



Dinámicas científicas: de la teoría del flogisto a la teoría del oxígeno

Scientific dynamics: from phlogiston theory to oxygen theory

NORIA
INVESTIGACIÓN EDUCATIVA
ISSN-E2590-5791

Edwin Arnulfo Guzmán Contreras

Hermes Andrés Mancera Mendieta

Javier Andrés Esteban Muñoz

Artículo de reflexión

Dinámicas científicas: de la teoría del flogisto a la teoría del oxígeno

Scientific dynamics: from phlogiston theory to oxygen theory

Edwin Arnulfo Guzmán-Contreras
Maestría en Docencia de la Química. *Universidad Pedagógica Nacional*
eaguzmanc@upn.edu.co

Hermes Andrés Mancera-Mendieta
hamanceram@upn.edu.co
Maestría en Docencia de la Química. *Universidad Pedagógica Nacional*

Javier Andrés Esteban-Muñoz
jaestebanm@upn.edu.co ; jestebanm@unal.edu.co
Maestría en Docencia de la Química. *Universidad Pedagógica Nacional*.
Estudiante de Química Farmacéutica. *Universidad Nacional de Colombia-sede Bogotá*

Resumen

En la dinámica de las ciencias, analizar teorías rivales juega un papel importante para comprender cómo se pueden complejizar los conceptos a partir del estudio a profundidad de los fenómenos naturales. Sin embargo, esta evolución conceptual no es espontánea, pues una serie de estudios y hechos científicos desarrollados en un tiempo determinado, pueden aportar elementos suficientes para contribuir con el avance de las ciencias. Así, el propósito de este artículo es realizar una reconstrucción histórico-epistemológica del concepto combustión, analizado desde las teorías rivales del flogisto y de la corriente oxigenista para comprender cómo se desarrolló esta Revolución Química. Es imposible desconocer aspectos importantes o antecedentes que incidieron en el desarrollo de diversas propuestas científicas para explicar la combustión con mayor argumentación, por ello, a nivel histórico se abordaron teorías propuestas desde Paracelso hasta Lavoisier para mostrar que la ciencia no avanza de forma lineal. Dicho recorrido, acompañado de visiones epistemológicas propuestas por Lakatos, Kuhn y Estany

proporciona elementos para realizar una reflexión sobre las implicaciones didácticas desde las Tramas Histórico-Epistemológicas (THE) y las Tramas Conceptuales (TC) para generar un currículo dinámico que promueva la enseñanza de conceptos propios de la química articulados con su historia. Finalmente, un diseño curricular enmarcado en las THE y las TC no genera un cambio conceptual sino una complejización de los conceptos, pues el modelo de dinámica científica aporta elementos fundamentales para comparar teorías rivales y comprender la microestructura de las revoluciones científicas.

Palabras Clave: Dinámica Científica, reconstrucción histórico-epistemológica, teoría del flogisto, revolución Química.

Abstract

In science dynamics, analysing rival theories plays an important role to understand how concepts can become more complex from a deep study about natural phenomena. Nevertheless, this evolution is not spontaneous because several studies and scientific facts that happened in a given time can provide enough elements to

foster science progress. Thus, the aim of this paper is to do a historical-epistemological reconstruction of combustion, as a concept, analysing the postulates of the phlogiston and oxygen theories to know about how this Chemical Revolution took place. It is impossible not to know important aspects that affect the evolution of some scientific proposals to explain combustion with a stronger argumentative power. That's why an historical analyse has been done, going from Paracelso to Lavoisier's theoretical approach to show that science does not advance in a linear way. Such a journey is followed by the Lakatos, Kuhn and Estany's epistemological views, which gives elements to reflect on the didactic implications based on historical and epistemological scopes (HES) and didactic scopes (DS) to create a dynamic study program that promotes the teaching of Chemistry concepts linked to their history.

Finally, the design of a study program based on historical and epistemological scopes and didactic scopes does not yield a conceptual change but more interrelated concepts, because the model of scientific dynamics provides the theoretical comparison and the understanding of scientific revolutions microstructure with fundamental elements.

