

El cambio perceptual en la revolución química

Una revisión crítica

Pablo Melogno¹

Recibido: 24 de octubre de 2020

Aceptado: 22 de mayo de 2021

Resumen: Mi propósito es defender que la noción de cambio perceptual empleada por Thomas Kuhn para explicar el cambio científico no resulta eficaz en el caso del descubrimiento del oxígeno. La perspectiva de Kuhn asigna un rol central a la percepción en la revolución química y postula un alto grado de discontinuidad entre los procedimientos experimentales asociados al descubrimiento del oxígeno y los que desarrollaban los químicos del flogisto. En oposición a esto, buscaré mostrar que la percepción no jugó un papel relevante en el debate Priestley-Lavoisier, y que existe un grado significativo de continuidad entre las prácticas químicas previas y posteriores al descubrimiento del oxígeno.

Palabras clave: Thomas Kuhn, revolución química, oxígeno, inconmensurabilidad.

Title: Perceptual Change in the Chemical Revolution: A Critical Appraisal

Abstract: My aim is to argue that the notion of a perceptual change employed by Thomas Kuhn in order to explain scientific change is not effective in explaining the discovery of oxygen. Kuhn's perspective gives a central role to perception in the chemical revolution and postulates a high degree of discontinuity between the experimental procedures associated with the discovery of oxygen and those developed by phlogiston chemists. In opposition to this, I will seek to show that perception did not play a relevant role in the Priestley-Lavoisier debate, and that there is a significant degree of continuity between chemical practices before and after the discovery of oxygen.

Keywords: Thomas Kuhn, chemical revolution, oxygen, incommensurability.

Agradecimientos: el autor desea agradecer a Leandro Giri, Hernán Miguel, Santiago Ginnobili, María Alicia Pazos y K. Brad Wray por los comentarios a un borrador inicial de este texto. También a dos evaluadores de *Epistemología e Historia de la Ciencia*, cuyas indicaciones contribuyeron fuertemente a mejorar la versión final.

1. Introducción

El descubrimiento del oxígeno por A. de Lavoisier es uno de los principales casos que Kuhn (1962/2013a) tomó como referencia para introducir la tesis de la inconmensurabilidad y la idea de que las revoluciones científicas conllevan cambios de visión del mundo. La importancia de la revolución química en la propuesta kuhniana fue

¹ Facultad de Información y Comunicación, Universidad de la República, Uruguay.

✉ pablo.melogno@fic.edu.uy |  [0000-0002-1352-3498](https://orcid.org/0000-0002-1352-3498)

Melogno, Pablo (2021). El cambio perceptual en la revolución química: Una revisión crítica. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 5(2), 64–81.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/30639/>



puesta de manifiesto entre otros por Paul Hoyningen-Huene (2008), para quien la revolución química no oficia como un ejemplo ni como un caso confirmatorio de las tesis de Kuhn, sino como una pieza constitutiva de su filosofía, en cuanto varias de sus principales formulaciones tomaron forma a partir de la transición del flogisto al oxígeno.²

La versión kuhniana de la revolución química se apoya fuertemente en la noción de cambio perceptual, y en la idea de que lo que separa a científicos como Lavoisier y Joseph Priestley es un cambio gestáltico relativo a la naturaleza de las sustancias y al trabajo de los químicos. A entender de Kuhn esta clase de cambio es constitutivo de las revoluciones científicas y muestra que el cambio de paradigma requiere una reorganización de la experiencia perceptual de los científicos. Esta es de magnitud tal que permite afirmar que luego de una revolución los científicos viven en mundos diferentes.

Tanto la formulación de Kuhn como el lugar que la revolución química ocupa en ella han sido objeto de numerosas controversias. Musgrave (1976) defendió que la metodología de los programas de investigación de Lakatos constituye el mejor marco disponible para explicar racionalmente la transición del flogisto al oxígeno. Pyle (2000) enfatizó el carácter racional de la transición del flogisto al oxígeno en directa oposición a la perspectiva contrafáctica de Chang (2012), para quien la teoría del flogisto no debería haber sido abandonada. Cabe mencionar también la reconstrucción estructuralista de Caamaño (2009), y el enfoque crítico de Blumenthal (2013), para quien la revolución química no encaja en el marco kuhniano.

Desde mediados del siglo XX la literatura especializada sobre la revolución química ha crecido exponencialmente, pero aún estamos lejos de una explicación del descubrimiento del oxígeno que sea lo suficientemente robusta como para generar consenso entre historiadores y filósofos. Por el contrario, la concentración de esfuerzos profesionales en la revolución química no ha hecho otra cosa que multiplicar abordajes disímiles y antagónicos. Un área de particular disenso se localiza en establecer niveles de continuidad entre la obra de Priestley y la de Lavoisier, así como en precisar el núcleo del aporte revolucionario de este último.

La idea de una discontinuidad global entre la química del flogisto y la del oxígeno no irrumpe con Kuhn, sino que ya está presente en historiadores previos como Butterfield (1958) y Gillispie (1960). La tesis de la inconmensurabilidad permitió a Kuhn romper con la imagen *Whig* de Lavoisier como el fundador de la química moderna enfrentado al oscurantismo de la tradición flogística, pero mantuvo la idea –heredada fundamentalmente de Butterfield– de un hiato insalvable entre ambas tradiciones como rasgo fundamental de la revolución química.

Por el contrario, perspectivas tan diversas como las de Toulmin (1957), Guerlac (1961), Verbruggen (1972) y Thagard (1990) han destacado los nexos entre la química del oxígeno y las tradiciones previas de la iatroquímica y la química neumática, señalado que las diferencias entre Priestley y Lavoisier no involucran tanto el desarrollo de nuevas observaciones como la introducción de un marco interpretativo diferente. Asimismo, abordajes como los de Dumas (1963), Morris (1972) y Perrin (1987) enfatizaron la continuidad conceptual entre los trabajos de Priestley y Lavoisier, dada por el uso de la

² Para una mirada reciente al papel de la revolución química en la obra de Kuhn, véase Wray (2018).

nomenclatura, la función explicativa de los principios y la naturaleza de las sustancias químicas.

En una orientación similar, McEvoy (1988, 2010) ha señalado que las diferencias más profundas entre Priestley y Lavoisier se sitúan en los propósitos cognitivos y las presuposiciones epistemológicas que guiaban sus respectivas orientaciones científicas. El aporte fundamental de Lavoisier estaría en la introducción de un marco teórico original y una nueva forma de categorizar los elementos químicos, ya que no en la reformulación de los esquemas metodológicos de la disciplina, que en su mayoría se mantuvieron estables durante la introducción de la química del oxígeno. Ninguna de estas propuestas es de consenso entre historiadores y filósofos de la química. Pero más allá de ello –y de sus diferencias internas– se inspiran en la premisa de comprender la revolución química en base a la coexistencia de niveles de continuidad y discontinuidad.

