

FLOGISTO VERSUS OXÍGENO: UNA NUEVA RECONSTRUCCIÓN Y SU FUNDAMENTACIÓN HISTÓRICA

JOSÉ L. FALGUERA

Universidad de Santiago de Compostela
España

jose-luis.falguera@usc.es

XAVIER DE DONATO-RODRÍGUEZ

Universidad de Santiago de Compostela
España

xavier_donato@yahoo.com

RESUMEN: En este trabajo desarrollamos reconstrucciones estructuralistas de las teorías del flogisto, de Priestley, y del oxígeno, de Lavoisier. Nuestra propuesta es una alternativa a la de Caamaño (2009 y 2011) en una pretensión de ajustarnos más a las formulaciones de esas teorías tal y como se dieron históricamente.

PALABRAS CLAVE: teoría del flogisto, teoría del oxígeno, metateoría estructuralista, incommensurabilidad, historia de la química

SUMMARY: In this work we develop structuralist reconstructions of phlogiston theory, by Priestley, and oxygen theory, by Lavoisier. Our proposal is an alternative to that offered by Caamaño (2009 and 2011) in an attempt to adjust better to the actual historical formulations of these theories.

KEY WORDS: phlogiston theory, oxygen theory, structuralist metatheory, incommensurability, history of chemistry

Entre los casos de revoluciones científicas más mencionados en la literatura de metateoría de la ciencia está el del paso de la química del flogisto a la química del oxígeno a finales del s. XVIII (*cf.*, p.ej., Cohen 1985). No obstante, los comentarios acerca de esa revolución con frecuencia se formulan a partir de descripciones poco precisas de las propuestas en liza. Nuestra convicción es que a la hora de intentar dar cuenta de ese cambio teórico es importante disponer de las reconstrucciones pormenorizadas de las teorías rivales, a fin de poder mostrar con cierto detalle en qué consisten las diferencias entre la teoría desplazadora, la Teoría del Oxígeno (TO), y la predecesora, la Teoría del Flogisto (TF).

Actualmente existen dos propuestas de reconstrucción de tales teorías; una debida a Kamlah (1984) y la otra a Caamaño (2009 y 2011). La de Kamlah proporciona reconstrucciones anacrónicas de dichas teorías, como él mismo reconoció. Su pretensión es dar cuenta de la relación entre las formulaciones más ricas y potentes que pudieran establecerse de ambas teorías; lo que motiva que Kamlah haga uso de

nociones científicas ajenas a las formulaciones de las teorías en pugna tal y como éstas se presentaban a finales del XVIII, como las nociones de peso atómico y molecular —que surgieron con posterioridad—. Tal planteamiento, al concebirlas desde la perspectiva de una formulación más moderna, tiene el inconveniente de que no hace justicia a los hechos históricos.

Caamaño pretende que sus reconstrucciones de TF y TO —realizadas conforme a la metateoría estructuralista— son fieles a cómo históricamente se presentaron las teorías. No obstante, consideramos que esta propuesta tampoco logra de forma plenamente satisfactoria ese cometido dadas diferentes decisiones que Caamaño tomó para su propuesta —que explicitaremos más adelante—. Nuestro propósito es proporcionar reconstrucciones estructuralistas de ambas teorías que sean más acordes con la historia y permitan comprender mejor sus respectivos alcances y limitaciones.

En la sección 1 presentamos las teorías en su contexto histórico y las enmarcamos en los programas de investigación en las que surgieron. En la sección 2 presentamos nuestra reconstrucción estructuralista de la teoría del flogisto de Priestley, y en la sección 3 nuestra reconstrucción de la teoría del oxígeno de Lavoisier. En la sección 4 y última comparamos ambas teorías, llegando a la conclusión de que se trata de teorías teóricamente inconmensurables, aunque empíricamente conmensurables.

1. *Las teorías del Flogisto (TF) y del Oxígeno (TO) y los correspondientes programas de investigación*

Antes de entrar a considerar los supuestos adoptados por Caamaño que valoramos como problemáticos, permítasenos delimitar qué es lo que vamos a entender por TF y TO, ubicando ambas teorías en los correspondientes programas de investigación en los que se plantearon. Llamaremos a estos programas, respectivamente, “química del flogisto” y “química del oxígeno”.

TF supone uno de los primeros intentos de articular una teoría científica en el ámbito de la química y superar la etapa alquímica. Por TF entendemos una propuesta explicativa acerca de ciertos procesos de combustión y de calcinación, así como de procesos inversos de los de calcinación llamados de reducción. Estos tipos de transformaciones se explican apelando a *algo* —el flogisto— que contendrían las sustancias combustibles y que éstas liberarían en las combustiones y en las calcinaciones de metales, o que absorberían las herrumbres

de metales o de minerales de metales en los procesos de reducción para obtener metales.

Puede decirse que TF tiene leyes bien delimitadas —como explicitaremos más adelante—, y por ello constituye una propuesta explicativa concreta frente a la que Lavoisier propone una alternativa: TO. Así pues, por TO vamos a entender una teoría que intenta dar cuenta de los mismos procesos de los que pretendía dar cuenta TF, pero estableciendo que lo que acontecería en las combustiones y calcinaciones es que son las sustancias combustibles las que absorberían *algo* —el oxígeno— tomado, por ejemplo, del aire atmosférico.

TF es una teoría que emerge y se desarrolla en la confluencia de dos tradiciones de investigación diferentes, la “continental” y la “pneumática”, confluencia que da lugar al programa de la química del flogisto. La apelación al flogisto como componente explicativo de ciertas transformaciones alcanzó con Priestley sus versiones más elaboradas, versiones que además se presentaban claramente conectadas a una indagación experimental apoyada en instrumentos. Pero el momento álgido de la química del flogisto coincide con el inicio de otro programa, el de la química del oxígeno, que inicia Lavoisier y que se impuso en muy poco tiempo al programa rival. Desde este punto de vista, también la química del oxígeno puede considerarse como resultado de la confluencia de la tradición continental y la pneumática, con la peculiaridad de que el programa iniciado por Lavoisier se caracteriza por descartar la idea de la existencia de flogisto como algo que liberan las sustancias combustibles en la combustión, para pasar a defender la existencia del oxígeno como algo que absorben las sustancias combustibles en tales procesos.

La tradición continental de la química resulta de investigaciones conectadas con la física, la metalurgia o la farmacología que se desarrollan entre finales del siglo XVII y mediados del siglo XVIII y que tienen como principal asunto en común el estudio de las “sales” (Holmes 2000a). Esta tradición incorpora el flogisto como componente explicativo de ciertas transformaciones gracias a Stahl. Su gran aportación fue la de unificar procesos que con anterioridad se entendía que se debían a principios diferentes: a saber, el principio inflamable para los procesos de combustión y el principio metálico para los de calcinación. Stahl llegó a tal unificación al considerar que en el proceso inverso de una calcinación —es decir, en una reducción—, haciendo uso de carbón vegetal, éste aportaba *algo* al metal resultante. Para Stahl ese algo sería el principio inflamable, con lo que identificaba el principio metálico con el principio inflamable.

La tradición pneumática se desarrolló principalmente en Gran Bretaña como orientación experimental para la producción y aislamiento de tipos de *aires* —gases, en terminología contemporánea—, estudio de sus propiedades e identificación de los mismos. Los investigadores de esta tradición rara vez apelan al flogisto en sus consideraciones. El estudio por los gases desprendidos en reacciones empezó a cobrar interés a partir de las investigaciones de Hales. A tal identificación contribuyeron, entre otros, Black, Cavendish y Priestley. Este último, que ya incorpora el flogisto en sus explicaciones, es quien logra identificar un mayor número de *aires*, como son: el “aire nitroso” —óxido nítrico—, el “aire nitroso flogistizado” —óxido nitroso o gas hilarante—, y el “aire desflogistizado” —gas de oxígeno— (Hankins 1985, cap. 4).

Los investigadores de la tradición pneumática se caracterizaron por el uso de instrumentos para realizar experimentos controlados. Ello posibilitó el aislamiento de diferentes “aires” (gases) y el reconocimiento de algunas de sus propiedades cualitativas, pero también permitió dar pasos en la cuantificación de propiedades que se dan antes y después de las transformaciones. La conjunción de ambas tradiciones —continental y pneumática— se dio de manera significativa con las investigaciones de Priestley. éste adoptó la apelación al flogisto para explicar, junto con las combustiones, las calcinaciones y las reducciones, algunas otras transformaciones, en especial aquellas relacionadas con el estado gaseoso de la materia y la obtención de nuevos *aires* (*cfr.* 1777). Priestley establece una concepción de las reacciones de combustión (incluidas las calcinaciones) en la que el flogisto aparece como componente de las consideradas sustancias combustibles, que se desprende de ellas y es absorbido, por ejemplo, por el aire común. Tal apelación al flogisto aparece formulada en el artículo publicado en *Philosophical Transactions* en el otoño de 1772. Además, esta referencia al flogisto incorpora como novedad considerar el *aire inflamable* —gas de hidrógeno—, descubierto por Cavendish en 1766, como una sustancia combustible más que contiene flogisto (Holmes 2000a, pp. 747 y ss.). Posteriormente (1775), en el marco del descubrimiento por parte de Priestley del nuevo gas que llamó “aire deflogistizado”, a partir de una reducción de cal de mercurio sin carbón vegetal, interpreta la gama de nuevos aires en función de que contengan más o menos flogisto (*cfr.* Holmes 2000a, p. 749). Priestley correlacionaba que un aire contuviera más o menos flogisto con su menor o mayor respirabilidad (Conant 1948, pp. 72 y ss.; Siegfried 2002, cap. 9).

