

## **TRANSFORMACIONES CONCEPTUALES SOBRE LO HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO EN PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL**

### **CONCEPTUAL TRANSFORMATIONS ON THE HISTORICAL AND EPISTEMOLOGICAL PRE-SERVICE CHEMISTRY TEACHERS**

Rómulo Gallego Badillo<sup>1</sup>, Royman Pérez Miranda<sup>1</sup> y Ricardo Andrés Franco Moreno<sup>1</sup>

1 Profesores de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D. C. Colombia.

Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos – Grupo IREC.

[rgallego@pedagogica.edu.co](mailto:rgallego@pedagogica.edu.co),

[royman@pedagogica.edu.co](mailto:royman@pedagogica.edu.co),

[rfranco@pedagogica.edu.co](mailto:rfranco@pedagogica.edu.co), [grupoirec@gmail.com](mailto:grupoirec@gmail.com)

#### **RESUMEN**

En la presente comunicación los autores socializan los resultados de una investigación realizada durante los años 2011 y 2012, con profesores de química en formación inicial, del programa académico de Licenciatura en Química, de la Universidad Pedagógica Nacional. Este proyecto fue aprobado y financiado por el sistema de investigación CIUP – UPN. Se trabajaron tres grupos de profesores, aquellos que en ese lapso pasaron de primer a tercer semestre, los que de tercero mudaron a quinto y los que se promovieron de quinto a séptimo. Para recolectar la información requerida, se diseñaron y aplicaron cuatro instrumentos, así, un cuestionario centrado en los conceptos químicos, una prueba de composición en la que se les solicitaba que, con esos conceptos, mostraran un discurso acerca de esta ciencia, un segundo cuestionario con el que se indagó acerca de las concepciones que habían elaborado en torno a la didáctica y una prueba tipo Likert, que auscultó sus concepciones históricas y epistemológicas alrededor de la construcción de esta ciencia. Analizado los resultados obtenidos, se concluyó que, en lo referente a lo histórico y epistemológico, las transformaciones conceptuales esperadas, son pocas y de tipo reduccionista, al tiempo que inscritas en una aproximación epistemológica positivista, hecho este que permite establecer

algunas consideraciones curriculares en la formación inicial de profesores de química de esta universidad.

**Palabras clave:** Formación inicial de profesores de química, historia y epistemología de la química, transformaciones conceptuales.

## **ABSTRACT**

In the present communication the authors socialize the results of an investigation carried out between 2011 and 2012, with teachers of chemistry in initial training, the academic program of Bachelor's degree in Chemistry, of the National Pedagogical University. This project was approved and funded by the research system CIUP - UPN. It worked for three groups of teachers, those who in this period went from first to third semester, the that of third moved to fifth and that is promoted of fifth to seventh. To collect the required information, is designed and implemented four instruments, as well, a questionnaire focused on the chemical concepts, a proof of composition in which requesting them, with these concepts, they will show a speech about this science, a second questionnaire with which she inquired about the conceptions that had developed around the didactic test and a Likert-type, that murmur at their historical and epistemological conceptions about the construction of this science. Analyzed the results obtained, it was concluded that, in regard to the historical and epistemological, conceptual changes expected are few and reductionist at the same time they are epistemologically positivist, this fact establishes some curricular considerations in the chemistry teachers training.

**Key words:** initial teacher training in chemistry, history and epistemology of Chemistry, conceptual transformations.

## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años y quizás por la recomendación de M. Matthews (1994; Adúriz-Bravo, 2001), cada vez crece el número de programas académicos de formación de profesores, tanto en pregrado como en posgrado que han introducido en sus

mallas curriculares, por lo menos, un seminario sobre historia y epistemología. Es el caso, por ejemplo, de la Licenciatura en Química y de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) de Bogotá, que poseen esta característica. En el programa de pregrado, un seminario se ofrece en el tercero de los diez semestres académicos y en la Maestría, en el primero de los cuatro que conforman su extensión.

