

## A TEORÍA DO FLOXISTO

---

Manolo R. Bermejo  
Universidade de Santiago

### 1. LIMIAR

---

A teoría do floxisto, ou Sublime Teoría, como lle chamaban os seus defensores, é unha mostra clara de como unha teoría filosófica inflúe positivamente, pero tamén de xeito negativo, na historia dunha ciencia.

A teoría do floxisto xogou un papel determinante no alborexar da nova química, na súa independencia da alquimia; mais, ó mesmo tempo, pola súa compoñente de teoría filosófica retardou en máis de cincuenta anos a aparición do substrato teórico da nova ciencia.

Vénse de celebra-lo bicentenario do pasamento de Antoine-Laurent Lavoisier, considerado como o pai da química moderna; a súa contribución científica e a súa aportación didáctica puxeron os alicerces da nova ciencia. Para elabora-lo novo paradigma científico, Lavoisier tivo que botar por terra as ideas filosóficas que constituían a teoría do floxisto.

Neste traballo amosaremo-la teoría do floxisto e as ideas das que se valeu Lavoisier para desmontar esta importante teoría da historia da ciencia.

### 2. INTRODUCCIÓN

---

No século XVIII aínda seguía a ser norma xeral a aceptación de que a materia do universo se transmutaba e estaba integrada polos catro “*elementos*” clásicos procedentes dos antigos filósofos: Tales de Mileto (640-546 a.C.) considerou que a auga era o “*elemento*” fundamental, Anaxímenes (550-500 a.C.) opinou que era o *aire*, para Heráclito (540-475 a.C.) era o *fogo*, namentres que Empédocles (490-430 a.C.) dicía que era a *terra*. Mais, ¿por que un só “*elemento*”? ¿E se foran catro? Aristóteles (384-322 a.C.), o máis influente filósofo grego, aceptou a doutrina dos catro “*elementos*”: *Terra*, *Auga*, *Aire* e *Fogo*. Esta teoría dos catro “*elementos*”, á que Aristóteles

engadiría despois un quinto -o *éter*-, impulsou (¿ou máis ben freou?) o pensamento humano durante dous mil anos. Aínda hoxe continuamos falando de loitar en contra dos “*elementos*”, ou da furia dos “*elementos*”, para indicar que o vento (*aire*) e as nubes (*auga*) se manifestan con gran violencia.

Durante os períodos clásico, medieval e renacentista as ideas de Aristóteles seguiron gobernando o razoamento pre-científico. Foi Boyle (1627-91) o primeiro que se rebelou contra as antigas conclusións que se deducían das aplicacións dos primeiros principios. Os traballos de Boyle non só marcan o remate da alquimia, senón que poñen os alicerces para botar por terra as ideas aristotélicas. No ano 1661, Boyle publicou o seu libro *O químico escéptico*, no que desbota os termos alquimia e alquimista para comezar a falar de química e químicos. Co seu carácter escéptico, Boyle dubidaba da natureza dos “*elementos*” clásicos e prefere defini-los “*elementos*” dun xeito práctico. Para Boyle, calquera suposto “*elemento*” debería ser examinado para ver se era realmente simple ou non. Se unha substancia se podía descompoñer noutras máis simples, non se trataba dun “*elemento*”; no caso contrario, podía considerarse como un elemento, en tanto que os químicos non aprenderan a descompoñelo en substancias máis sinxelas: así o seixo (cuarzo) considerábase un elemento, ata que se demostrase de que estaba

composto. Tamén indicou que dúas substancias que fosen consideradas “*elementos*” se podían unir para formar un novo composto.

A idea revolucionaria de Boyle de que “un elemento é un corpo que non se pode descompoñer” iniciaba a etapa nova e tentaba rachar cun pasado que impedía o desenvolvemento do que ía se-la nova ciencia. Conseguiu gañar adeptos para as súas ideas, pero aínda no floxisto, e por medio dos seus defensores, se defendía a transmutabilidade da materia (por medio do floxisto) e mesmo se “demostrou”, por algún tempo, que a “*auga*” podía transformarse en “*terra*”.

Lavoisier virá poñer orde e, recollendo a parte positiva das aportacións de Boyle, sentará as bases da revolución química.

A química tivo un período de acelerado pulo ó longo de todo o século XVIII, no descubrimento e síntese de moitos elementos e substancias, pero dende o punto de vista teórico houbo un retardamento por mor da teoría do floxisto. Os partidarios do floxisto contribuíron longamente ó perfeccionamento do método experimental e ó desenvolvemento da chamada química “*pneumática*”, mais a teoría era restrictiva e freou o adianto da nova ciencia.