Así pues, el estudio de Priestley sobre la combustión se inscribe en el marco de los estudios que él inicia sobre los *aires* en la década de 1760. La peculiaridad del aire común consistiría, según Priestley, en que determinada porción del mismo tendría un límite de capacidad de absorción del flogisto, alcanzado el cual se saturaría. Los procesos de combustión y calcinación no sólo cesarían en caso de quedar sin alguno de los componentes de la materia combustible contemplados conforme a esta explicación, sino que también cesarían si el aire común se satura de flogisto. En esta versión, que atribuimos a Priestley, el incremento de peso de la escoria resultante de una calcinación no llega a ser considerado como un problema químicamente significativo hasta que Lavoisier plantea ese fenómeno como un criterio más a favor de su explicación de la combustión;¹ en consecuencia, en la versión de Priestley no se relacionan las combustiones con los pesos de los productos que intervienen en tales reacciones (Brock 1992, cap. 2; Hankins 1985, cap. 4; Guerlac 1961, cap. 4).

Es cierto que, en el momento en que Lavoisier planteó su alternativa para la combustión (1775/1778), además de la versión de Priestley sobre el flogisto había otras propuestas diferentes acerca de su naturaleza y propiedades. Así, también se presentaba el flogisto como mero principio propiciador de las transformaciones, sin considerarlo un componente de carácter sustancial, o, alternativamente, se presentaba como componente con peso negativo (Brock 1992, cap. 2). De hecho, como indica Holmes (2000a), Lavoisier, en su crítica a TF, explotó las inconsistencias entre las variaciones en la interpretación del flogisto. Pero su reto era la versión disponible de Priestley de la teoría, por la que flogisto era un componente de carácter sustancial. Nótese que considerar el flogisto como componente de carácter sustancial no significaba comprometerse con que tal componente fuera una sustancia aislable, ni tampoco establecer cómo es la composición química de las sustancias de las que forma parte. Sólo supone asumir que forma parte de tal composición.

La TF de la que nos vamos a ocupar es la versión que cabe atribuir a Priestley en 1772, con anterioridad a que Lavoisier proporcionara TO para la combustión; versión que resulta de adoptar el principio unificador que Stahl planteó, de concebir el flogisto como un componente de carácter sustancial, y en la que los pesos en dichos

¹ A partir de ese momento ese aspecto pasa a ser una clara debilidad para la explicación de la combustión de Priestley.

procesos no tienen significación química.² TF se inscribe en un programa tendente a buscar componentes de sustancias compuestas y a explicitar las recombinaciones que se obtienen en determinadas transformaciones.

TO, de Lavoisier, surge en el escenario de ese programa, e inicialmente con objetivos similares. Pero él da significación química a los pesos de las sustancias (y de sus componentes) que intervienen en las transformaciones de las que se ocupa (*cf.* Gough 1988). Esto se evidencia finalmente (en 1789) en su propuesta de ley de conservación del peso (o de la materia) en las transformaciones químicas. Aunque no se trata simplemente de una apuesta teórica, sino también del dominio práctico, experimental, que Lavoisier adquirió para constatar tal principio, el cual aplicó sistemáticamente en sus indagaciones experimentales. Así, aunque Lavoisier apostó, como Priestley, por una concepción combinatoria de las transformaciones químicas, una diferencia fundamental entre ambos deriva de la habilidad experimental del primero para mostrar la conservación de los pesos entre las sustancias que originarían una reacción química y las que resultarían de ella, siendo el peso de cada una de tales sustancias igual a la suma del peso de sus componentes (Holmes 2000b, pp. 85–86; Siegfried 2002, cap. 10).

TO (de Lavoisier) empieza a desarrollarse en 1772 con la constatación del incremento de peso del producto resultante en la calcinación del fósforo. En 1773 formuló de manera generalizada el incremento de peso de la cal resultante de cualquier calcinación y atribuyó tal incremento a que a la sustancia calcinada se fijaba algo que provendría del aire común. Los resultados de tales investigaciones se publicaron en 1774. Y aunque en tales planteamientos ya hay un cambio sustancial en la manera de entender las combustiones y las calcinaciones, lo cierto es que Lavoisier sigue manejando la terminología de la química del flogisto para hablar de la mencionada parte del aire común. Es en el periodo que va de 1774 a 1778 que se produce el cambio que permite a Lavoisier identificar la parte que proviene del aire común como proporcionada por un aire eminentemente más respirable que el aire común, dando lugar a TO. Un momento clave para TO corresponde a la publicación de su “Mémoire sur la calcination” (versión de 1778). Lavoisier (1778) habla de un principio “acidificante” o

² Para Priestley cobran relevancia con posterioridad a 1775, a la luz de las propuestas de Lavoisier. Pero incluso entonces, pretende salvar TF con hipótesis como la de la ganancia de agua por la cal en las calcinaciones y pérdida de agua por el metal en las reducciones (*cf.* Conant 1948 p. 110; Partington 1962, vol. III pp. 268–269).

constitutivo de la acidez, ya que es entendido como parte constituyente de la composición de todos los ácidos. Este principio, cuando se combina “con la materia de fuego, del calor y de la luz, forma el aire más puro que Priestley llama *aire deflogistizado*” (Lavoisier 1778, p. 249). Lavoisier concede a esta afirmación el carácter de una hipótesis más o menos probable y no completamente demostrable. En el mismo lugar, Lavoisier llama “oxígeno” a este aire más puro.

Con el logro de la identificación del gas de oxígeno, Lavoisier avanza hasta desarrollar un programa sobre los elementos constituyentes de las sustancias compuestas junto al cometido de revisión y articulación de la nomenclatura química. Así pues, el programa de química del oxígeno tiene en su origen histórico TO (de Lavoisier), como alternativa a TF (de Priestley).

2. *Reconstrucción de TF (de Priestley)*

TF (de Priestley) tiene como elemento identificador central una ley que unifica los procesos de combustión y de calcinación. Es decir, las calcinaciones pasan a ser concebidas como combustiones de sustancias metálicas. Esa ley unificadora presenta una combustión efectiva de una porción de sustancia combustible en presencia de una porción de aire original para obtener un residuo (o una cal), otra porción de aire resultante que es diferente del original y un resto de la sustancia combustible³ (cuando la combustión no es completa) como un proceso en el que la sustancia combustible contiene flogisto que (al menos parcialmente) pasa a ser contenida por el aire resultante del proceso, siendo el aire resultante menos respirable que el aire original. Pero tal ley incorpora ciertas condiciones relativas a la saturación de flogisto: (i) la combustión requiere que el aire original no esté saturado de flogisto; y (ii) la combustión de la sustancia combustible no se completa (deja un resto) si el aire resultante se satura de flogisto (salvo que la combustión completa coincida con la saturación).

Una de las peculiaridades de esa ley es que debe contemplar la posibilidad de que las combustiones no sean completas. La reconstrucción de TF (y de TO) de Caamaño se establece para combustiones completas al objeto de simplificar el análisis metateórico; pero tal supuesto distorsiona el caso histórico, ya que la posibilidad de saturación del aire por flogisto es un aspecto central de la teoría de la combustión considerada por Priestley y que Lavoisier cuestionó. Este último en su alternativa también considera las combustiones

³ En adelante, cuando sea claro, se prescinde de explicitar que se trata de “porciones de” a fin de aligerar el texto.

incompletas, pero interpretándolas en clave de la indisponibilidad de oxígeno que sea captado por la sustancia combustible para obtener el residuo (o una cal). Debe hacerse notar que la relevancia de las combustiones incompletas está relacionada con la posibilidad de controlar las porciones de aire original y resultante en una combustión gracias a los instrumentos de experimentación.

Al contemplar en nuestra reconstrucción la posibilidad de combustiones incompletas hemos de considerar que el resultado de la combustión incluya un resto de sustancia combustible además del residuo y del aire resultante. Cuando la combustión es completa este resto ha de ser nulo. Ello exige concebir una combustión como una relación funcional entre dos acontecimientos: uno inicial dado por la sustancia combustible, por el aire —en principio atmosférico— y el momento de tiempo previo a la combustión; otro resultante dado por el residuo (o cal) obtenido, el resto de sustancia combustible, el aire resultante y el momento de tiempo en que se termina la combustión. Y, además, requiere contemplar una constante para posibles porciones nulas (o la exclusión de tales porciones nulas) tanto para el resto de sustancias combustibles como para aires, residuos y flogisto.

A la luz de lo que hemos señalado en la sección anterior debe resultar claro que TF no incorpora nada relativo al peso de cualesquiera de las porciones de sustancias que intervienen en la combustión (iniciales o resultantes). Esto supone otra diferencia con respecto a la reconstrucción de Caamaño, que establece una correlación entre la menor respirabilidad del aire resultante, por un lado, y el mayor peso del flogisto contenido en el aire resultante con respecto al aire inicial, por otro lado.

En nuestra reconstrucción tanto la liberación de flogisto de una sustancia combustible como la de captación de flogisto en el aire resultante son explicitados mediante la noción de “contener (una porción de flogisto)”, junto con la noción de “ser una porción de flogisto parte de otra porción de flogisto”, que se define a partir de la noción primitiva de “agregar dos porciones de flogisto”. Ambas nociones son centrales en nuestra reconstrucción de TF. La razón de apelar a estas nociones y no a las de liberar y absorber flogisto viene motivada por la conveniencia de emplear nociones comunes para dar cuenta de aspectos previos a la combustión y posteriores a la combustión. En todo caso, es fácil recuperar las nociones de liberar y de absorber flogisto vía definición a partir de las antes mencionadas que aquí presentamos como primitivas.

