

# História da ciência na educação científica: o caso da reação química <sup>1</sup>

## History of science in science education: the case of chemical reaction

**Henry Giovany Cabrera Castillo**

Universidad del Valle

henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

### Resumo

O trabalho, que é apresentado a seguir tem dois objectivos, o primeiro, a apresentar uma estrutura histórica da evolução do conceito reação química correspondente ao século XVIII e início do século XIX, e o segundo, para tratar de algumas implicações educacionais para o ensino de reações químicas. A metodologia utilizada foi baseada em uma abordagem qualitativa e teve a concepção de análise chamado de CABRERA (2010) conhecido como o histórico da estrutura do desenvolvimento do conceito científico. Os resultados reafirmam a importância do uso da história da química para a construção de um modelo que relaciona a reação química com outros conceitos (nomenclatura, ligação química, estequiometria, tabela periódica, entre outros), os quais irão servir para o professor como um item para responder à pergunta de conteúdo conceitual química deve ser ensinado em aulas.

**Palavras chave:** Reação química, ensino de ciências, história da ciência

### Abstrac

The work presented here has two objectives, first, to present a historic structure of the development of the concept chemical reaction corresponding to the XVIII century and the beginning of the XIX century, and second, to address some educational implications for the teaching of chemical reaction. The methodology was based on a qualitative approach and took the design of analysis called by CABRERA (2010) known as the historic structure of the development of the scientific concept. The results reaffirm the importance of using the history of chemistry for the construction of a model that relates the chemical reaction with other concepts (nomenclature, chemical bonding, stoichiometry, periodic table, and so on), which will serve the teacher as an element to answer the question what conceptual content of chemistry should be taught in chemistry classes.

**Keywords:** Chemical reaction, teaching science, history of science

---

<sup>1</sup> Este documento hace parte de la investigación doctoral que actualmente está realizando el autor.

## Introducción

En los últimos 30 años en la enseñanza de las ciencias hemos identificado un sin número de investigaciones direccionadas hacia la búsqueda de aportes provenientes de la historia de las ciencias (HCs), es así como aparecieron trabajos interesados en la selección de contenido, la elaboración de instrumentos o materiales para la enseñanza, el análisis de textos y la inclusión dentro de los programas curriculares temáticas o asignaturas basadas en la HCs (MATTHEWS, 1994; MATTHEWS, 2009; NIAZ, 2011; NIAZ, 2002; GARCÍA, 2011; COELHO, J.; PRAIA, 1998; CABRERA, 2010)

Todos los aportes realizados han tenido la intención de permitirle al docente tanto en formación inicial como en servicio, familiarizarse con la HCs, de tal manera que contribuya en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias y particularmente la enseñanza de la química como se pretende con este trabajo.

En función de lo anterior, este trabajo estará ubicado específicamente en la historia de la química y tomaremos como objeto de análisis el concepto reacción química, ya que es considerado fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación de la química (HILL, 2010; GILLESPIE, 1997; KIND, 2004; KIND, 2000).

La **pregunta** que orientara es la siguiente ¿Qué implicaciones para la enseñanza de la reacción química podemos obtener a partir de su estructura histórica?

Los **objetivos** que emergen de la pregunta anterior son dos: primero, presentar una estructura histórica del desarrollo del concepto reacción química correspondiente a los siglos XVIII y el inicio del siglo XIX, y segundo, abordar algunas implicaciones educativas para la enseñanza de la reacción química.

El trabajo fue realizado bajo el **enfoque metodológico cualitativo descriptivo** y fueron analizados algunos libros de historia de la química (BENSAUDE-VINCENT & STENGERS, 1997; BROCK, 1998; IHDE, 1984) tomando como referencia lo que CABRERA (2010) denominó conocer la estructura histórica del desarrollo del concepto científico que consiste en abordar la historia de los conceptos científico bajo la mirada educativa a través del planteamiento de preguntas como ¿Qué hombres de ciencia jugaron un papel fundamental en el desarrollo histórico de la reacción química? ¿Cuáles son los conceptos que están relacionados con la reacción química? ¿Qué elementos fueron olvidados o no son tenidos en cuenta en la actualidad cuando se enseña reacción química? Cabe recordar que estas preguntas son solamente para que el investigador oriente su análisis y por ello no aparecen explícitamente en el documento.