Foi o destacado médico e químico Sthal quen recuperou os catro elemen-

tos clásicos como esenciais para a interpretación das propiedades e das reaccións químicas. En 1766, no *Dictionnaire de Chymie* de Pierre Joseph Macquer (1718-84), no artigo "Principes", dise: "Recoñecerase con asombro, sen dúbida, que aínda hoxe admitimos como principios de tódolos compostos os catro elementos (*Auga, Terra, Aire e Fogo*) que Aristóteles designou como tales, moito antes de que tiveran os coñecementos químicos precisos para comprobala veracidade de tal afirmación."

Está ben claro que, no século XVIII, os catro elementos clásicos non son principios vagos senón os auténticos piares das propiedades. Esta doutrina non triunfou en detrimento do desenvolvemento da química analítica experimental nin por reacción contra esta, senón gracias a ela. Aínda máis, semellaba que os avances experimentais da nova química ían consolidar, paradoxalmente, os vellos "*elementos-principios*" por medio do desenvolvemento da química pneumática.

Veremos seguidamente as aportacións da teoría do floxisto, así coma os problemas cos que se atopou, e comentaremos as aportacións experimentais de Lavoisier que contribuíron a desbotar esta teoría. Veremos como, dende 1780, Lavoisier contaba con argumentos dabondo para amosa-la invalidez da teoría do floxisto e reemprazala pola nova teoría da oxidación. A oxidación sería, desde aquela, a unión das subs-

tancias co osíxeno, e non a separación do floxisto.

### 3. A TEORÍA DO FLOXISTO

A teoría do floxisto naceu en Alemaña, aproximadamente en 1718, da man do químico Georg Ernst Sthäl (1660-1734). Aínda que o tempo demostraría a falsidade dos seus fundamentos, adiantemos como mérito que foi quen de relacionar, por vez primeira, os fenómenos da calcinación dos metais e da combustión de materia orgánica.

Comecemos por sinalar que as aportacións de Sthäl ó mundo da química foron moitas e moi valiosas. Os historiadores da ciencia din que a química de Sthäl representa un importante sistema (o primeiro sistema químico adoptado en Europa), capaz de interpretar un gran número de fenómenos: A formación de cales (así chamaba ós óxidos metálicos), como resultado da combinación da terra e da auga por afinidade; o floxisto, causa da inflamabilidade, que relaciona a combustión e a calcinación; a existencia de partículas indivisibles, etc. O mesmo Lavoisier valorou moi positivamente as aportacións de Sthäl, ata o punto de que cando comeza a entende-lo fenómeno da combustión, no ano 1772, di:

" Este descubrimento parécese un dos máis interesantes dende os aportados por Sthäl"

Ernst Sthal, profesor de medicina na Universidade de Halle (Alemania), escribiu moitos traballos, entre eles os libros: *Zymotechnia fundamentalis seu fermentationis theoria generalis* (1697); Pensamentos fortuítos e reflexións útiles sobre a polémica do pretendido sulfuro (1717), tamén chamado "Traitè de soufre", e *Zurfallige Gedanken* -pensamentos simples- (1718). Estes tres libros compendian as súas ideas sobre o floxisto.

¿Cales son as liñas mestras da "sublime teoría", como chamaban os seguidores de Sthal á teoría do floxisto? O floxisto é un termo grego que significa "*facere arder*" e daba conta do principio de inflamabilidade das substancias. O floxisto é invisible, está oculto e é imposible de illar, porque decote está en estado de combinación. O floxisto é o principio do fogo, responsable das combustións, que, ó se desprender, explicaría os fenómenos caloríficos e lumínicos producidos durante as mesmas. O floxisto atópase en tódalas substancias combustibles e transformables pola calor.

Segundo Sthal, os hoxe chamados combustibles son substancias ricas en floxisto e, cando arden, o floxisto libérase no aire. A materia que quedaba, logo de arde-los combustibles, non tiña floxisto e non podía continuar a arder: a madeira ten floxisto, as cinzas non.