En nuestra presentación prescindimos de una noción generalizada de “combinación (o agregación) de porciones de sustancias” como

la que incorpora Caamaño en su reconstrucción (y de las nociones definidas a partir de la misma). Caamaño presenta esa noción como una función total que opera sobre cualesquiera dos sustancias para obtener otra sustancia. No creemos que haya nada *de facto* que corresponda a tal función, salvo que se trivialice la noción de “sustancia” como para considerar que por el mero hecho de estar juntas dos porciones de sustancias pasan a formar una porción de sustancia (por ejemplo, tener un trozo de hierro al lado de un trozo de aluminio). Frente a esto, incorporamos un esquema de función de agregación relativizado a un tipo de sustancia, para establecer que dos porciones de un mismo tipo de sustancia forman una porción de ese mismo tipo que resulta de agregar las primeras. Así hablamos de agregación de porciones de hierro, agregación de porciones de aire atmosférico, etc. Esta noción(-esquema) de agregación (relativa a un tipo de sustancia) no abarca la noción de “agregación de (porciones de) flogisto”, mencionada en el párrafo anterior. Aunque la última se pueda considerar una extrapolación de la primera se presenta diferenciada por razones, que como se verá, tienen que ver con el diferente carácter respecto a la teoriedad de ambas nociones relativamente a TF.

Además, la reconstrucción de Caamaño se diferencia de la nuestra en que adopta como ontología básica: porciones de sustancias, porciones de aires, porciones de flogisto y momentos temporales. Nosotros consideramos que TF (y TO) no precisa partir de porciones de sustancias en general, sino que tiene como ontología básica a porciones de sustancias combustibles (incluidas las calcinables), así como porciones de residuos (incluidas sustancias minerales metálicas) que resultan tras la combustión, además de porciones de aires, porciones de flogisto y momentos temporales. Decir que TF habla de porciones de sustancias combustibles, de residuos, etc. parece históricamente más acorde con las distinciones que se establecían conforme a esa teoría. A partir de esa ontología básica estableceremos clases de equivalencia de las porciones de combustible y de residuos en virtud, respectivamente, de diferentes tipos de sustancias combustibles y de diferentes tipos de residuos. Contemplar porciones de sustancias combustibles o calcinables, y de residuos, *diferenciados* es metodológicamente útil para nuestra reconstrucción, ya que permite restringir operadores, como el de agregación, a un determinado tipo de sustancia; restricción que está históricamente motivada para TF (y TO). Además, estas modificaciones tienen la ventaja de separar claramente las entidades T-teóricas de las T-no-teóricas. En todo caso puede observarse que al hablar de “porciones” estamos siguiendo el proceder adoptado por Caamaño.

Una diferencia más con respecto a la reconstrucción de Caamaño consiste en que nuestra propuesta incluye una ley especial para las reducciones, que su reconstrucción no contempla. Sin embargo, tal ley especial para procesos inversos de las calcinaciones es de gran importancia para TF, según constatamos en la sección anterior. Tales procesos inversos requieren una correspondiente ley alternativa en TO.

Atendiendo a los anteriores comentarios, podemos proporcionar ahora una reconstrucción de TF conforme a la metateoría estructuralista. Dada nuestra anterior distinción entre una ley para todas las aplicaciones de la teoría y una ley específica para las aplicaciones que son calcinaciones/reducciones hablaremos de dos elementos teóricos para TF: a saber PHLOG y PHLOG_{RED} y presentaremos el segundo como una especialización del primero.

Empezamos pues con la reconstrucción de la Teoría del Flogisto para la combustión (que incluye combustión propia, calcinación, putrefacción y respiración) (PHLOG).

Modelos potenciales de PHLOG

$x \in \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$ [x es un modelo potencial de la Teoría del Flogisto] syss existen *COMB*, *RES*, *AIR*, *PHL*, *T*, *TYP_{COMB}*, *TYP_{RES}*, \oplus_x , *g*, *BREA*, \oplus_{PHL} , *CONT* tal que

- 1) $x = \langle \text{COMB}, \text{RES}, \text{AIR}, \text{PHL}, \text{T}, \text{TYP}_{\text{COMB}}, \text{TYP}_{\text{RES}}, \oplus_x, g, \text{BREA}, \oplus_{\text{PHL}}, \text{CONT} \rangle$
- 2) *COMB* es un conjunto finito y $\text{COMB} \neq \emptyset$
- 3) *RES* es un conjunto finito, $\text{RES} \neq \emptyset$ y $\text{COMB} \cap \text{RES} = \{\Lambda\}$
- 4) *AIR* es un conjunto finito, $\text{AIR} \neq \emptyset$ y $\text{AIR} \cap \text{COMB} = \{\Lambda\}$ y $\text{AIR} \cap \text{RES} = \{\Lambda\}$ ⁴
- 5) *PHL* es un conjunto finito, $\text{PHL} \neq \emptyset$, $\Lambda \in \text{PHL}$
- 6) $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$, ($t_1 \neq t_2$, $t_3 \neq t_4$)
- 7) *TYP_{COMB}* es una partición de $\text{COMB} \setminus \{\Lambda\}$, tal que para todo i , $\text{COMB}_i \in \text{TYP}_{\text{COMB}}$ ($i \in \mathbf{IN}$, $1 \leq i \leq l$) [con lo que $\text{COMB} \setminus \{\Lambda\} = \cup \text{COMB}_i$]⁵

⁴ Si contemplamos algunos aires como sustancias combustibles: $\Lambda \in \text{AIR} \cap \text{COMB}_i$ y $\Lambda \in \text{AIR} \cap \text{RES}_j$.

⁵ En adelante para cada conjunto X , $X \setminus \{\Lambda\}$ es el conjunto resultante de la diferencia entre X y $\{\Lambda\}$.

- 8) TYP_{RES} es una partición de $RES \setminus \{\Lambda\}$, tal que para todo j , $RES_j \in TYP_{RES}$ ($j \in \mathbf{IN}$, $1 \leq j \leq m$) [con lo que $RES \setminus \{\Lambda\} = \cup RES_j$]
- 9) $\oplus_X: (X \times X) \rightarrow X$, donde para algún i, j , o bien $X = COMB_i$ o bien $X = RES_j$ o bien $X = AIR$, y para cada α, β (donde $\alpha \neq \beta$) $\oplus_X(\langle \alpha, \beta \rangle) = \oplus_X(\langle \beta, \alpha \rangle)$, y $\oplus_X(\langle \alpha, \Lambda \rangle) = \alpha$
- 10) $g: (COMB \times AIR \times \{t_1\}) \rightarrow (RES \times COMB \times AIR \times \{t_2\})$
- 11) $BREA \subseteq AIR \times AIR$
- 12) $\oplus_{PHL}: (PHL \times PHL) \rightarrow PHL$, para cada p, p' (donde $p \neq p'$), tal que $\oplus_{PHL}(\langle p, p' \rangle) = \oplus_{PHL}(\langle p', p \rangle)$, y $\oplus_{PHL}(\langle p, \Lambda \rangle) = p$
- 13) $CONT \subseteq (COMB \cup RES \cup AIR) \times PHL$

Interpretación pretendida:

- $COMB$ es un conjunto no vacío de *porciones de sustancias combustibles*.
- RES es un conjunto de *porciones de sustancias minerales metálicas y residuos de combustión*.
- AIR es un conjunto de *porciones de aires*, donde los aires pueden ser de diferentes tipos no necesariamente diferenciados (gases de diferente composición).
- PHL es un conjunto de *porciones de flogisto*.
- T es un conjunto de cuatro momentos: el previo a la reacción de combustión (t_1) y el subsiguiente a ella (t_2); el previo a la reacción de reducción (t_3) y el posterior a ella (t_4); al menos $t_1 \neq t_2$ y $t_3 \neq t_4$.
- TYP_{COMB} es un conjunto de clases de equivalencia de porciones del mismo tipo de sustancias combustibles.
- TYP_{RES} es un conjunto de clases de equivalencia de porciones del mismo tipo de sustancias minerales metálicas o de residuos.
- \oplus_X es una *operación de agregación* relativizada a un conjunto de porciones o bien de un tipo diferenciado de combustible (además de la porción nula), o bien de un tipo diferenciado de mineral (además de la porción nula), o bien de un tipo diferenciado de residuos, o bien de aires (éstos indiferenciados). Se trata de un esquema de función que integra diferentes funciones específicas.
- g es una función que representa la reacción de combustión (por presencia de calor, o de fuego).
- $BREA$ es una relación entre aires que indica que una porción de aire *es menos respirable* que otra porción de aire.

- \oplus_{PHL} es una *operación de agregación* relativizada a un conjunto de porciones de flogisto. Se puede concebir como la extrapolación de la operación de agregación antes considerada en su aplicación a porciones de flogisto. Explicitarla de manera diferenciada con respecto al esquema de función \oplus_X permite considerar \oplus_{PHL} como una función con estatuto de PHLOG-teórica.
- *CONT* es una relación que indica que una porción de un combustible, o de mineral o residuo, o de aire *contiene* una porción de flogisto.
- Λ es una *porción nula* para *COMB*, *RES*, *AIR* y *PHL*; su papel es asegurar: que en ciertos casos la agregación se da con una porción nula (es decir, se da con el equivalente a no existir porción); que en algún caso uno de los constituyentes de una reacción de combustión (o de reducción, según veremos) en el momento subsiguiente es una porción nula (por ejemplo de combustible restante cuando la combustión de la porción del combustible inicial es completa); y que se pueda hablar de porciones no nulas (por ejemplo, de flogisto).

Definiciones:

- 1) Dado $\oplus_X: (X \times X) \rightarrow X$, donde para algún i, j , o bien $X = COMB_i \cup \{\Lambda\}$ o bien $X = RES_j \cup \{\Lambda\}$ o bien $X = AIR$, y para cada $\alpha, \beta \in X$ (donde $\alpha \neq \beta$), tenemos que $\oplus_X(\langle \alpha, \beta \rangle) = \oplus_X(\langle \beta, \alpha \rangle)$, y $\oplus_X(\langle \alpha, \Lambda \rangle) = \alpha$

Sean $\alpha, \beta, \gamma \in X$, entonces

$PART_X \subseteq X \times X$, donde $\langle \alpha, \gamma \rangle \in PART_X$ *syss_{Df}* hay un β tal que $\oplus_X(\langle \alpha, \beta \rangle) = \gamma$

$PART_X$ es la relación por la que (por ejemplo) una porción de un combustible diferenciado (además de la porción nula) *es parte de* otra porción del mismo tipo de combustible diferenciado (además de la porción nula), si y sólo si la primera es agregada a una tercera que da como resultado la segunda (lo mismo para porciones de residuos diferenciados (además de la porción nula), o para porciones de aires).