Aunque la información que se presenta en este documento es de corte narrativo (debido al poco espacio), solo se hace por procedimiento. No se realizó por el momento ningún acompañamiento de la filosofía de las ciencias ya que es un trabajo que está en su fase inicial y por ello hace parte de un primer acercamiento a la propuesta final de una investigación doctoral.

## Estructura histórica del desarrollo del concepto reacción química

Cuando se intenta elaborar un modelo que integre las partes que conformaron el desarrollo de la reacción química entre el siglo XVIII y parte del siglo XIX, obtendríamos lo que podemos ver en la Figura 1.

En ella se identifica que uno de los pilares relacionados con la reacción química y que favoreció el desarrollo de la química fueron los *gases*, por ejemplo, Hales en los experimentos que presentó en su libro *Vegetable Staticks* lograba recoger por medio de la cuba neumática el

História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação em Ciências

aire que se desprendía del calentamiento de sólidos y líquidos; Black demostró que “el aire fijo” (dióxido de carbono) que se libera de la *magnesia alba* (carbonato de magnesio) tenía propiedades diferentes del aire atmosférico ordinario en sus propiedades y densidad; Cavendish aisló y caracterizó el “aire inflamable” (hidrógeno) desprendido por los metales atacados por el ácido; Scheele en sus experimentos identificó al oxígeno; Priestley recogió sistemáticamente sobre una cuba llena de mercurio los gases desprendidos por las reacciones y de esta manera logró aislar e identificar lo que actualmente llamamos ácido clorhídrico, el gas amoníaco, el gas sulfuroso, el ácido sulfhídrico, el etileno y el nitrógeno al cual llamaba “aire flogistizado”.

Dicen los historiadores que gracias a los aportes experimentales que se realizaron con los gases permitieron interpretar que el aire se podía “fijar” y sobre todo fue el comienzo de la química neumática un factor clave de la revolución química del siglo XVIII.

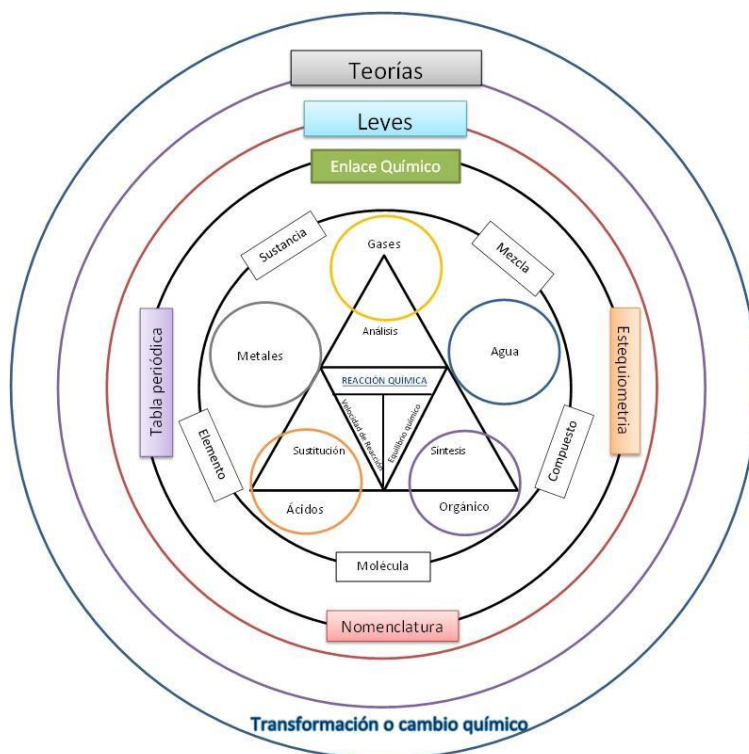


Figura 1. Panorama histórico de la reacción química entre los siglos XVIII y XIX

Continuando con la descripción de los pilares que aparecen en la Figura 1, es ahora el momento de reconocer que otras de las reacciones químicas que más llamaban la atención eran aquellas que ocurrían con los *metales* (calcinación del *precipitado rojo de mercurio* u óxido de mercurio rojo), los *ácidos* (obtención de *gas hidrogeno sulfurado* o ácido sulfhídrico a partir de la reacción entre hidrogeno y azufre) y lo *orgánico* (fermentación, transpiración y respiración).