Por otro lado, entre los años 2012 y 2013, se formuló un proyecto de investigación cuyo objetivo fue caracterizar e identificar las transformaciones conceptuales que experimentaban los profesores de Química en formación inicial, cuando hacían el tránsito del primero al tercer semestre, del tercero al quinto y del quinto al séptimo. Para tal efecto se diseñaron y se aplicaron las siguientes pruebas: El Cuestionario No. 1, centrado en conceptos relacionados con esta ciencia, su historia, su epistemología y su didáctica; una Prueba de Composición, en la se les solicitó que con todos los conceptos del cuestionario anterior, elaboraran un discurso admisible; el Cuestionario No. 2, en el que se les pidió que expusieran sus apreciaciones en torno a las líneas de investigación más conocidas en didáctica de la ciencias, que se seleccionaron para esta prueba; y, una Prueba tipo Likert, cuyas afirmaciones giraron también, alrededor de la historia, la epistemología y didáctica de la Química (Gallego Badillo, Pérez Miranda y Franco Moreno, 2014).

Analizados, cruzados y comparados los resultados obtenidos con las pruebas referenciadas y para cada una de los tres grupos, condujeron a concluir que esas transformaciones conceptuales no eran las esperadas, de conformidad con los propósitos del proyecto curricular. Una concentración en el grupo que se promovió del tercero (2011) al quinto semestre (2012), en lo tocante a sus modificaciones conceptuales sobre la historia y la epistemología de la Química, en el que han cursado el seminario correspondiente, el análisis de los resultados logrados por esta promoción en la prueba tipo Likert permitió afirmar que su mirada sobre la historia y la naturaleza de esta ciencia es de corte positivista, es decir, una narración lineal de descubrimientos (Stengers, 1989), con el predominio de la mirada “fiscalista” (Mayr, 2006), autor este para quien los reconocidos

epistemólogos del siglo XX, no pueden servir de fundamento para explicar la construcción histórica de la Biología.

Es preciso agregar que en esos seminarios de pre y post grado, por el poco tiempo de que se dispone y por su relativa fácil comprensión, el libro que se lee y analiza es el de T. S. Kuhn (1972), fuera de que trae como ejemplo de revolución científica el paso del modelo del flogisto de G. E. Stahl (1659 – 1734), al de la oxidación o del oxígeno de A. L. Lavoisier (1743 – 1794), el héroe científico de los franceses. Esta ejemplificación es insostenible, debido a que el modelo de la oxidación no resistió la crítica de los químicos del siglo XIX y pasó rápidamente a los anaqueles de la historia, incluso se pone en duda el concepto de revolución científica (Bowler y Morus, 2007). La dificultad con la que se enfrentan quienes planean y conducen estos seminarios es que una epistemología o filosofía que sea propia de la Química y de acuerdo con una de las posibles reconstrucciones históricas como se puntualizará en párrafos posteriores, apenas se está elaborando. No se debe caer, por ejemplo en el “fiscalismo atomista” de G. Bachelard (1976).

### **UNA REFLEXIÓN A POSTERIORI**

No se puede pretender que un único seminario sobre historia y epistemología de la ciencia de la que se trate, genere las transformaciones conceptuales, primero, sobre las ideas que profesores en formación inicial tienen, en principio, sobre la historia (Jenkins, 2006) y lo que significa para ellos la labor que enfrenta un historiador profesional cuando se da a la tarea de reconstruir la historia de un hecho científico (Kragh, 2007) y, sobre todo, entender y darle el valor a la diferenciación entre fuentes primarias y fuentes secundarias. Habría que poner de presente, además, las propuestas de T. S. Kuhn (1972), quien puntualizó que todo examen epistemológico ha de basarse en una reconstrucción histórica fiable y la posterior de I. Lakatos (1983), quien resaltó que toda reconstrucción histórica estará epistemológicamente comprometida. De esta manera, existirían, por lo menos cuatro reconstrucciones sobre lo mismo, la positivista (descripción lineal de descubrimientos), la popperiana (sustitución de teorías), (Popper 1962), la del

cambio de paradigma (Kuhn, 1972) y la del abandono de programas de investigación que se hicieron regresivos (Lakatos, 1983). Pero, como insistiremos más adelante, en la historia de la Química no hubo sustitución de teorías, cambios paradigmáticos ni abandono de programas que se hicieron regresivos.

