de la química: farmacèutics, metges, metal·lúrgics, destil·ladors d'àcids i d'esperit de vi, etc. En el rerefons de la taula hi havia, entre d'altres aspectes, l'intent de sistematitzar i ordenar el coneixement sobre els canvis químics, l'expectativa de trobar lleis generals per a la química i l'elaboració incipient del concepte *compost químic*. El 1720, Geoffroy va presentar una segona memòria per defensar la seva taula de les primeres objeccions amb què ja havia topat. La continuïtat i el desenvolupament que la taula de Geoffroy va tenir a través de les nombroses taules d'afinitats que la van succeir al llarg del segle xviii la van convertir tant en el prototipus de la credencial visual del canvi químic com en un recurs didàctic per a l'ensenyament de la química.

Després d'aquesta introducció i abans de presentar les traduccions de les dues memòries originals de Geoffroy amb les seves corresponents anotacions, s'ofereix una biografia seva seguida d'un assaig preliminar per situar la taula de Geoffroy en el seu context històric. Aquest estudi preparatori arrenca tot presentant les idees aristotèliques sobre la constitució de la matèria com a part d'una teoria que acabaria configurant-se com un referent recurrent per a interpretar el canvi químic fins a finals del segle xviii. No obstant això, els coneixements tàcits propis de les diverses pràctiques de la química van

anar modelant i enriquint la concepció del canvi químic. En particular, les pràctiques metal·lúrgiques dels segles xvi i xvii van aportar una visió animista per a la transformació dels materials. Paral·lelament, les idees d'Aristòtil van inspirar també la teoria del sofre-mercuri, que va proporcionar als alquimistes la clau per explicar la transmutació dels metalls.

Fins a mitjan segle xvii, entre la miscel·lània de teories entorn de la composició dels materials i les seves corresponents visions del canvi químic, va anar calant la idea que les substàncies es combinaven a partir d'hipotètiques similituds en la seva composició. Aquesta idea acabaria donant sentit al concepte *afinitat* per explicar la tendència a la unió entre substàncies, sense abandonar del tot la visió animista del canvi químic.

La visió mecanicista de la natura que va ressorgir al mateix segle xviii va marginar aquesta noció d'afinitat. Les idees de René Descartes i Pierre Gassendi van tenir una influència notable en els químics de l'època, que van optar per una interpretació corpuscularista dels canvis químics en la qual la forma, la mida i el moviment de les partícules van pretendre explicar la gran varietat de canvis químics. El químic farmacèutic Nicolas Lémery i el filòsof natural Robert Boyle van ser, per diferents motius, dues figures rellevants d'aquesta tradició mecanicista de la química. La influència de Robert Boyle va ser determinant perquè la química pogués ser considerada una pràctica respectable als ulls dels filòsofs naturals, i molt particularment perquè Isaac Newton li dediqués una atenció especial que acabaria proporcionant la idea germinal d'una nova concepció del canvi químic en el segle xviii.

Newton va concebre el canvi químic com el resultat d'atraccions de curt abast —anàlogues a les gravitatòries— entre les partícules

constituents de les substàncies. Comprendre aquestes forces atractives va constituir una veritable quimera per als químics compromesos amb aquesta tradició newtoniana del canvi químic. Aquests químics van assimilar l'antiga noció de *afinitat* amb la de *atracció* i van concebre el projecte de la seva quantificació per fer de la química una disciplina rigorosa equiparable a la mecànica. Va ser en aquest context i després de la publicació de la taula de Geoffroy que van proliferar les taules d'afinitat.

A partir d'aquí, l'assaig preliminar tracta sobre l'estructura, la interpretació i les utilitats de les taules d'afinitats. El coneixement cada vegada més exhaustiu de les reaccions químiques va incidir notablement en el desenvolupament d'aquestes taules i, simultàniament, en la interpretació dels canvis químics.



## NOTES BIOGRÀFIQUES SOBRE ÉTIENNE-FRANÇOIS GEOFFROY

Étienne-François Geoffroy va néixer a París el 13 de febrer de 1672 i va morir a la mateixa ciutat el 6 de gener de 1731. Va ser el fill gran de Matthieu-François Geoffroy, un adinerat farmacèutic que havia estat regidor de París, i de Louise de Vaux, filla d'un reconegut cirurgià. Homes de ciència com ara Wilhelm Homberg i Jean-Dominique Cassini visitaven assíduament la seva llar i van contribuir de forma efectiva a la seva educació. El seu pare, el quart d'una prestigiosa dinastia de farmacèutics, el va enviar a Montpeller el 1692 per aprendre l'ofici d'apotecari a la farmàcia d'un col·lega seu, amb el desig que assumís més endavant el control del negoci familiar. Durant la seva estada d'un any a Montpeller, Geoffroy va assistir als cursos de l'escola de medicina i, tot i acabar els estudis de farmàcia el 1694 i després de tornar a París, va fer valdre la seva veritable ambició de convertir-se en metge. D'aquesta manera, amb el consentiment del seu pare, va emprendre els estudis de medicina.

Sent estudiant de medicina, el comte de Talland —ambaixador extraordinari de França a Anglaterra— el va elegir com el seu conseller mèdic. A causa d'aquesta circumstància va residir durant uns mesos de 1698 a Londres, on va ser nomenat membre de la Royal Society. Al mes de gener de 1699, després de tornar a París, va aconseguir assistir a l'Académie des Sciences com a estudiant d'Homberg, i va ser escollit *associé* aquest mateix any. El 1704 va finalitzar els estudis de medicina i va començar a exercir la professió alguns anys després, exercici en què va adquirir una considerable reputació que el va dur a ser consultat sovint per altres metges. El 1715 va ser nomenat membre *pensionnaire* de l'acadèmia. A partir d'aleshores, Geoffroy va oferir els seus serveis per mantenir informada la institució sobre els progressos científics a Anglaterra i es va convertir en un personatge valuós per a la transmissió de les novetats científiques entre els dos països.

Geoffroy va reemplaçar el 1709 Joseph Pitton de Tournefort com a professor de medicina al Collège Royal (actual Collège de France) i va conservar aquesta càtedra fins a la seva mort. No obstant això, la seva carrera docent ja havia començat el 1707, quan va substituir Guy-Crescent Fagon com a professor de química al Jardin du Roi de París (actual Museu Natural d'Història). Fins al 1710 va compartir aquesta docència amb Louis Lémery i Claude Berger. A partir de llavors, Berger es va fer càrrec del curs en solitari fins a la seva mort el 1712, moment en què Fagon es va jubilar definitivament i Geoffroy va accedir a la seva càtedra. Geoffroy dissertava normalment sobre matèria mèdica de dues a tres hores, immediatament després de les seves classes de dues hores de química. El 1726 va ser elegit degà de la Facultat de Medicina de París i ocupà el càrrec fins al 1729, en un moment de greus conflictes entre metges i cirurgians. Les tensions

d'aquesta disputa, juntament amb les seves dedicacions docents i la pràctica de la medicina, van acabar afeblint-li la salut. Es va retirar del Jardin du Roi el 1730 i l'any següent va morir de tuberculosi a l'edat de cinquanta-vuit anys.

La producció científica de Geoffroy consta de més d'una trentena de memòries que va presentar a l'Académie des Sciences des del 1700 fins al 1727. A aquestes obres personals cal afegir-hi els informes de treballs d'altres acadèmics sobre màquines, invents i nous processos que l'acadèmia li va encarregar. Geoffroy va saber recollir tot el que havia pogut aprendre tant de les seves lectures com de les seves pràctiques i de les dels seus col·legues acadèmics. Fonamentalment, Geoffroy era un empirista en el sentit que es pot donar a aquest terme per designar la posició epistemològica d'aquells que, en tot moment, es mantenen fidels als fets observats tot prioritant els resultats obtinguts mitjançant recerques experimentals.<sup>2</sup>

L'interès de la primera publicació de Geoffroy, un estudi sobre els efectes de la calor observats en les mescles de substàncies salines (*Observations sur les dissolutions et sur les fermentations que l'on peut appeller froides*, 1700) radicava en el fet de ser una de les primeres temptatives de l'ús del termòmetre en la química. Això no obstant, els resultats obtinguts van ser poc conclouents perquè el seu termòmetre d'aire responia massa lentament als canvis de temperatura.

El 1704, Geoffroy va creure que podia reconstituir el sofre escalfant oli de vidriol i trementina; després de destil·lar la mescla va detectar —mitjançant un imant— la presència de ferro en el residu (*Manière de recompondre le soufre commun par la réunion de ses principes, et d'en composer de nouveau par le mélange de semblables substances*,

---

2. Joly, 2014, p. 121, 128 i 131.

*avec quelques conjectures sur la composition des métaux*). El 1705 també va trobar ferro a les cendres de vegetals, sense que fos detectable a la planta original. Geoffroy va creure que calia atribuir la formació de ferro a l'existència d'un «principi sulfurós» —comú als vegetals i als metalls— que proporcionava als metalls les seves característiques de fusibilitat i ductilitat. Louis Lémery es va oposar a aquesta teoria tot assegurant que el ferro havia estat sempre present en l'oli de vidriol o en la trementina, i en els vegetals que s'havien cremat. Això no obstant, Geoffroy va persistir en la seva creença i el 1720 va identificar el seu principi sulfurós amb el flogist.

Geoffroy és recordat, sobretot, en la història de la química per haver confeccionat una taula d'afinitats de setze columnes, presentada el 1718 i publicada dos anys més tard, en què s'ordenaven algunes de les substàncies més conegudes segons la seva capacitat de desplaçament mutu. L'originalitat de la seva obra rau, precisament, en la idea d'exposar els resultats dels seus experiments en forma de taula, la qual cosa va iniciar una nova concepció del canvi químic que va perdurar durant més d'un segle.

## PRIMERA PART

### LES AFINITATS QUÍMIQUES AL SEGLE XVIII. LA TAULA DE *RAPPORTS D'É.*-F. GEOFFROY

#### 1. TRANSFORMAR LA MATÈRIA. TEORIES I PRÀCTIQUES QUÍMIQUES

##### 1.1. L'HERÈNCIA SECULAR D'ARISTÒTIL EN LA QUÍMICA

No va haver-hi una comprensió general sobre la naturalesa del canvi químic assumida per una majoria de practicants de la química fins a partir del segle XVIII. Així, doncs, visions alternatives sobre el canvi químic van arribar a coexistir en una mateixa època de la mateixa manera que també van coexistir diferents teories sobre la constitució de la matèria o sobre l'estructura de l'Univers, sense que cap arribés a reemplaçar del tot les altres. Aquesta diversitat de teories sobre el canvi químic, tot i que manifestava l'existència d'una certa riquesa intel·lectual, també va obstaculitzar la mútua comprensió entre aquells contemporanis que des de diferents àmbits conreaven la pràctica de la química.

Gran part de les explicacions sobre el canvi químic fins al segle XVII van coexistir en un context animista que tenia el seu referent més antic, dins la cultura occidental, en les idees del filòsof grec Empèdocles (segle V a. de la n. e.).<sup>3</sup> Aquest filòsof va atribuir qualsevol procés natural a la intervenció de l'amistat i de l'odi, concebuts com a forces abstractes i impersonals que procuraven el canvi de propietats d'una primera matèria amorfa subjacent en les substàncies que es combinaven. Aristòtil (segle IV a. de la n. e.) va pensar que aquesta primera matèria s'impregnava d'unes qualitats contràries dos a dos: el calent / el fred i el sec / l'humit per generar els quatre elements que Empèdocles havia proposat com les arrels de totes les coses: foc, aire, aigua i terra. El simbolisme geomètric utilitzat sovint per a representar conjuntament els elements i les qualitats aristotèliques consistia en dos quadrats sobreposats formant una estrella de vuit puntes. Aquesta representació situa les parelles de qualitats contràries ocupant costats oposats del quadrat extern i serveix per a mostrar com els elements consecutius comparteixen una mateixa qualitat (figura 1).

La mescla en diferents proporcions d'aquests quatre elements generava substàncies tangibles i, viceversa, qualsevol substància tangible es podia descompondre idealment en els mateixos quatre elements aristotèlics. Evidentment, aquest últim procés analític va resultar ser més teòric que pràctic. D'altra banda, com que els elements consecutius tenien una qualitat comuna podien transformar-se recíprocament.

L'aire (calent i humit) provenia del foc (calent i sec) en canviar una de les dues qualitats, de manera que hi hauria aire si l'humit do-

---

3. L'abreviatura «a. de la n. e.» significa 'abans de la nostra era', en substitució de la forma abreujada «aC».

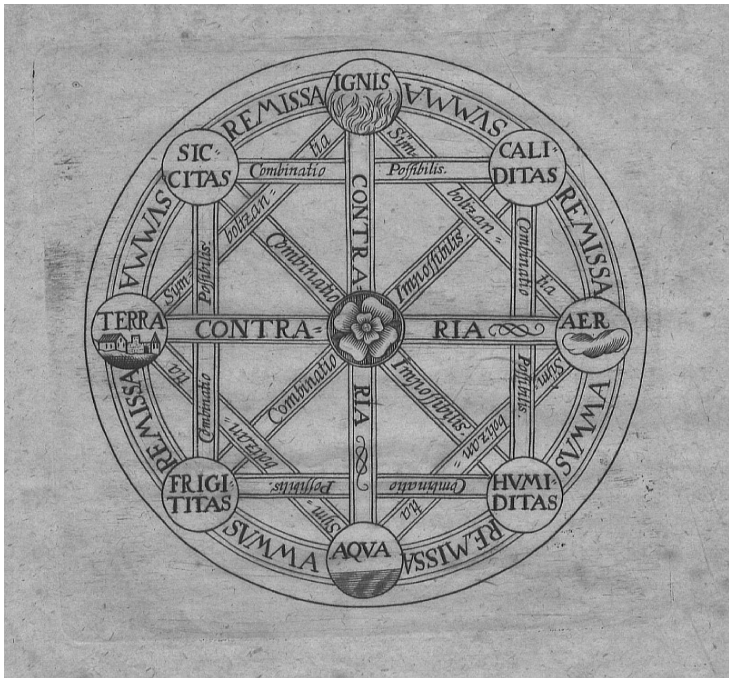


FIGURA 1. Representació simbòlica dels elements i les qualitats aristotèliques (Gottfried Wilhelm LEIBNIZ, *Dissertatio de Arte Combinatoria*, 1666). Imatge procedent de Wikimedia Commons proporcionada per la Deutsche Fotothek, de domini públic.

minava el sec i, al seu torn, l'aigua (freda i humida) procedia de l'aire si el calent era dominat pel fred. De la mateixa manera, la terra sorgiria de l'aigua i el foc de la terra, atès que ambdós elements posseïen una qualitat en comú. L'aigua, en efecte, era humida i freda, mentre que la terra era freda i seca, de manera que el domini del sec per sobre

de l'humit transformaria l'aigua en terra. Per la seva banda, atès que el foc era sec i calent, i la terra freda i seca, si s'anullés el fred sorgiria el foc a partir de la terra. En conseqüència, la generació dels cossos simples devia ser cíclica pel fet d'existir qualitats comunes en els elements que eren consecutius.<sup>4</sup>

És important anotar que la transformació entre elements era teòricament possible perquè existia sempre un punt de coincidència —una certa semblança— entre parells d'elements. La teoria dels quatre elements d'Aristòtil va ser bastant més que una teoria sobre la constitució de la matèria que va perdurar en la base teòrica de la química fins a la darrerria del segle XVIII. La mateixa teoria, en fer possible la transformació entre els quatre elements, es va convertir també en el referent teòric de les interpretacions del canvi químic fins a mitjan del mateix segle.

Les operacions metal·lúrgiques —extracció de metalls i preparació d'aliatges— dutes a terme per miners, assajadors, esmaltadors i orfebres van representar una part significativa de l'àmbit d'actuació de la química mineral des dels seus orígens. Tot i que els metal·lúrgics estaven interessats sobretot en el lucratiu negoci de la mineria, l'auge que les seves pràctiques van adquirir a l'Europa central a partir del segle XVI va conduir, inevitablement, a un interès envers els coneixements bàsics subjacents en aquelles operacions. En aquest sentit, els químics metal·lúrgics dels segles XVI i XVII van ser tributaris de les tradicions alquimistes en considerar que els cossos minerals, com els organismes vegetals, naixien d'unes llavors, creixien dins d'una matriu a l'interior de la terra on podien culminar la seva evolució cap a l'estat de l'or —el més perfecte dels metalls— i, fins i tot, podien envellir i morir.

---

4. Aristòtil, 1987, p. 92.



Som, doncs, davant d'una visió animista del canvi químic —el químic des del seu laboratori o taller intentava imitar la natura— que també podia adoptar referents antropomòrfics anàlegs als utilitzats en relació amb les plantes. Així, els metalls ordinaris imperfectes —igual que un infant vist com un adult imperfecte— es podien transformar en or, metall perfecte, passant per diversos estats intermedis. Com s'ha vist en el cas dels quatre elements aristotèlics, es fa difícil disso- ciar les idees sobre la unió entre substàncies en una reacció de les idees sobre la naturalesa i l'origen dels elements dels cossos. El cas de la tra- dició alquímica és particularment representatiu d'aquesta situació.

Les teories alquímiques sobre la constitució de la matèria van tenir el seu referent en l'atribució aristotèlica de l'origen dels minerals a dues exhalacions que emanaven del centre de la terra per l'acció de la calor del sol. Aristòtil en l'obra *Meteorològics* explica com una d'aquestes exhalacions era humida, mentre que l'altra era seca i fu- mejant. Ambdues exhalacions es combinaven en les entranyes de la terra per formar pedres, minerals i metalls que, quan ascendien a l'ai- re lliure, originaven llamps, trons i altres fenòmens meteorològics.<sup>5</sup> La il·lustració de Michael Maier (figura 2) en *Symbola aureae mensae duodecim notionum* (1617) mostra Tomàs d'Aquino senyalant una representació de la teoria del sofre-mercuri en la qual s'imiten els vapors naturals subterranis en un procés alquímic artificial que té lloc a la superfície. És a dir, les arts químiques podien reproduir la generació natural de metalls a partir dels principis sofre i mercuri.

Els tractats àrabs medievals, en particular els atribuïts a Jabir ibn Hayyan (c. 721 - c. 815), van adoptar les parts mineralògiques de la teoria aristotèlica, tot afirmant que aquestes exhalacions seques i hu-

---

5. Aristòtil, 1996, p. 258.



FIGURA 2. Representació de la teoria del sofre-mercuri (Michael MAIER, *Symbola aureae mensae duodecim notionum*, 1617, Frankfurt, p. 365).

mides es condensaven a l'interior de la terra en dues substàncies intangibles intermèdies que van designar amb els noms de *mercuri* i *sofre* per analogia amb les substàncies comunes amb el mateix nom. Aquestes substàncies subterrànies es combinaven després en diferents proporcions i en condicions diferents de calor i puresa per produir els diferents metalls. Així, per exemple, l'or estava compost per quantitats escrupolosament iguals de mercuri pur i de sofre pur combinats en un espai net i temperat. Una descompensació en les quantitats o en la puresa tant del mercuri com del sofre, o els efectes del fred o de la brutícia subterrània, donaria lloc a metalls menys nobles que l'or.

Aquesta teoria sobre la composició dels metalls va proporcionar la base per a la creença en la seva transmutació. Si tots els metalls estaven compostos pel mateix parell de principis i les diferències eren accidentals, llavors l'alquimista podia ser capaç d'aconseguir la transmutació retornant el mercuri i el sofre al seu estat adequat de puresa, maduresa i proporció relativa. La teoria del sofre-mercuri va tenir el seu desenvolupament posterior a Occident a través dels primers autors alquímics i, en particular, en la *Summa perfectionis magisterii*. L'autoria d'aquesta obra, probablement escrita a finals del segle XIII, s'ha atribuït al monjo franciscà Pau de Tàrent. Les edicions de la *Summa* solen anar acompanyades de quatre textos apòcrifs atribuïts a Geber, autor medieval de textos d'alquímia que durant molt de temps es va confondre amb l'alquimista àrab Jabir ibn Hayyan. Geber va explicar les transmutacions metàl·liques sobre la base de la finesa de les partícules de l'agent transmutador.

A més de la metal·lúrgia, l'àmbit d'actuació de la química cobria altres pràctiques o arts que estaven en mans de tintorers, adobers, destil·ladors, perfumistes, herbolaris, apotecaris i alquimistes, entre d'altres. En algunes d'aquestes pràctiques (herbolaris i apotecaris, sobretot) s'hi pot reconèixer fàcilment el vincle que existia entre la química i la medicina galènica, atès que aquesta última confiava el restabliment de la salut en un cos malalt a l'ús de medicines, principalment d'origen vegetal, preparades mitjançant destil·lacions i extraccions. Aquest vincle va ensopegar amb un important contratemps al segle XVI, quan Paracels<sup>6</sup> (1493-1541) es va oposar a la medicina galènica tot advocant per l'ús de medicines d'origen mine-

---

6. Paracelsus és el nom que va adoptar Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim per indicar la seva superioritat sobre Cels, metge romà del segle I.

ral. De fet, l'abast d'aquesta oposició va ser molt més profund, ja que també representava, en última instància, un repte a l'autoritat dels savis antics (Aristòtil i Galè) i al seu paganisme.

D'aquesta manera, Paracels va posar les bases d'una nova pràctica química, la iatroquímica o química mèdica, una disciplina que vinculava la pràctica de la química directament amb la medicina. Per als iatroquímics, l'objectiu de la medicina era la preparació de medicaments d'origen mineral, la funció dels quals era la de destruir el verí que habitava en un cos malalt. Les malalties es consideraven específiques i, per tant, havien de tractar-se amb remeis específics. No s'ha d'oblidar que són uns anys en què hi havia malalties, com ara la sífilis, que estaven fent estralls arreu. El fonament d'aquesta pràctica cal buscar-lo, en part, en la interrelació existent entre el macrocosmos i el microcosmos defensada per Paracels.

Les exhalacions que emanaven de les estrelles visibles i invisibles del macrocosmos impregnaven amb les seves essències astrals els cossos materials del microcosmos determinant-ne d'aquesta manera el creixement. A partir d'aquesta idea central, les concepcions paracelsianes es basaven en dos principis: primer, el principi de similitud segons el qual el semblant atreia i s'unia al seu semblant i, segon, tot allò que es trobava a la terra tenia el seu referent al cel (antiga creença atribuïda a Hermes Trismegist, el «tres vegades gran», personatge mític que va donar nom a la doctrina hermètica).<sup>7</sup> L'obligació del químic era la d'experimentar per conèixer les correspondències entre el macrocosmos i el microcosmos, i així poder determinar l'essèn-

---

7. Mai no va existir una persona amb aquest nom, tot i que hi ha moltes obres atribuïdes a Hermes Trismegist que varen exercir una influència decisiva en el desenvolupament de l'alquímia. El terme *doctrina hermètica* designa les doctrines secretes en general. Els textos del corpus hermètic són una conjunció de la filosofia grega amb la religió persobabilònica.

cia astral que permetia combatre cada malaltia. Els iatroquímics —i també els químics metal·lúrgics— feien ús de les suposades correspondències entre els metalls i els planetes, i les d'aquests amb els òrgans vitals del cos. De l'acoblament d'aquestes correspondències en sorgien les desitjades equivalències entre els metalls i els diferents òrgans del cos, les quals tenien la seva traducció en la pràctica mèdica en afirmar que certs metalls —o les seves respectives sals— resultaven beneficiosos per curar determinats òrgans emmalaltits. Així, per exemple, l'or que es corresponia amb el sol també es corresponia amb el cor, ja que aquest últim també estava relacionat amb el sol i, com a conseqüència, les sals d'or s'utilitzaven per a curar malalties atribuïbles al cor.