Como resumo podemos dicir:

- Tódolos corpos combustibles están constituídos por un principio inflamable que non é outro có fogo fixado ou combinado: Sthal deulle o nome de floxisto.
- O principio inflamable só se ve cando retoma as súas propiedades, é dicir, cando abandona o corpo onde se atopa combinado. Entón amósase coma o fogo propiamente dito, acompañado de luz e calor.
- O principio inflamable, ou floxisto, ten a propiedade de se poder transmitir dun corpo a outro, de acordo cun certo número de leis ás que Sthal lles deu o nome de afinidades.
- A calcinación dos metais era o que hoxe chamariamos unha verdadeira combustión.

Ata aquí non habería problema, sempre que se considerase o floxisto como unha propiedade característica dos compostos; o erro produciuse cando os partidarios desta teoría trataron de dotar dun substrato teórico o que tan só era unha propiedade da materia.

Segundo Sthal, os metais estaban constituídos pola combinación dunha materia terrosa, variable de metal a metal, co floxisto. Polo tanto teríamos que:

a) Se calcinámo-lo metal, o floxisto hase liberar. O que queda é o cal (chamábanse así os óxidos metálicos obtidos polo quecemento ó aire dun metal), co que se atopaba combinado o floxisto.

b) Se a un cal lle subministrámo-lo floxisto que precisa, por exemplo mediante un combustible rico nel (caso do carbón), obteríamos novamente o metal.

Para Sthal o floxisto era a esencia da combustibilidade, da cor e do olor, e mesmo lle chegou a atribuír o principio material que establece a unión entre o reino animal, vexetal e mineral; e chegou a falar mesmo dun ciclo do floxisto. De acordo con este principio, a maior parte das substancias tiñan floxisto en cantidades variables: as plantas e animais gordos estaban cheos de floxisto. A materia circulaba entre os tres reinos a través do ciclo do floxisto. Os animais e as plantas, ó morrer, transmitían o seu floxisto ós solos (onde crecen os minerais e os metais); ó tempo as plantas medran de e no solo (alimentándose de floxisto), e os animais comen as plantas (facéndose co floxisto). No ano 1723, Sthal avanzou un paso máis e atribuíulle á atmósfera un papel aínda máis activo, pola que non só o floxisto, senón tamén a terra, o sal e a auga chegarían a establecer-la unión entre os tres reinos.

#### 4. A TEORÍA DO FLOXISTO NO SEculo XVIII

Sinalemos que para Kant a teoría do floxisto foi tan importante, ou

máis, cá teoría da caída dos corpos de Galileo. Na súa época, e por máis de 80 anos, a teoría do floxisto tivo unha importancia real, e os seus seguidores crearon unha auténtica escola.

Comentamos xa que o máis importante erro dos partidarios da “*sublime teoría*” foi o tentar dotar dun substrato teórico o que non era máis ca unha simple propiedade. Igualmente debemos engadir que para explicalos feitos experimentais é moito mellor contar cunha mala teoría ca carecer dela. Mais vexamos como esta teoría fixo adianta-lo coñecemento científico.

Durante a vida de Sthal, a súa teoría non tivo a penas detractores; mais despois da súa morte, comezaron ó redor de 1770 a xurdir problemas. Dúas foron as dificultades especiais que xurdiron para cuestiona-la devandita teoría.

1. O aumento de peso dos cales metálicos durante o proceso da calcinación dos metais. Esta observación, que se fixera había tempo, fora ignorada. O devandito feito experimental atribuíase a peculiaridades propias dalgúns metais.

2. A posible redución dos cales de chumbo e mercurio sen necesidade de ningunha substancia, que se supoñía tiña moito floxisto (o carbón).

Ámbolos dous problemas estaban en contra da teoría do floxisto, e cumpría explicalos.

No primeiro dos problemas non era posible dar conta do incremento de peso ó longo da calcinación, xa que (supoñíase) había a perda dun principio terroso (o floxisto). Este problema foi abordado por Guyton de Morveau (1737-1816), quen no ano 1772 presentou á Academie des sciences de Dijon a Memoria titulada *Disgressions Academiques*, na que propuxo unha extensión da teoría inicial de Stal. Para Morveau o floxisto era un “peso negativo”, a presenza ou ausencia do floxisto era a causa da variación de peso dos corpos que se combinaban con el, por seren máis leves có aire.

O segundo problema era máis grave, pois para Stal os cales metálicos soamente podían rexeneralo metal se algunha substancia rica en floxisto (o carbón) llo comunicaba. Durante algún tempo, mesmo dubidou se os cales de chumbo e mercurio eran auténticos cales.