Obviamente, la segunda también es parte de la tercera (es decir, también $\langle \beta, \gamma \rangle \in PART_X$).

- 2) Dado $\oplus_{PHL}: (PHL \times PHL) \rightarrow PHL$, y para cada p, p' (donde $p \neq p'$) tenemos que $\oplus_{PHL}(\langle p, p' \rangle) = \oplus_{PHL}(\langle p', p \rangle)$, y $\oplus_{PHL}(\langle p, \Lambda \rangle) = p$

Sean $p, p', p'' \in PHL$, entonces

$PART_{PHL} \subseteq PHL \times PHL$, donde $\langle p, p'' \rangle \in PART_{PHL}$, $syss_{Df}$ hay un p' tal que $\oplus_{PHL}(\langle p, p' \rangle) = p''$.

$PART_{PHL}$ es la relación por la que (por ejemplo) una porción de flogisto *es parte de* otra porción flogisto, si y sólo si la primera es agregada a una tercera que da como resultado la segunda.

Obviamente, la segunda también es parte de la tercera (es decir, también $\langle p', p'' \rangle \in PART_{PHL}$).

3) Sean α y p tal que $\alpha \in (COMB \cup RES \cup AIR)$ y $p \in PHL$, entonces:

se escribirá p_α $syss$ $p_\alpha = p$ y $\langle \alpha, p \rangle \in CONT$ y para cada $p' \in PHL$ si $\langle \alpha, p' \rangle \in CONT$ y $p \neq p'$, entonces $\langle p', p \rangle \in PART_{PHL}$

p_α es el contenido total de flogisto de una porción de combustible c (en ese caso p_c) o de una porción de residuo r (p_r) o de una porción de aire a (p_a).

4) Sean a y p tal que $a \in AIR$ y $p \in PHL$, entonces

$SAT \subseteq PHL \times AIR$, donde $\langle p, a \rangle \in SAT$ $syss_{Df}$ $\langle a, p \rangle \in CONT$ y para cada p', p'' si $p', p'' \in PHL$ y $p' \neq p$ y $\oplus_{PHL}(\langle p', p \rangle) = p''$ y $\langle a, p'' \rangle \in CONT$, entonces $p' = \Lambda$ [así que, $p'' = p$]

SAT es una relación entre una porción de flogisto y una porción de aire que indica que la primera *satura* la segunda, es decir, que no hay una porción de flogisto diferente de la primera que se agregue a la primera que no sea la porción nula.

Modelos efectivos de PHLOG

$x \in \mathbf{M}(\text{PHLOG})$ [x es un modelo efectivo de la Teoría del Flogisto] $syss$ existen

$COMB, RES, AIR, PHL, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, \oplus_{PHL}, CONT$ tal que

(1) $x \in \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$

(2) Para cada p, p', α tal que $p, p' \in PHL$ y $\alpha \in COMB \cup RES \cup AIR$

[(si $\langle p', p \rangle \in PART_{PHL}$ y $\langle \alpha, p \rangle \in CONT$, entonces $\langle \alpha, p' \rangle \in CONT$) y (si $p = p_\alpha$ y $\langle p', p \rangle \notin PART_{PHL}$, entonces $\langle \alpha, p' \rangle \notin CONT$)]

(3) $g(\langle c, a, t_1 \rangle) = \langle r, c', a', t_2 \rangle$ (donde $c \neq \Lambda$, $a \neq \Lambda$, $r \neq \Lambda$, $a' \neq \Lambda$) sólo si

(a) no hay $p' \in PHL$ tal que $\langle p', a \rangle \in SAT$, y

(b) para cada $COMB_i \in TYP_{COMB}$ (si $c \in COMB_i$, entonces $c' \in COMB_i$), y

(c) no hay $p' \in PHL$ tal que ($p' \neq \Lambda$ y $\langle r, p' \rangle \notin CONT$), y

(d) hay $p, p', p'' \in PHL$ tal que [$p \neq \Lambda$ y $p = p_c$ y $p' = p_a$ y $p'' = p_{a'}$ y $\langle p', p'' \rangle \in PART_{PHL}$ y $\langle a', a \rangle \in BREA$ y $\langle c', c \rangle \in PART_{COMB}$ y

o bien:

$$(\langle a', p \rangle \in CONT \text{ y no hay } p''' \text{ tal que } (\langle c, p''' \rangle \in CONT \text{ y } \langle p''', p \rangle \in PART_{PHL} \text{ y } p''' \neq \Lambda \text{ y } \langle p''', a' \rangle \in SAT) \text{ y } c' = \Lambda)$$

o bien:

$$\text{hay } p''' \in PHL \text{ tal que } (\langle a', p \rangle \in CONT \text{ y } \oplus_{PHL}(\langle p', p \rangle) = p''' \text{ y } \langle p''', a' \rangle \in SAT \text{ y } c' = \Lambda)$$

o bien:

$$\text{hay } p''' \in PHL \text{ y } c'' \in COMB_i \text{ tales que } (\langle p''', p \rangle \in PART_{PHL} \text{ y } p''' \neq \Lambda \text{ y } \oplus_{COMB_i}(\langle c', c'' \rangle) = c \text{ y } c' \neq \Lambda \text{ y } c'' \neq \Lambda \text{ y } p''' = p_{c''} \text{ y } \langle p''', a' \rangle \in SAT)$$

Para establecer los modelos de TF se incluyen dos leyes para las reacciones de combustión (es decir, para combustiones propias, calcinaciones y procesos de respiración y putrefacción) que establecen:

– En (2) que para toda porción de combustible, residuo o aire α , (i) si α contiene una porción de flogisto p entonces α contiene cualquier porción de flogisto que sea parte de p , y (ii) si p es el contenido total de flogisto de α y otra porción de flogisto p' no es parte de la primera, entonces α no contiene p' .

– En (3) que se produce combustión efectiva de una porción de sustancia combustible c , en presencia de una porción de aire a en el momento t_1 para producir el residuo r , queda un resto de sustancia combustible c' que es parte de c , en presencia de un aire a' en el momento t_2 (no siendo nulos ni c , ni a , ni r , ni a') sólo si:

(i) no hay un flogisto que satura a a ; y (ii) si c es de un tipo de combustible, c' es de ese mismo tipo; y (iii) el residuo r no contiene

flogisto que no sea nulo; y (iv) el flogisto total de c es p y no es nulo; y (v) la porción de aire a' es menos respirable que a ; y (vi) o bien (p pasa a ser el contenido de flogisto de a' , sin que haya flogisto que siendo parte de p y no siendo nulo sature a a' y no quede resto c'), o bien (a' se satura de flogisto quedando un resto c' nulo) o bien (hay una porción no nula de flogisto p''' que es parte de p y es contenido de flogisto de aquella parte c'' que agregada a c' es equivalente a c , dándose que p''' satura a a').

Ligaduras

Sean:

$COMB^* =_{Df} \cup \{COMB^x \mid x \in \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})\}$, $RES^* =_{Df} \cup \{RES^x \mid x \in \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})\}$, TYP^*_{COMB} es una partición de $COMB^* \setminus \{\Lambda\}$ y TYP^*_{RES} es una partición de $RES^* \setminus \{\Lambda\}$.

$C_1(\text{PHLOG})$ es una *ligadura conservativa de los tipos de sustancias combustibles* en PHLOG definida por $X: X \in C_1 \text{ syss } \emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$ y para todo $x, y \in X$ y todo c (si $c \in COMB^x_i \cap COMB^y_j$ y $COMB^x_i \in TYP^*_{COMB^x}$ y $COMB^y_j \in TYP^*_{COMB^y}$, entonces $c \in COMB^*_k$ y $COMB^*_k \in TYP^*_{COMB}$ y $COMB^x_i \subseteq COMB^*_k$ y $COMB^y_j \subseteq COMB^*_k$).

$C_1(\text{PHLOG})$ selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que si una porción de combustible pertenece a la intersección de las clases de equivalencia de porciones de combustible de cierto tipo, $COMB^x_i$, en un modelo potencial x y de cierto tipo, $COMB^y_j$, en un modelo potencial y , entonces esa porción de combustible pertenece a una clase de equivalencia de cierto tipo, $COMB^*_k$, establecida para porciones de combustibles de cualquier modelo potencial tal que $COMB^x_i$ y $COMB^y_j$ son subconjuntos de $COMB^*_k$.

$C_2(\text{PHLOG})$ es una *ligadura conservativa de los tipos de residuos* en PHLOG definida por $X: X \in C_2 \text{ syss } \emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$ y para todo $x, y \in X$ y todo r (si $r \in RES^x_i \cap RES^y_j$, entonces $r \in RES^*_k$ y $RES^*_k \in TYP^*_{RES}$ y $RES^x_i \subseteq RES^*_k$ y $RES^y_j \subseteq RES^*_k$).

$C_2(\text{PHLOG})$ es similar a $C_1(\text{PHLOG})$, pero para porciones de residuos y sus correspondientes clases de equivalencia de cierto tipo en cada modelo potencial y genérica para todos los modelos potenciales.

$C_3(\text{PHLOG})$ es una *ligadura de preservación de contenido de flogisto* en PHLOG definida por $X: X \in C_3 \text{ syss } \emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$ y para

todo $x, y \in X$ y todo p, α [(si $p \in PHL^x \cap PHL^y$ y $(\alpha \in (COMB^x \cap COMB^y)$ o $\alpha \in (RES^x \cap RES^y)$ o $\alpha \in (AIR^x \cap AIR^y)$) y $\langle \alpha, p \rangle \in CONT^x$, entonces $\langle \alpha, p \rangle \in CONT^y$].