La teoria del sofre-mercuri sobre la constitució de la matèria, prevalent durant l'edat mitjana i en determinats àmbits fins al segle XVII, també va patir una modificació substancial en mans de Paracels. La innovació va ser doble: l'entrada de la sal com un tercer principi i l'ampliació del poder explicatiu dels tres principis, la *tria prima*, a tots els cossos. Aquests principis formaven part de totes les substàncies i representaven les seves propietats més característiques. Així, en general, el mercuri representava la volatilitat, la fluïdesa o la fusibilitat; el sofre, la inflamabilitat, i la sal, la qualitat del sabor. Al segle XVII, aquesta tríada de principis va ser ampliada amb dos altres principis addicionals —la flegma i la terra— que suposaven tant la inclusió dels principis aristotèlics de l'aigua i de la terra com el reconeixement de l'obtenció de destil·lats aquosos i de residus secs (cendres) insolubles en aigua en la destil·lació destructiva de bona part dels materials vegetals i animals. El llegat aristotèlic seguia, sens dubte, vigent.

L'ús dels compostos d'antimoni és un cas paradigmàtic que serveix per a posar en relleu l'estreta relació entre les pràctiques iatro-

químiques i les metal·lúrgiques i la tradició alquímica. Era prou conegut el fet que l'or es podia purificar escalfant-lo a fusió amb antimoni (amb aquest terme es designava l'estibnita o antimonita, el component majoritari de la qual és el trisulfur d'antimoni). Així, per exemple, la plata se separava de l'or i es formava una escuma que contenia sulfur de plata, mentre que l'antimoni s'aliava amb l'or i acabava sedimentant en el fons del gresol. Georgius Agricola (1494-1555) descriu i il·lustra en la seva obra pòstuma *De re metallica* (1556) la separació de la plata de l'or, utilitzant aquest tractament com una operació metal·lúrgica. Aquest tractament per a la purificació de l'or també l'havia adoptat la tradició alquímica, com ho demostra el gravat següent (figura 3) de Michael Maier en el seu *Atalanta fugiens* (1618), en què il·lustra com el llop gris (antimoni, *lupus metallorum*), després de devorar el rei (or), es consumeix al foc perquè el rei pugui ressuscitar una vegada purificat.

Resulta comprensible que en aquest context no fos difícil per als iatroquímics la difusió de l'ús medicinal dels compostos d'antimoni. Si l'or era el metall perfecte del món mineral que podia purificar-se d'altres metalls contaminants mitjançant un tractament amb antimoni, aleshores, l'organisme humà, l'obra perfecta del Creador, també podia ser purgat dels seus verins mitjançant la ingesta de sals d'antimoni.

## 1.2. CANVI QUÍMIC I AFINITAT: *SIMILE SIMILI GAUDET*

Fins a mitjan segle XVII van proliferar, doncs, una diversitat de doctrines a l'entorn de la composició de la matèria que van deixar petjada en les interpretacions sobre el canvi químic. Aquestes aproximacions teòriques no van resultar gaire útils als químics per guiar-los en les se-



FIGURA 3. Representació alquímica de la purificació de l'or (Michael MAIER, *Atalanta fugiens*, 1618). Imatge procedent de la Wellcome Collection, de domini públic.

ves pràctiques, ja fos per comprendre les pròpies operacions com per preveure'n el resultat. No obstant això, malgrat aquesta diversitat, va anar prenent cos la idea que les substàncies similars —que tenien quelcom de semblant en la seva naturalesa— es combinaven precisament gràcies a suposades coincidències en la seva composició. Així, doncs, el canvi químic es va considerar com una unió sense violència, com una aliança o un matrimoni entre dues substàncies que, tot i ser diferents o, més aviat, sense ser del tot idèntiques, presentaven certa

similitud en la seva naturalesa. La idea era que el semblant es combinava amb el semblant: *simile simili gaudet* ('el semblant gaudeix del semblant').

Aquesta similitud en la naturalesa entre substàncies aviat es va convertir en el significat clau del terme *afinitat*, usat per a explicar la tendència a la unió entre elles. En un context majoritàriament animista, aquest terme va aparèixer amb pseudònims com *simpatia*, *apetit* o *afecció*, i es va anar convertint en el concepte estructurant de bona part de les explicacions sobre el canvi químic. Un ús primerenc d'aquest terme amb el seu sentit químic va ser, probablement, en l'obra *De mineralibus* (1240-1245), d'Albert Magne (1200-1280), a l'hora d'explicar que el sofre cremava metalls (com la plata) a causa d'una «afinitat» en la seva naturalesa.

En el passatge del text *Les elemens de chymie* (1658), de Jean Béguin (1550-1620), que se cita a continuació, la tendència a la combinació es designa mitjançant el terme *simpatia* i s'explica per una coincidència en la naturalesa metàl·lica dels reaccionants. Jean Béguin va ser un farmacèutic, autor del text *Tyrocinium chymicum*<sup>8</sup> (1610), basat en les seves lliçons de química al Jardin des Plantes. Aquest text va tenir quaranta-una edicions entre 1610 i 1619, i en la versió en francès va adoptar el títol inicialment esmentat.

[...] dic que l'esperit vidriòlic<sup>9</sup> mostra una simpatia extrema pels metalls i més o menys simpatia per altres minerals segons com de propers o

---

8. El text es va publicar el 1610 sense el permís de l'autor i es va reeditar el 1612 amb la seva supervisió (Béguin, 1612).

9. En la tradició alquímica, el terme *esperit* designava la part vital d'un cos, el seu hàlit vital, el qual es podia extreure per mitjà d'operacions com la destil·lació, la sublimació o la digestió. Igual que l'*esperit de vi* obtingut de la destil·lació del vi, termes com *esperit de nitre* o *esperit de vidriol* designaven els líquids corrosius obtinguts a partir del nitrogen i del vidriol, que eren dissolucions



distants es trobin de la natura metàl·lica. Atès que el règul d'antimoni<sup>10</sup> és més proper a la naturalesa metàl·lica que el mercuri, en destil·lar el sublimat de mercuri amb antimoni,<sup>11</sup> l'esperit vidriòlic del sublimat abandona el mercuri i s'uneix i s'adhereix al règul d'antimoni.<sup>12</sup>

El text de Béguin serveix també per a posar de manifest una de les característiques generalment reconeguda a l'afinitat, el caràcter electiu: la tendència d'una substància a combinar-se preferentment amb unes en detriment d'altres (l'esperit vidriòlic tria unir-se al règul d'antimoni en comptes del mercuri). La idea del caràcter electiu en el canvi químic era, de fet, força més antiga. Així, a la segona meitat del segle XIII, l'observació d'un ordre definit en la reactivitat entre metalls s'explicava a partir de la similitud en la seva composició. A la *Summa perfectionis magisterii* s'exposa una ordenació dels metalls segons la seva facilitat per ser oxidats (ferro, coure, plom, plata, estany i or) i que era més gran com més allunyada estava la naturalesa del metall respecte de la de l'or.<sup>13</sup> A mitjan segle XVII, el caràcter electiu

---

més o menys concentrades i pures d'àcid nítric i àcid sulfúric, respectivament. A vegades, el terme *esperit* apareix com a genèric per designar àcids com el clorhídric.

10. Antimoni metàl·lic. El terme *règul* vol dir 'reietó'. S'ha suggerit que aquest nom té el seu origen en les especials relacions químiques de l'antimoni amb l'or (el rei dels metalls). També s'ha suggerit que la designació de l'antimoni metàl·lic amb el terme *règul* es deu a la seva capacitat de presentar-se en una forma cristal·lina amb l'aparença d'una estrella. Existia, i existeix, una estrella anomenada Règul, la més brillant de la constel·lació del Lleó, coneguda també com a *cor leonis* ('el cor del lleó'). L'estrella de l'antimoni va fascinar els alquimistes, que la van reconèixer com un signe que demostrava la seva afinitat amb els cossos celestes i mitjançant el qual es podien reproduir les virtuts celestials que emanaven constantment del cel.

11. El sublimat de mercuri es correspon amb el clorur de mercuri(II), mentre que el terme *antimoni* no fa referència a l'element metàl·lic, sinó al sulfur d'antimoni(III). Béguin descriu com es forma el clorur d'antimoni(III) —conegut també amb el nom de *mantega d'antimoni* per la seva textura— a partir del sulfur d'antimoni(III) i del clorur de mercuri(II). En aquest cas, el terme *esperit vidriòlic* fa referència a l'esperit de l'àcid clorhídric.

12. Béguin, 1658, p. 219.

13. Geber, 2000.

del canvi químic també va arribar a adjudicar-se a un cert coneixement previ que algunes substàncies (com els àcids) havien de tenir del metall sobre el qual havien d'actuar.

Una segona característica de l'afinitat era la seva potencialitat. L'afinitat es considerava una qualitat oculta de la matèria que es manifestava entre substàncies en les quals es pressuposava una certa similitud de composició, però les causes d'aquesta similitud romanien inaccessibles al coneixement. A partir de la segona meitat del segle XVII, la persistència a considerar l'afinitat com una qualitat oculta va distanciar els químics partidaris de les teories mecanicistes de la noció d'afinitat, rebutjant així la necessitat d'acudir a propietats ocultes per explicar les seves observacions.

## 2. LA MECANITZACIÓ DEL CANVI QUÍMIC. PARTÍCULES I MOVIMENT

### 2.1. UN CANVI DE RUMB. PARTÍCULES EN COMPTES DE SIMPATIES

Durant la primera meitat de segle XVII, les diverses orientacions teòriques que van coexistir entre els practicants de la química van acabar coincidint en un aspecte comú: la crítica al sistema aristotèlic. No obstant això, tot i les llargues discussions a propòsit dels elements que entraven en la composició de les substàncies, cap d'aquelles doctrines va ser capaç de reemplaçar l'antic sistema de manera prou satisfactòria. Va ser el cop de timó imposat pels filòsofs mecanicistes i corpuscularistes allò que va permetre estudiar els problemes que tenien plantejats els conreadors de la química des d'una posició que pretenia oferir millors perspectives que les proporcionades per la visió aristotèlica. El mecanicisme corpuscularista, entès com una doc-

trina que pretenia explicar els fenòmens naturals a partir de la forma, la mida i el moviment de petites partícules materials, va rebutjar qualsevol entitat oculta en considerar-les inútils, incòmodes, irracionals i perjudicials intel·lectualment per la seva manca de transparència. Aquest corrent mecanicista va afavorir l'explicació dels fenòmens observables en termes de mecanismes materials que podien visualitzar-se de forma semblant als mecanismes dels instruments, màquines o aparells de la vida quotidiana, que funcionaven sense cap recurs immaterial o misteriós, obeint determinades lleis potser encara per descobrir. Així, doncs, en aquest nou context, la visió animista del canvi químic estructurada al voltant de la noció antropomòrfica d'afinitat va quedar postergada i —com a entitat oculta que era— no va ser tractada clarament en les obres dels químic partidaris d'aquesta nova tradició.

Si bé és cert que el declivi del sistema aristotèlic —contrari a una concepció corpuscular de la matèria— en la primera meitat del segle xvii va coincidir amb l'auge de les teories mecanicistes, hi ha altres factors que faciliten una comprensió més àmplia de l'espectacular acceptació d'aquestes teories. Així, el redescobriment durant el segle xv de textos dels atomistes grecs (Demòcrit i Epicur) i del poema de Lucreci (segle ii a. de la n. e.) *De rerum natura* i l'aparició de traduccions al llatí i en llengües vernacles de la *Pneumàtica* d'Heró van posar a l'abast dels pensadors del segle xvii els textos de referència del mecanicisme corpuscularista. Aristòtil havia rebutjat l'atomisme de Demòcrit d'Abdera (segle iv-v a. de la n. e.) que explicava la diversitat de materials com a resultat de les diferències de forma i mida d'unes últimes partícules homogènies i indivisibles de la matèria (àtoms). L'atomisme era una doctrina més abstracta que la dels quatre elements d'Aristòtil, atès que aquesta última era més propera a

l'experiència sensorial. Epicur de Samos (segle III-IV a. de la n. e.) va dotar els àtoms de moviments impredecibles que no tan sols podien explicar les seves possibles unions, sinó que també, i sobretot, atorgaven a l'atzar un paper actiu en contra del fatalisme determinista. Les desviacions en el moviment dels àtoms permetien en última instància que la voluntat humana fos lliure i, en aquest sentit, l'atomisme d'Epicur va tenir importants influències morals.

D'altra banda, el desenvolupament de la doctrina dels *minima naturalia* —iniciada pels comentaristes d'Aristòtil— va donar lloc a unes entitats, els *minima*, que, en representar les parts més petites d'un cos capaces de retenir totes les seves propietats, varen proporcionar arguments suficients per consolidar una visió corpuscular de les substàncies. Malgrat tota aquesta tradició mil·lenària, el programa mecanicista corpuscularista de segle XVII va tenir el seu principal referent teòric en el pensament, sobretot, de dos filòsofs coetanis francesos: René Descartes (1596-1650) i Pierre Gassendi (1592-1655). Tot i la seva rivalitat, van proporcionar les idees essencials per comprendre el desenvolupament de la ciència occidental en els segles venidors.

Descartes no va abordar mai la química com a ciència experimental ni tampoc tenia gaire bona opinió dels químics, ja que considerava que no feien més que dir paraules fora dels usos habituals per aparentar saber quelcom d'allò que, de fet, ignoraven. Descartes no va arribar a considerar la possibilitat d'establir un discurs específic per a la química, com sí que ho va fer per a la geometria o com va intentar fer-ho per a la mecànica. Per a ell, la química era una ciència il·lusòria en la seva pretensió de presentar la realitat dels cossos mitjançant una anàlisi que no era una operació del pensament racional, sinó tan sols una pràctica destil·latòria de la qual sorgien uns princi-

pis (mercuri, sofre, sal, flegma i terra) utilitzats abusivament pels químics. No obstant això, per la seva metodologia, per la seva concepció de l'estructura de la matèria, pel seu mecanicisme i pel seu coherent i persuasiu sistema de pensament, Descartes va influir en les doctrines químiques, sobretot a França. Va proporcionar als químics una manera alternativa de repensar els seus problemes, persuadint-los per construir la seva ciència sobre uns nous fonaments i, per tant, modificant-la considerablement.

El principal repte que la química podia plantejar al mecanicisme era poder explicar com les diferents partícules dels reactius s'unien per formar uns productes de naturalesa diferent. Per a Descartes, que rebutjava sistemàticament les atraccions a distància, aquestes unions només es podien donar mitjançant un contacte entre partícules a partir del qual tan sols la seva forma i el seu moviment podien ser raons suficients per a explicar totes les transformacions químiques.

A diferència de Descartes, Gassendi, un altre dels fundadors de la filosofia mecanicista, va abordar la química en la seva obra d'una manera més incisiva i va tenir una influència més àmplia i profunda sobre els químics. Al contrari de Descartes, que va preferir no reviure el coneixement clàssic, sinó començar de nou, Gassendi va tenir el convenciment —gairebé una conversió en el sentit religiós del terme— de pertinença a l'atomisme desenvolupat per Epicur tot atorgant-se la missió de reeditar i difondre el seu pensament. Per a Gassendi, l'atomisme constitueix la millor hipòtesi explicativa de les qualitats sensibles a la nostra experiència (color, sabor, calor...) apartant-se així de la simple especulació filosòfica i apropant-se al camp de l'experimentació més o menys directa. D'acord amb Gassendi, la química era l'única disciplina que permetia endinsar-se amb profunditat en el coneixement de la matèria per dues raons: primera,

la considerava un instrument analític en virtut del qual els àtoms haurien de resultar aprehensibles i, segona, les seves anàlisis estaven basades en l'observació i l'experimentació.

Deixant a banda les idees de Gassendi sobre la matèria, hauríem d'ocupar-nos de la seva opinió sobre l'altra qüestió que ara més ens interessa: com s'uneixen els cossos en un canvi químic. En aquest sentit, Gassendi tan sols va expressar que els canvis de propietats o qualitats sensibles observats en una reacció química eren el resultat de canvis en la posició de les partícules, els àtoms. Gassendi, com tots els mecanicistes, va rebutjar tant l'existència de qualitats ocultes per explicar els fenòmens observats com el recurs a les simpaties/antipaties atribuïdes a l'anterior concepte d'afinitat. En relació amb aquest tema, va plantejar un problema secular que interessava els químics: l'aparició d'unes propietats, en mesclar dues substàncies susceptibles de reaccionar entre si, que sorgien d'uns cossos que abans no les posseïen. S'havia format un cos nou diferent a partir de la simple combinació dels dos primers? El mecanicisme de Gassendi, menys rígid que el de Descartes, va estar més orientat cap a l'observació i l'experimentació, i va resultar també estar més proper a les inquietuds dels químics que el mecanicisme de Descartes. No obstant això, sovint, les idees de tots dos apareixen amalgamades en les obres de química de finals de segle XVII, com en les del químic farmacèutic Nicolas Lémery i del filòsof natural Robert Boyle.

## 2.2. NICOLAS LÉMERY I ROBERT BOYLE: PUNTES I PORUS EN MOVIMENT

Per entendre millor com s'interpretava el canvi químic des del mecanicisme, és millor acudir, precisament, als químics que van adoptar

aquesta orientació en les seves obres. En concret, l'obra de Nicolas Lémery (1645-1715) és particularment representativa, atès que el seu principal text, *Cours de chymie*, va tenir un èxit notable i va exercir una gran influència en altres pensadors. La primera edició va aparèixer el 1675 i fins a la seva última edició francesa de 1757 es pot dir que no tan sols França, sinó també gran part d'Europa, va aprendre química gràcies al seu text.

L'objectiu explícit que va dur Lémery a escriure el seu llibre era aconseguir que la química, les seves operacions i les seves explicacions fossin comprensibles per tots aquells que sentien un cert interès per la ciència. Lémery va explicar els fenòmens químics mitjançant mecanismes en què tan sols es pressuposa l'existència de partícules dotades de forma i de moviment sense necessitat de recórrer a entitats metafísiques. Els seus raonaments són simples i justificats per les seves pròpies conseqüències. L'acció d'un àcid sobre un àlcali representa el fenomen prototípic per a totes les reaccions químiques i la seva interpretació pot considerar-se la referència de les explicacions mecanicistes de la química. S'hi pot reconèixer la justificació de la propietat general de l'acidesa, el seu caràcter electiu manifestat en diverses observacions i altres fenòmens com ara l'efervescència. Les manifestacions següents de Lémery han estat extretes de la versió espanyola del seu *Curso chymico* (1703):

[...] l'àcid d'un licor consisteix en les partícules punxegudes de la sal que estan en moviment. No crec que se'm negui que l'àcid no té punxes mentre que totes les experiències ho mostren. Només cal tastar-lo per ser d'aquest parer, perquè causa punxades a la llengua semblants a les que es rebrien de qualsevol matèria esquinçada en parts molt punxegudes. No obstant això, una prova demostrativa convencerà, [...] totes les solucions

de matèries diferents fetes amb licors àcids adopten aquesta forma punxeguda en cristallitzar [...].<sup>14</sup>

El caràcter electiu de les reaccions, una característica pròpia de la noció d'afinitat utilitzada pels químics més antics, disposava també de la seva interpretació mecanicista. Aquesta característica també residia en la diferència de finor de les punxes d'un àcid respecte d'un altre. Així, el vinagre s'impregnava de plom mentre que l'aiguafort<sup>15</sup> no podia dissoldre'l, però aquest últim dissolia el mercuri i, en canvi, el vinagre no podia fer-ho. De manera semblant, l'aigua règia dissolia l'or i l'aiguafort no li feia cap efecte i, al contrari, l'aigua forta dissolia la plata sense atacar de cap manera l'or.

Els àlcalis, definits com a substàncies que reaccionaven amb els àcids provocant efervescències, estaven formats per partícules poroses. La diferència entre els diferents àlcalis s'atribuïa a diferències en els porus, i perquè un àcid reaccionés amb un àlcali calia que existís una proporció entre les punxes de l'àcid i els porus de l'àlcali. La reacció de neutralització entre un àcid i un àlcali es considerava un combat entre dues substàncies diferents i oposades per les formes de les seves partícules. La idea que les substàncies reaccionaven perquè mostraven una certa similitud havia desaparegut. El canvi químic era un combat que podia conduir a l'anihilament dels combatents.

En aquest festival d'imatges mecàniques, la noció d'afinitat semblava absent i es troba a faltar, sobretot, en les reaccions de desplaçament de metalls de les seves sals per l'acció d'altres metalls a causa del caràcter electiu d'aquest tipus de reaccions. En aquest cas, Lé-

---

14. Lémery, 1703, p. 16; 2002, p. 46-47.

15. Dissolució concentrada d'àcid nítric.



mery va criticar fins i tot algunes interpretacions mecanicistes dels seus contemporanis per voler justificar el caràcter electiu d'una reacció atribuint una certa potencialitat a la tendència a la unió entre substàncies. Així, el desplaçament de la plata del nitrat de plata per part del coure s'havia explicat dient que els porus del coure s'acomoden millor que els de la plata a la forma de les punxes de l'àcid. Tot i que Lémery era conscient de la dificultat que suposava interpretar aquest tipus de reaccions, va rebutjar explicacions d'aquesta índole i va proposar alternatives més coincidents amb els principis del mecanicisme.

El pensament de Lémery, representatiu de bona part dels químics de finals del segle XVII, és un exemple de la coexistència del racionalisme de Descartes amb el corpuscularisme de Gassendi. Lémery va afegir a la retòrica del dubte cartesià la seva adhesió a un corpuscularisme estrictament mecànic: qualsevol fenomen químic podia interpretar-se com un encadenament de causes i efectes, mitjançant xocs entre partícules i interaccions entre punxes i porus. No obstant això, al mateix temps, Lémery pensava que l'experimentació en química era primordial i va establir un veritable progrés empíric en aquells processos que es va proposar explicar.