A partir de este marco historiográfico, este artículo persigue dos propósitos. El primero es negativo, y apunta a que la idea de las revoluciones científicas como cambios de mundo y la noción de cambio perceptual empleada por Kuhn, no resultan eficaces para dar cuenta del proceso de descubrimiento del oxígeno. El segundo es constructivo, y consiste en mostrar que existe una continuidad metodológica relevante entre las prácticas experimentales llevadas a cabo por Priestley y las introducidas por Lavoisier. Esto último no socava el carácter revolucionario del descubrimiento del oxígeno, sino que permite descartar la idea de que Priestley y Lavoisier tenían experiencias perceptuales diferentes, en consonancia con las propuestas históricas que han ubicado sus divergencias a nivel conceptual antes que a nivel metodológico.

Pretendo mostrar que la perspectiva de Kuhn resulta inconducente en cuanto asigna un rol central a la percepción en la revolución química, y en cuanto postula un alto grado de discontinuidad entre los procedimientos experimentales asociados al descubrimiento del oxígeno y los que desarrollaban los químicos del flogisto. En oposición a esto, defiendo que la percepción no jugó un papel relevante en el debate Priestley-Lavoisier, y que existe un grado significativo de continuidad entre las prácticas químicas previas y posteriores al descubrimiento del oxígeno.

En la segunda sección introduzco un examen de la cronología de la revolución química centrado en el descubrimiento del oxígeno y la oposición de Lavoisier a la química del flogisto. En la sección tres reviso la reconstrucción que Kuhn ofrece del descubrimiento del oxígeno, enmarcada en la idea de las revoluciones científicas como cambios de mundo. La sección cuatro abre una discusión sobre las premisas que inspiran la noción kuhniana de percepción, centrándose en la idea de que toda observación científica está determinada por un paradigma. La sección quinta afirma que no solo no es de recibo postular que Priestley y Lavoisier tuvieron experiencias perceptuales diferentes, sino que el papel de la percepción en la revolución química no permite explicar la transición del flogisto al oxígeno en términos de un cambio perceptual. En la conclusión recapitulo los principales resultados de la discusión previa e introduzco algunas consideraciones solamente programáticas sobre la tesis de la inconmensurabilidad.

2. Del flogisto al oxígeno

El desarrollo de la química neumática durante el siglo XVIII dio lugar al descubrimiento del oxígeno y al abandono de la hipótesis del aire y el agua como elementos irreductibles.

Ambos procesos sentaron las bases de la revolución química y fueron sostenidos en un progresivo perfeccionamiento de técnicas y dispositivos experimentales. La tradición química del flogisto se había originado a finales del siglo XVII y casi un siglo después mantenía vigencia en la comunidad química. Se basaba en la idea de que los metales liberan flogisto cuando son calentados, obteniéndose así la ‘cal’ de cada metal –el óxido–. El proceso inverso –denominado reducción– se realizaba calentando el óxido con una sustancia rica en flogisto –generalmente carbón–, lo que permitía recuperar el flogisto y obtener el metal original. De este modo un metal venía a ser un compuesto de cal y flogisto liberado por la acción del calor, lo que permitía aislar la cal.

Las tentativas de los químicos por aislar diferentes tipos de aire se intensificaron a partir de 1727, con la construcción de la cuba neumática por Stephen Hales. La cuba era un aparato compuesto de un tubo invertido que se colocaba en un recipiente con agua, permitiendo aislar gases como resultado de una reacción química. Entre 1754 y 1772 químicos como Joseph Black, Toberg Bergman, Henry Cavendish y el mismo Priestley lograron identificar distintos tipos de ‘aire’ utilizando el dispositivo de Hales (cf. Perrin, 1988). Entre 1769 y 1774, Lavoisier realizó experimentos enmarcados en el campo de problemas que interesaban a los químicos del aire. Partió de las investigaciones de Black para sus trabajos con el vapor, y Robert Boyle fue su referencia en el tratamiento de los metales (Guerlac, 1961; McEvoy, 2010). En 1773 reprodujo los experimentos que condujeron a Boyle a afirmar que el aumento de peso en los metales calcinados responde a la absorción de partículas de fuego. La medición del peso de un preparado de estaño antes y después de la calcinación le permitió refutar la hipótesis de Boyle.

La forma en que Lavoisier desarrolló explicaciones alternativas en continuidad con los experimentos de sus antecesores también puede verse en el descubrimiento del oxígeno. En 1774 Priestley realizó un experimento consistente en calentar óxido de mercurio, exponiendo la escoria de mercurio a la luz del sol con un lente de 12 pulgadas mediante un aparato que era una variedad sofisticada de la cuba de Hales. El óxido era depositado en una campana de vidrio que contenía mercurio, que a su vez se colocaba de forma invertida en una cámara neumática, lo que permitía recoger el gas emanado de la mezcla. Según Priestley el óxido absorbía flogisto del aire, por lo que el gas resultante debía ser el resto de aire que no contenía flogisto. El gas obtenido de esta forma era respirable, insoluble en agua y permitía la combustión. Priestley lo llamó ‘aire desflogistizado’ y lo consideró el tipo de aire más puro, esto es con menor cantidad de flogisto. Pero no pudo ofrecer una explicación de cómo el óxido de mercurio podía generar este nuevo tipo de aire, siendo que junto al flogisto era uno de los dos componentes del mercurio.³

En 1774 Priestley viajó a París y comunicó sus resultados a Lavoisier, que desde 1772 venía estudiando la calcinación y la combustión de los metales. Este conjeturó que el gas obtenido por Priestley podía explicar que los metales ganaran peso al ser calcinados absorbiendo el gas como consecuencia de la combustión. Se propuso realizar los mismos experimentos que Priestley y sus antecesores, y en 1776 obtuvo anhídrido de fósforo por

³ Aquí puede apreciarse como la resolución de un enigma regular dentro de la tradición flogística -el mecanismo de absorción del flogisto por el óxido de mercurio- se transforma en una anomalía -la generación de aire desflogistizado a partir del óxido de mercurio-. Sobre la distinción kuhniiana entre enigma y anomalía, es de interés Miguel, Paruelo y Pissinis (2002).

calcinación y ácido sulfúrico a partir de azufre. Tanto el fósforo como el azufre aumentaban de peso luego de ser quemados, resultado contrario a la teoría del flogisto y favorable a la hipótesis de la absorción de un gas durante la combustión. Para estos experimentos Lavoisier utilizó –como desde 1772– su propia versión del aparato de Hales, que no presentaba variaciones de fondo en comparación con las de Priestley, Cavendish, Black y el mismo Hales.⁴

También reprodujo el experimento de Priestley con óxido de mercurio, logrando aislar un gas. Como ya señalamos, Lavoisier partió del diseño experimental que ya seguían Hales y Priestley. Colocó mercurio en una campana de vidrio de cuello curvado, que desembocaba en un tubo de vidrio invertido sobre un recipiente con mercurio. El primer paso del experimento consistía en mantener el mercurio de la campana en ebullición durante varios días mediante un horno colocado en su base. Ello provocaba la aparición de la escoria en la campana, al tiempo que el nivel del mercurio ubicado en el tubo aumentaba, lo que era prueba de que el aire se consumía en el proceso de calcinación. Luego tomó el óxido depositado en la campana y lo calentó nuevamente. De forma previsible obtuvo mercurio por reducción, al tiempo que se liberaba un gas cuyo volumen era aproximadamente igual al del aire consumido durante la calcinación.