Todos los adelantos que se llevaban a cabo en función de los metales, los ácidos y lo orgánico, llegaban a Lavoisier a través de conversaciones, cartas y presentaciones y es así como inicia una ardua labor del análisis del yeso (sulfato de calcio bihidratado -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), gases, la combustión, la calcinación, los ácidos, sin embargo, es el trabajo con el *agua* el que podría catalogarse como el paso definitivo hacia la consecución de su propósito por atacar el flogisto e iniciar una transformación en el pensamiento de sus colegas, en otras palabras se podría decir que hacia 1783 Laplace y Lavoisier “tras abrir los grifos de los dos

depósitos de gas, recogieron algunas gotas de agua en el tubo de un embudo,..., tras doce años de trabajos diversos sembrando dudas acerca de las bases de la química de los elementos, ésta fue la “gota de agua” que apago el flogisto” (BENSAUDE-VINCENT & STENGERS, 1997, pp.77)

Otro hecho que se destaca en la transición entre la teoría del flogisto defendida por Stahl y la teoría de la oxigenación argumentada por Lavoisier, fue que los partidarios del modelo de Stahl sostenían que el flogisto era como un “espíritu” que entraba y salía de los cuerpos que estaban en combustión, sin embargo, esta teoría no explicaba satisfactoriamente el aumento del peso en la calcinación de los metales, frente a esto LAVOISIER (1783, pp. 143) dijo:

... los químicos han hecho del flogisto un principio vago que no ha sido rigurosamente definido y por lo tanto se adapta a todas las explicaciones en que se lo quiera utilizar; tan pronto es pesado como no lo es; tanto es el fuego libre como el fuego combinado con el elemento terroso; tanto pasa por los poros de los vasos, como éstos le resultan impermeables. Explica a la vez la causticidad y la no causticidad, la diafanidad y la opacidad, los colores y la falta de color. Es un Proteo que cambia de forma a cada instante.

Lo anterior le sirvió a Lavoisier para considerar la explicación que realizaban los partidarios del flogisto al aumento de peso de los metales como una anomalía e inicia un proyecto de investigación arduo con el propósito de explicar de forma categórica lo que allí ocurría, de esta manera, encomienda la elaboración y el perfeccionamiento de instrumentos especiales para poder llevar a cabo sus experimentos con lo cual llegaría a la negación del flogisto e inicia su camino el oxígeno (CABRERA, 2010).

Destaquemos que el camino que emprendió el oxígeno estuvo acompañado por la aparición de novedades en el lenguaje, en el pensamiento, en la forma de proceder e interpretar las experiencias que se realizan al interior de la comunidad científica, gracias a la publicación del *Traité Élémentaire de Chimie*, el *Méthode de Nomenclature Chimique*, y la publicación de los *Annales de Chimie*, por ejemplo, paulatinamente reemplazaron en sus publicaciones términos como espíritu del vitriolo, azafrán de Marte y álcali volátil cáustico por ácido sulfúrico, óxido de hierro y amoniaco respectivamente (CABRERA, 2010, 2012)

Lo anterior sirve para destacar el papel de la *nomenclatura*, es decir, después de la publicación de los libros y la revista mencionada, existía el afán o premura de conocer los nombres de los productos de las reacciones que llevaban a cabo en las investigaciones que realizaban personajes como Guyton, Berthollet, Lavoisier y Fourcroy, por ello los químicos iniciaron la adquisición de este nuevo lenguaje para poder comprender lo que se publicaba y sobre todo para establecer una comunicación fluida entre ellos.

Esto también trajo consigo el uso de las *fórmulas* que servían para denotar la constitución y la cantidad. El sentido con el que las utilizamos actualmente, se dio hacia la década de 1830 gracias a Berzelius e inmediatamente los químicos se vieron en la necesidad de elaborar *ecuaciones químicas* para representar las reacciones químicas que llevaban a cabo con los experimentos realizados en los laboratorios.

Debido a que los químicos querían obtener respeto de los partidarios de ciencias como la física y la matemática, aparece en escena Richter en 1792 con su tesis doctoral asesorada por Kant donde pretendía introducir la matemática a la química es por ello que surge la propuesta de utilizar la *estequiometria* con el propósito de medir las proporciones cuantitativas de los elementos químicos que interactúan en las reacciones químicas, es decir, que buscaba las relaciones aritméticas de la química (BROCK, 1998, pp. 125).

