

LA BALANÇA I L'IDEAL DE MESURA EN L'OBRA DE LAVOISIER.

Bernadette Bensaude-Vincent*

S'admet normalment que Lavoisier va revolucionar la química servint-se d'una balança. Aquesta opinió, tothora fonamentada sobre una determinada lectura de les memòries de Lavoisier, té el seu origen en les famoses experiències, efectuades per Lavoisier l'any 1772, sobre l'augment de pes dels metalls calcinats, que van ocasionar que hom posés en dubte el paper del flogist en la combustió i a considerar "una revolució en la Física i en la Química". La idea d'una balança revolucionària és ornamentada per l'editor de les *Oeuvres* de Lavoisier, el químic Jean-Baptiste Dumas: "*la balança és, doncs, des del primer assaig, a les mans de Lavoisier, un reactiu, permeteu-me aquesta expressió, un reactiu fidel, del qual n'ha fet una utilització constant (...). Des de 1772, Lavoisier tenia la idea fonamental sobre la qual tots els seus treballs han pivotat i (...) a la qual hi ha estat conduït per l'ús de la balança que tan sols ell coneixia aleshores, ja que abans de Lavoisier els químics ignoraven l'art de pesar*"¹.

Aquesta afirmació sembla excessiva, d'acord amb les informacions aportades pels historiadors². Contràriament a allò que pretenia Dumas, l'art de pesar no era totalment ignorat pels químics abans de Lavoisier. Les balances formaven part de l'equipament d'un laboratori del segle XVII al costat dels forns, bufetes, retortes, alambins, cucúrbites, campanes. Des de feia temps les balances ja havien estat utilitzades pels apotecaris que s'acontentaven amb pesades aproxima-

* La traducció al català d'aquesta comunicació s'ha fet amb el permís de l'autora.

des per als seus preparats, i pels artesans que pesaven els metalls preciosos amb més precisió.

Al segle XVIII els mineralogistes havien utilitzat balances hidrostàtiques, fonamentades en el principi d'Arquímedes, per identificar els nous metalls descoberts en les mines sueques, com el níquel, el manganès, el tungstè i el titani. En definitiva, els mètodes d'anàlisi quantitativa eren sistemàticament utilitzats per estudiar les aigües minerals i identificar els gasos que els químics recollien els anys 1760-1770. Va ser la balança que va permetre a Joseph Black descobrir el diòxid de carboni l'any 1756. Com un detectiu guiat per un indici, la disminució de pes de la *magnesia alba* (carbonat de magnesi) o de les pedres calcàries, després de ser escalfades, el conduí a endevinar que un gas, que abans contenien fixat aquests materials, havia escapat i per aquesta raó l'anomenà "aire fix". Aleshores, si abans de Lavoisier la balança funcionava com un instrument tant d'assaig com de control, en quin sentit la balança de Lavoisier era revolucionària?

Lavoisier va introduir, d'entrada, millores tècniques en fer construir per dos artesans parisencs balances més sofisticades que les normals i adaptades millor a diferents usos³. Si Lavoisier va poder fer una comanda als millors artesans parisencs, Mégnié i Fortin, d'instruments de mesura més acurats que els dels seus contemporanis, era perquè disposava de rendes importants. El càrrec, tant lucratiu, de "fermier général" (recaptador d'impostos), que seria a la llarga la causa de la seva perdició, va condicionar per una part la revolució química.

Més que les prestacions tècniques de la balança, és l'entorn instrumental en el qual s'ubicà la balança allò que li va donar el seu ple significat. Lavoisier va equipar el seu laboratori personal, instal·lat a l'Arsenal, amb tot tipus d'instruments. A més de "màquines elèctriques", termòmetres i baròmetres ja habituals als gabinets de física experimental, Lavoisier es va fer construir gasòmetres per mesurar el volum i el pes dels gasos separats o absorbits en les reaccions químiques: aparells tant indispensables com la balança en una època en què la química se centrava en la identificació dels gasos i del seu paper en la disciplina.

Lavoisier no es va limitar a fer comandes als fabricants d'instruments de mesura, també mirava d'inventar-ne uns altres. En la seva joventut

va treballar en el perfeccionament del termòmetre i l'areòmetre, o pesa-licors, que utilitzaria tant en les seves recerques en química com a la "ferme générale" (agència tributària) per detectar els fraus en els alcohols. L'originalitat d'aquest treball sobre l'areòmetre residia en la concepció de dos tipus d'aparells ben diferents, un per a les mesures de laboratori, buscant la màxima precisió, i l'altre per al comerç i els viatges, cercant sobretot la comoditat. Més tard, amb Laplace, va concebre el calorímetre, instrument més enginyós que eficaç, per mesurar la quantitat de calor absorbida o separada per una reacció química en base a la quantitat de gel fos al voltant d'una reacció. En resum, la balança era l'element essencial d'un conjunt de tècniques mètriques que hauria de transformar profundament les pràctiques experimentals dels químics.