En “Three notes on combustion” de 1772 Lavoisier aún afirmaba que cuando el fósforo arde libera flogisto y absorbe aire (en Meldrum, 1932). Según acota Perrin (1988), inicialmente Lavoisier consideró revolucionario su descubrimiento no por abrir una alternativa a la química del flogisto, sino porque permitía explicar la ganancia de peso en la combustión por medio de la absorción de aire. Entre los químicos existía acuerdo respecto a que varias sustancias ganaban peso luego de la combustión, y también había consenso sobre los procedimientos de medición que comprobaban al aumento de peso. La explicación de la ganancia de peso por absorción del aire que Lavoisier introdujo se construyó mediante los procedimientos aceptados por la tradición flogística, lo que marca un primer indicador de continuidad entre las prácticas de la vieja y la nueva química.

Como ha señalado Thagard (1990), en este período Lavoisier explica la calcinación y la combustión asumiendo que los metales absorben aire, pero aún no ha identificado el principio que opera en el proceso. Tampoco ha construido una explicación general que permita dar cuenta de la combustión, la calcinación y la acidificación mediante un único principio. Esto resulta relevante para establecer que en el caso de Lavoisier, la introducción de un marco conceptual alternativo para explicar el papel del oxígeno es posterior a la realización de los experimentos que permitieron establecer la presencia de una entidad correspondiente a un nuevo elemento.

El combate explícito de Lavoisier contra la química del flogisto comienza en 1777, con la lectura de “On the Combustion of Candles in Atmospheric Air and Dephlogisticated Air”. En este texto utiliza la expresión ‘aire desflogistizado’ no solo con propósitos críticos sino también para ilustrar sus propios resultados. La expresión también aparece en la exposición de las consecuencias teóricas de los experimentos, cuando afirma haber demostrado que: “La acción de la combustión está confinada a la porción de aire puro o

⁴ Este punto no presenta dificultad, en cuanto el mismo Lavoisier señala en forma explícita el uso del aparato en su carta a la Academia de Ciencias de 1772, referida a sus experimentos sobre la combustión (en Bensaude-Vicent, 1993, pp. 117-118)

desflogistizado, que forma la cuarta parte restante del aire atmosférico” (1777/1783a, p. 31).

En otro escrito del mismo año también contrario al flogisto, Lavoisier asigna un papel central a la noción de aire desflogistizado en su explicación de la formación de ácidos

que el ácido nitroso es el resultado de la combinación de cierta proporción de aire desflogistizado con aire nitroso; que el sulfuro y el fósforo son incapaces de adquirir acidez sino en la proporción en que se combinen con una considerable porción de aire desflogistizado; y . . . que es posible descubrir, en el ácido vitrólico . . . el aire desflogistizado que entró en su composición en la combustión del sulfuro. (1777/1783b, p. 69).

Es solo en la memoria de 1779, “General considerations on the nature of acids and on the principles composing them”, donde aparece el término ‘oxígeno’ como sustituto directo de ‘aire desflogistizado’:

De aquí en adelante voy a designar el aire desflogistizado, o *aire eminentemente respirable*, en su estado de fijación, con el nombre de principio acidificante o, si se prefiere el mismo significado con una palabra griega, con el de *principio de oxígeno*. (Citado en Holmes, 1985, p. 146)

Lavoisier concluyó que un principio intervenía en la combustión, siendo absorbido por la sustancia quemada y liberado por el óxido. Lo bautizó ‘oxígeno’, y generalizó sus resultados para todos los procesos de combustión. Los resultados de sus experimentos de la segunda mitad de la década del 70 fueron presentados como contrarios a la teoría del flogisto: el aire no era un elemento sino una mezcla de oxígeno con otros gases, los óxidos tampoco eran elementos sino el resultado de la absorción de oxígeno por los metales. Finalmente, la combinación del oxígeno con otras sustancias permitía explicar la calcinación, la combustión y la respiración, lo que a entender de Lavoisier –y de la enorme mayoría de los químicos franceses– probaba como errónea la hipótesis del flogisto.

El descubrimiento del oxígeno es resultado de una serie de experimentos que fueron realizados por Carl Scheele, Priestley y Lavoisier. Si bien extrajeron conclusiones diferentes e interpretaron los resultados de forma muy disímil, los tres condujeron sus investigaciones en base al mismo diseño experimental. Esto no es un rasgo diferencial del descubrimiento del oxígeno sino un indicador de una serie de prácticas compartidas por la química del flogisto y la del oxígeno, que no fueron expuestas a cuestionamiento y se sostuvieron durante la revolución química.

Por más que Priestley, Cavendish y Lavoisier estaban separados por las conclusiones que extraían de sus datos, no mantenían desacuerdos sobre cómo debían efectuarse los experimentos o cuáles eran los resultados empíricos a los que se había llegado en cada caso. Según la esclarecedora formulación de Thagard (1990, p. 202),

Aunque Priestley y Lavoisier tenían esquemas conceptuales diferentes en 1777, mantenían un amplio acuerdo sobre sobre muchas técnicas experimentales y observaciones. Así, incluso el cambio conceptual revolucionario se produce en un contexto de conceptos que tienen relativa estabilidad.⁵

⁵ Traducción nuestra en los casos en que la referencia figura en inglés.

Los mismos experimentos que llevaron a Lavoisier a concluir que el agua y el aire no eran elementos, y que la combustión y la calcinación se debían a la acción del oxígeno, fueron llevados a cabo previamente por Boyle, Scheele, Priestley y Cavendish. E incluso una vez que Lavoisier utilizó estos resultados con propósitos abiertamente revolucionarios, ello no generó ningún tipo de controversia sobre el diseño experimental que había realizado o sobre la fiabilidad de los aparatos que sostenían sus mediciones. Con este marco cronológico como trasfondo, revisaremos ahora la reconstrucción que Kuhn ofrece del papel que jugó la percepción en el cambio conceptual generado por Lavoisier.

3. Kuhn y la revolución química

El relato del descubrimiento del oxígeno desarrollado por Kuhn responde a la caracterización de las revoluciones científicas como cambios de mundo, y a la premisa de que los científicos que trabajan en paradigmas rivales tienen distintas experiencias perceptuales. El punto de partida de Kuhn es la dificultad para precisar el responsable del descubrimiento del oxígeno. En 1770 Scheele obtuvo ‘aire de fuego’, probablemente oxígeno, pero no publicó sus resultados. Entre 1774 y 1775 Priestley aisló un aire a partir de óxido de mercurio y lo bautizó como ‘aire desflogistizado’. Finalmente en 1777 Lavoisier identificó el nuevo gas y dio comienzo a la revolución de la química moderna. Kuhn señala lo problemático de fijar el descubrimiento en un punto del proceso histórico:

si Priestley fue el descubridor, ¿cuándo hizo el descubrimiento? En 1774 creyó que había obtenido óxido nitroso, una especie que ya conocía; en 1775 vio el gas como aire desflogistizado, que aún no es oxígeno, ni siquiera un tipo inesperado de gas para los químicos del flogisto. (1962/2013a, p. 177)