Guyton de Morveau estudiou o “Turbito mineral” (sulfato básico de mercurio), un dos cales que se podían reducir “per se”. Morveau comprobou que o mercurio era capaz de sufrir calcinación e de se reducir “per se”, e concluíu que este cal posúe unha elevada porción de floxisto e por eso e moi doado o reduci-lo, mais precisa un suplemento de floxisto para pasar a estado metálico. Este suplemento de floxisto provén do fogo que pode atravesala retorta onde ten lugar a operación.

Guyton de Morveau dá un paso máis na comprensión do que é o floxisto. O floxisto deixa de se-lo fogo unido a un elemento terroso para pasar a se-la propia materia do fogo. Con posterioridade, o mesmo Morveau, por suxestión do conde de Buffon, publicará a redución do cal de mercurio mediante a luz solar concentrada por unha lente.

No ano 1774 o conde de Milly, Nicolas Christiern de Thy (1728-1784), presentou unha Memoria onde reducía os cales metálicos por acción dunha descarga eléctrica. Esta Memoria defendeuna diante dun comité científico, no que figuraba Lavoisier, que creu na redución do cal e na posible formación dun “aire”, que non foi identificado por se ter empregado unha cantidade moi pequena de mostra.

Moitos outros investigadores da época, defensores da teoría do floxisto, identificárono coa calor, o fogo, a luz, a electricidade, as partículas ígneas, etc. Chegados a este punto, e na tentativa de manter unha teoría totalmente aceptada e de fácil utilización, os químicos defensores da teoría do floxisto fórona ampliando e acomodando; de modo que, entre eles, a única afinidade xa era o termo “floxisto”. Como resumo desta situación, sirvan as seguintes liñas que Lavoisier escribiu nunha das súas Memorias.

“ les chimistes ont fait du phlogistique un principe vague qui n'est point rigou-

iesment défini, et qui, par conséquent, s'adapte à toutes les explications dans les quelles ont veu le faire entrer, tantôt le principe est pesant, et tantôt il n'est le pas, tantôt il est le feu livre, tantôt il est le feu combiné avec l'element terreux, tantôt il passe à travers les pores des vaisseaux, tantôt ils sont imprentables pour lui, il explique à la foi la causticité et la non-causticité, la diaphanéité e l'opacité, les coulers et l'absence des couleurs C'est un veritable Protée qui change de forme à chaque instant"

## 5. A TEORÍA DO FLOXISTO E LAVOISIER

Cando Antoine-Laurent Lavoisier se incorpora ó mundo da ciencia, a teoría do floxisto é a única aceptada. Os seus colegas e o seu mestre Rouelle son defensores desta teoría, e Lavoisier nace na ciencia mamando e practicando esta concepción; así como a dos catro elementos, considerados esenciais por Sthal.

¿Como chegou Lavoisier a dubidar desta teoría? ¿Cando a abandonou? Non se pode responder con claridade; pero, si, podemos dicir que dubidou da teoría por mor do seu método experimental, polo emprego cuantitativo da balanza. Mais a idea de abandona-la teoría do floxisto non foi froito da inspiración repentina que xorde dun experimento único ou dunha idea moi brillante. Foi o resultado dun estudio en profundidade de máis de quince anos de traballo, nos que, pasenino, analizou os "*elementos principio*".

Os seus primeiros experimentos químicos levárono a tomar contacto

coa "*terra*". Foron os experimentos de xeoloxía e, particularmente, a súa Memoria sobre a composición analítica do xeso. Despois estudiará o "*fogo*". No ano 1764 gaña un premio da Academia de Ciencias de París, cunha Memoria presentada ó concurso "Como mellora-lo alumeado das rúas de París". No ano 1767 presenta unha Memoria sobre a análise das "*augas*" dos Vosgos; pero ata 1783 non publicará a composición/descomposición da auga. O "*aire*" foi tamén obxecto do interese investigador de Lavoisier. No ano 1777, publicará a súa Memoria sobre a composición do mesmo. Tamén estudiou a relación (transmutación) da auga coa terra, e demostrou que non existe transmutación. Así mesmo as relacións entre o aire e o fogo, durante os anos 1766-1768, e adoptou a idea de que tódalas substancias poden existir nos tres estados de agregación (sólido, líquido e aeriforme), segundo a cantidade de materia de fogo que se combine.