Keywords: Scientific dynamics, historical epistemological reconstruction, phlogiston theory, chemical revolution.

Introducción

En ciencias es común observar que diferentes libros de texto empleados en nuestro siglo incorporan visiones positivistas e incluso inductivistas predominantes del siglo XIX sobre el desarrollo de conceptos científicos. Perspectivas como la de Augusto Comte, sugieren que todo lo científico está asociado con hechos observables o fenómenos percibidos que pueden ser explicados, pues las corrientes empíricas asocian la ciencia exclusivamente con lo experimentable, lo que genera incertidumbre sobre cómo se ha llevado a cabo la enseñanza de

las ciencias en general y de la química en particular a lo largo de la historia, pues las teorías científicas plantean propuestas más allá de lo observable.

Este artículo da cuenta de una reconstrucción histórica epistemológica sobre el concepto de flogisto y su evolución para demostrar que no fue parte de un simple cambio conceptual, sino que su desarrollo se dio gracias a un avance gradual y progresivo de la ciencia, el cual puede ser interpretado desde diversas perspectivas epistemológicas. Por otra parte, evidenciar todos los avances en ciencia supone cambios paradigmáticos e implicaciones didácticas que se abordarán teniendo como eje transversal las Tramas Histórico – Epistemológicas (THE) como estrategia para promover un avance significativo en la enseñanza de las ciencias abordando los conceptos desde el conocimiento de su historia.

Metodología

Esta investigación fue de corte cualitativo con alcance exploratorio (Hernández-Sampieri *et al.* 2014). Inicialmente se realizó una revisión de manuscritos en idiomas inglés y español indagando en plataformas como Google Scholar y Scielo, desde el año 1970 hasta la actualidad; esto tomando como criterio de búsqueda tesauros o palabras clave en dichos idiomas, por ejemplo: Revolución Química, flogisto, combustión, historia de la combustión, Lavoisier. Acerca de los hallazgos y selección se tomaron aquellos que abordaron como criterio principal la Revolución Química con intereses históricos, epistemológicos y/o didácticos alrededor de la combustión como concepto científico importante desde la óptica de Stahl y Lavoisier durante los siglos XVII y XVIII, época histórica conocida como la Revolución Química.

Luego, en el apartado de Discusión, se comentó la importancia del cambio o sustitución de unas teorías científicas por otras, desde las perspectivas epistemológicas de Kuhn (1971), Lakatos (1983), Niaz (1994) y Contreras (2004)

junto con las implicaciones que esto puede tener en didáctica de la Química. Finalmente, el análisis y reflexión se llevó a cabo partiendo de los aportes de Jensen (1998) y los constructos alrededor de las Tramas Histórico-epistemológicas (THE) y Tramas Conceptuales (TC) propuestos por Mora y Parga (2007), así como el trabajo de Estany (1996) en relación con el modelo de dinámica científica.

Resultados

La historia de la ciencia indica que fueron varios los aportes que sirvieron de antecedente a la teoría del flogisto, pues, Paracelso mostró un inicio de la química desde la descripción de los cuerpos indicando que estaban compuestos de sal, Azufre y Mercurio (Mosquera, Mora y García, 2003). Por su parte, Van Helmont afirmó que el “espíritu silvestre” de una sustancia escapaba cuando la combustión de carbón vegetal emitía una sustancia gaseosa al ambiente; Boyle y Hooke con sus investigaciones sobre el aire proporcionaron elementos fundamentales para el análisis de la combustión, sin embargo, con los avances de Becher, quien propuso que las sustancias tenían una composición terrea o vitrificable, metálica y combustible como factor esencial en el proceso de combustión, se dio paso a los postulados propuestos por Stahl y aceptados por muchos químicos aproximadamente por medio siglo (Gallego y Pérez, 2012).