La centralidad que tienen las expresiones visuales en la reconstrucción que Kuhn ofrece del descubrimiento del oxígeno responde a la transición del uso literal al uso metafórico de ‘ver’ (Hoyningen-Huene, 1993, p. 92), en la cual cabe distinguir dos componentes. Por un lado, los procedimientos que efectuó cada científico –los tres aislaron un gas– y por otro la forma en que conceptualizaron los resultados experimentales. Este uso intensional de ‘ver’ sostiene la idea de cambio perceptual que Kuhn introduce para explicar la revolución química,

Si negamos el premio a Priestley, no se lo podemos otorgar a Lavoisier por el trabajo de 1775 que lo llevó a identificar el gas como “el propio aire completo”. Presumiblemente tenemos que esperar al trabajo de 1776 y 1777, que hizo que Lavoisier viera no solamente el gas sino qué era el gas. (Kuhn, 1962/2013a, p. 177)

¿Por qué para Kuhn, ‘aire desflogistizado’ aún no es ‘oxígeno’? Porque ambos términos pertenecen a marcos conceptuales incompatibles dotados de compromisos ontológicos diferentes respecto de la naturaleza del aire, la combustión y la calcinación. En este sentido puede aceptarse que ‘aire desflogistizado’ no es ‘oxígeno’, aunque esto solo es posible bajo una consideración estrictamente intensional de las diferencias entre Priestley y Lavoisier,

descubrir un nuevo tipo de fenómeno es necesariamente un suceso complejo que entraña reconocer tanto *que* algo es, como *qué* es. . . . Pero si tanto la observación como la conceptualización, el hecho y la asimilación de una

teoría, se encuentran inseparablemente unidos en el descubrimiento, entonces el descubrimiento es un proceso que ha de llevar tiempo. (1962/2013a, p. 178)

El doble sentido de ‘ver’ como ‘ver algo’ y como ‘ver qué es algo’ conduce a Kuhn a afirmar que los descubrimientos revolucionarios son inseparables de la formulación de un nuevo paradigma, por lo que el descubrimiento del oxígeno solo fue posible una vez que Lavoisier aprendió a ver (en ambos sentidos) los resultados experimentales de una forma diferente,

Lo que Lavoisier anunció en sus artículos desde 1777 no era tanto el descubrimiento del oxígeno cuanto la teoría de la combustión del oxígeno. Dicha teoría era la pieza clave de una reformulación de la química, tan vasta que generalmente se conoce como la revolución química. (Kuhn, 1962, p. 179)

Para Kuhn, el cambio perceptual involucrado en los descubrimientos revolucionarios precipita un cambio global en el campo de trabajo del científico, de forma tal que una vez consumada la revolución, el mundo en el que los científicos trabajan ya no es el mismo,

Lavoisier vio oxígeno allí donde Priestley había visto aire desflogistizado, y donde otros no habían visto nada en absoluto. Con todo, al aprender a ver oxígeno, Lavoisier tenía que cambiar también su visión de muchas otras sustancias más familiares. Por ejemplo, tenía que ver un mineral compuesto allí donde Priestley y sus contemporáneos habían visto tierra elemental... Como resultado del descubrimiento del oxígeno, Lavoisier vio la naturaleza como mínimo de manera diferente. Y, en ausencia de un recurso a esa hipotética naturaleza fija que ‘vio de manera diferente’ el principio de economía nos incita a decir que tras descubrir el oxígeno Lavoisier trabajaba en un mundo distinto. (Kuhn, 1962/2013a, pp. 266-267)

Esta imagen de las revoluciones científicas como cambios de mundo se basa en las diferencias conceptuales que separan a los bandos enfrentados. En el caso de la revolución química, las denominaciones ‘aire puro’ y ‘oxígeno’ introducidas por Lavoisier suponen que el flogisto no existe, que el aire es un compuesto y que una de sus partes tiene un papel activo en la combustión. Todo esto vuelve inútil al flogisto e implica que los metales absorben aire en la combustión, lo que explica el aumento de peso de los óxidos y cancela la hipótesis de la liberación de flogisto. De aquí que en términos de Kuhn, Priestley y Lavoisier no ven lo mismo: “Tener conciencia por adelantado de las dificultades tuvo que ser una parte significativa de lo que permitió a Lavoisier ver en experimentos como los de Priestley un gas que el propio Priestley había sido incapaz de ver” (1962/2013a, pp. 179-180).

La posición de Kuhn implica que Lavoisier vio oxígeno y Priestley no en cuanto Lavoisier aisló e identificó un determinado gas, que Priestley también había aislado pero no había identificado. A su vez, la identificación del gas por parte de Lavoisier solo fue posible bajo un cambio global en su visión de las sustancias químicas. Hasta aquí, las diferencias de visión entre Priestley y Lavoisier son de tipo intensional, y remiten a las diferentes clases de conceptos que uno y otro utilizaban para lidiar con los resultados experimentales.

Sin embargo, Kuhn va un paso más allá y prolonga el cambio de visión al trabajo de laboratorio,

los científicos con distintos paradigmas se enzarzan en diferentes manipulaciones concretas de laboratorio. Las mediciones que hay que realizar sobre un péndulo no son las pertinentes para un caso de caída obstaculizada. Tampoco las operaciones pertinentes para elucidar las propiedades del oxígeno son siempre las mismas que las precisas para investigar las características del aire desflogistizado. (Kuhn, 1962/2013a, p. 278)

Señalamos previamente que estas afirmaciones implican un alto grado de discontinuidad entre la química del flogisto y la del oxígeno. Cabe plantear la cuestión en términos de grado y no como una discontinuidad a secas, en cuanto la posición de Kuhn oscila entre distintas alternativas en las que vale la pena detenerse. Por momentos Kuhn entiende – como en el pasaje ya señalado – que a distintos paradigmas corresponden distintas manipulaciones de laboratorio, lo cual indica un algo grado de discontinuidad. Sin embargo, en otros pasajes Kuhn parece dispuesto a conceder que los paradigmas enfrentados comparten varias operaciones de laboratorio, “la ciencia posrevolucionaria incluye inevitablemente gran parte de las mismas manipulaciones, realizadas con los mismos instrumentos y descritas en los mismos términos que empleaba su predecesora prerrevolucionaria” (1962/2013a, p. 282).

Por último, en otros pasajes Kuhn adopta una posición intermedia, al señalar que si bien un paradigma emergente puede incorporar las operaciones de su predecesor, lo hace de un modo sumamente novedoso y hasta irreconocible para quienes están en la antigua tradición,

Dado que los nuevos paradigmas nacen de los viejos, por lo común incorporan gran parte del vocabulario y del aparato, tanto conceptual como manual, que había usado antes el paradigma tradicional, si bien rara vez utilizan esos elementos prestados exactamente a la manera tradicional. En el seno de los nuevos paradigmas, los viejos términos, conceptos y experimentos entran en nuevas relaciones mutuas. El resultado inevitable de ello es lo que podríamos llamar, por más que la expresión no sea del todo correcta, un malentendido entre las dos escuelas rivales. (Kuhn, 1962/2013a, p. 309)

Más allá de los desafíos exegéticos que presentan estos pasajes, el foco que podremos en la sección siguiente se restringe a dos aspectos de la cuestión. Por un lado, en el tratamiento de problemas puntuales de la revolución química Kuhn efectivamente parece postular un alto grado de discontinuidad entre las operaciones de la química del flogisto y las del oxígeno, más allá de que pueda conceder que esta discontinuidad no se produce en igual medida en toda revolución científica. Por otro, esta consideración tiene impacto en el papel que Kuhn asigna al cambio perceptual en la revolución química y en las diferencias perceptuales que a su entender separan a Priestley de Lavoisier.