La influència dels filòsofs mecanicistes francesos, particularment de Gassendi, va ser notable en l'obra de Robert Boyle (1627-1691), filòsof natural anglès generalment conegut per la llei sobre el comportament dels gasos a temperatura constant. Una de les principals contribucions de Boyle a la química va ser el seu esforç continuat per elevar l'estatus de la química emfatitzant-ne la utilitat per a la filosofia natural. Boyle pretenia dignificar una disciplina, considerada inferior i de poca utilitat pels filòsofs naturals, amb la intenció de propiciar una bona entesa entre aquests i els químics. Per a Boyle,

aconseguir la dignificació de la química i l'extensió de la seva utilitat a la filosofia natural requeria prescindir de les nocions vulgars pròpies de la pràctica química i reemplaçar-les per altres filosòficament més acceptables. Així, Boyle distingia entre els químics de rang superior —filòsofs químics o filòsofs adeptes—, dedicats a la transmutació dels metalls en or, i els químics de rang inferior o químics vulgars, menys intel·ligents que els primers i que feien coses útils, però sense arribar a ser extraordinàries. Entre aquests últims hi havia els laborants (destil·ladors, apotecaris, tintorers...), la pràctica dels quals estava desproveïda de rudiments teòrics i d'interès filosòfic, els escriptors de llibres de text i els defraudadors o estafadors, responsables de la mala reputació de la química. Va ser contra els químics vulgars que Boyle va dirigir les seves crítiques més acèrrimes. El seu text *The sceptical chymist*<sup>16</sup> es va convertir en l'estendard de les posicions bel·ligerants contra els químics vulgars.

El mecanicisme era la doctrina que estava en voga entre els filòsofs naturals anglesos del segle XVII i Boyle va creure que presentar els fenòmens químics en termes d'accions purament mecàniques constituiria un argument prou persuasiu per aconseguir l'acceptabilitat de la química en el cercle de la filosofia natural. Conseqüent amb aquesta estratègia, Boyle no va dubtar a excloure els elements aristotèlics i els principis paracelsians com a constituents primordials de la matèria. No obstant això, tot i admetre que els cossos diferien fonamentalment en les afeccions mecàniques de les seves partícules constituents, no va confiar en les propietats mecàniques per explicar les qualitats químiques de les substàncies. Per a això, Boyle va recórrer, sobretot, a partícules compostes dotades de propietats mecàniques

---

16. Boyle, 1661.

ques a més de químiques. En relació amb els canvis químics, Boyle tampoc no va dubtar a rebutjar interpretacions animistes o metafísiques. No obstant això, va arribar a admetre l'existència d'una certa base empírica en la idea que el semblant s'uneix amb el semblant, tot i que sense acceptar que això suposés una explicació de la combinació entre substàncies. Més aviat al contrari, Boyle es va inclinar per una explicació nítidament mecanicista del canvi químic tal com esmenta en els seus *Experiments and notes about the mechanical origin or production of corrosiveness and corrosibility*:

En relació amb allò que es diu normalment, que els olis dissolen el sofre i que els dissolvents salins (àcids) dissolen els metalls, perquè —com diuen— *simile simili gaudet*, contesto que, on sigui que existeixi tal similitud, aquesta no s'ha d'atribuir ni a les formes essencials dels cossos que actuen recíprocament, com fan els químics partidaris d'Aristòtil, ni tampoc a la seva sal, sofre o mercuri, com fan els químics vulgars, sinó a la congruència entre els porus i les formes del dissolvent i del cos dissolt, i a altres afeccions mecàniques d'ambdós.<sup>17</sup>

La pertinaç presència de les filosofies mecanicistes en les interpretacions dels fenòmens químics a partir de la segona meitat del segle XVII no s'hauria de prendre per ubiqua. Alguns químics no van tenir cap problema a admetre que partícules de mida i formes diverses, movent-se pertot arreu, s'unissin amigablement a causa de la seva similitud. Això pot resultar encara més sorprenent si qui ho diu és el metge londinenc John Mayow (1641-1679). Per a ell, la lluita i la calor que s'observaven en mesclar un àcid amb un àlcali eren el re-

---

17. Boyle, 1772, p. 320.

sultat de la seva «unió conjugal», i aquella lluita procurava una divisió dels cossos per facilitar així una combinació més íntima.

Cal preguntar-se en aquest punt si el nou rumb marcat pel mecanicisme va ser rellevant per a interpretar millor el canvi químic. Primer de tot, cal constatar que la concepció de la matèria en termes de partícules no va constituir un obstacle cognitiu important per als químics. De fet, aquesta concepció va estar sempre present de forma més o menys explícita en els seus escrits i els va ser d'una certa utilitat en alguns aspectes. La creença en la naturalesa corpuscular de la matèria els va proporcionar, sens dubte, una imatge mental prou persuasiva del decurs de les reaccions químiques per acceptar que les partícules retenien les seves característiques, inclús el seu pes, durant la reacció. En contrapartida, l'objectiu dels químics mecanicistes d'intentar explicar els canvis químics a partir únicament de la forma i el moviment de les partícules de les substàncies amb prou feines va poder realitzar-se. Les seves interpretacions del canvi químic van resultar ser massa simples i arbitràries, i encara que es van poder utilitzar retrospectivament per explicar qualsevol reacció coneguda, no van ser gaire útils a l'hora de predir reaccions desconegudes. Molt poc equipatge per a un viatge tan llarg. D'altra banda, les explicacions mecanicistes van marcar una fita en rebutjar les misterioses influències i simpaties amb què s'havia interpretat el canvi químic, tot i que aquest rebuig a la noció d'afinitat va suposar perdre la possibilitat de discernir de manera general el caràcter electiu i potencial que mostrava la tendència a la unió entre dues substàncies. Malgrat tot, la filosofia mecanicista encara havia de prestar un últim gran servei a la ciència en general i a la química en particular. Efectivament, l'obra de Robert Boyle va tenir un més que notable efecte en el pensament d'Isaac Newton, tant pel seu contingut mecanicista

com per les seves disquisicions alquímiques. La seva influència va ser tan determinant en l'evolució de les doctrines químiques que, gràcies a ell, van experimentar un profund i fructífer canvi d'orientació durant el segle XVIII.

### 3. L'IMPACTE DEL NEWTONIANISME. ENTRE AFINITATS I ATRACCIONS

#### 3.1. NEWTON I LA QUÍMICA. L'INICI D'UN SOMNI

Isaac Newton (1643-1727) ha estat considerat el paradigma de la filosofia mecanicista i un gran matemàtic. Aquest punt de vista va començar a trontollar quan l'any 1936 l'economista John Maynard Keynes va adquirir, en una subhasta a la seu londinenca de Sotheby's, alguns manuscrits de Newton que van posar al descobert la seva faceta irracional. L'autor dels *Principis matemàtics de la filosofia natural* (1687) havia dedicat la major part de la seva vida a establir una cronologia de les Sagrades Escriptures, a l'alquímia, a la medicina oculta i a les profecies bíbliques.<sup>18</sup> L'objectiu de Newton va ser molt més ambiciós que descobrir els principis matemàtics de la filosofia natural. El seu veritable objectiu va ser el coneixement de Déu com a font de tot coneixement veritable, i per aconseguir aquest objectiu va ordenar totes les proves que li podien proporcionar les matemàtiques, l'experimentació, l'observació, la raó, la revelació, la memòria històrica, la mitologia, la teologia, l'alquímia i el saber antic. Per a Newton, tots aquests coneixements es complementaven més del que competien

---

18. Newton, 1687.

entre si. La seva filosofia mecànica, el referent de la racionalitat científica en els segles venidors, no va ocupar probablement en el seu esquema mental una posició més privilegiada que aquells altres coneixements.<sup>19</sup>

No obstant això, la profunda i reconeguda influència que Newton va exercir sobre els químics del segle XVIII es va deure més a l'autoritat del seu mètode i de la seva mecànica que als seus propis treballs alquímics. Les aportacions de Newton a la química van ser conegudes, principalment, a través de tres escrits: *Letter to Boyle* (28 de febrer de 1678/1679), *De Natura Acidorum & Some Thoughts about de Nature of Acids* (1692)<sup>20</sup> i la *Query XXXI (Qüestió XXXI)* de l'edició del 1706 de la seva *Opticks*.<sup>21</sup> Aquests van ser els textos que van estar a disposició dels químics del segle XVIII i que van tenir una influència notable en el posterior desenvolupament de la química. En particular, les idees de la *Qüestió XXXI* de la seva *Òptica* van tenir un fort impacte sobre els seus seguidors i, encara que estaven exposades en forma de preguntes, sempre es va suposar que Newton les havia concebut com a més que probables i correctes.

Newton va considerar que els fenòmens pròpiament químics es podien explicar mitjançant una concepció corpuscular de la matèria, irremediablement vinculada a la seva teoria de l'atracció universal. Així, va concebre una estructura jeràrquica per a la matèria en la qual unes petites partícules sòlides, indivisibles i imperceptibles es reunien per formar partícules d'un primer grau de composició. Aquestes partícules s'agrupaven, al seu torn, per formar-ne d'altres d'un segon grau de composició i així successivament fins a arribar a

---

19. Brock, 1992, p. 45-46.

20. Cohen, ed., 1958, p. 250-255 i 256-258.

21. Newton, 1977, p. 325-350.

la formació de les partícules participants en les reaccions químiques i, per tant, accessibles als sentits. No obstant això, a diferència dels atomistes clàssics i d'altres corpuscularistes contemporanis, les partícules de Newton estaven dotades de forces actives com la gravitació, la fermentació i la cohesió. En particular, la cohesió d'aquestes partícules disminuïa a mesura que n'augmentava la mida, és a dir, la complexitat. En conseqüència, per dissociar una partícula d'un cert grau de complexitat —com passa en els fenòmens químics— caldria sotmetre-la a una acció superior a les forces d'atracció que n'asseguraven la cohesió. En la seva *Òptica*, Newton va presentar aquestes atraccions com a potents agents de la naturalesa que els filòsofs naturals tenien encomanada la missió de descobrir. Aquest suggeriment va constituir un veritable repte per a la posteritat. La recerca d'aquestes atraccions i, molt particularment, les ànsies de manipular-les per proporcionar explicacions sobre els fenòmens químics van sumir molts savis en l'anomenat *somni newtonià* fins a principis de segle XIX.<sup>22</sup>

Així, doncs, la consecució d'un canvi químic exigia l'entrada en escena d'atraccions que superessin la cohesió interna de les partícules. D'acord amb Newton, aquesta cohesió es devia a una força extremament intensa que entrava en acció amb el contacte íntim entre partícules, mentre que a distàncies curtes constituïa la força responsable dels fenòmens químics observats i no manifestava efectes apreciables entre partícules a distàncies superiors. En aquest sentit, Newton s'allunyava de les explicacions mecanicistes sobre el canvi químic sense concretar, però, la causa que permetia la mútua atracció entre partícules.

---

22. Stengers, 1991.

Per accedir més directament a les idees de Newton sobre el canvi químic cal considerar les seves observacions sobre els àcids i molt particularment l'acció d'aquests sobre els metalls. En la *Qüestió XXXI* de l'*Òptica*, que s'esmenta a continuació, Newton va tractar amb detall les reaccions en què un metall, present en una dissolució d'una sal d'un altre metall, desplaçava aquest últim fent-lo precipitar. Aquest era el tipus de reacció que qualsevol teoria sobre el canvi químic havia d'intentar explicar per acreditar els seus mèrits:

[...] quan una solució de ferro en *aqua fortis*<sup>23</sup> dissol la *lapis calaminaris*,<sup>24</sup> alliberant el ferro, quan una solució de coure dissol el ferro immers en ella, alliberant el coure, quan una solució de plata dissol el coure alliberant la plata, o una solució de mercuri en *aqua fortis* es vessa sobre el ferro, el coure, l'estany o el plom i dissol el metall, alliberant el mercuri, tal vegada això no mostra que les partícules àcides de l'*aqua fortis* són atretes més intensament per la *lapis calaminaris* que pel ferro, més intensament pel ferro que pel coure, més pel coure que per la plata i més intensament encara pel ferro, el coure, l'estany i el plom que pel mercuri?<sup>25</sup>

Newton va abordar una altra característica de la reactivitat química: la saturació, intentant proporcionar una explicació coherent i satisfactòria del fenomen mitjançant la intervenció de les mateixes atraccions. Així, el fet que la sal de tàrtar<sup>26</sup> es dissolgués per deliquescència en la humitat atmosfèrica tot extraient una proporció deter-

---

23. Aiguafort.

24. Carbonat de zinc.

25. Newton, 1977, p. 329.

26. Carbonat de potassi.



minada d'aigua de l'aire, va induir Newton a preguntar-se si tal vegada això no era degut a la pèrdua de força atractiva que experimentaven les partícules de la sal un cop s'havia amarat d'aigua.

Newton va albirar com a probable l'existència d'unes forces atractives —diferents de la gravitació, del magnetisme i de l'electricitat— que actuessin entre les partícules de les substàncies participants en les reaccions químiques. No obstant això, fidel a la seva metodologia de només presentar com a certs aquells coneixements induïts a partir de la reflexió i del raonament sobre les observacions i els experiments, va eludir pronunciar-se sobre la naturalesa d'aquesta particular atracció. Newton va emprar el terme *atracció* tan sols per assenyalar, en general, qualsevol força mitjançant la qual els cossos tendien els uns cap als altres, fos quina fos la causa, convençut que els fenòmens de la natura arribarien a revelar-nos quins cossos n'atreien d'altres i quines eren les lleis i les propietats de l'atracció sense necessitat de preguntar-nos per la causa que la produïa.

No obstant això, Newton va associar la causa d'aquestes atraccions i de la gravitació a uns principis actius que, per tal d'eludir les crítiques dels filòsofs mecanicistes, no va considerar que fossin qualitats ocultes de la matèria, sinó, més aviat, qualitats manifestes encara que els seus orígens estiguessin per descobrir. Newton no va aportar a la química una sistematització equiparable a la que va dotar la mecànica o l'òptica. La seva principal aportació va ser proporcionar una tercera via —allunyada del concepte animista d'afinitat i de les idees purament mecanicistes— per a la interpretació del canvi químic. Tot i que els termes *afinitat* i *atracció* acabarien tenint el mateix significat per als químics, d'entrada, la idea que les substàncies es combinaven a causa d'una força d'atracció entre les seves partícules va ser acollida pels químics newtonians com a més racional que el

concepte *afinitat* i com a menys especulativa que el punt de vista mecanicista.

### 3.2. L'EMPREMTA DE NEWTON EN LA QUÍMICA DE SEGLE XVIII

El pensament de Newton no va deixar indiferent la gent de ciència que, més tard o més d'hora, va haver de prendre partit enfront del desafiament que suposava la concepció newtoniana del món. Durant el segle XVIII, les posicions dels químics davant d'un sistema teòric que prometia ordre i regularitat van ocupar un ampli espectre que abastava des de les posicions més favorables —defensades pels anomenats químics newtonians—, passant per situacions de compromís teoricopragmàtic, fins a arribar a opcions de rebuig frontal a la utilització de les propostes del newtonianisme per a la química.

Els químics newtonians van trobar extraordinàriament persuasiva i prometedora la interpretació del canvi químic en termes d'unes atraccions de curt abast entre partícules. No obstant això, la influència de Newton va anar més enllà de la seva interpretació de les reaccions químiques. Newton va orientar els químics cap a una experimentació i una observació més sistemàtica dels fenòmens. D'altra banda, Newton havia afirmat repetidament que amb les seves asseveracions no pretenia establir les causes metafísiques dels fenòmens observats. Amb aquest rerefons, els químics es van sentir més alliberats de l'obsessió d'haver de justificar constantment les primeres causes de les seves observacions. Finalment, Newton va proporcionar als químics el concepte *atracció de curt abast*. Aquesta atracció va ser considerada la causa immediata de les afinitats observades en les reaccions químiques, fins a tal punt que els termes *atracció* i *afinitat* es

van assimilar i van acabar sent sinònims. Aquesta assimilació va permetre concebre les afinitats com a susceptibles de ser quantificades i va instal·lar en els químics newtonians l'esperança de convertir la química en una disciplina tan rigorosa, predictiva i matematitzable com ho era la mecànica. No obstant això, no tots els químics d'aquest segle es van sentir compromesos amb el perseguiment d'aquest somni newtonià.

Efectivament, va haver-hi un grup de químics que van considerar aquesta orientació inútil i contrària a la finalitat de la química. Entre ells cal citar, d'entrada, els químics crítics amb el newtonianisme i que consideraven que la química era independent de la física i que el seu objectiu no era el de buscar lleis matemàtiques per explicar el mecanisme de les reaccions. Aquests químics van reemplaçar sovint el terme *afinitat* —per expressar la tendència a la unió entre dues substàncies— pel de *relació* (*rapport*). Un altre grup de químics també oposats a la visió newtoniana de la química van ser els primers seguidors de Georg Ernst Stahl (1660-1734). Tot i que la química de Stahl va ser sobretot reconeguda per la seva teoria sobre la combustió, la reducció i la calcinació, basada en la intervenció del flogist,<sup>27</sup> la seva teoria sobre el mecanisme de les reaccions va gaudir d'adhensions significatives, sobretot a França. El fonament de la seva teoria sobre el canvi químic era el prou conegut principi de similitud com-

---

27. El flogist va ser un dels fluids (juntament amb el magnetisme, l'electricitat, la calor i la gravetat) subtils, invisibles, imponderables i portadors de propietats que va sorgir en el context de la filosofia natural del segle XVIII. Aquesta hipotètica entitat es va convertir en la clau de volta de tota una teoria que proporcionava explicacions racionals i coherents per a diversos fenòmens, però sobretot per a la calcinació dels metalls i la combustió o la fermentació. La teoria va sorgir en el context de les pràctiques metal·lúrgiques als estats alemanys i va proporcionar una explicació de la calcinació dels metalls i la combustió del carbó basada en l'alliberament del flogist suposadament contingut en aquests materials.

plementat amb algunes aportacions genuïnes com la que es comenta a la secció següent.

Completant aquest espectre hi havia molts filòsofs naturals que, sense ser químics, van assumir la tasca d'explicar com els fenòmens que anunciaven els químics podien explicar-se articulant convenientment les idees de la filosofia mecànica de Newton. El problema era que aquest tipus d'explicacions eren més interessants per als seus col·legues que per als químics, ja que ni explicaven el que aquests necessitaven conèixer ni descrivien els fenòmens en termes que poguessin ser útils per als raonaments propis de la química.<sup>28</sup>

### 3.3. PRAGMATISME I CRITICISME. STAHL, BOERHAAVE I L'ANTINEWTONIANISME

Stahl va ser metge a la cort del duc de Saxe-Weimar, professor de medicina a la Universitat de Halle i metge de la cort a Berlín. A diferència de Newton, la seva obra anava adreçada a un públic bastant menys sofisticat i més inclinat a interessar-se pels aspectes més pràctics de la química. Per situar la química de Stahl en el seu context, cal tenir present els canvis que van sacsejar l'ensenyament de la química en els estats germànics durant el segle XVIII. En concret, la química va començar a ensenyar-se independentment de la medicina per la influència del cameralisme econòmic. Aquest era un règim administratiu propi dels estats germànics que tenia per objectiu la convergència de les necessitats econòmiques i administratives dels diferents estats per assegurar l'harmonia social i el benestar econòmic. Un dels instruments dels quals disposava el cameralisme per aconseguir els seus

---

28. Goupil, 1991, p. 69-81; Duncan, 1996, p. 39-52.

objectius era l'exploració dels recursos naturals i, en aquest aspecte, la mineria ja havia demostrat les seves credencials al segle XVI. Un escenari com aquest era idoni perquè la química tingués el seu paper i no és estrany, doncs, que, a partir de la segona meitat de segle XVIII, les universitats germàniques tendissin a crear càtedres de química vinculades al cameralisme.

Les teories de Stahl pretenien donar compte alhora de la composició dels cossos, de les seves propietats i del mecanisme de les reaccions. En relació amb aquest últim aspecte, l'anomenada *regla de les afinitats*: «el semblant atreu i s'uneix al semblant», en constituïa el fonament. La novetat que va introduir Stahl va ser la d'utilitzar aquesta regla per a determinar la composició d'una substància desconeguda suposant que es coneixia la seva unió amb una altra substància de composició coneguda, ja que les dues substàncies havien de tenir algun component en comú. Així, doncs, la utilitat de la teoria de Stahl era doble: primer, permetia preveure el resultat d'una reacció si es coneixia la composició de les substàncies reaccionants, i segon, ajudava a establir la composició d'una substància en examinar les seves reaccions amb altres de les quals es coneixia la composició. Aquesta teoria va ser coneguda pels químics francesos de mitjan segle XVIII com la teoria del *latus* ('costat') en suposar que en les reaccions una partícula es posicionava davant d'una altra de composta pel costat d'aquesta última on residia un component similar al de la primera. En aquest sentit, per exemple, s'atribuïa la propietat de l'àcid nítric de dissoldre, preferentment a tots els altres àcids, els metalls i els cossos que contenien el principi del flogist en la relació que devia existir entre el flogist de l'àcid nítric i el dels metalls que dissolia.<sup>29</sup>

---

29. Goupil, 1991, p. 95-97; Duncan, 1996, p. 52-56.

Quan Stahl va tractar les reaccions químiques com a substàncies observables, va proporcionar un relat del caràcter electiu manifestat pels metalls en les seves combinacions amb els àcids i els àlcals bastant més desenvolupat que el de Newton a la *Qüestió XXXI*. Stahl i els seus deixebles van coincidir amb Newton a criticar el mecanicisme com a sistema que pretenia explicar per si sol les reaccions químiques. El moviment, tot i ser necessari, no podia ser l'única causa de les reaccions. No obstant això, mentre que els seguidors de Stahl les justificaven mitjançant l'afinitat per similitud, Newton ho feia recorrent a les atraccions entre partícules. D'altra banda, els deixebles de Stahl no van ser partidaris d'introduir les matemàtiques a la química i, des d'aquest punt de vista, es van desmarcar dels químics newtonians. Tanmateix, no tots els químics del segle XVIII van considerar que la teoria de Stahl fos del tot incompatible amb la filosofia newtoniana. Alguns, com va ser el cas de Jean-Baptiste Sénac (1693-1770), van compondre una amalgama de tots dos punts de vista.<sup>30</sup>

L'obra de Hermann Boerhaave (1668-1738) va ser objecte de veneració durant la primera meitat del segle XVIII per tots aquells interessats en l'estudi de la química. Boerhaave va ser sobretot un professor de medicina de la Universitat de Leiden. Les seves classes de química estaven pensades per als estudiants de medicina i, per tant, més enfocades a la química pràctica que als aspectes més teòrics de la disciplina. Les seves aportacions relatives al mecanisme de les reaccions es troben en el seu *Traité des menstrues chymiques*.<sup>31</sup> El terme

---

30. Duncan, 1996, p. 78-82.

31. Aquest tractat forma part del text de Boerhaave *Éléments de chymie* (Boerhaave, 1754, vol. 5, p. 73-466). Els cursos de Boerhaave van començar a ser publicats per alguns dels seus alumnes a partir del 1724, sense el seu consentiment. No va ser fins al 1732 que es va publicar una primera versió autoritzada dels seus cursos (*Elementa Chymiae*). Les traduccions en francès d'aquest text es van publicar els anys 1748, 1752 i 1754.