Los planteamientos aportados por Stahl sostenían que los compuestos o cuerpos mixtos estaban conformados por una substancialización complementada por una materialización, formada por agua y tierra de diferentes tipos que podrían cambiar gracias a la acción del fuego y el aire. Este cambio o mixtión fue un intento por explicar la combustión de una sustancia que eliminaba su flogisto e incluso la calcinación de los metales que al ser calentados producían cales, hoy conocidas como óxidos. Aunque Stahl nunca se preocupó por conocer la naturaleza de la sustancia que escapaba del cuerpo, indicó que

“un fuego se apagaba cuando el material había perdido todo su flogisto saturando el aire que lo rodea” (Muñoz, 2013, p. 32). Dicha sustancia podría ser reabsorbida por las plantas a través de la atmósfera y por tanto cuando la madera era quemada podía eliminar de nuevo el flogisto; Muñoz (2013) citando a Stahl indica que “[el flogisto] es la materia y principio del fuego, aunque no es fuego en sí mismo” (p. 32).

A pesar de que esta teoría clasificó la materia según su grado de flogisticación y estableció explicaciones sobre el calor, combustión y calcinación con base en el flogisto, no pudo explicar varios fenómenos, incluso mucho antes que Lavoisier mostrara sus avances se había documentado que cuando los metales se calcinaban eran más pesados, por tanto, resultaba ser bastante contradictorio que las sustancias aumentaran de masa cuando eliminaban su flogisto. Estas serias deficiencias dieron paso a una teoría rival propuesta por Lavoisier que no apareció de un momento a otro, sino que construyó sus cimientos gracias al aporte de una comunidad científica comprometida con la investigación sobre diversos fenómenos, lo que favoreció un camino para comprender que la combustión y la calcinación se debían al oxígeno (Mosquera, Mora y García, 2003).

Para comprender los planteamientos expresados por Lavoisier vale la pena exponer las contribuciones de algunos científicos que con sus observaciones, experimentos y análisis dieron paso a una nueva revolución científica. Inicialmente un ayudante del laboratorio de Boyle llamado Hankewitz reportó el aumento de peso del fósforo al ser quemado; al poco tiempo Guyton de Morveau indicó que sucedía lo mismo al calcinar Plomo y Estaño, pero los defensores de la teoría de Stahl indicaron que el flogisto tenía un peso negativo y por tanto cuando abandonaba un cuerpo su masa aumentaría. Posteriormente con el estudio de los gases y el desarrollo del barómetro por parte de Torricelli, aseveraciones como la de Aristóteles

que indicaban que la naturaleza tenía un horror al vacío fueron puestas en duda al cambiar la concepción de aire como algo metafísico y se comprendiera como un ente material con peso (Gallego y Pérez, 2012).

Con el avance en investigaciones alrededor de los gases, Cavendish obtuvo el hidrógeno o también denominado “aire inflamable” gracias a la reacción entre hierro y ácido sulfúrico. Luego Scheele demostró con sus experimentos que el aire se componía de dos fluidos diferentes, uno de ellos con mayor atracción por el flogisto que el otro; al primero lo llamo “aire sucio” y al segundo “aire de fuego”, sin embargo, Priestley que adelantaba sus investigaciones con diversos gases ya había aislado el “aire de fuego” pero le había asignado el nombre de “aire desflogisticado”. Gracias a los múltiples experimentos realizados por aquella época sobre todo con la oxidación de mercurio, favorecieron avances significativos en ciencia, pero también se generaron polémicas (Gallego y Pérez, 2012). Examinando diferentes documentos pueden encontrarse diversas versiones de lo que pudo suceder en el encuentro entre Priestley y Lavoisier, hecho que resulta trascendental en el desarrollo de la teoría que reemplazaría de base los planteamientos propuestos por Stahl. En su artículo, Gallego y Pérez (2012) indican que “Priestley refirió con detalles sus ensayos con el aire desflogisticado” (p. 9), los cuales fueron reproducidos de forma metódica por Lavoisier obteniendo resultados que fueron divulgados a la comunidad científica al año siguiente, 1775, dejando de lado los parámetros flogistonistas. Por otra parte, autores como Muñoz (2013) refieren que lo sucedido no fue así, pues plantea que “Priestley y Lavoisier intercambiaron información sobre los experimentos que estaban realizando, en particular los relacionados con la combustión” (p. 57), lo cual permite deducir que hubo un diálogo cordial entre los científicos sobre un tema de interés mutuo. Aunque los dos documentos muestran formas diferentes de contar la historia y siembra dudas sobre cómo

sucedieron los hechos, ambos concluyen afirmando que Lavoisier no dio crédito ni reconoció los aportes adelantados por Priestley, lo que generó conmoción en aquella época e incluso cuestionamientos hacia la publicación de Lavoisier.