El recorrido kuhniano por la revolución química deja también dos puntos problemáticos vinculados con el uso intensional y extensional del verbo ‘ver’. En términos intensionales, cabe preguntarse hasta qué punto las diferencias conceptuales existentes entre Priestley y Lavoisier pueden ser capturadas de forma adecuada apelando a diferencias perceptuales. En términos extensionales, el punto problemático remite a si hay algún aspecto del trabajo de laboratorio de Priestley y Lavoisier que permita afirmar que vieron cosas diferentes en un sentido no intensional. Para abordar estas cuestiones,

discutiré en lo que sigue algunas de las premisas que sostienen la reconstrucción histórica de Kuhn.

4. Problemas del cambio perceptual

Tal como ha señalado Falguera, la explicación que Kuhn ofrece de la revolución química considera las diferencias perceptuales como resultado de las diferencias entre marcos conceptuales, en cuanto “Es la adopción de una determinada red conceptual la que nos permite organizar la experiencia de determinada forma, estableciendo con qué tipo de entidades nos comprometemos . . .” (2004, pp. 182-183). La adopción de una red conceptual implica una determinada forma de percibir y categorizar la experiencia. Priestley y Lavoisier adoptan redes conceptuales incompatibles y desarrollan estrategias incompatibles de categorización, de un modo que impide las experiencias perceptuales comunes.

El núcleo del argumento kuhniano es la controvertida idea de que dos científicos con marcos conceptuales diferentes perciben el mundo de diferente forma, tanto intensional como extensionalmente. Si bien Kuhn no hace explícita esta distinción, su tratamiento del descubrimiento del oxígeno implica que las revoluciones científicas afectan tanto el acceso extensional a nuevos objetos –descubrir que algo es– como la especificación intensional de sus propiedades –descubrir qué es algo–: “Tan sólo cuando todas las categorías conceptuales pertinentes están dispuestas por adelantado —en cuyo caso el fenómeno no sería de nuevo tipo—, descubrir que algo es y descubrir qué es podrá producirse sin dificultad . . .” (1962/2013a, p. 178).

El problema de esta explicación no estriba en considerar que las diferencias perceptuales –cuando ocurren– son resultado de diferencias conceptuales, sino en suponer que todos los casos de diferencias conceptuales entrañan *necesariamente* divergencias a nivel perceptual.

Kuhn parte del hecho poco controversial de que Lavoisier y Priestley manejaban teorías incompatibles con vocabulario diferente, y extrae la formulación bastante más polémica de que veían cosas diferentes. Podría alegarse que Kuhn utiliza *ver* en un sentido puramente metafórico, para dar cuenta de diferencias conceptuales y no de experiencias perceptuales distintas, pero esto no es así. Para Kuhn los científicos tienen experiencias perceptuales diferentes porque la percepción de los datos está condicionada por el paradigma que adoptan. Se trata de un cambio de conceptos, pero dado de forma tal que implica un cambio en las estructuras perceptuales,

Los datos no son inequívocamente estables. Un péndulo no es una piedra que cae y el oxígeno no es aire desflogistizado. Por consiguiente, los datos que los científicos recogen de estos diversos objetos son ellos mismos distintos. . . . Galileo interpretaba las observaciones sobre el péndulo, Aristóteles interpretaba las observaciones sobre las piedras que caen. . . Pero todas y cada una de estas interpretaciones presuponían un paradigma. (Kuhn, 1962/2013a, pp. 271-272).

Toda interpretación de un dato presupone un paradigma, por lo que si Lavoisier y Priestley defendían paradigmas rivales no podían interpretar los datos de la misma manera.

El vínculo que Kuhn establece entre las diferencias conceptuales y las perceptuales es resultado de la influencia de N. R. Hanson en la consideración de las relaciones entre observación y teoría.⁶ Las tesis de Hanson sobre la observación responden a cierta indistinción entre la percepción intensional y la percepción extensional, y a una concepción muy generosa del impacto de los cambios conceptuales en la experiencia perceptual. Ambas ideas ejercieron una influencia nociva en Kuhn, bajo la asunción de que si dos científicos tienen conceptos diferentes entonces *no pueden estar viendo lo mismo*, “Hanson y Kuhn fundían el cambio perceptual genuino con los cambios de los conceptos utilizados para caracterizar la percepción. Y esto les permitía dar al cambio perceptual un alcance bastante más amplio del que de hecho tiene” (Bird, 2002, p. 189).

La indistinción entre percepción intensional y extensional condujo a Hanson a afirmar que las diferencias conceptuales se traducen automáticamente en diferencias perceptuales, impidiendo que dos científicos que adoptan marcos conceptuales diferentes vean lo mismo. Sumado a esto, Hanson adoptó de forma implícita una concepción global del cambio científico, según la cual los científicos que adoptan marcos conceptuales diferentes no tienen zonas de acuerdo semántico o metodológico.⁷

Estas dos premisas radicales y erróneas condicionaron el abordaje del descubrimiento del oxígeno por parte de Kuhn, y lo llevaron a afirmar que el cambio perceptual es tanto *global* –involucra la totalidad de la experiencia perceptual– como *necesario* –se da en todos los casos–⁸. La tesis de la carga teórica de la observación, y la idea de que toda interpretación de un dato está determinada por un paradigma, resultó fundamental para la visión de la revolución química que Kuhn terminó ofreciendo. Cabe detenerse algo más en este problema.⁹

Podemos aceptar que toda observación científica es teóricamente dependiente, aunque ello no implica que sea dependiente de las teorías rivales para las que una observación dada es relevante. Si tenemos dos teorías opuestas *a* y *b*, para cuya comparación es relevante una serie (1) de observaciones, el que (1) esté teóricamente determinada no obliga a postular que haya una experiencia perceptual (1)*a* para los defensores de *a* y otra experiencia (1)*b* para los defensores de *b*. Por el contrario, se puede

⁶ En su manido ejemplo de la visión del Sol por Kepler y Tycho, Hanson defendió que “Para Tycho y para Simplicio, ver el amanecer era ver que el brillante satélite de la tierra estaba comenzando su circuito diurno alrededor de nosotros, mientras que para Kepler y para Galileo ver el amanecer era ver que la tierra, en su giro, les volvía a poner bajo la luz de nuestra estrella vecina. Examinemos «ver que» en esos ejemplos. puede que sea el elemento lógico que conecta el hecho de observar con nuestro conocimiento y con nuestro lenguaje” (1958/1985, p. 100).