C₃(PHLOG) selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que si una porción de combustible o de residuo o de aire contiene una porción de flogisto en un modelo potencial, también la contiene en otro modelo potencial en la que existan ambas porciones.

C₄(PHLOG) es una *ligadura de preservación de saturación* en PHLOG definida por $X: X \in \mathbf{C}_4$ syss $\emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$ y para todo $x, y \in X$ y todo p, a [(si $p \in PHL^x \cap PHL^y$ y $a \in AIR^x \cap AIR^y$ y $\langle p, a \rangle \in SAT^x$, entonces $\langle p, a \rangle \in SAT^y$].

C₄(PHLOG) selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que si una porción de flogisto satura una porción de aire en un modelo potencial, también la satura en otro modelo potencial en la que existan ambas porciones.

Podemos, además, establecer la clase de modelos de otro elemento teórico, el correspondiente a la Teoría del Flogisto para las Reducciones, que para porciones de ciertos tipos de residuos (a saber, de herrumbres de metales o de minerales de metales), en presencia de carbón vegetal, permite obtener porciones de ciertos tipos de sustancias combustibles/calcinables (a saber, de metales).

Modelos efectivos de PHLOG_{RED}

$x \in \mathbf{M}(\text{PHLOG}_{RED})$ [x es un modelo efectivo de la Teoría del Flogisto para Reducciones] syss existen, *CAL, CHA, MET, h*

donde:

(a) *para algún $k \in \mathbf{IN}$, $CHA = COMB_k \cup \{\Lambda\}$ ($COMB_k \in TYP_{COMB}$ y $CHA \neq \emptyset$);*

(b) *$CAL = CAL_1 \cup \dots \cup CAL_k \cup \{\Lambda\}$, y para cada j para algún i , (siendo $1 \leq j \leq k$) $CAL_j = RES_i$, y $RES_i \in TYP_{RES}$;*

(c) *$MET = MET_1 \cup \dots \cup MET_k \cup \{\Lambda\}$, y para cada j para algún i (siendo $1 \leq j \leq k$) $MET_j = COMB_i$ y $COMB_i \in TYP_{COMB}$; y*

(d) *$h: (CAL \times CHA \times AIR \times \{t_3\}) \rightarrow (MET \times CAL \times AIR \times \{t_4\})$*

tal que:

- (1) $x \in \mathbf{M}(\text{PHLOG})$
- (2) $h(\langle cl, ch, a, t_3 \rangle) = \langle m, cl', a', t_4 \rangle$ (donde $cl \neq \Lambda$, $ch \neq \Lambda$, $a \neq \Lambda$, $m \neq \Lambda$, $a' \neq \Lambda$) sólo si no hay p''' tal que $\langle p''', a \rangle \in \text{SAT}$ y hay p , p' , p'' tal que $(\langle cl', cl \rangle \in \text{PARTRES}_j$ y $p \neq \Lambda$ y $p' \neq \Lambda$ y $p'' \neq \Lambda$ y $\oplus_{\text{PHL}}(\langle p', p'' \rangle) = p$ y $\langle ch, p \rangle \in \text{CONT}$ y $\langle cl, p \rangle \in \text{CONT}$ y $\langle cl, p' \rangle \in \text{CONT}$ y (eventualmente $cl' = \Lambda$).

La anterior ley específica de la Teoría del Flogisto para Reducciones, (2), establece que: se produce reducción efectiva de una herrumbre o mineral de metal cl , en presencia de carbón vegetal ch y una porción de aire a en el momento t_3 para producir el metal m , quedar un resto de la herrumbre o mineral original cl' que es parte de cl , en presencia de un aire a' en el momento t_4 (no siendo nulos ni cl , ni a , ni m , ni a') sólo si:

- (i) no hay flogisto que satura a a ;⁶
- (ii) hay una porción no nula de flogisto p que contiene el carbón vegetal ch , tal que p es el resultado de la agregación de dos porciones de flogisto p' , p'' , ninguna de las cuales es contenido de flogisto de la porción de herrumbre o mineral, y donde una pasa a ser contenido de la porción de metal m (eventualmente la porción restante cl' es nula).

Modelos potenciales parciales de PHLOG

La determinación del conjunto de modelos potenciales parciales de la Teoría del Flogisto requiere diferenciar entre conceptos PHLOG-teóricos y conceptos PHLOG-no-teóricos.

Es fácil asumir que los criterios para determinar entidades de los conjuntos base *COMB*, *RES* y *AIR*, se hace por procedimientos que no dependen de la teoría; a saber, por procedimientos observacionales que permiten identificar porciones que respectivamente son combustibles, son residuos (o cales) o son gases.

Las entidades de *PHL*, el otro conjunto base, no son determinables al margen de PHLOG. *PHL* corresponde al principal concepto

⁶ La reducción sólo se da en presencia de aire respirable como el atmosférico (no vale cualquier tipo de aire); es decir, lo que se entendía desde la TF como aire que no debía estar saturado de flogisto. Para TF ese aire es sólo un medio imprescindible para la reacción. En TO el gas oxígeno del aire participa en la reacción, junto al carbón y a la herrumbre.

PHLOG-teórico: nos comprometemos con él en cuanto aceptamos PHLOG.

Por lo que concierne a TYP_{COMB} y TYP_{RES} sus entidades son *tipos* diferenciables de, respectivamente, combustibles y residuos, y tales distinciones se realizan por procedimientos ajenos a la teoría. Nótese que en el caso de las porciones de *AIR*, éstas incluyen diferentes tipos de gases que se dan en los procesos de combustión (combustión propia, calcinación, respiración) y en los de reducción, sin que para la teoría los tipos queden diferenciados. Es el transcurso de las investigaciones para dirimir entre TF y TO las que permiten establecer que hay diferentes tipos de aires (gases con diferentes componentes).

Determinar los elementos de T —un momento precedente y un momento subsecuente a una reacción de combustión y otros momentos similares para una reducción— tampoco requiere TO.

\oplus_X es un esquema de función bajo el que caen funciones específicas cuya determinación se puede realizar por la vía de poner juntas (de alguna manera empírica apropiada) porciones de algún tipo o mostrar que una porción de cierto tipo tiene dos partes cuya agregación proporciona esa porción tomada conjuntamente.

Claro que no hay posibilidad de hacer tal cosa con porciones pertenecientes a *PHL*. Así pues, cabe decir que la función \oplus_{PHL} se determina a partir de la teoría que consideramos, ya que depende de *PHL* y es PHLOG-teórica, mientras las otras funciones que caen bajo el esquema son PHLOG-no-teóricas. Eso justifica que no la asimilemos sin más a las funciones que caen bajo el esquema de función \oplus_X , aunque la manera de operar se pueda considerar una extrapolación de las funciones que caen bajo ese esquema al ámbito de *PHL*.

g es la función correspondiente a que se produzca una combustión (o a que no se produzca, cuando siendo $g(\langle c, a, t_1 \rangle) = \langle r, c', a', t_2 \rangle$, resulta que $r = \Lambda$). Requiere que en determinados casos (combustiones propias y calcinaciones) procedamos a aplicar calor o fuego a $\langle c, a, t_1 \rangle$ y constatar si se obtiene $\langle r, c', a', t_2 \rangle$, ya sea con $r \neq \Lambda$ o con $r = \Lambda$. Por ello, es PHLOG-no-teórica. (Análogamente para h , que es la función correspondiente a que se produzca, o no, una reducción; y es PHLOG-no-teórica.)

BREA es determinable por procedimientos que no dependen de PHLOG. Uno bastante socorrido era contener porciones de aire diferentes en recipientes de la misma capacidad (mismo volumen) y constatar en cuál de ellos duraba más tiempo vivo un ratón (diferente para cada constatación, claro).

Finalmente, tanto \oplus_{PHL} , como $CONT$ son nociones dependientes de PHL y por tanto, dependientes de la teoría PHLOG. Ninguna de ellas es determinable al margen de PHLOG. Así pues, son PHLOG-teóricas.⁷

De lo que podemos concluir que

$y \in \mathbf{Mpp}(\text{PHLOG})$ [y es un modelo potencial parcial de la teoría del flogisto] syss existe x tal que:

- (1) $x \in \mathbf{Mp}(\text{PHLOG})$, $x = \langle COMB, RES, AIR, PHL, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, \oplus_{PHL}, CONT \rangle$,
- (2) $y = \langle COMB, RES, AIR, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA \rangle$

3. Reconstrucción de TO (inicial de Lavoisier)

A tenor de lo indicado en el apartado 1, TO (inicial de Lavoisier) supone una inversión respecto a TF (de Priestley), en el sentido de que el componente que se libera en las combustiones proviene de alguna porción de aire que contenga como componente oxígeno, siendo este componente el que es absorbido por la porción de sustancia combustible para dar lugar a las cenizas, herrumbre o cal correspondiente. Sin embargo, la TO que proponemos reconstruir añade a la ley de unificación para las combustiones y calcinaciones una nueva ley: el principio de conservación de los pesos de las porciones de sustancia o de componentes de sustancia que intervienen en la reacción. La explicitación de tal ley supone una novedad respecto a la reconstrucción de Caamaño.

De igual forma que para la reconstrucción TF contemplábamos una ley especial para las aplicaciones que son calcinaciones/reducciones, ahora también se dispone de una ley especial para las calcinaciones/reducciones. Pero a tal ley especial hay que añadir una versión peculiar para la reducción del óxido de mercurio a muy alta temperatura y en ausencia de carbón vegetal. Tal reducción constituye un éxito claro de TO respecto a TF, ya que la ausencia de carbón vegetal en este caso descartaba la existencia de una fuente que liberara flogisto para ser absorbido por la herrumbre y proporcionar el metal mercurio.