Detallando la obra de Lavoisier es válido afirmar que dio un valor significativo al uso de la balanza como instrumento científico, pues, aunque ya había sido utilizada por varios científicos de la época como Priestley y hacia parte de los laboratorios convencionales, la naturaleza cuantitativa de sus investigaciones otorgó un valor simbólico al instrumento. Gracias a sus investigaciones, Lavoisier indicó que la combustión se desarrolla en un ambiente con aire puro como inicialmente llamó al oxígeno. Adicional a esto, afirmó que el peso ganado por una sustancia al quemarse guarda una relación con el peso perdido por el aire, identificando con esto distintos tipos de aire y clasificándolos como atmosférico, nocivo, fijo y puro (oxígeno). Para finalizar, sus teorías sustituyen los términos flogisticación y desflogisticación por reducción y oxidación respectivamente, para hacer referencia a los procesos de calcinación de los metales (Ariza, 2009).

Visiones Epistemológicas

A nivel epistemológico este asunto científico puede analizarse desde diversas ópticas. Para los positivistas, todo lo que no puede verse hace parte de las negaciones manifiestas a nivel de ciencia, en este sentido Niaz (1994) plantea que lo no visible es considerado como una “fobia”, por tanto, el flogisto o la teoría atómica no podrían ser valoradas como hechos científicos, pues los planteamientos que indicaban la existencia de sustancias que escapan o cargas eléctricas presentes en la materia no podrían ser medidos o manipulados en cierto momento. Adicional a esto, el positivismo plantea que las leyes o teorías son descubiertas por los científicos debido al objetivismo del conocimiento, que es mostrado en textos al

indicar que “Lavoisier (1743-1794) realizó experimentos que echaron por tierra la teoría del flogisto y dieron nacimiento a la química moderna” (Brown y Le May, 1987, p. 5) lo que deja en evidencia un claro desinterés en el proceso de cambio en la ciencia.

Desde una postura lakatosiana podría analizarse la evolución de la teoría del flogisto hasta los postulados oxigenistas. En esta perspectiva, es importante destacar de forma breve que Lakatos (1983) muestra en sus planteamientos un “centro” firme o heurística negativa, rodeado por diversas teorías denominadas cinturón protector (heurística positiva), susceptibles al cambio ya que pueden ser refutadas a través del debate o con exposición de datos empíricos para mejorar su capacidad de argumentación y poder explicativo. Así, podría indicarse que el flogisto de Stahl hacia parte del centro firme, rodeado por hipótesis auxiliares como las explicaciones sobre la respiración de las plantas, la clasificación de la materia según el grado de flogisticación o las explicaciones sobre el calor y el fuego con base en el flogisto.

Sin embargo, la ciencia no se ha desarrollado en línea recta, sino que ha presentado momentos de inestabilidad o puntos de vista conflictivos que dieron competencia a nuevos postulados entre teorías rivales, para dar más poder explicativo a la heurística positiva de las teorías. En esencia, los postulados de Lavoisier basados en el avance científico y en investigaciones sobre gases atacaron de frente aquel cinturón protector y con sus explicaciones sobre el aumento de masa en la calcinación de los metales terminaron por fracturar aquel núcleo central para dar paso a una nueva teoría con fundamento científico y alejada totalmente del flogisto (Niaz, 1994). Con estos hechos podría pensarse que desde la propuesta de Lakatos una nueva heurística negativa resurgió, teniendo al oxígeno como núcleo central y con múltiples teorías que sirvieron de cinturón protector. Aunque se ha señalado la importancia de la teoría oxigenista, algunas afirmaciones que hacían parte de su heurística

positiva fueron refutadas para mejorar el carácter explicativo del fenómeno analizado, como el hecho de indicar que “todos los ácidos contienen oxígeno” (Niaz, 1994, p. 99).