Lavoisier estudiou un por un, durante este longo periodo, os catro elementos clásicos; e demostrou que non son elementos, senón que están compostos doutros máis simples. De paso que vai botando por terra as ideas aristotélicas, tamén vai acumulando datos experimentais contrarios á teoría do floxisto. E acumula tal cantidade de feitos contra esta teoría que chegou un momento en que caeu soa, ante tanta evidencia experimental contraria.

Non se pode dicir que Lavoisier atacase de forma frontal a “*sublime teoría*”. Incluso cando en 1777 publica a súa Memoria *Da combustión en xeral*, as súas conclusións son dunha prudencia extrema. Comenza por subliñala necesidade de ir máis aló dos feitos á hora de formular hipóteses, e presenta a súa propia como froito dunha metodoloxía inductiva, xeneralizadora e baseada nunha xeira de experimentos metódicamente dirixidos, con medicións precisas, moitas repeticións, variacións e verificacións. Queda claro, polo tanto, que Lavoisier non estaba disposto a racha-las amarras que aínda o vencellaban ás crenzas do seu tempo.

Mais xa que foi a súa teoría sobre a oxidación o torpedo que alcanzou na liña de flotación a teoría do floxisto, pasemos revista a tódalas investigacións que Lavoisier fixo sobre o tema.

Comezou os seus estudos a primeiros do ano 1772, ó publicar Morveau a súa Memoria sobre o aumento de peso do chumbo e do estaño cando se calcinaban. Lavoisier, bo observador, ponderado nas súas apreciacións e metódico, axiña se decatou de certas incongruencias nas interpretacións dos fenómenos que había na teoría do floxisto. No seu ben equipado laboratorio iniciou unha xeira de experimentos, ben levados e executados con rigor, que co paso do tempo lle ían permitirla formulación de hipóteses alter-

nativas, e mesmo unha nova teoría sobre a combustión frontalmente oposta á teoría do floxisto.

Ó longo do 1772 executou unha xeira de experimentos sobre a combustión do fósforo e do xofre dentro de campás invertidas, colocadas sobre auga ou sobre mercurio. O 1 de novembro de 1772 entrega un sobre, na Academia de Ciencias, que contén a Memoria cos resultados, para que non se abrise antes do 5 de maio do 1773. ¿Cal era a intención de Lavoisier? ¿Por que o seu secretismo? O seu comportamento ten moito que ver coa prudencia coa que se enfronta á teoría do floxisto. A súa investigación era sobre o papel que xogaba o aire na calcinación. Decatárase de que estaba diante de experimentos que podían facer cambalea-la “*sublime teoría*”, e quería contar coa paternidade e gañar tempo para facer máis experimentos que corroborasen as conclusións da súa Memoria.

Mais ¿que dicía tal Memoria? Hoxe podémola ler para comprende-la transcendencia das hipóteses que Lavoisier facía. A Memoria dicía:

“Hai oito días descubrín que, ó queimar xofre, o peso deste, en lugar de diminuír, aumentaba, é dicir, que dunha libra de xofre podíase obter máis dunha libra de ácido vitriólico, sen considera-la humidade do aire, o mesmo ocorre co fósforo este aumento de peso provén dunha cantidade prodixiosa de aire que se fixa durante a combustión e que se

combina cos vapores. Este descubrimento, resultado dunha xeira de experimentos que considero decisivos, levoume a pensar que o que observaba na combustión do xofre e do fósforo podía ter lugar, igualmente, con tódolos corpos que gañan peso tra-la combustión ou a calcinación, e mesmo me convencín que o aumento de peso dos cales metálicos respondía á mesma causa. O experimento confirmou completamente as miñas conxecturas, procedín a reducir litaxirio nun recipiente pechado, co aparato de Hales, e observei que, no momento en que o cal se converte en metal, se desprende unha cantidade considerable de aire, e que este aire forma un volume mil veces superior á cantidade de litaxirio empregada. Este descubrimento parécese un dos máis importantes dende os de Sthal e, por iso, considerei o meu deber asegurarme da súa autoría, depositando diante da Academia o presente sobre, para que se mantenga en secreto ata que publique os meus experimentos”

Lavoisier continuou a investigar sobre o tema; e así, en Febreiro de 1773, calcinou unha cantidade de chumbo rigorosamente pesada, empregando raios solares concentrados por medio dunha lente instalada no Palais Royal. Pasados uns minutos, comprobou a formación dun cal amarelo, que non aumentaba máis de peso e que a auga, no interior da campá, subira pouco; o que o levou a sospeitar da necesidade de máis aire para completa-la calcinación.