*menstru* es referia de forma genèrica a qualsevol substància líquida capaç de fer reaccionar o de dissoldre un sòlid. En aquest sentit, tan *menstru* era un àcid que atacava un metall com l'aigua que dissolia una sal.<sup>32</sup> En abordar la qüestió sobre la causa que mantenia unides les partícules d'un dissolvent i les del cos dissolt, Boerhaave es va allunyar de les tesis mecanicistes per mostrar-se més partidari de la unió per similitud amb evidents ressons antropomòrfics.

Després de rebutjar, com Stahl, que el moviment fos una condició suficient per al canvi químic, Boerhaave va invocar quatre causes concurrents en l'acció dels *menstrus*: el foc, que augmentava l'agitació de les partícules; el fregament, les repulsions generades per les dues accions anteriors, i, finalment, les atraccions mútues entre les partícules del dissolvent i les del solut. Així, doncs, les idees de Boerhaave sobre el mecanisme de la reacció química, encara que deutores en algun aspecte de les filosofies mecanicistes, es van acoblar raonablement bé a la filosofia newtoniana sense deixar de conciliar-se amb la doctrina stahlina de l'afinitat. Molts químics del segle XVIII es van sentir còmodes amb el compromís ideològic que Boerhaave representava entre les idees de Newton basades en l'atracció intercorpúscular i les de Stahl fonamentades en la regla de les afinitats.<sup>33</sup>

Si bé, d'una banda, les idees newtonianes ja formaven part de l'agenda d'aquells químics que van adoptar les idees de les afinitats-atraccions, també hi va haver tota una altra escola de químics, molt influents, que les van rebutjar de ple. Aquests, prenent com a referent la posició de Stahl, es van oposar als químics d'inspiració newtoniana a propòsit de la finalitat de la química. Per a aquests químics,

---

32. El terme *menstru* tenia el seu origen en el lèxic dels alquimistes, que creien que un mes lunar (*menstrua luna*) era el temps necessari perquè una dissolució es completés satisfactòriament.

33. Grapí, 2012, p. 42-45.

particularment representats en l'*Encyclopédie* de Diderot i d'Alembert, la química havia de cenyir-se a analitzar la composició i les propietats de les substàncies, descriure-les i preveure'n les reaccions, però sense implicar-se a explicar el mecanisme de la seva formació, la qual era objecte de la física. En definitiva, la química no podia reduir-se a ser una part de la física. No obstant això, el seu rebuig a la idea d'afinitat-atracció dels newtonians no els va impedir usar el terme *afinitat*, però només com un concepte classificatori i comparatiu per donar compte del resultat de les reaccions. Aquesta tradició química va ser particularment activa a França, on va estar representada, sobretot, pels deixebles de Rouelle.

La influència i la fama de Guillaume-François Rouelle (1703-1770) es deuen als cursos públics i privats de química que va impartir durant algunes dècades a París. Rouelle va ser un empirista estricte, contrari a les grans construccions teòriques per a la química. Potser per aquest motiu, les afinitats químiques no van tenir un paper prominent en els seus cursos. Les idees de Rouelle van ser conegudes, sobretot, a través dels seus deixebles. Alguns d'aquests van escriure articles per a l'*Encyclopédie* i entre ells va destacar, amb diferència, Venel, metge i professor de química a la Universitat de Montpeller. La doctrina química de Gabriel-François Venel (1723-1775), inspirada en la de Stahl i Boerhaave, es troba exposada en els articles que va escriure per a l'*Encyclopédie*. Una pista de la seva posició crítica amb el newtonianisme es pot veure en el fet que el terme *affinité* no figura com una entrada a l'*Encyclopédie*, sinó que apareix com un subtítol de l'entrada *rapport* que ell mateix va redactar. La seva refutació de les atraccions newtonianes per interpretar la tendència a la unió entre dues substàncies apareix per primer cop en l'article *Chymie*, mentre que a l'entrada *Rapport* manifesta que aquest terme i



el de *affinité* descriuen l'aptitud de certes substàncies per unir-se químicament amb d'altres.<sup>34</sup>

#### 3.4. L'INESTIMABLE AJUT DELS FILÒSOFES NATURALS EN LA CONCEPCIÓ NEWTONIANA DE LES AFINITATS QUÍMIQUES

Quan a mitjan segle XVIII els químics començaren a assimilar l'afinitat amb l'atracció entre partícules i a construir les seves pròpies teories sobre les afinitats químiques, varen tenir la fortuna de disposar de les obres d'alguns filòsofs naturals que ja havien desenvolupat la metodologia i les idees de Newton. Aquests filòsofs naturals no estaven implicats en la pràctica diària de la química i, per tant, les seves obres no es van escriure pensant en un profit immediat per part dels químics ni, tampoc, de fet, aquests disposaven de la preparació suficient per a fer-se-les seves.

En primer lloc, cal considerar el cercle de filòsofs naturals britànics seguidors de Newton i que van tenir, directament o indirectament, alguna influència en la divulgació de la concepció newtoniana del canvi químic. A part de John Keill (1671-1721) i de John Friend (1675-1728), que ensenyaren filosofia natural al Christ Church College d'Oxford i que varen sostenir que l'atracció entre partícules seguia —a diferència de la gravitatòria— una llei segons la qual aquelles s'atreien en proporció inversa a una potència superior al quadrat de la distància, Jean-Théophile Desaguliers (1683-1744) es pot considerar el primer divulgador eficaç de la filosofia newtoniana. La seva influència en la difusió de les concepcions newtonianes va ser parti-

---

34. Goupil, 1991, p. 97-102 i 123-132.

cularment determinant fora d'Anglaterra gràcies a la mediació dels físics holandesos, en particular Gravesande i Musschenbroek, que viatjaren a Londres per seguir els ensenyaments de Desaguliers. Aquest també va viure alguns anys a Holanda, on va fer conèixer les seves demostracions i va impartir els seus cursos a la Universitat de la Haia. Així va ser com, a partir del cercle dels físics britànics, les idees i els mètodes de Newton van passar a Holanda, primer, i a França, després.

Willem Jacob Gravesande (1688-1742), durant una missió diplomàtica a Londres el 1715, va tenir l'oportunitat de conèixer Newton, John Keill i Desaguliers. Amb aquest últim hi va mantenir una bona amistat que es va afermar després de la visita que Desaguliers va fer a Holanda el 1730. D'aquesta manera, a través dels primers newtonians, Gravesande va tenir la fortuna d'estar en contacte amb les fonts directes de les idees de Newton. D'altra banda, Gravesande va rebre també el llegat de les idees de Boerhaave, de qui va ser col·lega a la Universitat de Leiden, el 1717, com a professor de física i d'astro-nòmia. Cal anotar com Gravesande va equiparar les atraccions causants del canvi químic amb les forces responsables dels fenòmens de superfície o de capil·laritat en els líquids. Aquests fenòmens serien objecte d'estudi durant tot el segle XVIII, ja que, en ser més fàcilment controlables que les reaccions químiques, es van poder establir de forma més immediata les lleis que els regien amb l'esperança de poder assolir, per analogia, les lleis que governaven el canvi químic. Aquest seria un punt clau del programa del «somni newtonià».

Pieter van Musschenbroek (1692-1761), professor de matemàtiques i de filosofia experimental a la Universitat d'Utrecht, va estudiar a Leiden i va viatjar el 1715 a Londres, on va conèixer Desaguliers. Musschenbroek, com Gravesande, va estudiar també els fenòmens de superfície i de capil·laritat, però es va estendre molt més en la utilitza-

ció de l'atracció de curt abast per explicar els fenòmens químics. De fet, va dedicar a aquest tema tota una part del seu text *Essai de physique* (1736-1739), publicat en llatí el 1726, que el va fer cèlebre gràcies a les traduccions a l'alemany, l'anglès i el francès.

La penetració de les idees newtonianes a França va ser bastant lenta a causa, sobretot, de la resistència que li va oposar el cartesianisme, que ja s'havia imposat com un sistema complet d'explicació del món i que el newtonianisme va haver de combatre i reemplaçar. En la dècada de 1730-1740 es va iniciar un moviment d'implantació de les idees de Newton, marcat pels esforços meritoris de Maupertius, Clairaut i Voltaire, que van culminar el 1759 amb la traducció dels *Principia* per la marquesa de Châtelet (Gabrielle-Emilie Le Tonnelier du Breteuil). Aquest moviment va ser liderat per astrònoms, matemàtics i físics; els químics els van seguir més tard. En aquest sentit, cal destacar Georges-Louis Leclerc (1707-1788), comte de Buffon, newtonià convençut i tot un referent venerat pels químics de finals de segle XVIII. La seva influència sobre aquests químics va ser molt notable, gràcies sobretot a l'èxit de la seva *Histoire naturelle* i a l'autoritat que exercia a l'Académie des Sciences i al Jardin du Roi de París.

Els químics newtonians van concebre la mecànica i l'astronomia de Newton com el paradigma d'una ciència respectable en què tot estava nítidament planificat i pensat per obeir rigoroses lleis matemàtiques. L'esperança d'aquells químics va ser que la química aconseguís ser com la física newtoniana, tot i que aquest desig es pensava assolir codificant els fets observats i buscant patrons de regularitat a partir dels quals es poguessin inferir les corresponents lleis matemàtiques. Aquests químics van estendre l'ús del terme *afinitat química* amalgamant la idea de l'afinitat, entesa com la tendència a la unió

entre dues substàncies i desproveïda de la seva antiga càrrega animista, amb la idea de l'atracció entre partícules de les substàncies que s'unien, entesa com la causa immediata d'aquesta tendència. Els termes *afinitat* i *atracció* van arribar a tenir un mateix significat entre els químics, sense deixar de recordar que els seus orígens eren diferents. Durant algunes dècades, el terme *afinitat*, amb les seves connotacions animistes o de similitud, va ser més utilitzat a l'Europa continental, mentre que el terme *atracció*, amb la seva connotació newtoniana d'acció a distància, ho va ser més a Anglaterra. No obstant això, a partir de la dècada de l'any 1770, i sense oblidar les respectives connotacions, tots dos termes es van utilitzar de manera intercanviable. Alguns químics newtonians (Macquer, Bergman, Black, Guyton de Morveau o Berthollet) van contribuir a la construcció d'un sistema teòric de les afinitats químiques capaç d'interpretar els diferents tipus de reaccions.<sup>35</sup>

#### 4. LA VISIBILITAT DEL CANVI QUÍMIC. LES TAULES D'AFINITATS

##### 4.1. LES TAULES D'AFINITATS

El sistema de les afinitats químiques a la fi de segle XVIII va ser el resultat de la fascinació que les idees de Newton sobre la combinació química havien produït a la gent de ciències després que hagués suggerit en la seva *Qüestió XXXI* que els canvis químics eren deguts a l'acció d'una força anàloga a l'atracció astronòmica. Amb tot, va ser Buffon qui va generalitzar les lleis de l'atracció newtoniana a les reaccions

---

35. Goupil, 1991, p. 103-113; Duncan, 1996, p. 72-78.

químiques. Aquesta generalització suposava salvar dos obstacles importants. Primer, l'explicació de la diversitat de reaccions mitjançant la intervenció d'una mateixa força d'atracció. Com es podia entendre que una força anàloga a l'atracció gravitatòria —de caràcter universal— pogués actuar de forma diferent davant substàncies diferents? Segon, l'aplicació d'una llei que depenia tant de la massa dels cossos com de la distància entre ells en fenòmens que implicaven un contacte o una distància pràcticament nul·la entre les partícules dels cossos. Buffon va solucionar tots dos obstacles substituint el factor de distància entre partícules pel de la seva forma. En conseqüència, si tan sols la diversitat de les formes entre partícules podia modificar l'atracció de curt abast, aleshores l'atracció o l'afinitat d'una substància respecte d'una altra havia de ser constant. Aquesta idea va constituir la base de l'axioma de constància de les afinitats: les afinitats químiques entre cada parell de substàncies havien de ser constants independentment de les circumstàncies en les quals transcorregués la reacció. Aquest axioma de constància, eix vertebrador de la teoria de les afinitats durant el segle XVIII i part del segle 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 natura o bé tan sols s'havien tingut en compte una part de les causes. La natura, doncs, era portadora de veritats que només l'experiència —l'oracle de la natura— podia desxifrar.<sup>36</sup>

El pensament filosòfic del segle XVIII es va caracteritzar, entre moltes altres coses, pel seu intent de voler encaixar el saber conegut en un tot sistemàtic i ordenat. Atès que la metodologia reconeguda

---

36. Grapí i Izquierdo, 1997, p. 114-115.

per a arribar a formular lleis generals era la inducció a partir dels fets observats, l'esperança que aquesta inducció es pogués materialitzar va ser un dels motius principals per buscar un ordre o una pauta en els fets registrats. A Étienne-François Geoffroy cal atorgar-li el mèrit de concebre el prototip d'una pauta d'ordenació del que més tard seria coneguda com una taula d'afinitats. Geoffroy va voler fer conèixer les seves idees sobre aquelles reaccions en les quals algunes substàncies podien separar-ne d'altres d'un compost, tot acompanyant la seva proposta amb una taula que mostrava l'ordre amb què es produïa el desplaçament d'alguns components. Aquesta primera taula (figura 4) va aparèixer publicada el 1720 en una memòria titulada *Table des differents rapports observés en chimie entre différentes substances*, presentada a l'Académie des Sciences de París dos anys abans. Aquell mateix any va presentar una segona memòria de continuïtat titulada *Eclaircissements sur la table inserée dans les memoires de 1718 concernant les rapports observés entre différentes substances* per fer front a les crítiques que la primera memòria havia suscitat.

Si bé és cert que el terme *afinitat* no apareix ni en el títol ni en el text, tant la memòria com la taula que l'acompanya s'han de considerar la primera descripció i construcció d'una taula d'afinitats. Tot i que el fet que Geoffroy utilitzi el terme *relació* (*rapport*) per expressar la tendència a la unió entre dues substàncies es pot situar en la tradició dels químics antinewtonians, és difícil pronunciar-se de forma definitiva sobre l'adscripció de Geoffroy a aquesta tradició. La seva memòria va servir, sobretot, per a subratllar dues característiques essencials de la tendència a la unió entre dues substàncies: el seu caràcter electiu i la seva constància. Geoffroy va expressar les seves conviccions al respecte en la seva memòria de la manera següent:



La taula de Geoffroy va servir com a model gràfic per a la resta de taules que es van succeir durant el segle XVIII. Totes les taules d'afinitat estaven formades per un cert nombre de columnes —setze en la de Geoffroy—, cada columna constava d'un cert nombre de cel·les i cada cel·la contenia el símbol alquímic d'una substància. A la capçalera de cada columna s'hi col·locava el símbol de la substància de referència per a la resta de substàncies de la columna. A cada columna, les substàncies estaven seqüenciades —de dalt a baix— per ordre decreixent de la seva afinitat respecte de la substància que encapçalava la columna. El fonament empíric de la taula eren les reaccions de desplaçament en què una substància abandonava el medi de reacció, precipitant en estat sòlid o separant-se en estat gasós. La idea que presidia l'ordenació de cada columna era la següent: si una substància *C* que té afinitat per una altra substància *A* forma la combinació *AC* quan *C* entra en contacte amb un compost *AB*, aleshores es pot dir que *C* té més afinitat per *A* que per *B*. En definitiva, com més amunt d'una columna hi havia una substància, més gran era la seva afinitat per la substància que encapçalava la mateixa columna, no podent ser desplaçada per cap de les substàncies col·locades dessota, a les quals sí que podia desplaçar de les seves combinacions. A continuació es mostra un exemple sobre la quarta columna de la taula de Geoffroy. La columna està encapçalada per l'àcid sulfúric (vidriòlic) i mostra com aquest té més afinitat pel ferro que pel coure. Aquesta ordenació estaria totalment d'acord amb l'observació que el ferro (*C*) té més afinitat per l'àcid sulfúric (*A*) que el coure (*B*), ja que, en submergir un tros de ferro en una dissolució de sulfat de coure (*AB*), el coure metàl·lic se separa del medi, mentre que el ferro metàl·lic es dissol com a sulfat de ferro (*AC*) (figura 5).

Fins a l'aparició de les taules de Bergman el 1775, la taula de Geoffroy va ser considerada la taula de referència per als químics.



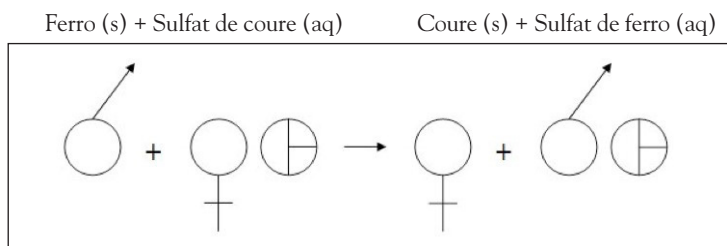


FIGURA 5. Representació simbòlica de la reacció de desplaçament del coure pel ferro. Elaboració pròpia.

Com a prova, només cal dir que una ampliació de la taula a dinou columnes, atribuïda a Guillaume-François Rouelle, va ser publicada en l'*Encyclopédie* el 1763. Aquesta taula (figura 6) apareix juxtaposada a un gravat d'un laboratori de l'època en plena activitat, fet que suggereix que l'organització del coneixement químic —la taula d'afinitats— tenia el seu fonament en el treball pràctic de laboratori.

Després de la taula de Geoffroy hi va haver una veritable proliferació de taules d'afinitats. Se n'han documentat un total de trenta-una des del 1730 fins al 1799, i van ser les de Bergman les que van marcar la pauta fins a final del segle XVIII. Es pot afirmar que moltes de les diferències, per no dir totes, entre les taules successives van consistir en addicions de noves substàncies, amb lleugers canvis en l'ordre de les substàncies en algunes columnes com a conseqüència de la reinterpretació d'un mateix experiment o de la preferència pels resultats d'un nou experiment en detriment dels antics, i de la distinció entre dues substàncies que anteriorment s'havien considerat de la mateixa naturalesa.<sup>38</sup>

38. Duncan, 1996, p. 110-136.

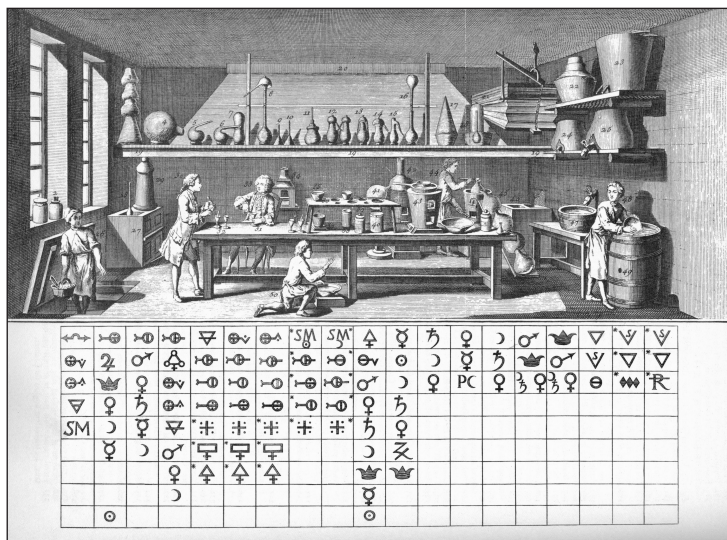


FIGURA 6. Laboratori i taula d'afinitats (*rapports*) de G. F. Rouelle (*Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers: Recueil de planches*, París, 1763. *Chimie*, planxa 1).

Les taules de Torbern Olof Bergman (1735-1784) que van arribar a constar de cinquanta-nou columnes, separades segons que les reaccions tinguessin lloc per la via humida o per la via seca, van superar tot el que s'havia fet fins al moment i es van convertir en el nou model a seguir gairebé setanta anys després de l'aparició de la taula de Geoffroy (figura 7).<sup>39</sup> Bergman va estar summament interessat en les aplica-

39. La primera versió de les taules de Bergman es va publicar el 1775 a les *Chemiske Föreläsningar*, de Henric T. Scheffer (director de la Cambra de Comerç de Suècia), i van aparèixer publicades aquell mateix any amb el text en llatí *Disquisitio de attractionibus electivis*. Una nova edició augmentada i revisada d'aquest mateix text va ser inclosa per Bergman en el tercer volum de les seves *Opuscula physica et chemica*, publicat el 1783. Aquesta versió va ser traduïda primer a l'anglès,



agrupés un nombre creixent de reaccions químiques es va convertir en una tasca cada vegada més àrdua i de difícil consecució. Com pot apreciar-se, Bergman es va referir a les afinitats o atraccions químiques amb el qualificatiu *electives* per destacar-ne el caràcter electiu atribuït des d'antic al canvi químic. Es deu, probablement, a William Cullen (1710-1790) —professor de química a la Universitat d'Edimburg— la introducció del terme *atraccions electives*.

#### 4.2. PER A QUÈ VAN SERVIR LES TAULES D'AFINITATS?

Acreditar la constància de les afinitats i el caràcter electiu del canvi químic no va ser en absolut l'única raó de ser de les taules d'afinitats. Diferents historiadors han atribuït altres objectius igualment importants a les taules. D'una banda, alguns esperaven que les taules arribessin a ser predictives, útils per a preveure el resultat d'una reacció sense necessitat de dur-la a terme. És evident que l'escàs, per no dir nul, valor predictiu que van mostrar les taules no explicaria les adhesions que van despertar durant el segle XVIII. Una possible raó per entendre el fervor que les taules van suscitar estaria en l'esperança que permetessin establir lleis generals sobre el canvi químic mitjançant un procés inductiu. Aquesta expectativa va servir per a mantenir vius tant el compromís d'evitar especulacions teòriques sobre les afinitats com la necessitat de preservar l'estatus de la química com a ciència respectable. D'altra banda, les taules, a més de tenir una funció informativa en proporcionar llistes de les substàncies fins aleshores conegudes, també van facilitar el marc conceptual per organitzar el coneixement sobre les substàncies químiques i sobre les operacions pràctiques de laboratori. Recentment, les taules d'afinitats han estat

reconsiderades des de posicions més enfocades al coneixement de la composició de les substàncies que a la comprensió del canvi químic, en entendre que les afinitats químiques també van proporcionar una bona aproximació teòrica a la comprensió de la composició química.<sup>40</sup>

A banda d'aquestes aproximacions a la funcionalitat de les taules d'afinitat, també cal apuntar la perspectiva de considerar les taules com a credencials visuals del canvi químic. Aquest valor de credencial visual es pot concretar en els aspectes següents. Primer, les taules van proporcionar, resumida i en un sol full, una informació sobre la composició i les reaccions de les substàncies que en els textos ocupava bastantes pàgines. Segon, les taules gaudien de certa autonomia respecte dels textos en què estaven annexades, i podien ser utilitzades en el discurs sobre el canvi químic per persuadir el lector del text o l'audiència d'una classe que veïés d'una determinada manera el que estava escrit o el que s'explicava. Finalment, les taules no podien llegir-se com un simple text, calia entendre cada símbol com una unitat d'informació que estava relacionada amb altres unitats d'una mateixa columna. Així, doncs, llegir la taula suposava constatar una regularitat, una manera d'ordenar les substàncies per mostrar de forma consistent la constància de les afinitats. En definitiva, la senzillesa de la superfície plana i quadriculada d'una taula d'afinitats va posar en evidència el control dels químics sobre el coneixement de les substàncies i va transmetre, alhora, un missatge de domini i d'ordre sobre una naturalesa que es pretenia controlar.