Teniendo en cuenta que el análisis de las reacciones químicas iba permitiendo el descubrimiento de nuevas sustancias, elementos y sobre todo se hacía necesario enseñar el conocimiento químico que manejaban en la época, Mendeléiev se vio evocado en 1869 a elaborar el libro *Principles of Chemistry* donde establecía la ley periódica como un principio de organización que serviría para clasificar en la *tabla periódica* los elementos existentes y aquellos que estaban por descubrirse.

Hacia 1881 aparece en escena van't Hoff con preocupaciones sobre cómo y por qué la mayoría de compuestos orgánicos siendo inertes producían reacciones, esto lo llevo a adentrarse en el estudio de la cinética química o dinámica química como también era conocida. Junto a ello emerge en el plano científico la *velocidad de reacción* y el *equilibrio químico* como procesos que se evidencian en las reacciones químicas.

También en la Figura 1, observamos el concepto *enlace químico*, el cual tiene su origen en el término afinidad química, sobre éste, personajes como Bergman realizaron tablas para explicarlas y Berzelius propuso una teoría de combinación química, para explicar los átomos que se combinaban.

En la caracterización, explicación y comprensión de la reacción química se han establecido leyes (Ley conservación de la masa de Lavoisier, Ley de las proporciones recíprocas de Richter, Ley de proporciones múltiples de Dalton, Ley de los volúmenes de los gases de Gay-Lusac, Ley periódica de Mendeleiev) y se han elaborado y consolidado teorías (atómica, cinética, electrónica de los enlaces).

Podemos decir entonces que la reacción química como programa de investigación atravesó tres momentos:

1. El *análisis*, que había sido instaurado por Lavoisier por medio de su libro *Tratado Elemental de Química* donde los esfuerzos se encaminaban hacia la descomposición, identificación y clasificación de los cuerpos y la balanza es el instrumento preferiblemente utilizado. Como ejemplo tenemos a Fourcroy con el uso del análisis gravimétrico con la ayuda del ácido sulfhídrico para detectar las huellas de plomo en el vino; Berthollet inicio el análisis volumétrico para controlar la cantidad de cloro en la lejía (hipoclorito de sodio –  $NaClO$ ); Liebig analiza compuestos orgánicos a través de un aparato de combustión que preparó y sobre todo el método de análisis orgánico revolucionario que utilizó.
2. La *sustitución*, se denomina de esta manera el hecho de reemplazar elementos dentro de los compuestos orgánicos y es tanto su potencial que da origen a la química orgánica. Por ejemplo, reemplazar un átomo de hidrogeno por un átomo de cloro en un hidrocarburo.
3. La *síntesis*, que podría catalogarse como la fabricación y producción de nuevas moléculas, nuevas sustancias y nuevos materiales ya sea partiendo de elementos (hidrogeno, carbono, nitrógeno) o partiendo de otros compuestos más simples, por ejemplo se destaca la síntesis de la urea a partir de cianatos (obtenido por la oxidación de un cianuro presente en los cuernos y pezuñas de los animales) alcanzada por Wölher en 1828 (BENSAUDE-VINCENT & STENGERS, 1997), el cual es catalogado como uno de los experimentos más bellos en la historia de la química según la *American Chemical Society* (FREEMANTLE, 2003) y la *Royal Society* (BALL, 2005).

Finalmente cabe resaltar que en el desarrollo de estos tres momentos, la reacción química como programa de investigación permitió la aparición y uso continuo de conceptos como *sustancia*, *elemento*, *compuesto*, *mezcla* y *molécula*, sin embargo, es necesario aclarar que su uso no corresponde a lo que actualmente conocemos.

## Implicaciones educativas para la reacción química

Cuando los docentes piensan en la enseñanza de la química tanto en el bachillerato como en la universidad la primer imagen que llega es la cantidad de contenidos conceptual (solo se mención este porque es el que más preocupa a los docentes y porque el contenido procedimental y el actitudinal es ignorado) que debe orientar en el corto tiempo (un año lectivo o un semestre) que tiene en el lugar donde enseña, inmediatamente esto significa para los docentes tomar decisiones sobre qué contenido es el necesario que los estudiantes adquieran y sobre todo que les sirva para comprender los aspectos básicos de la química (GALAGOVSKY, 2005; TALANQUER, 2009).