Por otra parte, según Contreras (2004), Kuhn construye su tesis indicando que “las nuevas teorías no nacen por verificación ni por falsación, sino por sustitución de algún modelo explicativo o paradigma” (p. 43), el cual podría definirse como un patrón o realización científica que proporciona soluciones a una comunidad. Bajo estos lineamientos hay dos componentes fundamentales en los que Kuhn (1971) centra su lógica: la matriz disciplinaria que se compone de expresiones o generalizaciones simbólicas enmarcadas en modelos heurísticos empleando un lenguaje propio y el factor sociológico que se define como las relaciones establecidas entre los miembros de una comunidad que comparten un paradigma común.

La ciencia que se encuentra en continua búsqueda de conocimiento para comprender la naturaleza y afianzar un paradigma es llamada por Kuhn (1971) “ciencia normal”, la cual, es aceptada por toda la comunidad científica que valida sus métodos y aprueba sus resultados para ser publicados. Así, la ciencia en su dinámica de cambio puede solucionar incógnitas dentro de un paradigma, pero también puede entrar en crisis ante el surgimiento de nuevas explicaciones o anomalías como sucedió con la teoría del flogisto (Contreras, 2004). Por tanto, la acumulación de anomalías expuestas por Lavoisier y otros científicos terminaron por fracturar el viejo paradigma propuesto por Stahl, dando paso a una “revolución científica” en la cual el nuevo paradigma propuesto desde la teoría oxigenista es inconmensurable con el paradigma flogistonista.

Discusión

Pero ¿qué consecuencias en términos didácticos pueden tener las anteriores visiones epistemológicas? Pues bien, estos aportes deben

interpretarse como apenas una parte de todo lo que debemos saber para ejercer la docencia. Entendida como una actividad que involucra varios saberes, como se aprecia con la aparición de la línea de investigación de Conocimiento Pedagógico del Contenido (Shulman, 1986, como se citó en Mora y Parga, 2007) puede entenderse como conocimiento didáctico del contenido o CDC dadas sus diferencias.

Inicialmente se habló de cambio conceptual (Posner *et al.*, 1982, como se citó en Mosquera, Mora y García, 2003), pero a partir de los postulados del CDC es posible decir que el cambio conceptual propuesto como se concibió inicialmente no tiene lugar como tal, puesto que se presenta una complejización del concepto inicial o de la idea previa que tenía el estudiante. Vale aclarar que la idea sobre cambio conceptual no tuvo origen en la didáctica, pues por ejemplo Kitcher (1993, como se citó en Estany, 1996) afirma que: “los cambios conceptuales que han causado mayor impacto y han significado mayor progreso cognitivo son aquellos en los que ha habido una reorganización de los conceptos”. Esto insinúa una “relación entre lo que sucede con el conocimiento científico y el conocimiento escolar, cuya conexión dio lugar a modelos teóricos para entender la enseñanza de los contenidos: transformación didáctica, transposición didáctica e integración didáctica” (Mora y Parga, 2008, p. 59).

Quizás un desarrollo que ha permitido dejar atrás la idea radical del cambio conceptual proviene de los análisis hechos a partir de Tramas Histórico-Epistemológicas (THE), propuesta por Mora y Parga (2007) y que según estos autores son:

Una herramienta en el proceso de creación de las tramas didácticas del contenido. Lo importante en este caso es que las THE sirven como guía y no como imposición, ya que se parte del principio constructivista de la existencia de cierto paralelismo entre la ontogénesis y

filogénesis del conocimiento y no como una estrategia de hacer coincidir el aprendizaje a partir de las concepciones las estudiantes con distintos niveles de desarrollo de las ideas científicas (p. 102).