⁷ Recordemos que para Hanson la identidad de la experiencia visual no aseguraba la identidad de la experiencia perceptual a nivel teórico “hay algo de sus experiencias visuales al amanecer que es idéntico para ambos: un disco blanco amarillento y brillante, centrado entre manchas de color verde y azul. El esquema de lo que ambos ven sería idéntico, congruente. . . . decir que Kepler y Tycho ven la misma cosa al amanecer sólo porque sus ojos son afectados de un modo similar es un error elemental” (Hanson, 1958/1985, pp. 83-84).

⁸ Tibbetts (1975) señaló no sin cierta razón que no era claro (ni en Hanson ni en Kuhn) si estas tesis eran resultado de la generalización de casos históricos o conclusiones de argumentos filosóficos.

⁹ Es sabido que a partir del “Epílogo” (1969/2013b) Kuhn enmarca el cambio perceptual en una versión local de la inconmensurabilidad, en la cual tienen cabida tanto los conceptos como las experiencias perceptuales compartidas. En nuestro contexto de discusión nos centraremos en la versión global de la inconmensurabilidad que predomina en *La Estructura*.

aceptar que (1) está teóricamente determinada, pero por otra teoría *c*, que no es lógicamente incompatible ni con *a* ni con *b*, pero cuyo instrumental tecnológico y matemático es indispensable para obtener la observación (1).

Por lo tanto, puede afirmarse que la serie (1) está teóricamente condicionada, pero no por las teorías que son evaluadas mediante (1). Las observaciones que se utilizan para evaluar dos teorías en conflicto son teóricamente dependientes, pero no necesariamente dependientes de las teorías en conflicto. Para elucidar esta cuestión, Bird (2002) ha distinguido entre la dependencia semántica de la observación respecto de la teoría, y la dependencia epistémica. El primer tipo implica que el significado de los términos empleados para obtener datos observacionales es proporcionado por alguna teoría, mientras que el segundo supone que solo podemos conocer hechos observables si asumimos como verdadera alguna teoría. Ahora bien, desde el punto de vista semántico, la teoría que suministra el significado de los términos observacionales no tiene por qué coincidir con la teoría –o las teorías– que pueden ser evaluadas mediante los datos referidos por dichos términos. Lo mismo ocurre a nivel epistémico, en cuanto la teoría que se asume para obtener determinados datos no necesariamente coincide con la teoría que dichos datos permiten evaluar.¹⁰

En el episodio que nos ocupa, los datos de la práctica química son teórico-dependientes, en cuanto su obtención solo es posible –a nivel epistémico– aceptando determinados presupuestos teóricos respecto de cómo se comportan los gases y cómo pueden ser aislados mediante un sistema de tubos. Esto implica aceptar las teorías que permitieron la construcción de los instrumentos, las cuales no están involucradas en el combate entre el flogisto y el oxígeno. A nivel semántico, los datos obtenidos como resultado de los experimentos son conceptualizados mediante términos como ‘calcinación’, ‘oxidación’, ‘gas’, ‘vapor’, etc. Pero ambos niveles de compromisos teóricos no están implicados por la teoría del flogisto ni por la química del oxígeno. Por ello podemos afirmar que los datos obtenidos por Priestley y Lavoisier están teóricamente determinados, pero determinados por una base teórica que ambos comparten –que permite que usen los mismos instrumentos y hagan los mismos experimentos– y no por las teorías que cada uno defiende. En términos de Diez (2012) esto implica que la química del flogisto y la química del oxígeno poseen una base de contrastación común, y en esa medida podemos afirmar que Priestley y Lavoisier tuvieron la misma experiencia perceptual –teóricamente determinada–.

De aquí que “no hay ninguna razón particular para pensar que, en general, las revoluciones arrastran consigo cambios en los significados del vocabulario perceptual, aunque es bastante posible que una revolución que afecte a paradigmas con una fuerte carga del elemento perceptual pueda dar lugar a una inconmensurabilidad de este tipo” (Bird, 2002, pp. 279-280). No hay ninguna razón para pensar que el cambio conceptual

¹⁰ Otávio Bueno ha ido un paso más allá, al poner en cuestión la determinación de los instrumentos de observación científica por las teorías. Hay teorías falsas que han permitido desarrollar instrumentos eficaces, y también hay casos en los que el uso de un instrumento no requiere la adopción de la teoría que permitió construirlo. Esto implica que los resultados obtenidos con un instrumento no necesariamente cambian al cambiar las teorías que emplean el instrumento, por lo que “los instrumentos tienen una relativa independencia de las teorías, lo cual significa que los resultados que ofrecen pueden ser usados para juzgar entre teorías rivales sin favorecer a ninguna teoría en particular.” (Bueno, 2012, p. 52)

implica necesariamente cambios a nivel del vocabulario perceptual, aunque cambios de este tipo pueden ocurrir en algunas ocasiones. En último término se trata de una cuestión de reconstrucción histórica, y es en el campo de la historia donde corresponde dilucidar en qué condiciones el vocabulario compartido y los criterios comunes permiten experiencias perceptuales comunes y en cuáles no.¹¹

Si hubo una experiencia visual compartida en el caso Priestley-Lavoisier, fue la percepción de las diferencias de peso registradas por ambos con balanzas. En este nivel perceptual Priestley y Lavoisier no parecen haber tenido discrepancias de fondo, en cuanto las mediciones de ambos arrojaron los mismos resultados, justamente a causa de que sus aparatos de observación no estaban determinados ni por la química del oxígeno ni por la química del flogisto. Los resultados experimentales que llevaron a Priestley a hablar de aire desflogistizado son los mismos que condujeron a Lavoisier a hablar de oxígeno, lo que explica por qué para Lavoisier ambos términos resultaban intercambiables. Si esto es así, el papel de la percepción en el descubrimiento del oxígeno parece ser mucho más acotado de lo que indica la idea de cambio de mundo. En lo que sigue profundizaré en esta afirmación.

5. La percepción visual en el descubrimiento del oxígeno

Tanto para Hanson como para Kuhn las divergencias perceptuales son consecuencia de las diferencias de marco teórico. Sin embargo, ni las diferencias conceptuales ni la determinación teórica de la observación parecen ofrecer suficiente apoyo para postular el cambio perceptual como un rasgo intrínseco del cambio científico. Si dos científicos realizan el mismo experimento partiendo de la misma materia prima, con los mismos aparatos y escalas de medición, podemos concluir que reciben estímulos muy similares. Si además obtienen los mismos resultados, podemos también afirmar que formaron la misma percepción a partir del mismo estímulo y que emplean diferentes marcos conceptuales para referirse a los mismos resultados.

En el caso de la revolución química, tanto Priestley como Lavoisier obtuvieron un gas luego de calcinar mercurio, y ambos coincidieron en que habían llegado a los mismos resultados realizando el mismo experimento. Solo en una etapa posterior del debate –en 1779– Lavoisier introdujo la denominación ‘oxígeno’, dejando expresa constancia de que se refería al gas obtenido tanto por él como por Priestley. Si se toma la cuestión en términos intensionales, se podría objetar la expresión ‘los mismos resultados’ alegando que en el experimento con mercurio Priestley obtuvo aire desflogistizado y Lavoisier oxígeno. Pero una objeción de este tono corre el riesgo de petición de principio, ya que habría que mostrar que la distinción entre ‘ver oxígeno’ y ‘ver aire desflogistizado’ efectivamente revela diferencias perceptuales y no únicamente diferencias de conceptos.