Lo anterior se vuelve más relevante si nuestros estudiantes son docentes en formación inicial en ciencias naturales, ya que ellos, después de graduados cumplirán la función de enseñar en sus lugares de trabajo y si a esto le sumamos dificultades como al uso y aplicación de los estándares, las formas de evaluación, la planificación y desarrollo de las actividades de aula, escasa atención a los problemas de aprendizaje de los estudiantes, el manejo del conocimiento científico, no tiene en cuenta el contexto en el cual realiza su actividad docente, manifiestan problemas de tipo institucional como el manejo del tiempo que han sido identificadas en el primer año de inserción laboral (EURYDICE, 2004; JIMÉNES & ANGULO, 2008; JIMÉNES & MORALES, 2012; MOSQUERA, MORA, & GARCÍA, 2003) el problema se vuelve aún mayor.

Debido al panorama anterior se deben desarrollar propuestas de investigación que se dirijan a solucionar dichas dificultades. Es por ello que en lo que se acaba de presentar en este documento hace parte de lo que en un trabajo previo catalogue como conocer la *estructura histórica del desarrollo del concepto* que para este caso sería reacción química, con esto sé que busca que el docente primero se familiarice con la HFQ y segundo, elabore diversas preguntas que le ayuden a construir su *modelo* de reacción química (CABRERA, 2010).

Bajo esta idea pudimos identificar que en la *estructura histórica del desarrollo del concepto reacción química* (de ahora en adelante nos referiremos a ella como *estructura*) correspondiente al siglo XVIII y XIX realizaron aportes hombres de ciencias como van Helmont, Hales, Boyle, Black, Scheele, Priestley, Cavendish, Lavoisier, Berthollet, Fourcroy, entre otros, además, se identifica el papel de los experimentos y el uso de los instrumentos en el desarrollo histórico de la reacción química.

Por su parte, el *modelo* construido fue el que se presentó en la Figura 1, con él se cumple la *búsqueda de relaciones entre conceptos* (CABRERA, 2010), es decir, debe establecer relaciones entre los conceptos nomenclatura, tabla periódica, enlace química, estequiometría, que han sido planteados por los diferentes hombres de ciencia a través de sus experimentos.

Como complemento a lo anterior, cabe destacar la importancia de lo que en el trabajo antes mencionado (CABRERA, 2010) denomine *perspectiva sobre el significado científico* del concepto reacción química, es decir, después de haber establecido la *estructura*, se hace necesario complementarla con el análisis de textos escolares universitarios de química para identificar cómo se presenta dicho conceptos en ellos.

Finalmente, este trabajo abre nuevos panoramas de investigación dirigidos hacia el conocimiento de la *estructura histórica del desarrollo del concepto enlace químico* ya que también hace parte de una las grandes ideas de la química que deben ser adquiridas por los docentes en formación inicial en ciencias naturales. Buscando de esta manera elementos que le permitan a los docentes en formación inicial en ciencias naturales dar un paso fundamental desde el aspecto macroscópico al microscópico hasta llegar al simbólico como lo han pretendido o sugerido (JENSEN, 1998; JOHNSTONE, 1982; 1999).

## **Agradecimientos y apoyo**

Agradezco la colaboracion de la Universidad del Valle por el apoyo económico y la comision de estudios para la realizacion del doctorado, igualmente agradezco a Colciencias por la beca adjudicada para realizar estudios doctorales.

## Referencias bibliográficas

BALL, Philip. **Elegant Solutions: Ten Beautiful Experiments in Chemistry**. Illustrate. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. **Historia de la química**. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., 1997.

BROCK, William. **Historia de la química**. Madrid: Alianza Editorial, 1998.

CABRERA, Henry Giovany. **Elementos históricos epistemológicos desde Kuhn que permiten la identificación de aportes para la enseñanza de la combustión**. Universidad del Valle, 2010.

CABRERA, Henry Giovany. Historia y epistemología de la ciencia: el caso de la combustión. **Innovación y Ciencia**, v. 19, n. 1, p. 32 – 42, 2012.

COELHO, J.; PRAIA, J. Materiales didácticos basados en la historia y la epistemología de la ciencia. **Nodos y Nudos**, v. 1, n. 5, p. 1–10, 1998.