Pero además de las razones didácticas que exigen no adoptar ciertos modelos de forma acrítica, también existen razones desde la misma Revolución Química, que permiten afirmar tal cual Chang (2012, como se citó en Hricko, 2017) que, “si bien se sostiene que la Revolución Química fue “un asunto netamente racional”, hubo un elemento de irracionalidad, no en aquellos que siguieron defendiendo el flogisto, sino en los que aceptaron muy pronto la teoría del oxígeno”. Es decir, es posible crear la ilusión del cambio conceptual, que en este caso sería haber dejado el flogisto, pero no sería más que un cambio externo, sin que muchas ideas asociadas a él hayan cambiado en realidad. En este sentido, Lewowicz (2011) afirma que:

Cuando Lavoisier descubre que el flogisto no está contenido en los cuerpos combustibles, rechaza el término y todas las descripciones asociadas a él, excepto una: la descripción primitiva que unía al flogisto con el asunto del fuego. Lavoisier rebautiza al flogisto posteriormente con el nombre de calórico (p. 9).

Pero se sabe que la ciencia no es una colección de relatos, ya que el cambio de teorías no puede interpretarse como bautizar de otro modo los conceptos, sino que debe permitir la ampliación hacia algo más elaborado y complejo. De aquí se desprende que el cambio conceptual radical no es posible en la práctica, ni siquiera para mentes revolucionarias como la de Lavoisier. El problema está en los análisis históricos de la ciencia, pues reúnen una sucesión de hechos que muchas veces son incompatibles, sin hacer

énfasis en la gradualidad de los cambios presentes entre ellos. Y esto pasa porque el modelo que nos permite comparar los aportes de cada teoría (sea desde la perspectiva de Kuhn, Lakatos u otro epistemólogo) no cuenta con los instrumentos adecuados para analizar con pormenores, incluso, el componente irracional de cada una, impidiendo la comprensión de todos los matices que las caracterizan.

Cuando ese sesgo para entender la historia de la Química se extiende a nuestra comprensión del fenómeno del aprendizaje, se asume que los estudiantes también pueden pasar por un proceso de cambio conceptual, subestimando la función que sus ideas previas tienen. En este sentido, se puede hacer un paralelo entre epistemología y didáctica: según Hricko (2017) “la retención del flogisto les hubiera recordado a los teóricos varios problemas por resolver” y “tales recordatorios habrían contado como una especie de interacción productiva entre las teorías del flogisto y el oxígeno” (p. 15). Por otra parte, la retención de ciertas ideas previas en los estudiantes podría servir como insumo para la complejización de su conocimiento cotidiano, tal como lo plantean Mora y Parga (2008).

Por tal razón es necesario usar un modelo que nos permita profundizar en los cambios científicos. En este aspecto Estany (1996) se pregunta:

¿Qué nos aporta el introducirnos en la microestructura de los cambios científicos? En primer lugar, que incluso los cambios más paradigmáticos de los que nadie duda su trascendencia histórica, el análisis de su estructura fina nos proporciona un conocimiento más profundo de este período histórico, del mismo modo que en el campo científico la posibilidad de adentrarnos en el nivel "micro" siempre supone ganar en información y en potencial explicativo de los fenómenos que queremos explicar (p. 38).

La propuesta de Estany (1996) para llegar al conocimiento de dicha microestructura contempla la división de la historia en porciones o partes que faciliten el análisis, llamadas unidades básicas (Mosquera, Mora y García, 2003). Así, Mora y Parga (2007), indican respecto a la propuesta de Estany que:

El modelo de dinámica científica explica los cambios como modificaciones en los elementos que constituyen las unidades básicas de un modelo teórico, por lo tanto, los niveles de progresión histórico-epistemológica se presentan como sugerentes a la hora de diseñar tramas didácticas del contenido las cuales determinarán las unidades didácticas en que se distribuye un posible currículo de formación en química orgánica (p. 105).

Para comprender la gradualidad del cambio, se debe encontrar una posible conexión entre teorías rivales o entre lo antiguo y lo nuevo así sea débil. Por ejemplo, según Estany (1996), los nuevos enfoques para analizar el cambio de teorías “dan cuenta de la comunicación que a finales del siglo XVIII existía entre flogistonistas y antiflogistonistas. Un hecho que prueba esta comunicación es toda la cuestión sobre la nomenclatura química” (p. 39). Después de hallar ese eslabón es importante determinar cuál es la afinidad lingüística de ambos enfoques y una forma de buscar parte de su microestructura “es rastrear su desarrollo ontológico a partir de las teorías de la referencia que, en último término, son las que analizan filosóficamente el significado de los términos científicos” (p. 41).