Tot seguit es mostren algunes opinions que avalen el valor de les taules com a credencials visuals del canvi químic. Bergman mateix, en referir-se a la taula de Geoffroy del 1718, va dir que aquest va in-

---

40. Klein, 1995 i 2012; Holmes, 1996.

tentar que «es pogués veure en una primera *mirada* la sèrie d'atraccions electives disposant els signes químics en una taula, seguint un cert ordre». Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), autor de l'últim gran tractat del segle XVIII sobre les afinitats químiques, va considerar que les taules d'afinitats «posarien el lector en situació de retenir amb un *cop d'ull* la història del progrés de la ciència». Claude-Louis Berthollet (1748-1822), abans d'oposar-se vehementment a les afinitats electives, suggeria la conveniència que es disposés a les aules d'una taula d'afinitats, ja que «exposava davant els *ulls* la comparació de les forces que produïen els fenòmens». <sup>41</sup> Aquesta intervenció de Berthollet ens porta a considerar també el valor didàctic que van tenir les taules d'afinitats. Ell mateix va explicar als seus alumnes dels cursos de química de l'Escola Normal de l'any III (1794) que la millor manera d'explicar les afinitats electives era utilitzar les taules d'afinitats i els diagrames figuratius <sup>42</sup> com a recurs didàctic, optant per la confecció d'un mural a manera d'una taula d'afinitats durant el desenvolupament del curs.

A la Gran Bretanya, la taula de Geoffroy no havia despertat gaire interès abans de 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. Com a professor d'aquesta disciplina, primer a la Universitat de Glasgow i després a la d'Edimburg, Cullen va fer imprimir les seves pròpies taules d'afinitats per a l'ús dels seus estudiants. L'ús de les taules d'afinitats com a recurs didàctic va contribuir d'algu-

---

41. Les cursives dels tres fragments són de l'autor.

42. Les taules d'afinitat no van estar soles a l'hora d'enfortir la difusió i l'acceptació de les afinitats electives. Els diagrames figuratius van constituir també un bon reforç per mostrar el canvi químic. La història de les representacions figuratives del canvi químic és bastant anterior a la introducció de les afinitats químiques electives (Grapi, 2012, p. 62-67; Eddy, 2014).

na manera al fet que les afinitats químiques electives es convertissin en una part significativa de l'ensenyament de la química.<sup>43</sup>

*TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS  
observés entre différentes substances.*

Mém. de l'Acad. 1720. Pl. P. pag. 212.

↷	⊖	⊕	⊖	▽	⊖	⊖	SM	△	♀	♁	♀	☾	♂	♁	▽
⊖	♁	♂	△	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	☾	☾	♁	♁	♁	♁	▽
⊖	♁	♀	⊖	⊖	⊖	⊖	♂	☾	♀	PC	♀	♁	♁	♁	⊖
▽	♀	♁	⊖	⊖	⊖	⊖	♀	♁							
SM	☾	♀	▽		♁		♁	♁	♀						
	♀	☾	♂	△			☾	♁							
			♀				♁	♁							
			☾				♀								
	☾						♁								

↷ Esprits acides.

⊖ Acide du sel marin.

⊕ Acide nitreux.

⊖ Acide vitriolique.

⊖ Sel alcali fixe.

⊖ Sel alcali volatil.

▽ Terre absorbante.

SM Substances métalliques.

♁ Mercure.

♁ Règle d'Antimoine.

☾ Or.

☾ Argent.

♁ Cuivre.

♂ Fer.

♁ Plomb.

♁ Etain.

♁ Zinc.

PC Pierre Calaminaire.

△ Soufre mineral.

♁ Principe huileux ou Soufre Principe.

♁ Esprit de vinaigre.

▽ Eau.

⊖ Sel.

▽ Esprit de vin et Esprits ardens.

FIGURA 8. Taula d'afinitats (rapports) de Geoffroy (Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Avec les mémoires de mathématique & de physique pour les mêmes années, 1720, planxa 8, p. 212).

43. Taylor, 2008.





## SEGONA PART

### MEMÒRIES D'É.-F. GEOFFROY

#### TAULA DELS DIFERENTS *RAPPORTS* OBSERVATS EN LA QUÍMICA ENTRE DIFERENTS SUBSTÀNCIES\*

Étienne-François Geoffroy

27 d'agost de 1718

[202] S'observen en la química certs *rappports*<sup>1</sup> entre diferents cosos que fan que s'uneixin fàcilment els uns amb els altres. Aquests *rappports* tenen els seus graus i les seves lleis. S'observen els seus dife-

---

\* É.-F. GEOFFROY (1720), «Table des differents rapports observés en chimie entre differentes substances», a *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Avec les mémoires de mathématique & de physique pour les mêmes années* (per a l'any 1718), p. 202-212. La paginació de la memòria original es mostra entre claudàtors. Totes les notes d'aquesta secció són del traductor.

1. En l'estudi preliminar a aquesta traducció s'ha apuntat el fet que Geoffroy preferís utilitzar el terme *rapport* ('relació') en comptes dels termes *atracció* o *afinitat* com a manifestació d'un cert distanciament de l'aproximació més newtoniana a la química. S'ha optat per mantenir en endavant el terme original *rapport*.

rents graus quan entre diverses matèries confoses i que tenen alguna disposició a unir-se conjuntament es percep que una d'aquestes substàncies s'uneix sempre constantment amb una altra de determinada preferentment a totes les altres.

Pel que fa a les lleis d'aquests *rappports*, he observat que entre substàncies que tenien aquesta disposició a unir-se conjuntament, trobant-se dues d'unides, algunes de les que s'hi apropaven o que s'hi mesclaven s'ajuntaven a una d'elles fent que l'altra deixés d'estar unida. I algunes altres no s'ajuntaven ni a l'una ni a l'altra, i no les separaven de cap manera. D'on m'ha semblat que es podria concloure amb prou versemblança que les que s'ajuntaven a una de les dues tenien més *rappport* d'unió o disposició a unir-se amb ella que les altres que se separaven en apropar-s'hi. I he cregut que es podria deduir d'aquestes observacions la proposició següent, que està molt estesa, encara que no pugui presentar-se com a [203] general en no haver pogut examinar totes les combinacions possibles per assegurar-me si no es trobarà res que ho contradigui:

Sempre que dues substàncies que tenen alguna disposició a ajuntar-se l'una amb l'altra es trobin unides, si en sobrevé una de tercera que tingui més *rappport* amb una de les dues, s'hi uneix alliberant l'altra.

Aquesta proposició té una extensió molt gran en la química, on, per dir-ho així, es troben a cada pas els efectes d'aquest *rappport*. D'aquesta propietat en depenen gran part dels moviments ocults que segueixen les mescles dels cossos i que eren gairebé impenetrables sense aquesta clau. Però com que l'ordre d'aquests *rappports* és poc conegut, he cregut que seria força útil distingir els *rappports* que guarden entre si els principals materials amb què s'acostuma a treballar en la

química, i elaborar una taula en què d'un cop d'ull es poguessin veure els diferents *rapports* que tenen els uns amb els altres.

Exposo avui en aquesta taula els diferents *rapports* que he recollit tant de les experiències i de les observacions dels altres químics com de les meves pròpies.

Amb aquesta taula, els qui comencen a aprendre química es formaran en poc temps una idea justa del *rapport* que les diferents substàncies tenen les unes amb les altres, i els químics hi trobaran un mètode fàcil per a descobrir el que passa en algunes de les seves operacions difícils de desentranyar i el que ha de resultar de les mescles que fan amb diferents cossos mixtos.<sup>2</sup>

La primera línia d'aquesta taula comprèn diferents substàncies que s'utilitzen en la química.<sup>3</sup> Dessota de cadascuna d'aquestes primeres substàncies estan ordenades per columnes diferents matèries comparades amb la primera segons l'ordre del seu *rapport* amb aquesta primera substància; de manera que la [204] que es troba més a prop [de la primera] és aquella amb la qual té més *rapport*, o és aquella que cap de les substàncies que estan per dessota podrien separar, però que les separa totes quan estan unides amb la primera tot descartant-les per unir-s'hi. Així, a la primera columna, els esperits àcids<sup>4</sup> són les subs-

---

2. Els «mixtos» o «cossos químics compostos» es consideraven el resultat de la unió de diversos principis: aigua i aire, terra i foc, àcid i àlcali, etc. Els metalls també es consideraven mixtos. Segons les idees de Stahl, generalment admeses pel conjunt dels químics de l'època, els metalls estaven formats per una base o terra (el corresponent òxid metàl·lic) unida al flogist o principi del foc. A la taula de Geoffroy, el flogist seria equivalent al *principe huileux* o *souffre principe* i apareix com la primera substància de la columna encapçalada per l'àcid sulfúric. (Vegeu la nota 16 d'aquesta secció. Mentre no es digui el contrari, les referències a altres notes ho són dins de la mateixa secció.)

3. Les substàncies de referència d'aquesta primera fila que encapçalen les vuit primeres columnes pertanyen a les quatre classes de substàncies implicades en la formació de sals neutres: àcids, terres, àlcals i metalls.

4. Vegeu la nota 4 de la secció «Transformar la matèria. Teories i pràctiques químiques».

tàncies amb què comparo els altres quatre gèneres de substàncies que estan dessota, a saber: les sals alcalines fixes,<sup>5</sup> les sals alcalines volàtils, les terres absorbents<sup>6</sup> i les substàncies metàl·liques.

Les sals alcalines fixes estan disposades a la columna immediatament dessota dels esperits àcids<sup>7</sup> perquè no conec cap material que en ajun-

---

5. A principis de segle XVIII, qualsevol cos mineral incombustible, soluble en aigua i capaç d'excitar un gust punyent a la llengua es designava com a *sal*. Aquest criteri identificava d'igual manera els àcids, els àlcalis i les sals neutres. Sota aquesta perspectiva, els químics van considerar els àcids i els àlcalis no només com a substàncies relativament simples, sinó també com les pròpies «sals», mentre que les sals neutres es consideraven com a compostos químics relatius a les sals simples. Així, doncs, les sals pròpiament dites (sals simples) podien ser àcides o alcalines i, d'altra banda, aquestes últimes es distingien, al seu torn, en fixes i volàtils. Entre les sals àcides es van arribar a distingir entre espècies d'origen mineral, com l'àcid de la sal marina (àcid clorhídric), l'àcid càustic (àcid sulfúric) i l'àcid nitrós (àcid nítric); d'origen vegetal, com l'esperit del vinagre (àcid acètic), i d'origen animal, com l'àcid làctic. L'àcid aeri (diòxid de carboni) es considerava vinculat als tres regnes de la naturalesa. En els textos àrabs, les cendres d'algunes plantes que tenien propietats tan importants com la de dissoldre l'oli, avivar alguns colorants vegetals o formar vidre eren designades amb l'expressió *al-gali*, de la qual procedeix el terme *àlcali*. Fins al segle XVIII no es va distingir entre els dos tipus de substàncies alcalines diferents contingudes en les cendres vegetals: la potassa, el component principal de les cendres de les plantes, i la sosa, present en moltes espècies minerals i majoritària només en les cendres de plantes costaneres o marines. Tot i que durant molt de temps les plantes van ser la principal font d'obtenció d'ambdós àlcalis, la presència de la sosa en el regne mineral i la suposada exclusivitat de la potassa en el vegetal van portar a anomenar *àlcali mineral* el primer i *àlcali vegetal* el segon. Finalment, aquests dos àlcalis sòlids van ser també denominats *àlcalis fixos* per diferenciar-los de *àlcali volàtil* o *àlcali animal*, que s'obtenia principalment de la putrefacció de cossos orgànics d'origen animal. En resum, amb el terme genèric de *sal alcalina fixa* es designava tant l'espècie de l'àlcali fix vegetal (potassa) com la de l'àlcali fix mineral (sosa), mentre que amb el terme *sal alcalina volàtil* es designaven espècies com la sal amoniaca (clorur d'amoni), la sal amoniaca secreta (sulfat d'amoni) i el nitre inflamable (nitrat d'amoni).

6. Per «terra absorbent» es pot entendre la terra calcària que s'obtenia en calcinar per acció del foc les pedres calcàries (pedres sedimentàries compostes majoritàriament de carbonat de calci). La inclusió de l'adjectiu *absorbent* indicava que la terra en qüestió podia ser dissolta pels àcids. No obstant això, el fet que Geoffroy utilitzí la forma plural *terres absorbents* és indicatiu que, a principis de segle XVIII, el terme designava més aviat un grup de terres solubles en àcids que una terra concreta. La terra calcària no es va diferenciar com una espècie de terra absorbent fins que la terra argilosa (alúmina), la magnèsia i la terra pesant (barita) es van poder diferenciar com a tres terres particulars en el tercer quart del segle XVIII.

7. Cal observar, en relació amb els esperits àcids de la primera fins a la quarta columna, com els àcids s'hi inscriuen de dues formes diferents en els encapçalaments. A la primera columna apareixen inscrits de forma genèrica (sense poder assegurar que aquest àcid genèric inclogui l'esperit del vinagre) i en les columnes restants, de forma específica. El símbol que utilitza Geoffroy per

tar-se als esperits àcids els alliberi i els separi un cop estiguin units. Ans al contrari, quan algun dels tres tipus de substàncies que estan dessota es troba unit als esperits àcids cedeix el seu lloc a les sals alcalines fixes quan aquestes se'ls acosten per deixar-los la llibertat d'unir-se als àcids.

A la tercera casella hi ha les sals alcalines volàtils, que tenen més *rapport* amb els esperits àcids que les substàncies terroses o metàl·liques que hi estan dessota, però menys que les sals alcalines fixes que hi estan per sobre. De manera que quan hi hagi alguna d'aquestes dues substàncies [terroses o metàl·liques] unida als esperits àcids [les sals alcalines] la forçaran a sortir i prendran el seu lloc unint-se a aquests mateixos àcids. Aquestes sals alcalines volàtils tenen també menys *rapport* amb els esperits àcids que les sals alcalines fixes, la qual cosa fa que no tinguin cap acció sobre aquestes dues substàncies unides conjuntament. Ans al contrari, quan aquestes sals alcalines volàtils estan unides amb els esperits àcids, els abandonen en apropar-se les sals alcalines fixes, cedint-los el seu lloc.

Direm el mateix de les terres absorbents incloses en la quarta casella. No tenen cap acció sobre les sals alcalines fixes o volàtils unides amb els esperits àcids, i quan aquestes substàncies terroses es troben unides amb els esperits àcids, cedeixen el seu lloc a l'una o l'altra [205] d'aquestes dues sals que se'ls apropin. En realitat, [les terres absorbents] s'adeqüen més amb els esperits àcids que les substàncies metàl·liques que hi estan dessota, i és per això que quan aquestes es troben unides amb els esperits àcids les fan fora per ocupar el seu lloc.

Cap de les substàncies incloses en les tres caselles superiors, si estan unides als àcids, cedeix el seu lloc a les substàncies metàl·liques

---

a l'àcid genèric no és un dels símbols tradicionals. Les dues fletxes en les línies de la base del símbol podrien suggerir les puntes de les partícules de les substàncies àcides a les quals la filosofia mecanicista del segle XVII atribuïa les seves propietats característiques (Duncan, 1996, p. 117).

que estan dessota i cadascuna de les tres separa els metalls units als esperits àcids per posar-se al seu lloc.<sup>8</sup>

Com que les substàncies metàl·liques no s'adeqüen de la mateixa manera amb els esperits àcids —l'àcid de la sal marina<sup>9</sup> dissol certs metalls que l'àcid nítrós<sup>10</sup> no dissol de cap manera, etc.—, he disposat cadascun dels tres esperits àcids minerals<sup>11</sup> al capdavant de les tres columnes següents, és a dir: l'àcid de la sal marina, l'àcid nítrós i l'àcid vidriòlic,<sup>12</sup> i he alineat a sota seu, en cada columna, les diferents substàncies metàl·liques seguint l'ordre dels diferents *rappports* que hi he observat.<sup>13</sup>

---

8. Aquesta primera columna genèrica s'usa com a model de les reaccions de desplaçament que van servir per a confeccionar la taula. La segona, tercera i quarta columnes segueixen mostrant aquest model amb diferents metalls en relació amb els tres àcids específics. En la segona i tercera columnes es pressuposa que els àlcalsis i la terra absorbent precedeixen les files dels metalls inscrits. En la quarta columna, els àlcalsis i la terra absorbent s'hi han inscrit de nou perquè, en el cas de l'àcid sulfúric, es pressuposa que el *principe huileux* o *soufre principe* els precedeix. Aquest principi seria equivalent al flogist (vegeu la nota 16) i la seva presència en aquesta taula, així com en d'altres del segle XVIII, s'ha d'entendre com el resultat de la interpretació d'experiments en què la formació de productes s'explicava en termes de recombinacions electives de substàncies pures entre les quals s'admetia de manera especial el flogist. En el cas de la nostra taula, se suposava que la combinació del flogist amb l'àcid sulfúric formava sofre. Geoffroy mateix va sostenir haver obtingut aquest resultat mitjançant un experiment realitzat i presentat a l'Académie des Sciences de Paris el 1704. [É.-F. Geoffroy (1704), «Manière de décomposer le soufre commun par la réunion de ses principes et d'en composer de nouveau par la mélange de semblables substances, avec quelques conjectures sur la composition des métaux», a *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Avec les mémoires de mathématique & de physique pour les mêmes années*, p. 278-285.]

9. Àcid clorhídric.

10. Àcid nítric.

11. L'adjectiu *mineral* distingeix els àcids clorhídric, nítric i sulfúric de l'esperit del vinagre d'origen vegetal.

12. Àcid sulfúric.

13. És dubtós que la inscripció [SM] (*substances métalliques*) que apareix a la quarta fila de la primera columna i encapçala la vuitena representi tots els metalls presents a la taula; més aviat representa els que formarien sals amb els àcids. La taula de Geoffroy no mostra cap sal formada pel zinc o per la *Pierre calaminaire* [PC] (el terme *pedra de calamina* es refereix al carbonat de zinc considerat com un semimetall) amb algun dels àcids. Aquestes absències són rellevants, ja que des de mitjan segle XVII es coneixia una sal d'ambdós metalls. A la segona columna —encapçalada per l'àcid clorhídric—, l'or ocupa l'última casella havent-n'hi dues de buides entre ell i el mercuri.

La cinquena columna marca el *rapport* de les diferents sals àcides<sup>14</sup> amb les terres absorbents.

La sisena, destinada a les sals alcalines fixes, ens dona els *rapports* d'aquestes sals amb els esperits àcids i el sofre comú.

La [columna] següent, assignada a les sals alcalines volàtils, ens presenta els diferents *rapports* d'aquestes sals amb els diferents àcids.

La vuitena representa els *rapports* dels mateixos àcids amb les substàncies metàl·liques, que són una mica diferents dels seus *rapports* amb les terres i les sals alcalines. L'àcid de la sal marina té un *rapport* més íntim amb les substàncies metàl·liques que l'àcid nítrós o l'àcid vidriòlic, i aquell mateix àcid en té menys [de *rapport*] que els altres dos amb les terres i les sals alcalines.<sup>15</sup>

La novena columna, assignada al sofre comú,<sup>16</sup> permet veure l'ordre dels *rapports* de diverses substàncies amb aquest mineral.

---

S'ha suggerit que aquest buit representava l'observació que l'or tan sols és soluble en aigua règia (vegeu la nota 28), mentre que l'àcid clorhídric per si sol no el dissol.

14. Vegeu la nota 5.

15. 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 a 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 a *reaccions per via seca*, estan associades a les reaccions de desplaçament indicades des de la novena a la quinzena columnes. L'última columna representa solucions aquoses, és a dir, per via humida. La taula de Geoffroy, en distingir implícitament aquests dos tipus d'operacions, ens mostra els dos principals dominis de la teoria i les pràctiques químiques del moment: la formació de sals a partir de solucions àcides, d'una banda, i les separacions metàl·lúrgiques i les combinacions de metalls en els aliatges, de l'altra.

16. El marc teòric de Geoffroy, compartit per la majoria de químics francesos, sobre la naturalesa íntima de les substàncies pot reconstruir-se a partir dels seus cursos de química al Collège Royale, al Jardin du Roi i a la Facultat de Medicina de París. Foc, aigua i terra constituïen la tríada dels veritables principis (*Tria prima*). El principi sal es considerava una combinació d'aquests tres i el principi sofre era una combinació dels tres principis veritables amb la sal. Des de l'antiguitat, el terme *sofre* havia estat utilitzat com un nom genèric per a tots els minerals inflamables en ser considerat el seu constituent més important. Al voltant del 1700, el terme *flögist* va reemplaçar el de *sofre* com a terme genèric amb aquest mateix significat. (Vegeu la nota 8.)

[206] La desena conté les substàncies que tenen algun *rapport* amb l'argent viu.<sup>17</sup>

L'onzena marca l'ordre de l'argent i del coure amb el plom.

La dotzena marca els diferents *rapports* de la pedra de calamina<sup>18</sup> i del mercuri amb el coure.

La tretzena marca igualment l'ordre dels *rapports* del coure i del plom amb l'argent.

La catorzena marca els *rapports* del règul d'antimoni,<sup>19</sup> de l'argent, del coure i del plom amb el ferro.

La quinzena dona els *rapports* del ferro, de l'argent, del coure i del plom amb el règul d'antimoni.

En aquestes dues últimes columnes, l'argent, el coure i el plom estan en una mateixa casella perquè la diferència del seu *rapport* amb el mart<sup>20</sup> o amb el règul d'antimoni encara no es coneix, tot i que sabem que aquests tres metalls s'adeqüen menys amb el mart que amb el règul d'antimoni, i [menys] amb el règul d'antimoni que el mart, com direm al seu moment.

Finalment, la setzena columna marca el *rapport* de l'aigua amb els esperits ardents<sup>21</sup> i amb les sals.