La segona originalitat de Lavoisier residia en l'ús que va fer de la balança. Abans de qualsevol experiència, Lavoisier pesava tot el muntatge, aparells i reactius, i després cada element per separat; després de l'experiència Lavoisier pesava de nou el conjunt i cada una de les parts. Aquest mètode de balanços suposava manipulacions, sovint llargues i envitricollades ja que les pesades repetitives exigien molt de temps -fins que l'agulla no retornés a la posició de repòs-, paciència i cura.

L'analogia entre aquest mètode i els balanços comptables, que Lavoisier efectuava habitualment en el seu ofici de "fermier général", és evident. Químic i financer, aquest simple detall biogràfic, donaria la clau de la revolució química? Podria, en rigor, aclarir les pràctiques químiques de Lavoisier, però no podria donar compte ni del seu èxit ni de la consegüent transformació de tota la química. Si, cap a darreries del segle XVIII, la balança pren una importància tan gran en la química, és perquè va mobilitzar esquemes teòrics i, a la vegada, tot un medi intel·lectual.

El mètode dels balanços estava basat en el supòsit, que els manuals escolars designen reiteradament com "lleis de Lavoisier", del principi de conservació de la matèria. En realitat, aquest principi, present en les obres de física atomística de l'antiguitat, era admès com un postulat implícit per tota la gent de ciència. Lluny de voler establir la conservació de la matèria com una llei general, Lavoisier la va admetre com una veritat de sentit comú, formulant el principi de forma incidental en un capítol sobre la fermentació alcohòlica del *Traité élémentaire de Chimie*.

Per què, aleshores, s'atribueix a Lavoisier la paternitat d'un principi tan comú? Lavoisier li va donar un estatus operacional: era "l'art d'experimentar en Química" que l'obligava a afirmar "*Res no es crea, ni en les operacions de l'art, ni en les de la naturalesa; i hom pot afirmar en principi que, en tota operació, hi ha una quantitat igual de matèria abans i després de l'operació; que la qualitat i la quantitat dels principis és la mateixa, i que només hi ha canvis, modificacions. Sobre aquests principis es basa tot l'art d'experimentar en química: és obligat suposar una veritable igualtat o equació entre els principis del cos que s'examinen i els que surten de l'anàlisi*"⁴. Aquest principi ja no era com a l'antiguitat la condició per pensar alhora en l'ésser i l'esdevenidor, en la permanència i en el canvi. Aquest principi condicionava una lectura algebraica de les transformacions materials; les reaccions representades per equacions.

Però el mètode dels balanços no era tan sols una pràctica experimental, basada en un postulat fonamental. Era també un estil d'argumentació que Lavoisier va imposar en la química. En cada problema teòric, en cada controvèrsia, Lavoisier invoca el judici de la balança. Els resultats gravimètrics són, per a ell, l'única prova irrefutable de la formació o de la desaparició d'una substància en el decurs d'una reacció. D'aquesta manera la balança arraconava les lectures qualitatives de l'experiència.

Això no obstant, el judici de la balança no va ser sempre tant concloent com pretenia Lavoisier. No va ser la balança de Lavoisier la qui va capgirar la química de Stahl. La balança no va tenir res a veure amb el descobriment de l'augment de pes dels metalls calcinats, ja que l'anomalia era coneguda des de feia temps. El veredict de la balança no podia sentenciar el flogist com a ésser quimèric sense condemnar a la vegada el calòric o la llum, dos imponderables que Lavoisier classificava entre les substàncies simples.

A més a més, un estudi rigorós de les notes de laboratori revela una certa manipulació de les mesures⁵. D'una part, Lavoisier peca d'un excés de precisió en consignar resultats amb més decimals que els permesos pel marge d'error de les seves experiències; i de l'altra, arriba (en alguns casos) a arrenjar els resultats al seu gust per equilibrar les entrades i les sortides. Manipulacions com aquesta no s'esmenten a les seves publicacions, excepte en el cas de l'experiència de l'aigua.