En el aula, el docente podría hacer algo similar para relacionar las ideas previas con los conceptos de la Química, empleando para ello las Tramas Histórico- Epistemológicas (THE) y las Tramas Conceptuales (TC), como recursos

didácticos pertinentes para la enseñanza. No obstante, es valioso que los estudiantes comprendan las consecuencias del análisis propuesto por Estany, y esto sólo se puede hacer a través de los distintos modelos teóricos (MT). Como sostienen Mora y Parga (2007), en este sentido:

Se hace necesario explicar por qué un MT es usado en un caso particular y cómo difiere de otros modelos teóricos que pueden ser usados para explicar los mismos fenómenos. Esto significa que las THC le permiten al docente comprender las razones de los cambios en esos MT y explicitar la naturaleza de ellos a través de las TC (p. 105).

Los autores llaman a esto “dos tramas o momentos distintos esenciales para el diseño del contenido” (Mora y Parga, 2008, p. 73).

Las TC así concebidas pueden dar lugar a una reestructuración profunda de los contenidos del currículo que sería dinámico, en la medida en que se empezaría a entender como “hipótesis progresivas de intervención, innovación e investigación escolar” (Mora y Parga, 2007, p. 102). Es decir, el currículo como cualquier otra hipótesis está sujeto a comprobación, cambios o ajustes para que responda a las características de cada grupo de estudiantes. Si se ha entendido qué partes de la unidad básica cambiaron y cómo sucedió esto a través de las THE, es posible plantear TC a modo de hipótesis de lo que podría suceder cuando los estudiantes se enfrentan por primera vez a esos conceptos, conociendo su contexto y sus ideas previas como punto de partida.

Hay que mencionar entonces cómo es la estructura de una TC. Estas pueden tener varios niveles. Así, para el caso de la química Mora y Parga (2008) identifican “tres niveles de trama conceptual cada vez más complejas: el macroscópico, el nivel asociado atómico-molecular y el nivel cuántico, los cuales son

concordantes con las tres revoluciones de la química que plantea Jensen” (1998, como se citó en Mora y Parga, 2008, p. 74).

Entonces, ¿para qué incluir al flogisto en una THE y en una TC de la combustión? Mora y Parga (2007) ayudan a resolver esta pregunta cuando afirman que:

El fisicalismo de la química en la historia de la química que intenta

explicar los fenómenos químicos desde las teorías físicas ha infravalorado los modelos y la modelización en química y no ha permitido hablar de teorías auténticamente químicas desde la aparición de la mecánica cuántica como teoría cuantitativa y que ha generado una subvaloración de los aspectos cualitativos y descriptivos de los modelos teóricos, por ejemplo, de la química orgánica del siglo XIX (p. 104).

Para contrarrestar esto, sería útil considerar el cuerpo teórico del flogisto, cuyo aporte no proviene de su ontología, campo de aplicación o instrumentos, que como se sabe ya fueron superados hace mucho, sino de sus principios metodológicos, en los que se destaca el trabajo cualitativo y por medio de los sentidos (Mosquera, Mora y García, 2003).

Para finalizar, es importante analizar desde un recorrido histórico y epistemológico el avance de la ciencia, pues con este amplio panorama puede afirmarse que su evolución no es lineal, sino que se ha dado gracias a diversos aportes que de forma gradual permiten desarrollar conceptos teóricos con mayor poder argumentativo para explicar los fenómenos naturales. Desde esta perspectiva comprender el avance entre teorías rivales como las analizadas en este escrito, permiten diseñar unidades didácticas enmarcadas en THE y TC para

favorecer la enseñanza y la complejización de contenidos propios de la Química como la

combustión.

Tabla 1

Revoluciones químicas planteadas por William Jensen.