No outono de 1773 repetiu o experimento, substituíndo a auga por mercurio. O estudio do cálculo de peso específico do aire reveloulle que a súa absorción era proporcional ó aumento

de peso do cal formado. Ademais recuperou o aire residual e comprobou que, nel, unha vela apagábase tal como acontecía no chamado “*aire fixo*”, xa identificado por Joseph Black (1729-99). Tirou a conclusión de que non é todo o aire que respiramos o que se fixa sobre os metais na calcinación, senón tan só unha parte.

Como na metodoloxía de Lavoisier a análise e a síntese son complementarias, aplicou este procedemento ás súas investigacións sobre a calcinación. Se fose quen de obter un cal partindo do aire e un metal podería e debería rexenera-lo aire cando descompuera o cal.

En outubro de 1773 procedeu a estudar-la redución do minio (óxido de chumbo), empregando carbón vexetal; e comprobou que se producía un gas que, despois de recollido, era máis pesado có aire e non podía ser identificado con parte do aire absorbido. Lavoisier estaba xa no camiño de comprender-la realidade da composición do aire, máis aínda que este non é o noso obxectivo neste artigo, si quero insistir, unha vez máis, en como as investigacións de Lavoisier van constituíndo un todo unitario. A balanza, a teoría da combustión, o estudio da composición do aire, a descomposición da auga, a refutación da teoría do floxisto, etc., son aspectos parciais do seu quefacer na revolución da química.

Mais voltemos os seus estudos sobre a calcinación. No ano 1774 publica, nas Memorias da Academia de Ciencias, os resultados sobre a calcinación do estaño. Quenta estaño metal dentro dun recipiente cheo de aire e herméticamente pechado, e comproba que:

1. Ó longo da operación o recipiente no varía de peso.
2. Fórmase o cal de estaño.
3. O peso do cal aumentou.
4. O peso do aire inicial diminuíu.

Despois de realizar con escrupulosidade estas pesadas, concluíu que so unha parte do aire é capaz de se combinar co estaño; por iso o cal incrementa o seu peso, namentres diminúe o peso do aire.

O 25 de abril de 1775 presentou unha Comunicación á Academia sobre "A natureza do principio polo que se combinan os metais ó longo da calcinación aumentando o seu peso". Consistía nunha xeira de experimentos para reducir precipitados "per se", con e sen carbón.

No ano 1776, coa axuda de Trudaine, realizou experimentos de síntese e análise empregando como metal o mercurio, e conseguiu formular unha hipótese sobre a composición do aire.

Empregando todos cantos experimentos levaba realizados, publicou, no ano 1777, unha Memoria titulada *Sur la combustion en général*. Nela, gardando aínda un certo respecto polas ideas de Sthal, propón xa unha hipótese capaz de dar conta conxuntamente tanto da combustión coma da calcinación. Na hipótese indica que a combustión se caracteriza por catro requisitos:

1. En toda combustión se produce liberación de materia como fogo ou como luz.

2. Os corpos non poden arder sen nun pequeno número de aires; aínda máis, non pode haber combustión excepto nunha especie deles: o "aire puro".

3. En toda combustión hai destrución ou descomposición do "aire puro"; o corpo que arde aumenta de peso exactamente na proporción de cantidade de "aire" que se destrúe ou descompón.

4. En toda combustión os corpos transfórmanse nun ácido pola adición, sobre auga, da substancia que aumentou o seu peso; así o xofre transfórmanse no ácido vitriólico (sulfúrico), o fósforo no ácido fosfórico, ...

Lavoisier considera nesta Memoria que a calcinación dos metais é unha verdadeira combustión rexida polas mesmas leis. A única diferenza é que, a partir da calcinación dun

metal, se obterá un cal metálico no lugar dun ácido.

Como síntese dos traballos realizados sobre a combustión e a calcinación, publicou, no ano 1785, unha Memoria titulada *Reflexions sur le phlogistique*. Nela presenta argumentos moi sólidos contra o floxisto, e completa a súa teoría da combustión coa introducción e desenvolvemento da teoría do "calórico" e o concepto do "principio osíxeno". Afirmar Lavoisier:

" un corps combustible est celui qui a la propriété de décomposer l'air vital, celui avec lequel le principe oxygène a plus d'affinité qu'avec la matière de la chaleur ."

Así, mentres que para Sthal o principio da combustión reside no corpo combustible que contén floxisto, para Lavoisier o verdadeiro principio combustible é o "principio osíxeno".