Els químics anglesos no s'estaren de criticar la precisió numèrica dels resultats de Lavoisier considerant-lo com un entabanador que no sabia dissimular la feblesa dels seus arguments. Un químic experimental coneixia molt bé aquells detalls pràctics que podien alterar les mesures de qualsevol experiència : un tub que es trenca, una mica d'aire que s'escapa per les juntes del recipient on es vol confinar.... La força demostrativa dels resultats de Lavoisier també va ser contestada per William Nicholson (1753-1815), director d'una influent revista, autor de diversos tractats, que declarava, en el moment més àlgid de la controvèrsia flogística, que Lavoisier no s'acontentava amb utilitzar la balança sinó que augmentava el pes dels seus resultats mitjançant un seguit de xifres que excedien en mil vegades l'exactitud de l'experiència.

La confiança -a vegades poc realista- que Lavoisier concedia als resultats gravimètrics cal col·locar-la novament en el moviment general de desenvolupament de la mesura, que va caracteritzar la Il·lustració, particularment a França. Tractar-ho tot mitjançant el càlcul, quantificar la naturalesa i la societat, representar-ho tot amb equacions, era el leitmotiv difós tant per Condorcet com per Condillac.

Establir balanços, equilibrar les entrades i les sortides, era un mètode que Lavoisier aplicava també a la fisiologia animal. En estudiar la respiració animal, Lavoisier imagina amb el seu col·laborador Armand Seguin (1763-1835) una mena d'unitat de mesura per a qualsevol treball animal, que hauria de permetre avaluar *"a quantes lliures de pes corresponen els esforços d'un home que recita un discurs, d'un músic que toca un instrument. També es podria avaluar allò que hi ha de mecànic en el treball del filòsof quan reflexiona, en l'home de lletres quan escriu, en el músic quan compon"*⁶.

Lavoisier tradueix també en termes quantitius una noció qualitativa d'economia de la naturalesa apreciada pels naturalistes del segle XVIII, tant per Linné com per Buffon. La balança de la naturalesa aleshores esdevenia un principi ideal, a la vegada normatiu i regulador que es podria formular en aquests termes: tot -sigui mineral, vegetal, animal, moral o social- ha de convertir-se en commensurable. D'aquesta manera un tema familiar als naturalistes era novament formulat pels químics, que volien utilitzar aquest principi per estendre el seu domini d'acció a l'agronomia. Per exemple, la química agrícola promoguda per Liebig els anys 1840

fonamentaria sobre aquest principi la idea que cal aportar al sòl tot allò que hom li ha tret, és a dir, restituir contínuament l'equilibri entre les entrades i les sortides.

Lavoisier no era tan sols financer d'ofici, havia escrit diverses memòries d'economia inspirades en el sistema dels fisiòcrates. Fins i tot en aquests textos, recollits en el volum VI de les *Oeuvres*, s'hi troba el model de la balança. El cos polític hi és present com un ordre natural, exterior a l'home, sotmès a lleis i, com al cèlebre *Tableau économique* de Quesnay (1758), l'activitat econòmica està descrita en termes de flux o circulació de matèria. El diner és un fluid que circula i que tendeix a anivellar-se, sigui quina sigui la configuració. Tot el mecanisme econòmic pressuposa que la quantitat de matèria en circulació és constant. La balança del comerç com la de les reaccions químiques està governada per un principi de conservació de la matèria. Per a les persones, Lavoisier dóna un marge de maniobra extremadament reduït. *"Com que tots els esforços humans no poden aconseguir pertorbar l'equilibri de la balança del comerç, com que l'Estat només podria fer-la inclinar-se durant uns moments"*, només pot prendre dues mesures: *"fer inclinar al seu favor la balança dels homes"* augmentant la població; i *"fer fluir la massa de diner que podria embussar-se i que extingiria la indústria"*⁷.

Revolucionari en la Física i en la Química, Lavoisier es mostra sobretot reformista en política. Les seves memòries econòmiques es fan ressò sovint de les idees desenvolupades pels grans administradors que han intentat salvar l'Antic Règim. Com Turgot preconitza l'abolició de les corporacions que defensaven llurs interessos, la supressió de les coaccions administratives que paralitzaven la producció agrícola o el comerç del bestiar i fa el suggeriment d'una reforma fiscal que aspira a simplificar i unificar el règim d'impostos. En els anys 1780, sota la influència d'un altre administrador, gelós portaveu dels fisiòcrates, Pierre Samuel Du Pont de Nemours (1739-1817), Lavoisier somia reformar l'agricultura reconeguda com l'origen de totes les riqueses nacionals. Tot col·laborant amb Du Pont al comitè d'agricultura, de juny de 1785 a setembre de 1787, Lavoisier redacta el manuscrit de l'informe, d'ús intern, "Sur les encouragements qu'il est nécessaire d'accorder à l'agriculture", llegit a la sessió del comitè el 31 de juliol de 1787. L'informe denunciava la incúria del govern en relació a la classe més indigent de la nació, i no dubtava a informar del desgavell de l'agricultura francesa en relació als privilegis que gaudien certes classes: arbitrarietat en la poda, feines humiliants, impostos

eclesiàstics, la gabella, la infrautilització dels molins, peatges⁸. Aquest text, tan agosarat, mostra com Lavoisier té ben definit el criteri que cal acabar amb els privilegis de la noblesa i el clergat. Però no ho fa tant en nom dels valors sagrats de la igualtat o de la fraternitat, sinó per la voluntat, tant a l'agricultura com a la química, de simplificar, d'idealitzar la situació. El mateix imperatiu de racionalització que permetia en química fer reeixir les experiències havia de possibilitar l'èxit econòmic desvestint el sistema de complicacions inútils o perjudicials.