⁷ Es controvertido que \oplus_{PHL} sea PHLOG-teórica, ya que es una expansión del esquema \oplus_X . Pero lo cierto es que no hay determinación posible de \oplus_{PHL} al margen de PHLOG, mientras que sí las hay de las aplicaciones del esquema \oplus_X .

Tales leyes especiales requerirían ser complementadas con versiones apropiadas del principio de conservación de pesos. No las incluimos para simplificar la presentación y a sabiendas de que su inclusión seguiría pautas similares a las adoptadas para explicitarla como ley general para las combustiones.

A la luz de estos comentarios podemos proporcionar ahora una reconstrucción sistemática de TO conforme a la metateoría estructuralista. También en este caso, dada la distinción entre una ley para todas las aplicaciones de la teoría y una ley específica para las aplicaciones que son calcinaciones/reducciones, hablaremos de dos elementos teóricos para TO (a saber: OXYG y OXYG_{RED}) y presentaremos el segundo como una especialización del primero. (Aunque estrictamente habría que hablar de dos especializaciones: una para las reducciones normales, otra para la reducción del óxido de mercurio a muy alta temperatura y en ausencia de carbón vegetal. Las tratamos como una sola especialización a fin de simplificar la presentación, aunque explicitamos las dos leyes especiales).

Empezamos, pues con la propuesta de reconstrucción de la Teoría del Oxígeno para la combustión (que incluye combustión propia, calcinación y respiración). (OXYG)

Modelos potenciales de OXYG

$x \in \mathbf{Mp}(\text{OXYG})$ [x es un modelo potencial de la Teoría del Oxígeno] syss existen $COMB, RES, AIR, OXY, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, w, \oplus_{OXY}, CONT$, tal que

- (1) $x = \langle COMB, RES, AIR, OXY, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, w, \oplus_{OXY}, CONT \rangle$
- (2) $COMB$ es un conjunto finito y $COMB \neq \emptyset$
- (3) RES es un conjunto finito, $RES \neq \emptyset$ y, $COMB \cap RES = \{\Lambda\}$
- (4) AIR es un conjunto finito, $AIR \neq \emptyset$ y $AIR \cap COMB = \{\Lambda\}$ y $AIR \cap RES = \{\Lambda\}$.⁸
- (5) OXY es un conjunto finito, $OXY \neq \emptyset$, $\Lambda \in OXY$
- (6) $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$, ($t_1 \neq t_2, t_3 \neq t_4$)

⁸ De nuevo, si contemplamos algunos aires como sustancias combustibles: $\Lambda \in AIR \cap COMB_i$ y $\Lambda \in AIR \cap RES_j$

- (7) TYP_{COMB} es una partición de $COMB \setminus \{\Lambda\}$, tal que para todo i , $COMB_i \in TYP_{COMB}$
- ($i \in \mathbf{IN}$, $1 \leq i \leq l$) [con lo que $COMB \setminus \{\Lambda\} = \cup COMB_i$]
- (8) TYP_{RES} es una partición de $RES \setminus \{\Lambda\}$, tal que para todo j , $RES_j \in TYP_{RES}$ ($j \in \mathbf{IN}$, $1 \leq j \leq m$) [con lo que $RES \setminus \{\Lambda\} = \cup RES_j$]
- (9) $\oplus_X: (X \times X) \rightarrow X$, donde para algún i, j , o bien $X = COMB_i \cup \{\Lambda\}$ o bien $X = RES_j \cup \{\Lambda\}$ o bien $X = AIR$, y para cada α, β (donde $\alpha \neq \beta$) $\oplus_X(\langle \alpha, \beta \rangle) = \oplus_X(\langle \beta, \alpha \rangle)$, y $\oplus_X(\langle \alpha, \Lambda \rangle) = \alpha$
- (10) $g: (COMB \times AIR \times \{t_1\}) \rightarrow (RES \times COMB \times AIR \times \{t_2\})$
- (11) $BREA \subseteq AIR \times AIR$
- (12) $w: (COMB \cup RES \cup OXY \cup AIR) \rightarrow \mathbf{IR}_0^+$ (y $w(\Lambda) = 0$)
- (13) $\oplus_{OXY}: (OXY \times OXY) \rightarrow OXY$, para cada o, o' (donde $o \neq o'$) $\oplus_{OXY}(\langle o, o' \rangle) = \oplus_{OXY}(\langle o', o \rangle)$, y $\oplus_{OXY}(\langle o, \Lambda \rangle) = o$
- (14) $CONT \subseteq (COMB \cup RES \cup AIR) \times OXY$

Interpretación pretendida:

- $COMB, RES, AIR, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g$ y $BREA$ tienen la misma interpretación pretendida que en PHLOG
- OXY es un conjunto de *porciones de oxígeno*.
- w es una función que determina el *peso* de porciones de combustible, de porciones de residuos, de porciones de oxígeno y de porciones de aire.
- \oplus_{OXY} es una *operación de agregación* relativizada a un conjunto de porciones de oxígeno. Se puede concebir como la extrapolación de la operación de agregación antes considerada en su aplicación a porciones de oxígeno. Es conveniente explicitarla de manera diferenciada con respecto al esquema de función \oplus_X debido a que \oplus_{OXY} es una función, según diremos, específica de esta teoría, y con estatuto de OXY-teórica.
- $CONT$ es una relación que indica que una porción de un combustible, de mineral o residuo, o de aire *contiene* una porción de oxígeno.
- Λ es una *porción nula* para $COMB, RES, AIR$ y OXY ; con un papel similar al que se le dio en PHLOG (con la correspondiente sustitución de PHL por OXY).

Definiciones:

(1) $PART_X$ se define como en PHLOG.

(2) Dado $\oplus_{OXY}:(OXY \times OXY) \rightarrow OXY$, y para cada o, o' (donde $o \neq o'$) tenemos que $\oplus_{OXY}(\langle o, o' \rangle) = \oplus_{OXY}(\langle o', o \rangle)$, y $\oplus_{OXY}(\langle o, \Lambda \rangle) = o$

Sean $o, o', o'' \in PHL$, entonces

$PART_{OXY} \subseteq OXY \times OXY$, donde $\langle o, o'' \rangle \in PART_{OXY}$, $syss_{Df}$ hay un o' tal que $\oplus_{OXY}(\langle o, o' \rangle) = o''$.

$PART_{OXY}$ es la relación por la que (por ejemplo) una porción de oxígeno *es parte de* otra porción oxígeno, $syss$ la primera es agregada a una tercera que da como resultado la segunda.

Obviamente, la segunda también es parte de la tercera (es decir, también $\langle o', o'' \rangle \in PART_{OXY}$).

(3) Sean α y o tal que $\alpha \in (COMB \cup RES \cup AIR)$ y $o \in OXY$, entonces:

se escribirá o_α $syss$ $o_\alpha = o$, y $\langle \alpha, o \rangle \in CONT$ y para cada o' si $\langle \alpha, o' \rangle \in CONT$ y $o \neq o'$, entonces $\langle o', o \rangle \in PART_{OXY}$

o_α es el contenido total de oxígeno de una porción de combustible o de una porción de residuo o de una porción de aire.

Ligaduras

Sean: $COMB^* =_{Df} \cup \{COMB^x \mid x \in \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})\}$, $RES^* =_{Df} \cup \{RES^x \mid x \in \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})\}$, TYP^*_{COMB} es una partición de $COMB^* \setminus \{\Lambda\}$, TYP^*_{RES} es una partición de $RES^* \setminus \{\Lambda\}$ y para todo $x \in \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})$ $S^x = COMB^x \cup RES^x \cup OXY^x \cup AIR^x$.

$C_1(\mathbf{OXYG}) = C_1(\mathbf{PHLOG})$ y $C_2(\mathbf{OXYG}) = C_2(\mathbf{PHLOG})$.

$C_3(\mathbf{OXYG})$ es una *ligadura de preservación de contenido de oxígeno* en \mathbf{OXYG} definida por $X: X \in \mathbf{C}_3$ $syss$ $\emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})$ y para todo $x, y \in X$ y todo o, α [si $o \in (OXY^x \cap OXY^y)$ y $(\alpha \in (COMB^x \cap COMB^y)$ o $\alpha \in (RES^x \cap RES^y)$ o $\alpha \in (AIR^x \cap AIR^y))$ y $\langle \alpha, o \rangle \in CONT^x$, entonces $\langle \alpha, o \rangle \in CONT^y$].

C₃(OXYG) selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que si una porción de combustible o de residuo o de aire contiene una porción de oxígeno en un modelo potencial, también la contiene en otro modelo potencial en la que existan ambas porciones.

C₄(OXYG) es una *ligadura de preservación del peso* en **OXYG** definida por $X: X \in \mathbf{C}_4 \text{ syss } \emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})$ y para todo $x, y \in X$ y todo α [si $\alpha \in (OXY^x \cap OXY^y)$ o $\alpha \in (COMB^x \cap COMB^y)$ o $\alpha \in (RES^x \cap RES^y)$ o $\alpha \in (AIR^x \cap AIR^y)$], entonces $w_x(\alpha) = w_y(\alpha)$.

C₄(OXYG) selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que el valor del peso de una porción de combustible o de residuo o de aire o de oxígeno es la misma.

C₅(OXYG) es una *ligadura de extensividad del peso* en **OXYG** syss existen \mathbf{P} y \odot tal que:

$$(1) \odot: (\mathbf{P} \times \mathbf{P}) \rightarrow \mathbf{P} \text{ donde, siendo } \mathbf{S}^* =_{\text{Df}} \cup \{ \mathbf{S}^x / x \in \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG}) \}, \\ \mathbf{S}^* \subset \mathbf{P},$$

$$(2) \text{ Para todo } X: X \in \mathbf{C}_5 \text{ syss } \emptyset \neq X \subseteq \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG}) \text{ y para todo } x, y, \\ z \in X \text{ y todo } \alpha, \alpha' \in \mathbf{S}^* \text{ [si } \alpha \in \mathbf{S}^x, \alpha' \in \mathbf{S}^y \text{ y } \alpha \odot \alpha' \in \mathbf{P}, \text{ entonces} \\ w_z(\alpha \odot \alpha') = w_x(\alpha) + w_y(\alpha')].$$

Interprétese \mathbf{P} como un conjunto que además de porciones de combustible o de residuo o de oxígeno o de aire de los modelos potenciales de **OXYG** incluye combinaciones cualesquiera de tales porciones (por ejemplo, de combustible y de aire); y \odot como la operación de combinación.