Estructura de la química	Dimensión de composición y estructura	Dimensión de energía	Dimensión de tiempo
Nivel molar	1. Composición relativa de sustancias puras simples y compuestas, soluciones y mezclas. Designación empírica de alomorfos (estado, color, forma de cristal, etc.).	4. Calorimetría, entropía y calor de formación. Energía libre y constante de equilibrio.	7. Leyes experimentales de proporción. Parámetros experimentales de Arrhenius o entropías y calores de activación.
Nivel molecular	2. Fórmulas absolutas y estructurales. Racionalización de alomorfos como variaciones en cualquier composición absoluta (los polímeros) o estructura (isómeros).	5. Interpretación molecular de la entropía. Interpretación de calores de formación en términos de calores de atomización, promedios de energías de enlace, etc. Mecánicas moleculares.	8. Mecanismos de reacción moleculares. Visión molecular de entropías de activación y complejos activados.
Nivel eléctrico	3. Fórmulas electrónicas (estructuras de Lewis y configuración electrónica). Variaciones en la composición electrónica o nuclear (iones e isótopos) o estructura (estados excitados).	6. Cálculos de energías basados en estructuras electrónicas. Interpretación de espectros. Cálculos de calores de atomización, entropías espectroscópicas, etc.	9. Mecanismos de la reacción iónicos y fotoquímicos. Efectos isotópicos. Cálculo de energías de activación. Índices de reactividad electrónicos.

Fuente: Tomado y adaptado de Mora y Parga (2008, p. 74).

Conclusiones

Dado el carácter eminentemente cualitativo de la teoría del flogisto se podría analizar sólo desde el nivel macroscópico de las THE y TC. Incluirla en los otros dos niveles sería desacertado, pues en los niveles atómico y cuántico se descartó por completo, sin embargo, la aparición de la teoría del oxígeno abriría la puerta de los niveles microscópico y cuántico. Según los planteamientos abordados en este ensayo, se puede deducir que no hay cambio conceptual, sino una complejización de los conceptos a partir del estudio a profundidad de los fenómenos naturales desde una mirada histórica, epistemológica, social, cultural y psicopedagógica. Dicho proceso puede darse gracias a la implementación de THE y TC.

El modelo de dinámica científica facilita la comparación entre teorías para hacer visible la microestructura de las revoluciones científicas. Separar los hechos históricos en unidades básicas, da cuenta de los criterios que permiten a las comunidades científicas rechazar, aceptar o transformar un modelo teórico.

Referencias bibliográficas

- Ariza, L. (2009). *Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión*. [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional].
- Brown, T.L. y Le May, H.E. (1987). *Química: La ciencia central*. (3ª ed.). México, D.F. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

- Contreras, R. (2004). El paradigma científico según Kuhn. Desarrollo de las ciencias: del conocimiento artesanal hasta la ciencia normal. *Rev. Esc. Ven. de Qca*, (4) Mérida, 43-51.
- Estany, A. (1996). La estructura fina de la revolución química del siglo XVIII. *Éndoxa: Series Filosóficas*, (7), UNED, Madrid, 21-42.
- Gallego, R. y Pérez, R. (2012). *El Flogisto: La formulación de una frontera conceptual. Desafío de la educación científica hoy*. Santiago de Chile.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hricko, J. (2017). Scientific Rationality: Phlogiston as a Case Study. In Hung, T. & Lane, T. *Rationality: Constraints and Contexts* (pp. 37-59). United Kingdom: Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804600-5.00003-9>
- Kuhn, T. (1971). *Estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.
- Lewowicz, L. (2011). Phlogiston, Lavoisier and the purloined referent. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, 436-444.
- Mora, W. y Parga, D. L. (2007). *Tramas Histórico Epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en Química Orgánica*. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED* 24, 100-118.
- Mora, W. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en Química: Integración de tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. 24, 56-81.
- Mosquera, C., Mora, W. y García, A. (2003). *Conceptos Fundamentales de la Química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Muñoz, A. (2013). *La Química moderna Lavoisier. La revolución está en el aire*. Navarra: National Geographic. RBA Contenidos editoriales y audiovisuales.
- Níaz, M. (1994). Más allá del positivismo. Una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 12 (1), 97 - 100.