Dende este momento Lavoisier tiña fundamentos dabondo para demostrar a invalidez da teoría do floxisto e para reemprazala pola teoría da oxidación. A oxidación sería dende entón a unión dun corpo co osíxeno e non a separación do floxisto. Mais Lavoisier rexeitou a confrontación e preferiu seguir facendo experimentos, e que os científicos do seu tempo aceptasen convencidos a súa nova teoría.

Cómpre dicir que, aínda que os seguidores de Lavoisier consideraron revolucionaria a Teoría da Combustión,

analizada cos coñecementos que hoxe temos da química do seu tempo non é tan revolucionaria. Lavoisier non suprime os "*elementos-principio*", piares das propiedades no floxisto, porque os necesita para explicalo desprendemento de luz e calor na combustión, que son atribuídos ó desprendemento do "*calórico*" contido no aire.

A explicación que dá Lavoisier da combustión na súa teoría é, con todo, oposta á que daba a teoría do floxisto: nesta, a combustión libera o floxisto contido no corpo combustible; naquela, trátase dunha combinación co aire, polo que a fonte da calor xa non se atopa no combustible (floxisto), senón no aire (calórico). Isto supón a inversión do papel da calor: para Sthal, a calor, ó se fixar, provoca unha combinación ou condensación, para Lavoisier provoca unha expansión e mesmo unha desagregación.

Debemos engadir que a Teoría da Combustión de Lavoisier se sitúa na liña da química dos principios característicos do século XVIII, e que aínda non se decide a rachar coas amarras do pasado. Trátase máis dunha inversión das ideas dominantes ca dunha auténtica revolución científica. Os mesmos traballos que Lavoisier realiza sobre os ácidos -entre 1772 e 1776- tampouco son abertamente revolucionarios, mais van chantando os alicerces do que será a revolución da química. Lavoisier converte o osíxeno no principio ácido;

deste xeito supera a teoría newtoniana dos ácidos como “substancias tremendamente reactivas”, e corrobora a idea de Sthal dun ácido universal.

O asalto final á teoría do floxisto realízase Lavoisier no ano 1789, coa publicación do seu *Traité élémentaire de Chimie*. Nel deixa recollidas as súas teorías por escrito para que, paseniño, os seus lectores vaian impregnándose das súas ideas, nunca expostas como un ataque frontal ás da teoría do floxisto, senón, como vimos de indicar, totalmente opostas.

Os lectores do seu libro de texto axiña se decataron do obsoletas que quedaban as ideas da teoría do floxisto e da inutilidade de seguir a utiliza-los “*elementos-principios*”.

## 6. O FLOXISTO DESPOIS DA MORTE DE LAVOISIER

Sinalado que a teoría da combustión elaborada por Lavoisier non foi tan revolucionaria como os seus eséxetas do século XIX pretenderon facernos crer e que, ademais, foi o propio Antoine-Laurent quen evitou, por tódolos medios, unha confrontación coa teoría do floxisto, cómpre analizar como e cando se dinamitou a teoría do floxisto.

A resposta parece clara:

1º Como: coas súas ideas e os seus experimentos, particularmente co seu libro *Tratado elemental de Química*.

2º Cando: nunca e sempre.

Dende a publicación das súas ideas, moitos químicos fóronos aceptando; pero moitos outros ficaron fieis ás ideas do floxisto, mesmo ata ben entrado o século XIX. Polo tanto, a victoria resultou incruenta, e un froito do convencemento, como imos sinalar seguidamente.

Non houbo unha confrontación radical entre a nova Teoría de Lavoisier e a Teoría do Floxisto, nin houbo unha morte rápida e definitiva das ideas de Sthal. Grandes científicos rexeitaron deica a súa morte as novas ideas. Outros fóronse incorporando, paseñino, a elas; e, finalmente, algúns utilizaron ámbalas dúas indistintamente, e consonte os experimentos.

Nomes grandes na química como Priestley, Sage e Van Troostwijk; o sueco Bergman ou o alemán Klaproth; compañeiros de Lavoisier como Antoine Beaumè e Jean Cadet; ou mesmo, xa ben entrado o século XIX, Humphry Davy, rexeitaron as novas ideas e continuaron a defende-la “*sublime teoría*” durante toda a súa vida.