C₅(OXYG) selecciona aquellas combinaciones de modelos potenciales tales que el valor del peso de la combinación de dos porciones cualesquiera (de combustible o de residuo o de oxígeno o de aire) en un modelo potencial es igual a la suma del peso de la primera porción en un modelo y de la segunda porción en otro modelo.⁹

Modelos efectivos de OXYG

$x \in \mathbf{M}(\mathbf{OXYG})$ [x es un modelo efectivo de la Teoría del Oxígeno] syss

$$(1) x \in \mathbf{Mp}(\mathbf{OXYG})$$

⁹ **C₄(OXYG)** y **C₅(OXYG)** en realidad terminan siendo correctas sólo cuando se las interpreta como ligaduras concernientes a la masa.

(2) Para cada o, o', α tales que $o, o' \in OXY$ y $\alpha \in COMB \cup RES \cup AIR$ y [si $\langle o', o \rangle \in PART_{OXY}$ y $\langle \alpha, o \rangle \in CONT$, entonces $\langle \alpha, o' \rangle \in CONT$ y (si $o = o_\alpha$ y $\langle o', o \rangle \notin PART_{OXY}$, entonces $\langle \alpha, o' \rangle \notin CONT$)]

(3) $g(\langle c, a, t_1 \rangle) = \langle r, c', a', t_2 \rangle$ (donde $c \neq \Lambda, a \neq \Lambda, r \neq \Lambda, a' \neq \Lambda$) sólo si

(a) hay o, o', o'' tales que $o = o_a$ y $o \neq \Lambda$ y $\langle c, o \rangle \notin CONT$ y $\oplus_{OXY}(\langle o', o'' \rangle) = o$ y $o' \neq \Lambda$ y o'' y $\langle a', o'' \rangle \in CONT$ y $\langle r, o'' \rangle \notin CONT$ y $\langle a', a \rangle \in BREA$ y

(b) para cada $COMB_i \in TYP_{COMB}$ (si $c \in COMB_i$, entonces $c' \in COMB_i$), y

(c) $w(c) + w(a) = w(r) + w(c') + w(a')$ y

$w(o') = w(a) - w(a')$ [= $w(r) + w(c') - w(c)$] y

o bien:

$(c' = \Lambda$ [y $w(o') = w(r) - w(c)$]) (eventualmente, $o'' = \Lambda$)

o bien:

$(c' \neq \Lambda$ y $\langle c', c \rangle \in PART_{COMB_i}$ y $o = o'$ y $o'' = \Lambda$)

y no hay un $o''' (o''' \neq \Lambda$ y $\langle a', o''' \rangle \in CONT)$ [y $w(o') = w(o_a)$]

Para establecer los modelos de la Teoría del Oxígeno se incluyen las leyes (2) y (3) para las reacciones de combustión que establecen:

– En (2) que para toda porción de combustible, residuo o aire α , (i) si α contiene una porción de oxígeno o entonces α contiene cualquier porción de oxígeno que sea parte de o , y (ii) si o es el contenido total de oxígeno de α y otra porción de oxígeno o' no es parte de la primera, entonces α no contiene o' .

– En (3) que se produce combustión efectiva de c , en presencia de una porción de aire a en el momento t_1 para producir el residuo r , queda un resto de sustancia combustible c' que es parte de c , en presencia de un aire a' en el momento t_2 (no siendo nulos ni c , ni a , ni r , ni a') sólo si:

(i) el oxígeno total de a es o y ni o es nulo ni o es contenido de c ; y (ii) si c es de un tipo de combustible, c' es de ese mismo tipo; (iii) hay dos porciones de oxígeno o', o'' cuya agregación es igual a o , de las que: (a) una, o' , que no es nula es el contenido total de

oxígeno de r , y (b) otra o'' , que no es contenido de r , es contenido de a' ; (iv) la porción de aire a' es menos respirable que a ; y

(v) la suma de los pesos de las porciones que intervienen en el momento precedente de la combustión es igual a la suma de las porciones que resultan en el momento subsecuente de la combustión (conservación del peso conjunto) y

(vi) el peso de la porción total de oxígeno que, tras la combustión, pasa del aire inicial al residuo es igual a la diferencia entre el peso de la porción de aire antes de la combustión y el peso de la porción de aire tras la combustión; y

(vii) o bien (no queda resto de porción de combustible c' y el peso de la porción de oxígeno que pasa del aire inicial en la combustión al residuo es igual al peso de la porción de residuo tras la combustión menos el peso de la porción de combustible inicial, eventualmente la porción de oxígeno de a' es nula) o bien (queda un resto de porción de combustible c' y la porción total de oxígeno de a pasa a ser contenido de r y la porción de aire resultante a' queda sin oxígeno alguno).

Podemos, además, establecer la clase de modelos de otro elemento teórico, el correspondiente a la Teoría del Oxígeno para las Reducciones, de manera similar a como establecíamos la Teoría del Flogisto para Reducciones, con la peculiaridad de que ahora incluye un caso especial para la reducción del mineral de mercurio a muy alta temperatura.

Modelos efectivos de OXYG_{RED}

$x \in \mathbf{M}(\text{OXYG}_{RED})$ [x es un modelo efectivo de la Teoría del Oxígeno para Reducciones] syss existen, CAL , CHA , MET , h , h^*

donde:

(a) para algún $k \in \mathbf{IN}$, $CHA = COMB_k \cup \{\Lambda\}$ ($COMB_k \in TYP_{COMB}$, y $CHA \neq \emptyset$);

(b) $CALC = CAL_1 \cup \dots \cup CAL_k \cup \{\Lambda\}$, y para cada j para algún i , (siendo $1 \leq j \leq k$) $CAL_j = RES_i$, y $RES_i \in TYP_{RES}$;

(c) $MET = MET_1 \cup \dots \cup MET_k \cup \{\Lambda\}$, y para cada j para algún i (siendo $1 \leq j \leq k$) $MET_j = COMB_i$ y $COMB_i \in TYP_{COMB}$; y

(d) $h: (CAL \times CHA \times AIR \times \{t_3\}) \rightarrow (MET \times CAL \times AIR \times \{t_4\})$

$$(e) h^*:(CMERC \times AIR \times \{t_3\}) \rightarrow (MERC \times CMERC \times AIR \times \{t_4\})$$

(donde para algún j, j' , $CMERC = CAL_j$ y $MERC = MET_{j'}$)

tal que:

$$(1) x \in \mathbf{M}(\text{OXYG})$$

$$(2) h(\langle cl, ch, a, t_3 \rangle) = \langle m, cl', a', t_4 \rangle \text{ (donde } cl \neq \Lambda, ch \neq \Lambda, a \neq \Lambda, m \neq \Lambda, a' \neq \Lambda) \text{ sólo si hay } o, o', o'' \text{ tales que } (o \neq \Lambda \text{ y } o = o_{cl} \text{ y } \oplus_{OXY}(\langle o', o'' \rangle) = o \text{ y } o' \neq \Lambda \text{ y } \langle a', o' \rangle \in CONT \text{ y } o''_{cl'} \text{ y } \langle cl', cl \rangle \in PART_{RES_j} \text{ (eventualmente, } cl' = \Lambda \text{ y } o'' = \Lambda))$$

$$(3) h^*(\langle cme, a, t_1 \rangle) = \langle me, cme', a', t_2 \rangle \text{ (donde } me \neq \Lambda, cme \neq \Lambda, a \neq \Lambda, me \neq \Lambda, a' \neq \Lambda) \text{ sólo si hay } o, o', o'' \text{ tales que } (o \neq \Lambda \text{ y } o = o_{cl} \text{ y } \oplus_{OXY}(\langle o', o'' \rangle) = o \text{ y } o' \neq \Lambda \text{ y } \langle a', o' \rangle \in CONT \text{ y } o''_{cme'} \text{ y } \langle cme', cme \rangle \in PART_{RES_{j'}} \text{ (eventualmente, } cme' = \Lambda \text{ y } o'' = \Lambda))$$

La anterior ley (2) específica de la Teoría del Oxígeno para Reducciones establece que se produce reducción efectiva de una porción de herrumbre o mineral de metal cl , en presencia de carbón vegetal ch y una porción de aire a en el momento t_3 para producir la porción de metal m , queda un resto de la herrumbre o mineral original cl' que es parte de cl , en presencia de un aire a' en el momento t_2 (no siendo nulos ni cl , ni a , ni m , ni a') sólo si:

– hay una porción no nula de oxígeno o que es el contenido total de oxígeno de cl , tal que o es el resultado de la agregación de dos porciones de oxígeno o', o'' , una de las cuales no nula o' , pasa a ser contenido de oxígeno de la porción de aire resultante de la reducción, y donde la otra o'' pasa a ser el contenido total de la porción de herrumbre o mineral restante cl' (eventualmente la porción restante cl' es nula y la porción de oxígeno o'' que contiene cl' también).

Por otra parte (3) establece que se produce reducción efectiva de una porción de herrumbre o mineral de mercurio cme , a muy alta temperatura, en presencia de una porción de aire a en el momento t_3 para producir la porción de mercurio me , y quedar un resto de la herrumbre o mineral original cme' que es parte de cme , en presencia de un aire a' en el momento t_4 (no siendo nulos ni cme , ni a , ni me , ni a') sólo si:

– hay una porción no nula de oxígeno o que es el contenido total de oxígeno de cme , tal que o es el resultado de la agregación de dos porciones de oxígeno o', o'' , una de las cuales no nula o' , pasa a ser contenido de oxígeno de la porción de aire resultante de la reducción,

y donde la otra o'' pasa a ser el contenido total de la porción de herrumbre o mineral de mercurio restante $cm'e'$ (eventualmente la porción restante $cm'e'$ es nula y la porción de oxígeno o'' que contiene $cm'e'$ también).