Per fer evident, ara mateix, quina pot ser la utilitat d'aquesta taula

---

17. Els sis metalls de referència que encapçalen les columnes de la deu a la quinze permeten que la taula mostri explícitament els processos de composició i descomposició d'aliatges. El terme *argent viu* designa al mercuri.

18. Carbonat de zinc.

19. Vegeu la nota 5 de la secció «Transformar la matèria. Teories i pràctiques químiques».

20. Ferro.

21. Vegeu la nota 4. En aquest cas, l'ús de la forma plural *esperits ardents* implica d'una manera genèrica destil·lats inflamables com l'esperit de vi (etanol) o l'esperit de saturn (propanona). Aquests casos, conjuntament amb l'esperit de vinagre (àcid acètic) en les columnes sis i vuit, són els únics exemples de substàncies assimilables a la química vegetal. Excepte per a aquests casos, la taula de Geoffroy és una taula de substàncies de la química mineral.



per a descobrir allò que passa en les diferents mescles dels cossos mixtos, i per preveure allò que pot resultar, prenguem com a exemple la preparació del sublimat corrosiu, que és una operació força comuna i de la qual, no obstant això, la teoria és molt poc coneguda.

Aquesta preparació es fa ordinàriament prenent el vidriol calcinat<sup>22</sup> gairebé al rogent, és a dir, extremament deflegmat,<sup>23</sup> la sal marina decrepitada<sup>24</sup> i una sal nitrosa mercurial formada per la dissolució del mercuri en l'esperit del nitre evaporada a sequedat.<sup>25</sup> Es mesclen exactament aquestes tres substàncies conjuntament i al moment de barrejar-les es comença a sentir l'olor de l'esperit del nitre que ascendeix com a vapors groguencs.<sup>26</sup> Si es posa la mescla a destil·lar en [207] una retorta a foc molt moderat, en surt un esperit àcid que és en gran part esperit del nitre mesclat amb una mica d'esperit àcid de la sal<sup>27</sup> i que el converteix en una aigua règia feble.<sup>28</sup> Llavors, augmentant el foc, ascendeix per sobre de la retorta una massa salina blanca i cristal·lina,<sup>29</sup> i resta en el fons una massa ro-

---

22. Sulfat de ferro(II) anhidre. El sulfat de ferro(II) heptahidratat, en escalfar-se, perd, primer, l'aigua de cristal·lització i la sal anhidra adquireix un color groguenc.

23. Per *flegma* s'entenia el producte condensat resultant de la destil·lació d'un material, en principi d'origen vegetal o animal. El vidriol deflegmat seria la sal anhidra formada després d'eliminar l'aigua de cristal·lització.

24. Es tracta de la sal comuna que, en exposar-se al foc, salta i espetega fins a assecar-se.

25. La reacció entre el mercuri i l'àcid nítric és complexa. A una temperatura ordinària és difícil evitar la formació simultània del nitrat de mercuri(I) i del nitrat de mercuri(II).

26. Aquests vapors es corresponen amb el diòxid de nitrogen format per la descomposició tèrmica dels nitrats i de l'àcid nítric.

27. Àcid clorhídric (clorur d'hidrogen).

28. Dissolució dels àcids nítric i clorhídric en una proporció volumètrica de 3:1 que té la propietat de reaccionar amb l'or.

29. Es tracta de la separació per sublimació a 300 °C del clorur de mercuri(II). El compost es fon a 276 °C i inicia l'ebullició a 302 °C. El compost format es coneixia com a *sublimat corrosiu* tant pel fet de formar-se després d'un procés de sublimació com per la seva extrema acció corrosiva en utilitzar-se per eliminar erupcions cutànies i desinfectar úlceres. Vegeu la nota 6 de la secció «Transformar la matèria. Teories i pràctiques químiques».

genca d'on se separen, en netejar-la, una sal blanca<sup>30</sup> i una terra vermella metàl·lica.<sup>31</sup>

Les substàncies que es retiren en aquesta operació són molt diferents de les que s'han utilitzat, com ara veurem.

El vidriol que s'utilitza és una sal mitjana<sup>32</sup> composta d'àcid vidriòlic i de ferro dissolt per aquest àcid amb el qual s'uneix molt íntimament. La sal marina és també una sal mitjana composta d'àcid sal<sup>33</sup> i d'una terra absorbent<sup>34</sup> íntimament units. I la sal nitrosomercurial és un compost de mercuri amb àcid del nitre.<sup>35</sup>

Cal examinar quin és el *rapport* de les sis substàncies que componen aquests tres mixtos per jutjar la manera com actuen l'una sobre l'altra.

Considero que aquests tres mixtos estan compostos de sals àcides diferents, de les quals la que té per àcid el de la sal marina té per base una terra absorbent, i les dues altres —és a dir, les dels àcids vidriòlic

---

30. A la temperatura que es fa l'operació es refereix al sulfat de sodi anhidre. El sulfat de sodi pentahidratat perd a 100 °C l'aigua de cristallització.

31. A la temperatura de treball es devia produir la descomposició tèrmica d'un excés de sulfat de ferro(II). La sal anhidra es descompon i produeix l'òxid de ferro(III), de color vermellós, i vapors de diòxid i triòxid de sofre.

32. El 1702, Wilhelm Homberg (1652-1715) va introduir el terme *sal mitjana* (*sel moyen*) que Geoffroy va reconvertir per designar les sals compostes que, a mitjan segle XVIII, es reconeixien com a sals neutres (vegeu la nota 5). No obstant això, Geoffroy no va proporcionar cap definició general del terme. Les espècies de sals mitjanes que esmenta són combinacions dels àcids amb metalls i amb les terres, però no dels àcids amb els àlcalis. La inclusió d'aquest últim tipus de combinació com una sal mitjana pot justificar-se pel fet que els químics de la primera meitat del segle XVIII solien restringir aquest terme precisament a aquest tipus de compostos.

33. Àcid clorhídric.

34. Tot i que els químics del moment coincidien a reconèixer la naturalesa de l'àcid que forma la sal comuna (l'àcid salí), no coneixien encara la base que es combinava amb aquest àcid. Alguns d'ells, com Geoffroy, creien que es tractava d'una terra absorbent. Henri-Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), el 1737, va ser qui primer va proposar que la base de la sal comuna era una «sal alcalina fixa».

35. Àcid nítric.

i nitrós— tenen per bases substàncies metàl·liques. Trobo, a través de la primera columna de la meua taula, la dels «Esperits àcids», que els àcids en general tenen més *rapport* amb la terra absorbent de la sal marina que amb el ferro i el mercuri i, a través de la cinquena columna de les «Terres absorbents», que l'àcid vidriòlic en particular té més *rapport* amb aquesta mateixa terra que l'àcid nitrós i, fins i tot, que l'àcid de la sal marina amb què està unit. Es pot concloure,<sup>36</sup> segons la meua proposició, que l'àcid vidriòlic ha d'abandonar el seu metall per ajuntar-se a la terra de la sal marina, i així és efectiva-ment. L'àcid de la sal marina se separa per l'apropament de l'àcid vidriòlic i es dissiparia a l'aire, en ser de naturalesa volàtil, [208] si no trobés substàncies metàl·liques amb les quals té més *rapport* que els altres àcids, com es veu a través de la vuitena columna de les «Substàncies metàl·liques». Ataca, doncs, alhora, tant el ferro del vidriol com el mercuri del nitre.

Com que aquest àcid de la sal marina s'adequa més amb el mercuri que l'àcid nitrós, força que aquest àcid abandoni el mercuri. Aquest àcid nitrós alliberat, en no trobar, de fet, on aferrar-se, es dissipa a l'aire en forma de vapors rogens o groguencs que s'exhalen fora del bol.

Al mateix temps que una porció de l'àcid de la sal marina s'adhereix al mercuri, una altra part més considerable s'adhereix al ferro i hi continuaria romanent unida si no fos perquè, en augmentar i mantenir prou viva la força del foc durant la sublimació, s'obliga aquesta

---

36. Cal observar que el fet que Geoffroy considerés la terra absorbent com la base de la sal comuna (en comptes de la sal alcalina fixa) no invalidaria la seva explicació, ja que, en primer lloc, les dues substàncies mostrarien un major *rapport* pels esperits àcids que les substàncies metàl·liques (primera columna). En segon lloc, l'àcid vidriòlic també tindria un major *rapport* amb la terra absorbent (cinquena columna) i amb la sal alcalina fixa (sisena columna) que els altres àcids minerals.

mateixa porció de l'àcid a deslligar-se de la substància ferruginosa massa fixa per poder ser separada amb aquesta sal. Aquest mateix àcid, alliberat de nou pel foc, en trobar-se amb les parts mercurials que encara no estaven del tot desenganxades de l'àcid nítrós, s'hi ajunta i desuneix totalment l'àcid nítrós que es dissipa en vapors groguencs, mentre que a partir de la unió de l'àcid de la sal marina i de les parts mercurials es forma una concreció salina mercurial, força volàtil per ascendir, o (com diuen els químics) per sublimar per sobre del bol. És per això que se l'anomena *mercuri sublimat*.<sup>37</sup>

Allò que es dissipa en vapors rogencs o groguencs és en gran part àcid nítrós. És l'àcid del nítre que ha estat deslligat del mercuri per l'àcid de la sal marina. He dit en gran part, perquè hi ha també alguna petita porció d'àcid de la sal marina mesclada [amb l'àcid del nítre] que, un cop eliminada per la violència del foc i prou allunyada cap enfora de la retorta, ja no pot retornar sobre els materials.

Resta una massa rogenca en el fons del bol; és la terra metàl·lica o el safrà de mart,<sup>38</sup> que abans de l'operació [209] estava unit amb l'àcid vidriòlic i que ara se'n desenganxa, atès que aquest àcid ha deixat el metall per ajuntar-se i unir-se molt íntimament amb la terra de la sal marina. Tots junts formen una sal mitjana que encara es troba realment confosa amb el safrà de mart, però sense estar-hi unida de cap manera. Efectivament, aquesta sal se separa molt fàcilment rentant i és de la mateixa naturalesa que la sal meravellosa de Glauber.<sup>39</sup> Quan s'ha utilitzat només la proporció correcta d'aquestes sals, el colcòtar o safrà de mart continua completament desposseït del seu àcid després del rentatge.

---

37. Es tracta del mateix sublimat corrosiu. Vegeu la nota 29.

38. Òxid de ferro(III).

39. Sulfat de sodi pentahidratat.

L'àcid del nitre hauria d'unir-se en aquesta ocasió a les parts del ferro abandonades per l'àcid del vidriol, si no fos perquè una calor violenta aparta aquestes partícules àcides i les allunya fora del bol.

Sembla, doncs, que l'àcid del nitre és inútil en aquesta operació, atès que en abandonar el mercuri s'escapa i se'n va sense actuar sobre cap d'aquestes substàncies. És per això que alguns suprimeixen la dissolució del mercuri en l'esperit del nitre. Es conformen a mesclar el vidriol, la sal marina i l'argent viu tal com està, i el sublimat que s'obté no és pas gaire pitjor. S'observa certament que en aquesta preparació cal triturar la mescla durant força estona per dividir bé els materials i unir-los més íntimament, la qual cosa és tediosa i, fins i tot, perillosa per a l'artista<sup>40</sup> per les espurnes que s'alcen d'aquesta mescla durant la trituració. Ans al contrari, quan es fa la dissolució del mercuri en l'esperit del nitre, en trobar-se aquest licor metàl·lic molt dividit per aquesta dissolució, està en més bones condicions d'unir-se ràpidament i íntimament amb els àcids de la sal marina.

Una altra raó per afegir aquest àcid nitrós és pretendre que atenuï i volatilitzi considerablement l'àcid de la sal marina i el posi així en condicions d'unir-se més íntimament amb el mercuri, tal com es veu en l'esperit de la sal, que per si mateix li costa molt [210] dissoldre l'or, però que el dissol molt de pressa i exactament si se l'aviva amb una mica d'esperit del nitre, la qual cosa prové, segons l'opinió d'alguns, d'un principi sulfurós molt subtil contingut en l'esperit del nitre i que es comunica per aquest mitjà a l'àcid de la sal marina. No és

---

40. El terme *artista* es refereix a la persona que dominava i practicava l'art de la química. La secular tradició artesanal de la química seguia encara vigent a principis del segle XVIII. D'acord amb aquesta tradició, la química era considerada l'art de descompondre i extreure els components dels materials per compondre'n de nous.

en absolut aquí el lloc per examinar a fons aquesta qüestió. Allò realment cert és que el sublimat es fa igualment amb àcid nítrós o sense, que es fa més ràpidament quan el mercuri està dividit per aquest àcid i una mica més difícilment quan no ho està.<sup>41</sup>

Una altra observació a fer és que quan s'utilitza el mercuri reduït en sal per l'esperit del nítre es pot prescindir del vidriol, mentre que si només s'utilitza el mercuri fluid pur, ens cal absolutament [el vidriol]. La raó és clara segons els nostres principis. L'àcid de la sal marina, en tenir més *rapport* amb la seva terra que amb les substàncies metàl·liques, com es mostra a la primera columna («Esperits àcids»), no l'abandonarà mai per unir-se al mercuri si no està determinat per alguna causa. No n'hi ha cap [de causa] per part només del mercuri. Però si s'utilitza el mercuri reduït en sal per l'àcid nítrós, aquest àcid nítrós, en tenir un *rapport* molt més gran amb la terra de la sal marina que amb el seu àcid, com es veu a la cinquena columna («Terres absorbents»), i aquest mateix àcid nítrós en tenir també més relació amb aquesta mateixa terra que amb el mercuri, com es veu a la primera columna («Esperits àcids»), començarà a actuar. Abandonarà el mercuri per unir-se a la terra de la sal marina i en separarà l'àcid. Aquest àcid de la sal, en trobar-se sol i alliberat de la seva terra, retrobarà també el mercuri alliberat, s'hi ajuntarà, i ambdues substàncies formaran conjuntament el compost del sublimat que s'eleva per sobre del bol, mentre que l'àcid nítrós i la terra de la sal marina formaran una sal mitjana que restarà fixa al fons del bol fent un bon salnitre.<sup>42</sup>

---

41. Actualment, el sublimat corrosiu se segueix preparant per via seca mitjançant la reacció entre el sulfat de mercuri(II) i el clorur de sodi.

42. Terme que antigament designava tant el carbonat de sodi com el de potassi. No va ser abans de l'edat mitjana quan es va aplicar indistintament als nitrats de sodi i de potassi.

[211] Alguns encara fan el sublimat corrosiu dissolent l'argent viu en l'esperit del nitre i abocant-hi a sobre la dissolució de la sal marina en aigua per formar un precipitat blanc. Quan el licor s'ha aclarit, se l'aboca per inclinació i se'l separa de la pols blanca que ocupa el fons del bol, i que no és altra cosa que el precipitat blanc de mercuri. Un cop assecat aquest precipitat, se'l sublima en una massa compacta salina blanca que és el sublimat corrosiu.<sup>43</sup>

Si s'evapora el licor clar que s'ha apartat s'obté un salnitre molt bo.

La teoria d'aquesta operació és la mateixa que la de l'operació precedent. Es fa en licor en aquesta [operació] allò que es practica sobre materials secs en l'altra.

Tant en l'una com en l'altra, l'àcid del nitre deixa el mercuri que retenia en dissolució i s'uneix a la terra de la sal marina. Alhora, força la cessió de l'àcid d'aquesta sal que s'adhereix al mercuri i precipiten en una pols blanca. Després, el foc converteix aquesta pols en una sal blanca.

També es pot fer el sublimat corrosiu amb el simple àcid de la sal marina sense utilitzar la seva terra abocant, a poc a poc, l'esperit de la sal sobre la dissolució de l'argent viu en l'esperit del nitre. Al principi es forma un precipitat blanc com en l'operació precedent. Si se separa ràpidament aquest precipitat, es podrà sublimar de la mateixa manera. Però si se'l deixa estar un temps en dissolució, una part del precipitat es dissol de nou en aquest líquid que esdevé aigua règia tan aviat com l'esperit del nitre i l'esperit de la sal s'uneixen íntimament.

---

43. Aquest procés per a l'obtenció —per via humida— del clorur de mercuri(II) contrasta amb el que s'ha exposat prèviament i que està basat en operacions per via seca. El procés per via humida ja havia estat descrit en tractats de química del segle XVII. Tots dos processos van coexistir en els repertoris de pràctiques químiques del segle XVII.

Però per obtenir mitjançant aquesta operació una quantitat més gran de sublimat, es posa tota aquesta mescla en una retorta i es destil·la a foc graduat. Al principi surt una aigua règia composta de l'esperit del nitre que ha abandonat el mercuri i d'una porció de l'esperit de la sal [212] carregada d'unes parts mercurials arrossegades durant la destil·lació. Resta al fons de la retorta una massa salina composta de mercuri i de l'àcid de la sal marina. En augmentar el foc, aquesta massa salina sublima en una sal blanca que és el sublimat corrosiu.

En aquesta operació, l'àcid de l'esperit de la sal entra en acció. Atès que aquest àcid es troba lliure i no està retingut per la seva terra, com en les altres operacions, ataca immediatament les partícules mercurials amb les quals es combina millor que l'àcid nítrós, com es veu a la vuitena columna («Substàncies metàl·liques»), i separa l'àcid nítrós que un foc moderat tot seguit l'eleva i el fa passar pel broc de la retorta cap al recipient. Mentrestant, l'àcid de la sal marina unit al mercuri esdevé una massa salina al fons de la retorta, on cal un foc molt més viu per sublimar-lo a la part alta del bol.

Tot i que aquesta taula conté un nombre bastant gran de substàncies de les quals es comparen els *rappports*, no dubto, però, que encara se n'hi puguin afegir moltes altres de les quals, a força de fer experiments, es reconeixeran els *rappports*.

Aportaré a continuació [d'aquesta memòria], si es considera convenient, totes les experiències sobre les quals es fonamenten els *rappports* de les diferents substàncies contingudes en aquesta taula i que m'han determinat a arreglar-les en l'ordre en què se les veu disposades.

Cal observar que en algunes d'aquestes experiències, la separació dels materials no és sempre perfectament exacta i precisa. Això prové de diverses causes que no és possible evitar, com la glutinositat



del líquid, el seu moviment, la forma de les parts precipitants o precipitades i altres coses semblants que no permeten una precipitació ràpida o una separació exacta de totes les parts, la qual cosa, però, és tan poc considerable que no ha d'impedir considerar la regla com a constant.<sup>44</sup>

---

44. Aquesta última afirmació posa de manifest el que es pot designar com l'axioma de constància de les taules d'afinitats, a saber, que les afinitats químiques entre cada parell de substàncies d'una mateixa columna haviem de ser constants.



## ACLARIMENTS SOBRE LA TAULA INSERIDA A LES MEMÒRIES DE 1718 SOBRE ELS *RAPPORTS* OBSERVATS ENTRE DIFERENTS SUBSTÀNCIES\*

Étienne-François Geoffroy  
23 de març de 1720

[20] Atès que el detall de les operacions que serveixen de base per a la taula que he elaborat a les *Memòries* de 1718 sobre els diferents *rappports* que he observat entre les substàncies que els químics estan acostumats a tractar és massa extens per ser inclòs dins dels límits d'una memòria i que requeriria tot un curs de química, he pensat que

---

\* É.-F. GEOFFROY (1722), «Eclaircissements sur la table inserée dans les memoires de 1718 concernant les rapports observés entre différentes substances», a *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Avec les mémoires de mathématique & de physique pour les mêmes années* (per a l'any 1720), p. 20-34. Totes les notes d'aquesta secció són del traductor. La paginació de la memòria original es mostra entre claudàtors.

no calia entrar-hi. Només m'he proposat respondre de tant en tant, i segons es presenti l'ocasió, a les objeccions que se'm facin sobre aquesta taula, i aclarir alguns aspectes que necessitin explicacions per fer saber les raons que tenia per col·locar alguns materials en l'ordre en què els he situat.

### PRIMERA OBJECCIÓ<sup>1</sup>

Una de les primeres dificultats amb què m'he trobat és sobre l'ordre dels *rappports* inserits a la primera columna d'aquesta taula. Hi he establert que les terres absorbents tenen un *rappport* menor amb els àcids que les sals alcalines fixes o volàtils. Segons això, qualsevol terra absorbent no ha d'exercir cap acció sobre els àcids units a les sals alcalines. Tanmateix, se m'objecta que l'experiència diària confirma que la calç (que normalment es considera una terra absorbent) s'uneix als àcids, encara que estiguin units amb els àlcals volàtils i que els en separi. Això és el que es pretén demostrar en la mescla de la calç i la sal amoniacal<sup>2</sup> per separar-ne l'esperit volàtil d'orina.<sup>3</sup>

Responc a aquesta objecció dient que aquest experiment no destrueix [21] l'ordre dels *rappports* establerts per aquesta taula entre aquestes substàncies, perquè la calç no s'ha de considerar una simple terra absorbent. Gairebé només té en comú amb aquestes terres que fermenta amb els àcids, però, a més, té tanta concordança amb les sals alcalines fixes que alguns químics no han tingut cap dificultat a

---

1. Aquesta primera objecció va ser plantejada pel germà petit d'Étienne-François Geoffroy, el també apotecari i químic Claude-François Geoffroy (1729-1753).

2. Clorur d'amoni.

3. Solució aquosa d'amoniac.

reconèixer-la com un veritable àlcali fix, bastant semblant a les cendres perlades<sup>4</sup> o a la sal de tàrtar.<sup>5</sup>

De fet, el sabor acre i càustic de la calç només pot provenir de les parts afilades i punxegudes capaces de formiguejar i esquinçar les fibres de la llengua. Una propietat que no sabríem atribuir només a les parts terroses, insípides per si mateixes, i que normalment se suposen poroses i sense puntes.

La calç corroeix i dissol els cossos que toca, la qual cosa no és una propietat de la terra per si sola. Aquesta corrosió només la podem explicar suposant en la calç aquestes mateixes parts afilades, que no hi ha problema de reconèixer en les sals alcalines. És cert que aquest efecte es pot atribuir a les parts del foc amb què se suposa que està carregada. Però, en aquest cas, la calç ja no actuaria com una simple terra absorbent i, a més, caldria atribuir a aquestes parts del foc les altres propietats de les sals alcalines fixes —la qual cosa no seria fàcil de demostrar— perquè la calç encara pot dissoldre les substàncies grasses resinoses i bituminoses, així com les sals alcalines. Si la calç viva es fa bullir amb aigua i sofre, aquest es dissol amb la calç i l'aigua, tot presentant una tonalitat vermella similar a la que s'obté amb

---

4. Es produïen dos tipus diferents d'àlcali fix, segons que els vegetals incinerats procedissin de terrenys costaners o de l'interior (vegeu la nota 5 de la memòria de Geoffroy del 1718). La vegetació de terra endins proporcionava el producte conegut comercialment amb el nom de *potassa*, mentre que la costanera proveïa la sosa comercial. En l'àmbit comercial, ambdós termes es referien als materials bruts emprats en les diferents manufactures; en canvi, en el món de les ciències volien significar els carbonats purs de potassi i de sodi, respectivament. La potassa es presentava al mercat en forma de dues varietats —el salí i la perlassa—, la primera amb una proporció més gran de carbonat de potassi que la segona. La sosa s'obtenia per incineració de les plantes barrelleres. Aquestes plantes creixien en els saladars —sòls amb una elevada concentració salina—, la qual cosa afavoria que el vegetal acumulés sals orgàniques alcalines. Un cop acabat el procés d'incineració, aquestes sals esdevenien els corresponents carbonats alcalins.