EURYDICE. **La Profesión docente en Europa: Perfil, tendencias y problemática**. Madrid: Comisión Europea, 2004. Disponível em: <<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=0iA-cxMERmsC&oi=fnd&pg=PA3&dq=La+profesi%C3%B3n+docente+en+Europa:+perfil,+tendencias+y+problem%C3%A1tica&ots=6qWmKXwDZ4&sig=vX5mwL8dHUrxtCpWI2mpagKbODk>>. Acesso em: 13 Feb. 2013.

FREEMANTLE, Michael. Chemistry at its most beautiful. **C & ENews**, v. 81, n. 34, p. 27 – 30, 2003.

GALAGOVSKY, Lydia. La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? **Revista Química Viva**, v. 4, n. 001, p. 8–22, 2005. Disponível em: <<http://en.scientificcommons.org/45729261>>. Acesso em: 18 Dec. 2012.

GILLESPIE, Ronald J. The Great Ideas of Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 7, p. 862–864, 1997.

HILL, John. Atkins' 'Nine principal ideas of Chemistry': Cornerstone concepts of a tertiary foundation chemistry course. **Chemistry Education in New Zealand**, n. November, p. 12–13, 2010. Disponível em: <[http://nzic.org.nz/chemed-nz/issue-archive/ChemEdNZ\\_Nov2010\\_Hill.pdf](http://nzic.org.nz/chemed-nz/issue-archive/ChemEdNZ_Nov2010_Hill.pdf)>. Acesso em: 12 Feb. 2013.

IHDE, Aaron. **The Development of Modern Chemistry**. New York: Dover Publications, Inc., 1984.

JENSEN, William B. Logic, history, and the chemistry textbook I. Does chemistry have a logical structure? **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 679–687, 1998.

JIMÉNES, María Mercedes; ANGULO, Fanny. Breve estado del arte sobre los/as profesores/as principiantes. **Revista Educación y Pedagogía**, v. XX, n. 50, p. 207–218, 2008. Disponível em: <<http://revinut.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/viewArticle/9935>>. Acesso em: 28 Feb. 2013.

JIMÉNES, María Mercedes; MORALES, Adriana. La inserción profesional en Colombia y Quebec: apuntes para la reflexión y la cooperación. n. 2005, p. 1–10, 2012.

JOHNSTONE, Alex. Macro- and microchemistry. **School Science Review**, v. 64, n. 277, p. 377–379, 1982.

JOHNSTONE, Alex. The nature of chemistry. **Education in Chemistry**, v. 36, n. 2, p. 45–48, 1999.

KIND, Vanessa. **Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas**. Second Edi. London: Royal Society of Chemistry, 2004.

KIND, Vanessa. **Mas allá de las apariencias: Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química**. Primera ed. México, D. F.: Santillana, 2004.

LAVOISIER, Antoine. Reflexiones sobre el flogisto. In: MUÑOZ, Juan; LELOIR, Luis; BRAUN, Eduardo (Orgs.). **Memorias sobre el oxígeno, el calórico y la respiración**. Buenos Aires: EMECÉ, 1783, p. 121 – 164.

LEICESTER, Hery Marshall; KLINKSTEIN, Herbert. **A source book in chemistry 1400 - 1900**. First Edit. New York: McGraw-Hill, 1952.

MATTHEWS, Michael R. Enseñando las componentes filosóficas y de las formas de ver el mundo de la ciencia: algunas consideraciones. **Revista de enseñanza de la física**, v. 22, n. 1, p. 31–42, 2009.

MATTHEWS, Michael R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 255–277, 1994.

MOSQUERA, Carlos Javier; MORA, Willian Manuel; GARCÍA, Alvaro. **Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado**. Bogota: Fondo De Publicaciones Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas, 2003.

NIAZ, Mansoor. Formación de profesores de ciencias: Una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia. **Tecné, Epistemé y Didaxis**, n. 30, p. 83–90, 2011.

NIAZ, Mansoor. Historia y filosofía de las ciencias: necesidad de su incorporación en los textos universitarios de ciencias. **Saber**, v. 14, n. 1, p. 68–77, 2002.

TALANQUER, Vicente. Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos? **Educación Química**, p. 220–226, 2009.