Modelos potenciales parciales de OXYG

También la determinación del conjunto de modelos potenciales parciales de la Teoría del Oxígeno requiere diferenciar entre conceptos OXYG-teóricos y conceptos OXYG-no-teóricos.

Los comentarios respecto a los conceptos PHLOG-no-teóricos valen ahora como comentarios para esas nociones en tanto que OXYG-no-teóricas. Junto a ellas también hemos de contemplar que w es OXYG-no-teórica, ya que la determinación de los pesos de porciones de combustibles, residuos y aires se realiza por procedimientos no dependientes de OXYG; y la determinación del peso del contenido completo de oxígeno componente del residuo se obtiene a partir de la determinación de los pesos de los aires previo y posterior a la combustión, que cabe hacer con independencia de la teoría.

Además de lo establecido por analogía a g para h , ahora hemos de establecerlo para h^* , que es la función correspondiente a que se produzca, o no, la reducción a muy alta temperatura para la herrumbre o mineral (óxido) de mercurio. Así pues, h^* es OXYG-no-teórica.

De los conceptos correspondientes a conjuntos base principales tenemos que OXY no es determinable al margen de la teoría. OXY proporciona el principal concepto OXYG-teórico, ya que nos comprometemos con él en tanto en cuanto aceptamos la propia Teoría del Oxígeno. No hay determinación posible de las porciones que pertenecen a OXY al margen de la teoría OXYG.

Tanto \oplus_{OXY} , como $CONT$ son nociones cuya determinación depende de OXYG. Así pues, OXYG-teóricas.

De lo que podemos concluir que:

$y \in \mathbf{Mpp}(OXYG)$ [y es un modelo potencial parcial de la teoría del oxígeno] syss existe x tal que

$$(1) \ x \in \mathbf{Mp}(OXYG), \ x = \langle COMB, RES, AIR, OXY, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, w, \oplus_{OXY}, CONT \rangle,$$

$$(2) \ y = \langle COMB, RES, AIR, T, TYP_{COMB}, TYP_{RES}, \oplus_X, g, BREA, w \rangle$$

4. Comparación de TF y TO

A la luz de las reconstrucciones precedentes podemos concluir que TF y TO son un caso de inconmensurabilidad parcial. Es más, cabe decir que son un caso claro de teorías teóricamente inconmensurables, pero empíricamente conmensurables (en lo que concierne al aparato conceptual no-teórico compartido). Son teóricamente inconmensurables porque todas las nociones teóricas son diferentes y no hay traducción de las de una de esas teorías a partir del aparato conceptual (teórico y no-teórico) de la otra teoría.¹⁰ En este aspecto nuestra conclusión no difiere de la de Caamaño, aunque sí se diferencia al determinar cuáles son las respectivas nociones teóricas de cada una de las teorías.

En efecto, TF y TO no comparten ninguno de los términos T-teóricos. *PHL* y *OXY* son nociones para porciones componentes de sustancias, postuladas a nivel teórico, respectivamente, por PHLOG y por OXYG. Constituyen el principal concepto T-teórico de cada una de las teorías, al tratarse de nociones de dominio base; es decir, son sortales que determinan parte de la ontología básica para cada una de esas teorías.

El resto del aparato conceptual teórico de PHLOG y OXYG involucra, respectivamente, a *PHL* y *OXY* en sus caracterizaciones. Así, claramente con \oplus_{PHL} , *CONT* por un lado, y con \oplus_{OXY} , *CONT* por otro. Finalmente, y como hemos visto en la sección precedente, la función *w* que, en OXYG, determina el *peso* de porciones de combustible, residuos, oxígeno o aire, aparece como uno de los términos TO-teóricos que constituyen los modelos potenciales de OXYG.

Sin embargo, ambas teorías comparten el aparato conceptual no-teórico (excluida la noción de peso que sólo incorpora OXYG), a resultas de lo cual, pues, puede establecerse su comparabilidad a nivel empírico.

Finalmente, una comparación entre TF y TO nos permite constatar un importante avance en el elemento teórico básico de la segunda, OXYG, con respecto al elemento teórico básico de la primera, PHLOG, que resultará decisivo para toda la química posterior, a saber, la inclusión como parte de la ley fundamental de OXYG de las condiciones legaliformes para el peso de las porciones que intervienen

¹⁰ No estamos, pues, de acuerdo con Kitcher (1993, p. 99 y ss.), quien sostiene que “aire desfogstizado”, en uno de sus usos, podría eventualmente traducirse por “(gas de) oxígeno”, toda vez que para justificar dicha idea se apoya en una versión híbrida de la teoría causal de la referencia altamente problemática que mantiene la heterogeneidad de la referencia de los términos tipo.

antes y después de la combustión. Ello supone la incorporación de un concepto cuantitativo —y no solamente conceptos cualitativos o relacionales, como en el caso de PHLOG— con significativas repercusiones prácticas y experimentales. Como hemos visto en nuestra presentación histórica (sección 1), en Priestley la consideración del peso sólo adquirirá alguna importancia —y ni siquiera pasa a ser determinante para TF— tras las innovaciones de Lavoisier, resultando en cambio decisiva para este último y para TO con la formulación de su principio de conservación de los pesos. Será gracias a la introducción del peso y su papel en la ley fundamental de TO que la teoría de Lavoisier gane en capacidad de contrastación empírica y permita un mayor número de aplicaciones experimentales.

Además, en lo que concierne a las reducciones hay una aplicación singular que requiere una condición legaliforme específica, ya que posibilita la reducción de herrumbre o mineral de mercurio en ausencia de carbón vegetal. La trascendencia histórica de tal caso de reducción para TO fue grande, toda vez que en ausencia de carbón vegetal TF no podía explicar cómo se aportaba flogisto en este caso para formar parte del metal resultante de la reacción a gran temperatura.

Así pues, TO mostró ya inicialmente ventajas en su potencialidad contrastadora con respecto a TF, que se vieron apoyadas por las contrastaciones efectivas.¹¹

BIBLIOGRAFÍA

- Brock, W.H., 1992, *The Fontana History of Chemistry*, Fontana Press, Londres. [Versión al castellano: *Historia de la química*, Alianza Ed., Madrid, 1998.]
- Caamaño, M., 2011, “Commensurabilidad empírica entre teorías inconmensurables: el caso del flogisto”, *Metatheoria*, vol. 1, no. 2, pp. 131–166.
- , 2009, “A Structural Analysis of the Phlogiston Case”, *Erkenntnis*, vol. 70, no. 3, pp. 331–364.

¹¹ Agradecemos los comentarios a una versión inicial de este trabajo por parte de los participantes en el “VIII Encuentro Iberoamericano Sobre Metateoría Estructuralista”, celebrado en 2012 en México. También a los dos dictaminadores anónimos de este trabajo. Todos ellos nos han permitido introducir mejoras, sin que sean responsables de los errores que puedan permanecer. Este artículo ha recibido apoyo económico de los programas de investigación: FFI2013-41415-P, por el Ministerio de Economía del Gobierno de España; y PICT-2012-2662, por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina. (ORCID ID de J.L. Falguera: orcid.org/0000-0003-2631-1563; ORCID ID de X. de Donato-Rodríguez: orcid.org/0000-0002-8464-9960.)

- Cohen, I.B., 1985, *Revolution in Science*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Conant, J.B., 1948, "The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775–1789", *Harvard Case Histories in Experimental Science*, vol. 1, Harvard University Press, Cambridge, Mass., pp. 65–115.
- Gough, J.B., 1988, "Lavoisier and the Fulfillment of the Stahlian Revolution", *Osiris*, vol. 4, pp. 15–33.
- Guerlac, H., 1961, *Lavoisier – The Crucial Year. The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, Gordon and Breach, Nueva York/Filadelfia/Londres.
- Hankins, T.L., 1985, *Science and the Enlightenment*, Cambridge University Press, Cambridge, Mass. [Versión al castellano: *Ciencia e Ilustración*, Siglo XXI, Madrid, 1998.]
- Holmes, F., 2000a, "The 'Revolution in Chemistry and Physics': Overthrow of a Reigning Paradigm or Competition between Contemporary Research Programs?", *Isis*, vol. 91, no. 4, pp. 735–754.
- , 2000b, "Phlogiston in the Air", en F. Bevilacqua y L. Fregonese (eds.), *Nuova Voltiana, Studies on Volta and his Times*, vol. 2, Hoepli, Milano, pp. 73–112.
- Kamlah, A., 1984, "A Logical Investigation of the Phlogiston Case", en W. Balzer et al. (eds.), *Reduction in Science*, Reidel, Dordrecht, pp. 217–238.
- Kitcher, Ph., 1993, *The Advancement of Science*, Oxford University Press, Oxford.
- Lavoisier, A.L. de, 1789, *Traité élémentaire de chimie*, Cuchet, París [Versión al castellano: *Tratado elemental de química*, Crítica, Barcelona, 2007.]
- , 1778, "Considérations générales sur la nature des acides, et sur les principes dont ils sont composés", *Mémoires de l'Académie des Sciences*, París.
- Partington, J.R., 1962, *A History of Chemistry*, Macmillan, Londres, vols. II y III.
- Priestley, J., 1777, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, J. Johnson, Londres.
- Siegfried, R.L., 2002, *From Elements to Atoms: A History of Chemical Composition*. (*Transactions of the American Philosophical Society*, vol. 92, pt. 4), American Philosophical Society, Filadelfia.

Recibido el 19 de marzo de 2015; revisado el 15 de enero de 2016; aceptado el 17 de febrero de 2016.