5. Carbonat de potassi. El nom *sal de tàrtar* provenia del fet que s'obtenia a partir de la crema de tàrtar o crémor tàrtar (hidrogenatratat de potassi) que cristal·litza en els dipòsits de vi durant la fermentació alcohòlica del suc de raïm. En escalfar el crémor tàrtar s'obtenia la sal de tàrtar.

les sals alcalines fixes.<sup>6</sup> Després d'haver filtrat la mescla, se'n precipita el magisteri<sup>7</sup> amb un licor àcid tal com es fa per a la llet de sofre.<sup>8</sup> De quina manera la calç pot dividir i dissoldre les parts ramificades d'aquest betum, si no té les parts adequades, similars a les molècules de les sals alcalines, per fer aquesta divisió!

La calç facilita la fusió de la sorra, dels còdols i del cristall de roca [22] per fer vidre, propietat que té en comú amb les sals alcalines i que no tenen ni la calç ni les terres absorbents si no es redueixen a calç.

La calç també torna verd el xarop de violetes,<sup>9</sup> igual que ho fan les sals alcalines. Produeix un precipitat groc amb la dissolució del sublimat corrosiu,<sup>10</sup> així com ho fan aquelles sals, amb la diferència que el precipitat de les sals alcalines fixes és de color taronja; en canvi, el que produeix la calç és del color de la llimona, perquè algunes parts terro-

---

6. En portar a ebullició una mescla de sofre amb una solució saturada d'òxid de calci es produeix una solució de color vermell-taronja formada principalment per tetrasulfur i tiosulfat de calci. El tiosulfat de calci es descompon fàcilment en sulfat de calci i sofre (Tartar, 1914, p. 495 i 498).

7. El terme *magisteri*, utilitzat durant el segle XVII i principis del XVIII, tenia el sentit de 'l'obra del mestre', una preparació que requeria coneixements i habilitats especials. Com que el terme duia implícit un cert prestigi, els químics i apotecaris de l'època l'utilitzaven per a descriure preparacions que tenien en molta estima. El terme va acabar essent usat com a sinònim de *precipitat*, que va substituir-lo. L'ús del terme *magisteri* va quedar limitat a cercles restringits per designar unes poques preparacions, com la del magisteri de bismut [oxiclorur de bismut(III)] (Crosland, 1962, p. 100-101). L'expressió *fórmula magistral* ha persistit en relació amb els preparats dispensats per les oficines de farmàcia.

8. Es refereix al magisteri de sofre, és a dir, al precipitat de sofre que s'obté afegint un àcid al filtrat resultant de fer bullir sofre amb aigua de calç. En acidificar el filtrat s'enterboleix com a conseqüència de la separació del sofre provinent de la descomposició dels polisulfurs i del tiosulfat.

9. El xarop de violetes era conegut des del segle XVII, a través de receptes culinàries, pels canvis de color que presentava en un mitjà àcid (lila) i en un de bàsic (verd).

10. Les solucions de clorur de mercuri(II) en medi bàsic proporcionen inicialment un precipitat marró vermellós d'hidroxoclorur de mercuri(II) que amb un excés d'alkali es converteix en un precipitat groc d'òxid de mercuri(II). Vegeu la nota 29 de la memòria de Geoffroy del 1718. L'òxid de mercuri(II) pot existir en dues varietats: groga i vermella. La diferència de color es deu a la mida de les partícules, tot i que ambdues varietats tenen la mateixa estructura cristal·lina.

ses blanques de la calç estan mesclades en el precipitat i n'afebleixen el color.

Finalment, la calç, igual que les sals alcalines fixes, absorbeix l'àcid de la sal marina de la sal amoniacal i en separa la sal volàtil d'orina,<sup>11</sup> la qual cosa no fan les terres absorbents simples.

Per tant, si es vol tenir en compte que les simples terres absorbents, la creta, el corall, els ulls de crancs de riu i, fins i tot, la pedra calcària abans de la calcinació no tenen cap d'aquestes propietats que reconeixem a la calç, i que aquesta té moltes propietats que li són comunes amb sals alcalines fixes, ens veurem primer obligats a admetre que la calç és molt diferent de les simples terres absorbents, la qual cosa vaig haver de demostrar. En segon lloc, haurem d'estar ben disposats a reconèixer un principi similar a les sals alcalines fixes en la calç, o almenys un principi capaç dels mateixos efectes.<sup>12</sup>

Els qui neguen que hi hagi una sal alcalina fixa a la calç es basen en el fet que no se'n pot treure cap sal rentant-la. Però aquesta és una raó suficient per a garantir que no hi hagi cap sal? Les sals alcalines unides i foses amb la sorra en el vidre ja no se'n separen en el rentatge; ja no aporten en aquest compost cap rastre de sal alcalina. Direu per això que no n'hi ha gens? Potser passa el mateix amb la sal de la calç. Aquesta sal pot estar-hi tan íntimament unida amb la terra que l'aigua no sigui capaç de separar-les. Aquesta dificultat no sembla pas suficient [23] per tombar les altres raons que semblen demostrar l'existència d'aquesta sal en la calç.

---

11. La calç (òxid de calci) s'uneix amb l'àcid (clorhídric) de la sal marina (clorur de sodi) i de la sal amoniacal (clorur d'amoni) i se separa la sal volàtil d'orina (amoníac).

12. En resum, la calç (l'òxid de calci) era una substància diferent d'altres terres absorbents que virtualment es comportava com un àlcali fix (potassa o sosa). Vegeu les notes 5 i 6 de la memòria de Geoffroy del 1718.

Es podria preguntar d'on prové aquesta sal alcalina de la calç! Respondré que s'ha format, primerament, a partir de l'àcid aluminós vidriòlic<sup>13</sup> o nitrós inclòs en la pedra i, en segon lloc, de l'àcid de la fusta,<sup>14</sup> que s'ha introduït durant la calcinació. Ja he mostrat en altres memòries aquest tipus de metamorfosi de les sals àcides en sals alcalines.

## SEGONA OBJECCIÓ<sup>15</sup>

Aquesta mateixa [primera] columna, en què considero els diferents *rappports* dels esperits àcids amb les seves sals alcalines, les terres i les substàncies metàl·liques, ha proporcionat material per a una segona objecció. Situo les substàncies metàl·liques a sota de les sals, ja que tenen menys *rappport* amb els àcids. D'acord amb això, les substàncies metàl·liques, en estar mesclades amb sals salades o compostos d'un àcid i un àlcali<sup>16</sup> com la sal amoniacal, no haurien de deixar anar els àcids ni separar les sals alcalines.

Tanmateix, sovint passa que en la preparació de les flors marcial de

---

13. En general, el terme *alum* descrivia un grup de sulfats dobles compostos per un metall trivalent i un altre de monovalent, caracteritzats pel seu gust astringent. L'alum més representatiu és el sulfat d'alumini i potassi dodecahidratat. La naturalesa relativament complexa de l'alum va fer que la seva veritable composició fos desconeguda durant molt de temps. Primerament, se'l va considerar compost d'argila i àcid vidriòlic (*argilla vitriolata*) i Lavoisier va ser qui primer va suposar que era un sulfat mixt d'argila i un àlcali fix. Aleshores, l'expressió «àcid aluminós vidriòlic» utilitzada per Geoffroy es devia referir a l'àcid vidriòlic que formava part de l'alum.

14. Es tracta d'una mescla coneguda com *àcid pirolignós*. Aquest és el nom que reben els condensats bruts produïts durant la piròlisi de la fusta. Estan formats per un 80 % a un 90 % d'aigua i un 10 % a un 20 % de compostos orgànics: àcid acètic, metanol, acetona i quitrans.

15. Aquesta segona objecció també li va ser plantejada pel seu germà Claude-François.

16. El terme *sals salades* (*sels salés*), introduït el 1713 per Nicolas Lémery (1645-1715), era equivalent al de *sal mitjana*. Volia expressar la noció que les sals compostes ho eren de dues sals simples, un àcid i un àlcali. Vegeu la nota 32 de la memòria de Geoffroy del 1718.



la sal amoniacal i en la de les flors amoniacals amb la pedra hematites, en què es mescla la sal amoniacal amb el ferro o amb l'hematites, s'eleva una mica de l'esperit de l'orina al començament de l'operació, la qual cosa sembla demostrar que aquestes substàncies metàl·liques tenen alguna acció sobre aquestes sals.<sup>17</sup>

Abans de respondre a aquesta objecció, adverteixo que per *substàncies metàl·liques* entenc els sis metalls trets de les seves mines, en el seu estat de puresa i en la seva forma metàl·lica. Així també els semimetalls com l'antimoni, el bismut o el zinc purificats, i altres substàncies minerals que contenen un metall, com l'hematites, l'imant, el manganès,<sup>18</sup> les pirites, etc. No pretenc entendre amb aquell nom les seves composicions o preparats metàl·lics que canvien la naturalesa del metall com les sals, els vidriols, les calçs, les flors, etc., les propietats dels quals són molt diferents de les dels metalls segons les seves diferents preparacions.

[24] Dit això, estic d'acord que de vegades sorgeix l'esperit de l'orina al començament de la sublimació de les flors de mart o de l'hematites, però en petites quantitats i només en determinades circumstàncies,<sup>19</sup> atès que sempre és cert dir, en general, que aquestes

---

17. El terme alquímic *flor* s'aplicava a certes substàncies cristal·lines obtingudes per condensació dels seus vapors. Actualment, per exemple, encara s'utilitza el terme *flor de sofre*. Les *flors marcials de la sal amoniacal* (o simplement flors de mart) serien el clorur de ferro(III) obtingut en destil·lar una mescla de la pedra hematites [òxid de ferro(III)] i la sal amoniacal (clorur d'amoni). Inicialment es detectava la separació de l'esperit de l'orina (amoníac) i finalment s'obtenia un sublimat ataronjat. D'altra banda, per purificar la sal amoniacal es podia destil·lar una mescla d'aquesta sal amb ferro en pols. Es detectava també l'olor de l'amoníac i s'obtenien unes flors groguenques del sublimat de la sal amoniacal («flors amoniacals») amb impureses de flors de mart.

18. No es refereix al manganès metàl·lic, sinó a la pirolusita, el principal component de la qual és l'òxid de manganès(IV).

19. A temperatures entre 300 °C i 350 °C, el clorur d'amoni (sal amoniacal) es descompon en amoníac (esperit de l'orina) i clorur d'hidrogen. La reacció d'aquest últim amb l'òxid de ferro(III) (pedra hematites) produeix clorur de ferro(III) (flors de mart) i vapor d'aigua.

tes substàncies no actuen per si soles sobre la sal amoniaca per separar-ne l'alkali volàtil, i que no aporten ni contenen una sal àlcali volàtil o fixa en el seu estat natural. Si, per tant, de vegades en proporcionen, això succeeix només quan han sofert alguna alteració considerable, tal com s'observa en l'experiment del senyor Duclos<sup>20</sup> amb el ferro, esmentat en la meua memòria del 1718 sobre el canvi dels àcids en sals alcalines.<sup>21</sup>

El ferro que ha passat per focs molt violents no ha de contenir sal alcalina volàtil de l'orina, ja que la violència del foc hauria d'haver-la eliminat. A més, la seva llimalla no en proporciona gens en exposar-la en una retorta al forn de reverber.<sup>22</sup> Això no obstant, aquesta mateixa llimalla proporcionarà l'esperit de l'orina quan s'hagi reduït a rovell,<sup>23</sup> ja sigui per la humitat de l'aire que haurà contret o per l'aigua amb què l'hauem ruixat de tant en tant, deixant-la assecar cada vegada.

Ara bé, en aquesta circumstància en què s'excita entre les parts del metall una mena de fermentació o putrefacció, els principis que actuen els uns sobre els altres s'ordenen i es combinen d'una manera diferent i formen sals alcalines volàtils i fixes encara lligades i enrriques per les parts fixes del metall.

Si es destil·la, doncs, aquest rovell o aquest metall mig putrefacte,

---

20. Samuel Cotteureau du Clos, anomenat *Duclos* (1598-1685).

21. Aquest treball es va presentar el 3 de juliol de 1717. É.-F. GEOFFROY (1719), «Du changement des sels acides en sels alkalis volatiles urineux», a *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Avec les mémoires de mathématique & de physique pour les mêmes années* (per a l'any 1717), p. 226-238.

22. Tipus de forn metàl·lúrgic en el qual la càrrega s'escalfa per reverberació del sostre.

23. El rovell és la substància de color vermell-marronós associada a la corrosió del ferro que es forma per la reacció d'aquest metall i l'oxigen en presència catalítica de l'aigua o la humitat de l'aire. És una reacció d'oxidació-reducció lenta que porta a la formació d'òxids i d'hidròxids hidratats i mal cristallitzats.

no ha d'estranyar que la sal volàtil originada per aquesta putrefacció aparegui mitjançant una calor bastant moderada. Ara bé, el fet que la llimalla de ferro rovellada quan es destil·la tota sola doni la sal volàtil, no hauríem de relacionar-lo únicament amb la descomposició de la sal amoniaca que es produirà quan es destil·li amb aquesta sal.

No pretenc dir que el rovell no tingui cap efecte [25] sobre la sal amoniaca. Ara bé, si el rovell conté una mica de sal alcalina fixa, com molt bé sembla ser, aquesta s'hauria format al mateix temps que la sal volàtil. La sal fixa, tot i que en poca quantitat, també alliberarà alguna porció de l'àlcali volàtil de la sal amoniaca i, aleshores, apareixerà l'esperit de l'orina provinent en part del rovell metàl·lic i en part d'alguna porció de la sal amoniaca descomposta. Això no obstant, la descomposició de la sal amoniaca no s'ha de considerar com l'efecte de l'acció del ferro sobre aquesta sal, sinó com el resultat de l'acció de la sal alcalina fixa inclosa en el rovell.

El que demostra encara més clarament que l'esperit de l'orina que precedeix la sublimació de les flors marcialés és l'efecte de la fermentació del metall, és que si s'utilitza per a aquesta operació llimalla de ferro nova, o que no està rovellada, i la sublimació de les flors es fa poc després de fer la mescla, l'esperit de l'orina no sorgirà en absolut, sempre que els materials se sublimin poc després de mesclar-los. Perquè, tal com asseguren alguns autors, si es deixa digerir la mescla al celler o en un lloc humit durant cert temps, encara s'alliberarà una mica de sal volàtil d'orina abans que se sublimi. La raó és que la sal amoniaca, en carregar-se de la humitat de l'aire i actuant de forma concertada amb les parts de l'aigua sobre les molècules de la llimalla, excitarà en la mescla el mateix moviment de fermentació d'on sorgirà la sal volàtil d'orina. Per tant, la sal volàtil que es produeix en aquesta operació no és tant un dels principis de la sal amoniaca com

un dels productes dels principis del ferro combinats de manera particular degut a la fermentació.<sup>24</sup>

Així mateix, el senyor Lémery, que va ser un dels artistes més rigorosos que hem tingut, recomanava en el seu curs de química que es fes aquesta operació amb el rovell de ferro i es deixés digerir amb la sal amoniaca durant vint-i-quatre hores. Unes circumstàncies que procurarien aportar tota la quantitat possible de l'esperit de l'orina. [26] Fins i tot en totes aquestes circumstàncies, només se'n treu mitja unça de licor d'orina, a partir de vuit unces de sal amoniaca i dotze unces de rovell. La resta de la sal amoniaca sorgeix en forma de flors o queda enrurada en el rovell de ferro sense descompondre's.

Cal pensar el mateix en la pedra d'hematites. Per tant, aquests dos experiments no destrueixen la regla general establerta en aquesta primera columna i que és que els àcids que tenen un *rappor*t més gran amb les sals alcalines fixes o volàtils que amb les substàncies metàl·liques no poden separar les sals alcalines de les sals àcides amb què estan unides.<sup>25</sup>

El senyor Stahl havia observat aquest efecte de les substàncies metàl·liques sobre la sal amoniaca, com va dir en la segona part [secció i] del seu *Specimen Beccherianum*, que porta per títol *Experimenta [Salina]*, on tracta les propietats dels àcids i on només aporta per tota causa d'aquest efecte l'acció del foc sobre aquests materials.<sup>26</sup> Amb

---

24. En resum, el ferro no era ben bé la mateixa substància de les llimalles de ferro que havien sofert una digestió de vint-i-quatre hores.

25. Aquesta frase s'ha d'entendre en el sentit que les substàncies metàl·liques no podien separar les sals alcalines (fixes i volàtils) dels àcids amb què estaven unides.

26. [Art. 163] «Deinde resolvit quadantenus hoc acidum (salinum nempe ammoniaci salis) a volatili suo, etiam ferrum, hæmatites, cadmia, etc. Quando ita sicca formâ & solo ignis actu cum hoc sale coagitantur» (Stahl, 1703, p. 275). En el text original de Geoffroy, aquesta citació en llatí no està traduïda al francès.

tot, fora d'aquest cas concret, reconeix en el paràgraf següent que les sals volàtils d'orina precipiten les substàncies metàl·liques i les terres dissoltes en l'esperit de la sal, la qual cosa compleix la regla anticipada en la meua taula.<sup>27</sup>

### TERCERA OBJECCIÓ

Hem de raonar pràcticament el mateix sobre el següent nou experiment que sembla demostrar que les substàncies metàl·liques de vegades tenen un *rapport* més gran amb els àcids que les sals alcalines volàtils. [Aquesta objecció] me la va proposar el senyor Neuman,<sup>28</sup> químic del rei de Prússia.

Mesclem perfectament tres parts de mini<sup>29</sup> i una part de sal amoniacal i destil·lem aquesta mescla amb la retorta. S'obté una bona quantitat [27] d'esperit d'orina molt volàtil, molt penetrant i molt càustic.<sup>30</sup>

He comprovat que la calç de plom, la calç d'estany i la calç d'antimoni<sup>31</sup> fan també el mateix efecte. Sabem que el mini només és una calç de plom reverberada<sup>32</sup> fins a adquirir el color vermell.

---

27. [Art. 164] «Ubi tamen notari meretur illa differentia, quod sal volatile, talia metallica atque terrea, si illa seosim in acido salis spiritu solvantur, ex illo spiritu præcipitent» (Stahl, 1703, p. 275). En el text original de Geoffroy, aquesta citació en llatí no està traduïda al francès.

28. Caspar Neumann (1683-1737).

29. Anomenat també *plom vermell* i *vermelló*. És la forma mineral natural de l'òxid de plom(II, IV). Aquesta substància, quan s'escalfa a 500 °C, es descompon en òxid de plom(II) i oxigen.

30. En escalfar el clorur d'amoni amb l'òxid de plom(II) es forma el clorur de plom(II) i s'allibera amoníac i vapor d'aigua.

31. Es refereix als òxids respectius.

32. Obtinguda en un form de reverber.

És cert que aquestes calçs metàl·liques actuen en aquest cas sobre l'àcid de la sal marina que conté la sal amoniaca i que en desprenen la sal d'orina. De tota manera, és obvi que només ho fan mitjançant una sal alcalina fixa que contenen i que apareix o es forma en la calcinació d'aquests metalls —de la mateixa manera que es forma en les cendres de la fusta durant la deflagració— o almenys [mitjançant] algun material anàleg a la substància que procura el mateix efecte en sals alcalines fixes i en les calçs. Per tant, aquest experiment no conclou res en contra de l'ordre dels *rappports* de la meua primera columna.

De fet, hem de considerar la calç de plom com un compost molt diferent del plom. Només és, per dir-ho d'alguna manera, el cadàver d'aquest metall, l'ànima del qual ha estat eliminada pel foc, és a dir, el principi oliós<sup>33</sup> que constitueix el metall i sense el qual ja no és metall. Tot el que resta en la calç de plom és la terra i la sal del metall. El principi oliós que estava unit amb aquestes substàncies en el metall abans de la calcinació és llevat pel foc i, en el seu lloc, sorgeixen parts de l'element del foc amb tanta abundància que sovint es troba un augment en el pes d'aquestes calçs d'una desena part del pes del metall, la qual cosa fa que sigui un combinat força diferent del que era el metall abans de calcinar-se.<sup>34</sup>

Admeto que encara no hem fet prou experiments per reconèixer la naturalesa d'aquest principi en les calçs metàl·liques. Però, sigui quin sigui, no s'hauria de treure cap conseqüència de l'efecte d'aques-

---

33. Vegeu la nota 2 de la memòria de Geoffroy del 1718.

34. El metall no es considerava una substància simple, sinó un mixt (compost) de la terra (calç del metall) amb el principi oliós. Aquest principi s'eliminava durant la calcinació i romanien la calç del metall; simultàniament, parts de l'element del foc s'adherien a la calç, amb la qual cosa es podia justificar l'augment de pes observat en algunes calcinacions.

tes calçs sobre la sal amoniacal que es pugui aplicar correctament als metalls i a les substàncies metàl·liques pures, ja que no podem negar que es tracta de coses ben diferents.<sup>35</sup>

[28] Finalment, fins i tot si no se'm vol concedir l'existència d'aquest àlcali en les calçs metàl·liques, no s'hauria de treure cap conseqüència de l'efecte d'aquestes calçs sobre la sal amoniacal que es pugui aplicar correctament als metalls i a les substàncies metàl·liques, ja que no podem negar que es tracta de coses ben diferents.<sup>36</sup>

Afegiré, als aclariments que acabo de presentar, la resposta a una pregunta proposada fa temps pel senyor Stahl, en una carta que va escriure al senyor Neuman, químic del rei de Prússia, mentre aquest últim era a París. Es podrà veure també per aquesta resposta la raó per la qual he hagut de col·locar a la meua taula, a la columna de l'àcid vidriòlic, el principi oliós o sulfurós immediatament dessota de l'àcid vidriòlic i per sobre de les sals alcalines fixes. Aquí teniu l'enunciat de la proposició del senyor Stahl.

## PROBLEMA DEL SENYOR STAHL

En haver saturat i cristallitzat un àcid vidriòlic amb la sal de tàrtar,<sup>37</sup> busqueu la manera de separar aquest àcid d'aquesta sal fixa en un moment i al palmell de la mà.