Pero houbo floxistas que, paseniño, foron deixando as vellas ideas. Tal fixeron os compañeiros de Lavoisier na “Academia de Ciencias”: Berthelot acepta as novas ideas en 1785; Fourcroy e Guyton de Morveau, a principios do 1787, pouco antes de comezar a traballar

con Lavoisier no “novo método de nomenclatura química”; e R. Kirwan (1732-1822), un dos máis acérrimos defensores do floxisto, con dúas Memorias publicadas, unha en 1787, *Essay on phlogiston*, e outra en 1789, *Essay on phlogiston and the constitution of acids*, esta última traducida ó francés por Marie Anne Lavoisier, con anotacións de Antoine-Laurent, foi un dos que máis loitou polas novas ideas de Lavoisier. Cando Kirwan coñeceu as anotacións e refutacións de Lavoisier ó seu segundo traballo, recoñeceu públicamente o ben fundamentadas que estaban as refutacións e, públicamente, pasouse a defendelas nova teorías. A finais de 1789, escribía a Berthollet dicíndolle:

“ baixo as armas e abandono o floxisto Vexo claramente que non hai ningún experimento que acredite a produción de “aire fixo” ( $\text{CO}_2$ ) por combustión do “aire inflamable” ( $\text{H}_2$ ) e, sendo así, éme imposible sustentar un sistema contra os feitos recoñecidos De aí que, eu mesmo, farei unha refutación do meu ensaio sobre o floxisto”.

Indiquemos que en moitos casos os investigadores non fixeron máis ca simples substitucións, na súas Memorias de investigación, do termo “floxisto” polo “osíxeno negativo”, sen que sexa posible discernir ningún outro cambio na súa mentalidade. As dúas teorías continuábanas utilizando, indistintamente, moitos investigadores.

Mesmo algúns químicos chegaron a considerar, na súa incompre-

sión da nova teoría, que ámbalas dúas teorías eran complementarias. Por iso algúns usaban ora o floxisto, ora o osíxeno na interpretación de distintos fenómenos e, ás veces, mesmo en aspectos distintos do mesmo experimento. Así, mentres que as combustións e calcinacións era mellor explicalas pola teoría do osíxeno, porque interpretaba moi ben as relacións ponderais; para estudar aspectos enerxéticos, relacionados coa luz e a calor, botaban man do “floxisto”, por consideralo máis completo có “calórico” na súa interpretación. Un exemplo de canto vimos dicindo represéntao Hutton, que nos anos 1792 e 1794 publicou traballos nos que defende a teoría do floxisto, a pesar de ter loado a Lavoisier e de terse declarado seu seguidor.

## 7. CODA

Rematemos dicindo que a teoría do floxisto non morreu de morte súpeta, e que a teoría da combustión de Lavoisier non foi a bomba que a dinamitou. O traballo de Lavoisier chantou as bases para que moitos investigadores abrisen os ollos e, despois, a súa mente cara ás novas teorías, máis baseadas en feitos experimentais ca en doutrinas filosóficas.

“ Os químicos fixeron do floxisto un principio vago que non está nada rigorosamente definido, e que, consecuentemente, se adapta a tódalas explicacións.. ”

(Lavoisier)

## BIBLIOGRAFIA

Amorim da Costa, A M , "Bicentenario", *Boletim da SPQ*, 52, 16, 1994

Asimov I , *Breve historia de la Química*, Madrid, Alianza Editorial, 1975

Berthelot M , *Una revolución en la Química, Lavoisier*, Buenos Aires, Losada, 1945

Grosland M , "Lavoisier le mal aimé", *La Recherche* 14, 785 1983

Jagnoux R , *Historie de la chimie*, París, Ed Boudry et cie, 1891

Lavoisier A L , *Tratado de Química*, Madrid, Ed Alfaguara, 1982

— *Ouvres de Lavoisier*, París, Imprimerie Imperiale, 1862

Martín Municio A , "Dos siglos de Lavoisier de la alquimia a la química", *Quim e Industr*, 42, 58, 1995

Pérez Bustamante J A , "En el bicentenario de la ejecución de Lavoisier", *Quim e Industr*, 41, 842, 1994

Partington J R , *A History of Chemistry*, Londres, McMillan Press Ltd , 1964.

Serres M , *Historia de las Ciencias*, Madrid, Eds Cátedra, 1991

Siegfried, "Lavoisier and the phlogistic connection", *Ambix*, 36, 31, 1989

Wojtkowiak B , *Historia de la Química*, Zaragoza, Ed Acirbia, 1987

(*Revista Galega do Ensino*, 13, novembro, 1996)