Las diferencias conceptuales entre Priestley y Lavoisier no muestran otra cosa que formas alternativas de categorizar los mismos datos. Habiendo identidad en el dispositivo experimental y acuerdo en el resultado, podemos decir no solo que Priestley y Lavoisier hicieron el mismo experimento con los mismos criterios, sino que tuvieron la misma experiencia perceptual. Tal como ha señalado Andrew Pyle,

¹¹ Sobre el alcance y las alternativas que la filosofía de Kuhn ofrece como programa de reconstrucción histórica, es de interés el texto de Giri y Giri (2020).

¿por qué no deberíamos decir que vieron la misma cosa, no solo en el sentido obvio de que el referente de ‘aire desflogistizado’ en Priestley es el mismo que el de ‘gas oxígeno’ en Lavoisier, sino en el sentido más estricto de que ambos vieron el metal mercurio siendo restaurado, y emitiendo un aire incoloro? (Pyle, 2000, p. 103)

Hasta aquí hemos insistido en que las diferencias conceptuales que separaban a la química del oxígeno y la del flogisto no habilitan a postular que en un sentido extensional Priestley y Lavoisier tuvieron experiencias perceptuales diferentes. Pero aunque esta identidad del diseño experimental dificulta afirmar que ambos científicos no vieron lo mismo, entendemos que no ataca directamente la cuestión. El obstáculo principal en postular que Lavoisier vio oxígeno donde Priestley vio aire desflogistizado radica en el escaso papel que la percepción visual jugó en ambos experimentos. Si esto es así, no solo estamos autorizados a pensar que Priestley y Lavoisier vieron lo mismo, sino que podemos dar un paso más y afirmar que lo que hayan visto no es relevante, en cuanto las diferencias que los separaban no eran en absoluto de tipo perceptual. En lo que resta de esta sección nos detendremos en este punto.

Lo que condujo a Lavoisier a postular el oxígeno y a Priestley el aire desflogistizado, no fue la ‘visión’ del vapor que emitía el óxido de mercurio, sino la medición de las diferencias de peso entre los elementos y sus óxidos, así como las mediciones del volumen de los vapores liberados en cada experimento. Sin los datos aportados por esas mediciones, la sola visión del vapor saliendo de un tubo no permitiría jamás llegar al oxígeno ni al aire desflogistizado.

Si afirmamos que ambos científicos tuvieron la misma experiencia perceptual, podemos estar señalando que ambos vieron el mismo vapor emitido por el óxido, o que ambos vieron los mismos registros de peso en las balanzas. La primera percepción carece de valor experimental, ya que lo relevante para la identificación de un gas es la diferencia de peso antes y después de una reacción química, y no la percepción visual del vapor emitido en un tubo.

Afirmar que Priestley y Lavoisier vieron lo mismo porque ambos percibieron la diferencia de peso medida en la balanza no es menos problemático. La visión de las balanzas carece de fuerza como experiencia perceptual compartida, ya que solo nos autoriza a decir que Priestley y Lavoisier vieron lo mismo al mirar sus instrumentos de medición. Si hubo una experiencia perceptual que resultó decisiva en este caso, fue la percepción –tanto en Priestley como en Lavoisier–, de los resultados que arrojaban las mediciones efectuadas en las balanzas. Pero esto no cuenta como ‘ver oxígeno’ o ‘ver aire desflogistizado’ en ningún sentido relevante, ya que los únicos objetos de la visión en cada experimento son las partes de los artefactos usados para medir. Si ver vapor saliendo por un tubo no cuenta como ver oxígeno, mucho menos cuenta ver el registro de un cambio de peso en una balanza.

El problema aquí radica en que un gas raramente se ve, y cuando es visto, la sola percepción visual difícilmente puede tomarse como un informe observacional. Lavoisier y Priestley o bien vieron lo mismo, en cuanto vieron humo saliendo del tubo donde estaba colocada la cal del mercurio, o bien no vieron nada, ya que ninguno de los dos *vio* un gas en sentido estricto. Es de recibo pensar que en ciertos contextos experimentales la visión de un vapor emanado o de burbujas en un líquido sí puede valer como informe

observacional. Pero en el contexto de los experimentos de Priestley y Lavoisier, lo que vale como dato probatorio es la diferencia de peso antes y después de las reacciones químicas, más que la emisión de un vapor como resultado de las mismas. Tanto Priestley como Lavoisier *aislaron* un gas realizando el mismo procedimiento de laboratorio, y en este sentido, podemos suprimir la engañosa pregunta de si vieron o no lo mismo y preguntarnos si hicieron el mismo experimento y obtuvieron los mismos resultados.

En sentido extensional, Priestley y Lavoisier vieron lo mismo: vapor saliendo de un tubo, pero ello carece de importancia en un caso de experimentos que se basan en manipular gases y medir su peso, procesos en los que la *visión* –en este primer sentido–, no juega ningún rol fundamental. En sentido intensional claramente no vieron lo mismo, uno vio aire desfloritizado y el otro oxígeno, pero el proceso que condujo a esta diferencia intensional no está mediado por ninguna experiencia perceptual que justifique un uso más ambicioso del verbo ‘ver’. Así las cosas, lo central no es si Lavoisier y Priestley *vieron lo mismo*, sino que *hicieron lo mismo*, realizaron el mismo experimento, y obtuvieron los mismos datos con las mismas mediciones.

6. Conclusión

He defendido que la transición del flogisto al oxígeno operada durante la revolución química no responde a un cambio de tipo perceptual, y que las diferencias existentes entre Priestley y Lavoisier pueden ser comprendidas de mejor manera si se prescinde de la percepción como instancia explicativa. He buscado mostrar que la premisa de que las diferencias conceptuales entrañan necesariamente diferencias en la percepción condujo a Kuhn a considerar la revolución química como un cambio de visión del mundo, en consonancia con la idea de que toda interpretación de un dato está determinada por el paradigma al que pertenece el científico.¹²

Esta posición se basa por un lado en que Lavoisier y Priestley no tuvieron experiencias perceptuales diferentes, y por otro en que la percepción no jugó un papel relevante en el proceso que condujo al descubrimiento del oxígeno. En estas condiciones, las diferencias entre Priestley y Lavoisier pueden ser mejor comprendidas como diferencias conceptuales desplegadas sobre una base común de experimentos y prácticas de laboratorio. El recorrido que he efectuado no pretende deflacionar la idea kuhniana del cambio perceptual ni la noción de inconmensurabilidad perceptual asociada a ella. Solo pretende mostrar que la noción de cambio perceptual no resulta operativa para explicar este aspecto de la revolución química, aunque ello no quita que otras revoluciones científicas puedan registrar casos genuinos de cambio perceptual.