Per a Lavoisier, la política i la justícia social eren qüestions de càlcul, en el silenci d'un gabinet més que en l'agitació i furor de les assemblees. El 1792, Lluís XVI proposa a Lavoisier el ministeri de Contribucions Públiques. El rebuig de Lavoisier podria justificar-se com a un judici premonitori respecte la propera caiguda de la monarquia. Però aquest rebuig va ser més el fruit de la seva concepció política que no pas de les circumstàncies del moment. Un ministeri no podia convenir Lavoisier: involucrar-se en un conflicte, decantar-se pels uns o pels altres, era contradictori amb l'ideal de la balança. L'acció política fa bascular el món del pensament, de la pesada. Cal sorprendre's aleshores que la carta declinant l'oferta de Lluís XVI es referís a la balança? "No sóc Jacobí, ni "Feuillant". No sóc de cap societat, de cap club. Acostumat a *pesar-ho* tot amb el pes de la meua consciència i de la meua raó; mai hauria pogut consentir alienar les meves opinions amb algun partit"⁹. És el model estàtic de la balança que desvaloritza les funcions ministerials. Deixeble de d'Alembert, Lavoisier refereix tota la dinàmica a un problema d'estàtica i les batzegades polítiques li semblen efectes de superfície que dissimulessin un joc d'equilibri accessible al savi que calcula. El ministre evoluciona en una esfera d'agitació estèril que el físic mesura, avalua: "*No és indispensable, per merèixer la humanitat i pagar el tribut a la pàtria, ser cridat a aquestes funcions públiques i esplendoroses que concorren en l'organització i en la regeneració dels imperis. El físic també pot, en el silenci del seu laboratori i del seu gabinet, exercir funcions patriòtiques; i confiar que els seus treballs, redueixin el volum de mals que afligeixen l'espècie humana; augmentar els seus plaers i la seva felicitat, i encara que només hagi contribuït, pels nous camins que ha obert, en prolongar en alguns anys, fins i tot alguns dies, la mitjana de vida dels homes; podria aspirar també al curiós títol de Benfactor de la humanitat*"¹⁰. En resum, el savi competeix amb el polític en la seva missió social. La funció benefactora s'ha desplaçat dels ministeris als gabinets de física.

La balança és, doncs, més que un instrument de mesura, més que una pràctica comptable, un model general de pensament, fonamentat en un principi de conservació de la quantitat, que inspira el treball de Lavoisier en química, en fisiologia, en economia i en política. Si a darreries del segle XVIII la balança ha pogut reemplaçar l'alambí, com a símbol de la química, és perquè ha encarnat un concepte general d'equilibri que actua com una mena de mediador entre la ciència i la política, entre la química i la societat.

NOTES

1. Dumas, *Leçons sur la philosophie chimique*, 1837, p. 109-111
2. Veure en particular, Maurice Dumas, *Les instruments scientifiques aux XVIIè et XVIIIè siècles*, Paris, PUF, 1953; *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*; Paris, PUF, 1955.
3. La balança de Lavoisier pesava càrregues de 10 kg aproximadament amb una sensibilitat de l'ordre de 20 mg; una altra, construïda per Mégnié tenia una sensibilitat de 5 mg per una càrrega de 600 g.
4. Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie*, Cuchet (ed.), 1789, p. 140-141; *Oeuvres*, 1864, t. I, p. 101.
5. Holmes F.L., *Lavoisier and The Chemistry of Life: An Explanation of Scientific creativity*, Madison, University of Wisconsin Press, 1985, p. 232-235.
6. Lavoisier et Seguin, Sur la respiration des animaux (lu le 13/11/1790, *Oeuvres*, 1864, t. II, p. 697)
7. Lavoisier, *Oeuvres*, t. VI, p. 116.
8. Lavoisier, *Oeuvres*, t. VI, p.217-219.
9. Citat per Grimaux, *Lavoisier*, F. Alcan, 1888, p. 215.
10. Lavoisier, *Oeuvres*, t. II, p. 703.