---

35. En resum, les calçs metàl·liques podien separar l'esperit de l'orina (amoníac) de la sal amoniacal (clorur d'amoní) només per mediació d'una sal alcalina fixa que contenien i que es descobria o es formava durant la calcinació. De fet, la calç del plom era una substància força diferent del plom.

36. Tot aquest paràgraf és la repetició de l'anterior.

37. Carbonat de potassi.

Va afegir en la mateixa carta que [la separació] és una cosa d'allò més senzilla a la pràctica i molt coneguda; que es fa d'una manera molt precisa, sense calor i, per tant, sense foc, i que aquesta pràctica és molt útil, sobretot, quan es vol disposar d'un àcid vidriòlic molt pur.

La solució d'aquest problema de química pot semblar encara més difícil de trobar, ja que l'àcid vidriòlic és de tots els àcids el més fix, per parlar en el llenguatge dels químics, és a dir, el que expulsa tots els altres àcids units amb qualsevol àlcali, fix o volàtil, salí o terrós, i que cap altre l'expulsa quan s'uneix a aquestes matèries. A més, la sal alcalina fixa, com la sal fixa de tàrtar o similars, és, de les substàncies conegudes fins ara, la que té un *rapport* més íntim amb l'àcid vidriòlic i, en conseqüència, les altres substàncies no podran separar-la.

[29] En ser així, sembla difícil trobar una substància que s'uneixi a l'àcid vidriòlic més íntimament que la sal de tàrtar —i que separi aquesta sal alcalina quan s'hi uneix— o una substància que en unir-se amb sal alcalina alliberi l'àcid vidriòlic.

El senyor Stahl mateix havia assenyalat aquesta dificultat en algunes parts de les seves obres i, fins i tot, ja havia proposat aquest problema al seu tractat *De Zymotechnia* o *De fermentatione* en aquests termes.<sup>38</sup>

A continuació proposo dos mitjans per assolir aquesta separació. Aquests mitjans no són gens desconeguts pel senyor Stahl, atès que ell mateix els ha suggerit en diferents parts de les seves obres. Però la manera com ha presentat la seva proposta la farà molt difícil d'imaginar a aquells que no han estudiat prou els escrits d'aquest enginyós

---

38. «Connexio acidi vitriolico-sulphurei cum alkali fixo est quasi ultima et fatalis salino-terrea commixtio; quam pure separare, ita ut alterutrum aut utrumque sal, purum segregetur, inter postulata chimica hucusque fuit» (Stahl, 1697, p. 118). Aquesta citació en llatí no està traduïda al francès en el text original de Geoffroy.



químic i pot desorientar els qui els comprenen bé, en pensar que el que s'entén només és el que ja saben.

Vaig donar la idea d'un d'aquests mitjans a la taula de *rappports* de l'àcid vidriòlic, col·locant el principi oliós per sobre de la sal alcalina, o com l'anomena el senyor Stahl: el principi flogístic, principi inflamable o de la inflamabilitat.<sup>39</sup> El vaig col·locar d'aquesta manera perquè, de fet, fins ara només conec aquest principi o substància adient per a unir-se amb l'àcid vidriòlic ajuntat a la sal de tàrtar i posar-los en condicions de separar-los.

És cert que aquest principi inflamable, en unir-se amb l'àcid vidriòlic, no deixa anar completament la sal de tàrtar com succeeix en la majoria de les precipitacions. Més endavant en direm la raó. L'operació també es fa de la manera següent.

[30] El tàrtar vidriolat<sup>40</sup> es fon en un gresol amb una mica de sal de tàrtar o cendres perlades per facilitar-ne la fusió. Quan es fon, s'hi afegeix algun material inflamable, com ara fusta en pols, carbó triturat o algun greix oliós o resinós. En encendre la mescla, surt primer una flamarada amb molt de fum, seguida d'una flama subtil i blavosa i una olor àcida molt penetrant, com la que fa el sofre cremant.<sup>41</sup> En treure el material del foc en aquest moment, i apagant-lo immediatament, es troba en el gresol una massa salina sulfurosa rogenca similar al fetge de sofre,<sup>42</sup> que és una mescla de sal de tàrtar i sofre fosos con-

---

39. Vegeu la nota 2 de la memòria de Geoffroy del 1718.

40. El tàrtar vidriolat (hidrogensulfat o sulfat de potassi) seria la sal resultant de combinar l'àcid vidriòlic amb la sal de tàrtar.

41. En escalfar l'hidrogensulfat de potassi per sobre dels 400 °C es forma, primer, el disulfat de dipotassi, que finalment es descompon en sulfat de potassi i òxid de sofre(VI).

42. El fetge de sofre (*hepar sulfuris*) es preparava bullint sofre amb una solució saturada d'un àlcali (sosa o potassa). La solució resultant, d'un color ataronjat, contenia principalment polisulfurs i tiosulfats alcalins. Vegeu la nota 6. Mentre no es digui el contrari, les referències a altres notes ho són dins de la mateixa secció.

juntament. Es fon aquesta massa en una quantitat suficient d'aigua i, després d'haver-la filtrat, se'n precipita el sofre abocant-hi vinagre destil·lat o un esperit àcid afeblit amb aigua.<sup>43</sup> En aquesta operació, el principi oliós, enrari i mobilitzat per l'element del foc, s'insinua entre les parts de les sals. Com que té més *rapport* amb l'àcid vidriòlic que amb la sal alcalina, s'uneix amb ell molt íntimament i, en conseqüència, en desprèn la sal alcalina. Per tant, a partir de la mescla del principi oliós i d'aquest àcid vidriòlic en resulta un compost que és el sofre mineral comú. És cert que la sal de tàrtar no se separa completament d'aquesta mescla, tot i que hagi abandonat l'àcid vidriòlic, atès que roman unida amb aquest nou betum en el fetge de sofre. Vet aquí la raó.

Tot i que el principi oliós té una mica més d'afinitat amb la sal àcid vidriòlic <sup>44</sup> que amb la sal alcalina fixa, manté un *rapport* bastant íntim amb la sal alcalina. Així, alhora que s'uneix amb l'àcid vidriòlic i que en separa l'àlcali, el reté amb ell. De manera que veiem la sal de tàrtar unida amb el betum que resulta de la mescla d'aquestes dues substàncies, i aquestes tres substàncies formen conjuntament el fetge de sofre.

A més, aquest mateix betum, que per si mateix no té cap [31] disposició a unir-se a les parts de l'aigua, ni a dissoldre-s'hi, s'hi dissol amb molta facilitat mitjançant la sal alcalina, perquè aquesta mateixa sal té una afinitat gairebé igual amb l'aigua que amb els olis, de manera que s'uneix molt fàcilment amb una sense abandonar l'altra. Allò que s'observa no tan sols en el fetge de sofre, sinó també en els sabons que són compostos de sal alcalina i oli, és que es dissolen en

---

43. En acidificar el filtrat se separa el sofre provinent de la descomposició del tiosulfat i dels polisulfurs de potassi. Vegeu la nota 8.

44. Vegeu la nota 5 de la memòria de Geoffroy del 1718.

aigua amb molta facilitat, tot i que el sofre i els olis tenen poca disposició a unir-se amb les parts de l'aigua.

Quan es dissol el fetge de sofre en aigua, les partícules de sal de tàrtar —tot i que estan separades de l'àcid vidriòlic en aquesta dissolució— romanen de tota manera tan unides amb les molècules bituminoses del sofre que se'n separen fàcilment. Per facilitar aquesta separació, cal abocar sobre aquest licor algun àcid, perquè la sal alcalina, en tenir un *rappor*t molt més considerable amb els àcids que amb les parts bituminoses, s'hi uneix tot abandonant el betum.

Cal que aquest àcid, així com la dissolució del fetge de sofre, estiguin diluïts en una gran quantitat d'aigua per facilitar la precipitació del sofre; en cas contrari, només es forma un coàgul espès sense precipitació.

En el moment de la dispersió dels licors, la mescla s'enterboleix i les molècules bituminoses que ja no estan sostingudes per les sals cauen al fons del licor en una pols que no és altra cosa que el sofre comú, és a dir, un compost del principi oliós i de l'àcid vidriòlic contingut en el tàrtar vidriolat. La sal de tàrtar separada de l'àcid vidriòlic roman en el licor unida a l'àcid del vinagre o a qualsevol altre que s'hagi utilitzat per a aquesta precipitació.

Ara, per complir totes les condicions de la proposta del senyor Stahl i resoldre el seu problema en totes les circumstàncies, cal prendre el fetge de sofre dissolt en el licor, abocar-ne una mica a la mà, posar-hi unes gotes [32] de vinagre destil·lat, i es fa una precipitació instantània. Aquest precipitat és del sofre que se separa abocant lentament el licor després d'haver-lo aclarit.

Per tant, aquesta és la precipitació o separació que el senyor Stahl demanava. Una separació que només es completa en aquesta última operació amb el vinagre destil·lat, però que havia estat iniciada en la

primera [operació] mitjançant el principi oliós de les substàncies inflamables que s'havia afegit sobre el tàrtar vidriolat fos al foc.

L'última operació és molt coneguda i trivial, ja que és la manera com es fa el magisteri de sofre a les botigues.<sup>45</sup> Ens proporciona l'àcid vidriòlic molt pur, ja que en aquesta ocasió aquest àcid s'ha d'alliberar de totes les parts metàl·liques o minerals que hom pot sospitar que estan mesclades amb l'oli o l'esperit del vidriol destil·lats de la manera habitual. Finalment, es pot retirar com un esperit àcid molt pur, fent amb aquest sofre artificial un esperit de sofre, com és habitual preparar-lo.

Se'm pot objectar que aquesta operació és llarga i que requereix del foc i d'altres recipients que no són el palmell de la mà. Hi estic d'acord, si observem tot el procés. Però hem de considerar que no hi ha una separació aparent i ben perceptible de l'àcid vidriòlic de la sal de tàrtar, excepte en la mescla dels dos licors al palmell de la mà. De les substàncies que componien el tàrtar vidriolat i que encara estan disperses en la dissolució del fetge de sofre, l'àcid vidriòlic esdevé el sofre en pols, i l'altra, que és la sal de tàrtar, roman dissolta en el licor unida al vinagre. Aquesta separació s'efectua amb rapidesa i sense foc, i tot el que s'ha exposat anteriorment s'ha de considerar només com una preparació dels materials.

Això no obstant, si volem prendre'ns les coses rigorosament, caldrà admetre que la desunió de l'àcid i de l'àlcali [33] ja té lloc en la primera operació, és a dir, en la preparació del fetge de sofre, encara que la separació total —la precipitació— només es produeixi al final.

Proposo, com a segona manera per resoldre aquest problema, una operació certament menys habitual, però força curiosa, que devem

---

45. Les botigues dels apotecaris.

al senyor Stahl, que la va publicar a la setena de les seves observacions.<sup>46</sup>

Si després d'haver amarat uns draps amb un lleixivat saturat de sals alcalines, s'exposen al vapor del sofre ardent, el vapor àcid d'aquest sofre s'incorpora a la sal alcalina i cobreix el drap amb una eflorescència salina.<sup>47</sup>

Aquests draps es remullen amb una quantitat d'aigua suficient per a dissoldre la sal, a continuació s'evapora la humitat amb una calor suau fins a un punt determinat i després es deixa cristal·litzar aquesta sal que pren la forma de flocs o d'agulles molt fines disposades en feixos i ajuntades als seus centres, a diferència del tàrtar vidriolat, que pren la forma d'un dodecaedre o doble piràmide amb sis costats.

Aquesta sal no és res més que un tàrtar vidriolat o una sal de tàrtar saturada d'àcid vidriòlic, amb la diferència que en aquesta última operació les partícules d'àcid vidriòlic estan extraordinàriament dissipades per l'element del foc o, com el senyor Stahl afirma, pel principi inflamable, mentre que en la preparació ordinària del tàrtar vidriolat l'àcid està extraordinàriament concentrat.

Una observació singular del senyor Stahl sobre aquesta operació i que demostra que aquesta sal es diferencia del tàrtar vidriolat ordinari només per la dissipació del seu àcid és que, si després d'haver dissolt aquesta sal en aigua mantenim la dissolució durant uns mesos en una ampolla de vidre plena fins a un terç, com a màxim, i tapada només amb un paper o una bufeta, veurem la formació gradual —mitjançant una lenta evaporació de l'aigua— dels cristalls dodecaèdrics del tàrtar vidriolat a la superfície del licor i la seva precipitació envers el fons de

---

46. Stahl, 1709.

47. La combustió del sofre subministra l'òxid de sofre(IV) i, en menor proporció, l'òxid de sofre(VI). El primer, en contacte amb un medi alcalí, produeix anions hidrogensulfít i sulfít.

l'ampolla a mesura que la matèria [34] del foc, o el principi d'inflamabilitat, es dissipa a l'aire tot permetent l'aproximació de les partícules àcides.

Per tant, podem considerar aquesta sal com una mena de tàrtar vidriolat. Perquè, a més, no crec que se'm presentin dificultats sobre si l'àcid d'aquesta sal s'extreu del sofre. Ara sabem força bé que aquests àcids són del mateix gènere.

Per separar l'àcid de la sal alcalina a la qual està unit en aquest tàrtar vidriolat, només cal afegir aquesta sal a l'oli o l'esperit de vidriol a l'esperit de nitre o a l'esperit de la sal, atès que aquests àcids, que tenen una afinitat més íntima amb les sals alcalines que aquest àcid vidriòlic dissipat, s'adhereixen, per tant, molt fàcilment a la sal de tàrtar i en separen aquest àcid volàtil que, en alliberar-se, es dissipa en vapors àcids com els que s'exhalen del sofre quan es crema. De fet, en afegir aquest nou tàrtar vidriolat a un dels esperits àcids que acabo d'esmentar, sorgeix a l'instant una olor àcida molt forta de sofre.

Fins i tot es pot eliminar aquest esperit d'àcid volàtil vidriòlic mesclant aquesta sal amb l'oli de vidriol en una cucúrbita<sup>48</sup> proveïda amb capítell i col·locant el calderí sobre un foc de cendres moderat.

Per resoldre el problema en totes les seves circumstàncies, podem fer aquesta operació al palmell de la mà, dissolent aquesta sal en aigua, posant aquesta dissolució ben carregada de sal a la mà i abocant-hi unes gotes d'esperit de vidriol. L'àcid vidriòlic volàtil se separa i s'eleva cap a l'aire, mentre que la sal de tàrtar roman en el licor, unida a l'àcid vidriòlic fix.

---

48. Atuell en forma de carbassa que forma part de l'alambí per a destil·lacions.

## REFERÈNCIES

- ARISTÒTIL (1987). *Acerca de la generaci3n y la corrupci3n*. Madrid: Gredos.
- (1996). *Acerca del cielo: Meteorol3gicos*. Madrid: Gredos.
- BÉGUIN, J. (1612). *Tyrocinium Chymicum Recognitum et Actum*. París: Matheum Le Maistre.
- (1658). *Les elemens de chymie*. Li3: Pierre Rigaud & Estienne Michalet.
- BOERHAAVE, H. (1754). *Élémens de chymie*. París: Briasson. 6 v.
- BOYLE, R. (1661). *The sceptical chymist: Or chymico-physical doubts & paradoxes, touching the spagyrist's principles commonly called hypostatical; As they are wont to be propos'd and defended by the generality of alchymists*. Londres: F. Cadwell for F. Crooke. [Edici3 en castellà: *El químicu escéptico*, Barcelona, Crítica, 2012]
- (1772). «Experiments and notes about the mechanical origin or production of corrosiveness and corrosibility». A: *The works of the Honourable Robert Boyle*. Vol. 4. Londres: W. Johnston, p. 314-328.

- BROCK, W. H. (1992). *Historia de la química*. Madrid: Alianza.
- COHEN, I. B. (ed.) (1958). *Isaac Newton's papers & letters on natural philosophy and related documents*. Cambridge, MA: Londres: Harvard University Press.
- CROSLAND, M. P. (1962). *Historical studies in the language of chemistry*. Londres: Heinemann Educational Books.
- DUNCAN, A. (1996). *Laws and order in Eighteenth-Century chemistry*. Oxford: Clarendon Press.
- EDDY, M. D. (2014). «How to see a diagram: A visual anthropology of chemical affinity». *Osiris*, 29 (1), p. 178-196.
- GEBER (2000). *De la suprema perfección o del magisterio perfecto*. Barberà del Vallès: Humanitas, p. 177-179.
- GOUPIL, M. (1991). *Du flou au clair?: Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*. París: Éditions du CTHS.
- GRAPÍ, P. (2012). «Las afinidades químicas en el siglo XVIII y la tabla de rapports de Geoffroy». A: GRAPÍ, P. (ed.). *La representación de lo invisible: Tabla de los diferentes 'rapports' observados en la química entre diferentes substancias de Étienne-François Geoffroy*. Alacant: Publicaciones de la Universidad de Alicante, p. 13-71.
- GRAPÍ, P.; IZQUIERDO, M. (1997). «Berthollet's conception of chemical change in context». *Ambix*, 44 (3), p. 113-130.
- HOLMES, F. L. (1996). «The communal context for Étienne-François Geoffroy's "Table des rapports"». *Science in Context*, 9 (3), p. 289-311.
- JOLY, B. (2014). «Étienne-François Geoffroy (1672-1731), a chemist on the frontiers». A: EDDY, M. D.; MAUSKOPF, S. H.; NEWMAN, W. R. (ed.). *Chemical knowledge in the Early Modern World*, (*Osiris*; 29), p. 117-131.
- KLEIN, U. (1995). «E. F. Geoffroy's table of different rapports ob-



- served between different chemical substances - A reinterpretation». *Ambix*, 42 (2), p. 79-100.
- KLEIN, U. (2012). «La tabla de *rapports* de E. F. Geoffroy: estructura y contexto social». A: GRAPÍ, P. (ed.). *La representación de lo invisible: Tabla de los diferentes 'rapports' observados en la química entre diferentes substancias de Étienne-François Geoffroy*. Alacant: Publicaciones de la Universidad de Alicante, p. 89-117.
- LÉMERY, N. (1703). *Curso chymico*. Madrid: Juan García Infançon. [Nova edició: *Curso químico*, Barcelona, Indigo, 2002]
- LLINÀS, J. M.; VICTORI, L. (2019). *Dimitri Ivànovitx Mendeléeiev: La relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic*. Barcelona: IEC. Societat Catalana de Química.
- NEWTON, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Londres: Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. [Nova edició: *The Principia: Mathematical principles of natural philosophy*. Precedit d'una guia d'I. B. Cohen. Traducció d'I. B. Cohen i A. Witheman. Berkeley; Los Angeles; Londres: University of California Press, 1999]
- (1977). *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Traducció de Carlos Solís. Madrid: Alfaguara. [La traducció és a partir de la quarta edició anglesa de 1730]
- STAHL, G. E. (1697). *Zymotechnia fundamentalis, seu fermentationis theoria generalis*. Halle: Christoph Salfeldii.
- (1703). *Specimen Beccherianum*. A: BECCHER, J. J. *Physica Subterraneae*. Leipzig: Apud Joh. Ludov, Gleditschium. [L'obra original de Beccher es va publicar el 1669 amb el títol *Actorum Laboratory Chymici Monacensis seu Physicae Subterraneae* (Frankfurt, Joh. Davidis Zunneri). El 1703 Stahl va reeditar aquesta publicació amb el títol *Physica Subterraneae* incloent-hi la seva obra *Specimen Beccherianum*]

- STAHL, G. E. (1709). *Observationes physico-chymico-medicae curiosiae*. Halle: s. d., p. 77-95.
- STENGERS, I. (1991). «La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la química del siglo XVIII». A: SERRES, M. (ed.). *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra, p. 337-362.
- TARTAR, H. V. (1914). «The reaction between sulfur and calcium hydroxide in aqueous solution». *Journal of the American Chemical Society*, 36 (3), p. 495-498.
- TAYLOR, G. (2008). «Making out a common disciplinary ground: The role of chemical pedagogy in establishing the doctrine of affinity at the heart of British chemistry». *Annals of Science*, 65 (4), p. 465-486.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA SOBRE TERMINOLOGIA QUÍMICA ANTIGA

- CROSLAND, M. P. (1978). *Historical studies in the language of chemistry*. Nova York: Dover.
- PRIESNER, C.; FIGALA, K. (ed.) (2001). *Alquímia: Enciclopedia de una ciencia hermética*. Barcelona: Herder.
- SOLÀ I MIR, P. (1986). *Petit vademècum d'alquímia química*. Barcelona: Alta Fulla.

## Clàssics de la Química

### Títols publicats

- 1 Gilbert N. LEWIS, *L'àtom i la molècula* (2004)
- 2 Dmitri Ivànovitx MENDELÉIEV, *La relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic* (2005)
- 3 Jacobus Henricus VAN 'T HOFF i Joseph Achille LE BEL, *Els àtoms en l'espai* (2007)
- 4 Dmitri Ivànovitx MENDELÉIEV, *La regularitat periòdica dels elements químics* (2008)
- 5 Edward FRANKLAND, *Sobre una nova sèrie de compostos orgànics que contenen metalls* (2010)
- 6 Amedeo AVOGADRO, *Assaig sobre una manera de determinar les masses relatives de les molècules elementals dels cossos, així com de les proporcions amb què entren en aquests compostos* (2012)
- 7 Enric MOLES, *Determinació de pesos moleculars de gasos pel mètode de les densitats límit* (2013)
- 8 Michael FARADAY, *Sobre la descomposició electroquímica* (2014)
- 9 Stanislao CANNIZZARO, *Compendi d'un curs de filosofia química* (2019)
- 10 Elias James COREY, *Síntesi orgànica de molècules complexes* (2021)
- 11 Étienne-François GEOFFROY, *Els orígens de l'afinitat química* (2022)



«Quan el 1718 es va presentar a l'Académie des Sciences de París la taula d'afinitats (*rapports*) de Geoffroy, es va lliurar alguna cosa més que una llista dels materials a l'abast de tots aquells dedicats a la pràctica de la química: farmacèutics, metges, metal·lúrgics, destil·ladors d'àcids i d'esperit de vi, etc. En el rerefons de la taula hi havia, entre d'altres aspectes, l'intent de sistematitzar i d'ordenar el coneixement sobre els canvis químics, l'expectativa de trobar lleis generals per a la química i l'elaboració incipient del concepte *compost químic*.»

«La continuïtat i el desenvolupament que la taula de Geoffroy va tenir a través de les nombroses taules d'afinitats que la van succeir al llarg de segle XVIII la van convertir tant en el prototipus de la credencial visual del canvi químic com en un recurs didàctic per a l'ensenyament de la química.»

«L'originalitat de l'obra de Geoffroy rau, precisament, en la idea d'exposar els resultats dels seus experiments en forma de taula, la qual cosa va iniciar una nova concepció del canvi químic que va perdurar durant més d'un segle.»