Reformulando estos resultados en clave de inconmensurabilidad, puede decirse que quizás sea más fértil pensar a la inconmensurabilidad perceptual como un proceso histórico que admite grados de intensidad mayores y menores. Estos grados conforman un continuo, en uno de cuyos extremos se encuentran los casos en que los científicos no ven lo mismo cuando miran en la misma dirección, y en el otro extremo los casos en que sí ven lo mismo a pesar de defender teorías rivales. Kuhn (1962/2013a) dio un tratamiento algo homogéneo a esta cuestión, al postular cambios perceptuales del mismo tipo en

¹² La literatura sobre la noción de interpretación en Kuhn es vastísima, para un abordaje reciente puede consultarse Rivera (2020).

episodios tan disímiles como la revolución química, la transición de la física de Aristóteles a la de Galileo o la trayectoria de los planetas durante la revolución copernicana. Por el contrario, si se considera a la inconmensurabilidad perceptual como un proceso contingente que puede darse o no en cada revolución científica -y no como un rasgo estructural del cambio científico- resulta posible separar el cambio perceptual del cambio conceptual. Ambos tipos de cambio remiten a dos niveles diferentes de construcción de las teorías científicas, y por tanto pueden darse en simultáneo o por separado según cada caso.

Referencias

- Bensaude-Vicent, B. (1993). *Lavoisier. Memories D'une Révolution*. Paris: Flammarion.
- Bird, A. (2002). *Thomas Kuhn*. Madrid: Tecnos.
- Blumenthal, G. (2013). Kuhn and the Chemical Revolution: a re-assessment. *Foundations of Chemistry*, 15 (1), 93-101.
- Bueno, O. (2012). Inconmensurabilidad y dominios de aplicación. En P. Lorenzano, O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn: La inconmensurabilidad hoy* (pp. 27-65). Madrid: Biblioteca Nueva.
- Butterfield, H. (1958). *The Origins of Modern Science, 1300–1800*. London: G. Bell & Sons.
- Caamaño, M. (2009). A Structural Analysis of the Phlogiston Case. *Erkenntnis*, 70(3), 331-364.
- Chang, H. (2012). *Is Water H₂O? Evidence, Realism and Pluralism*. Boston Studies in the Philosophy and History of Science (vol. 293). Dordrecht: Springer.
- Daumas, M. (1963). Precision of Measurement and Chemical Research in the Eighteenth Century'. En A. C. Crombie (Ed.), *Scientific Change: Historical Studies in the Intellectual, Social, and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention, from Antiquity to the Present* (pp. 418-430). New York: Basic Books.
- Diez, J. (2012). Inconmensurabilidad, comparabilidad emp rica y escenas observacionales. En P. Lorenzano & O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn. La inconmensurabilidad hoy* (pp. 67-118). Madrid: Biblioteca Nueva.
- Falguera, J. L. (2004). Las revoluciones científicas y el problema de la inconmensurabilidad. En W. González (Ed.), *Análisis de Thomas Kuhn: las revoluciones científicas* (pp. 177-223). Madrid: Trotta.
- Gillispie, C. C. (1960). *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Giri, L., & Giri, M. (2020). Recuperando un programa kuhniano en historia de la ciencia". *Cuadernos de filosofía*, 38, 75-89.
- Guerlac, H. (1961). *Lavoisier – the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Hanson, N. R. (1985). *Patrones de descubrimiento* (E. García Camarero, trad.). Madrid: Alianza. (Obra original publicada en 1958)

- Holmes, F. (1985). *Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity*. Madison-USA: The University of Wisconsin Press.
- Hoyningen-Huene, P. (1993). *Reconstructing Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Hoyningen-Huene, P. (2008). Thomas Kuhn and the Chemical Revolution. *Foundations of Chemistry*, 10, 101-115.
- Kuhn, T. (2013a). *La estructura de las revoluciones científicas* (C. Solís, trad). México: FCE. (Obra original publicada en 1962)
- Kuhn, T. (2013b). Epílogo: 1969 (C. Solís, trad). En *La Estructura de las revoluciones científicas* (pp. 344-397). México: FCE. (Obra original publicada en 1969)
- Lavoisier, A. (1783a). On the Combustion of Candles in Atmospheric Air and Dephlogisticated Air (T. Henry, trad.). En *Essays on the effects produced by various processes on atmospheric air* (pp 17-33). London: W. Eyres. (Obra original publicada en 1777)
- Lavoisier, A. (1783b). On the Solution of Mercury in Vitrolic Acid (T. Henry, trad.). *Essays on the effects produced by various processes on atmospheric air* (pp 69-75). London: W. Eyres. (Obra original publicada en 1777)
- McEvoy, J. G. (1988). Continuity and Discontinuity in the Chemical Revolution. *Osiris*, 2nd Series, 4, 195-213 [SI: *The Chemical Revolution: Essays in Reinterpretation*].
- McEvoy, J. G. (2010). *The historiography of the chemical revolution: Patterns of interpretation in the history of science*. London: Pickering & Chatto.
- Meldrum, A. (1932). Lavoisier's Three Notes on Combustion: 1772. *Archeion*, 14(1), 15-30.
- Miguel, H.; Paruelo, J.; Pissinis, G. (2002). Las *salvedades* (provisos) y la magnitud del cambio teórico. *Crítica*, 34(101), 43-71.
- Morris, R. J. (1972). Lavoisier and the Caloric Theory. *British Journal for the History of Science*, 6, 1-38.
- Musgrave, A. (1976). Why did oxygen supplant phlogiston? Research programmes in the Chemical Revolution. En C. Howson (Ed.), *Method and Appraisal in the Physical Sciences: The Critical Background to Modern Science, 1800–1905* (pp. 181-210). Cambridge: Cambridge University Press.
- Perrin, C. E. (1987). Revolution or Reform: The Chemical Revolution and Eighteenth-Century Concepts of Scientific Change. *History of Science*, 25, 395-423.
- Perrin, C. E. (1988). The Chemical Revolution: Shifts in Guiding Assumptions. En A. Donovan, L. Laudan, & R. Laudan (Eds.), *Scrutinizing Science* (pp. 105-124). Dordrecht: Springer.
- Pyle, A. (2000). The Rationality of the Chemical Revolution. En R Nola & H. Sankey (Eds.), *After Popper, Kuhn and Feyerabend* (pp. 99-124). Dordrecht: Kluwer.
- Rivera, A. (2020). Incommensurabilidad, intraducibilidad e intensionalidad: una discusión entre Thomas Kuhn y Donald Davidson. *Cuadernos de filosofía*, 38, 99-117.
- Thagard, P. (1990). The Conceptual Structure of the Chemical Revolution. *Philosophy of Science*, 57, 183-209.

- Tibbetts, P. (1975). Hanson and Kuhn on Observation Reports and Knowledge Claims. *Dialectica*, 29 (2-3), 145-155.
- Toulmin, S. (1957). Crucial Experiments: Priestley and Lavoisier. *Journal of the History of Ideas*, 18, 205-222.
- Verbruggen, F. (1972). How to Explain Priestley's Defense of Phlogiston. *Janus*, 54, 47-89.
- Wray, K. B. (2018). Kuhn, the History of Chemistry and the Philosophy of Science. *Hopos*, 9, 75-92.