### **ALGUNAS PUNTUALIZACIONES EN RELACIÓN CON LA QUÍMICA**

Cuando se hace una reconstrucción histórica de los desarrollos de esta ciencia, hay necesariamente que demarcar tres períodos: el de la Alquimia (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2014), que sencillamente fue abandonada y cuyas concepciones y prácticas nunca fueron sometidas a contrastación rigurosa (Bensaude-Vincent, y Stengers, 1997). El siguiente es el de la formulación del modelo del flogisto, por G. E. Stahl (1659 – 1734), que fue admitido por los químicos ingleses (Schneer, 1975; Lockemann, 1960), a lo que seguirá, después de los aportes de A. L. Lavoisier, la construcción de la Química Estructural (Gallego Badillo, Pérez Miranda, Gallego Torres y Torres de Gallego, 2006). En este sentido, las revisiones de reconstrucciones históricas confiables (Brock, 1998), permiten concluir que histórica y epistemológicamente la construcción de la Química, como ciencia, no puede ser explicada con base en los aportes Popperianos de sustitución de teorías, los Lakatosianos de abandono de programas de investigación los Kuhnianos de cambio de paradigma. Incluso se ha puesto en duda la afirmación de que el paso del modelo del flogisto al de la oxidación de Lavoisier, constituye un ejemplo de revolución científica, puesto que el modelo de la oxidación o del oxígeno, no soportó los exámenes de la comunidad científica y fue descartado (Bowler y Morus, 2007). Por lo demás, la perspectiva de Kuhn, como la de Popper y la de Lakatos, para reiterarlo, son “fiscalistas”.

En consecuencia, si se siguen las enseñanzas de I. Lakatos (1983), en cuanto a que toda reconstrucción histórica se halla epistemológicamente comprometida, esto es, cada acontecimiento en una de las ciencias puede ser convertido en hecho histórico, desde las aproximaciones empirista, positivista, Popperiana, Kuhniana o Lakatosiana, algo que en sí no es sensurable. Sin embargo, con la Química existe una contradicción, puesto que si se examinan autores conocidos

como B. Bensaude-Vincent e I. Stengers (1997), W. H. Brock (1998), G. Lockemann (1960), sus reconstrucciones históricas no dan pie para afirmar que el desarrollo de la Química pudiera ser explicado por abandono de teorías que fueron falsadas mediante experimentos cruciales; por cambios paradigmáticos o por abandono de programas de investigación que se hicieron regresivos, en este orden de ideas la Alquimia de los artesanos fue dejada de lado sin que se probara la inconsistencia de sus explicaciones (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997). La Química es una ciencia distinta de la Física y de la Biología, cuyos practicantes, al parecer, aceptaron la analogía “fiscalista” y no se ocuparon de elaborar una aproximación epistemológica distinta, que diera cuenta de esta problemática olvidada.

### **APUNTES COMPLEMENTARIOS**

Volviendo a K. Popper y su propuesta de sustitución de teorías, un análisis de la lógica de su versión permite establecer toma el concepto de teoría de las estructuras conceptuales y metodológicas elaboradas por los físicos, por lo menos desde Galileo (1564 – 1642). Se trata de una construcción explicativa idealizada y matemática (Lombardi, 1998) de cada uno de los fenómenos de la naturaleza, para hacerlos objeto de conocimiento. Análisis como el de A. K. T. Assis (1998), en lo tocante a la dinámica newtoniana, estipula que esta fue elaborada siguiendo la metodología de Euclides (325 a. C – 265 a. C), expuesta en sus “*Elementos*”, por lo que siguió el orden de “definiciones, postulados, demostraciones y corolarios”. Se reitera, los químicos que construyeron la Química estructural no siguieron esta ruta metodológica (Gallego Badillo, Pérez Miranda, Gallego Torres y Torres de Gallego, 2006) por lo que no habría, en sentido Popperiano teorías químicas; algo que llevaría a poner en duda el carácter hipotético – deductivo de la ciencia química, no obstante que diseñaron y sintetizaron moléculas no existentes en la naturaleza (Hoffmann, 1997), como realmente lo hicieron a finales del siglo XIX. Yendo más allá de un análisis superficial, habría que examinar las leyes básicas con las cuales los químicos construyeron la Química Orgánica que son aritméticas; la de la conservación de los pesos en las reacciones químicas de

Lavoisier, para quien el esquema de toda reacción es una representación idealizada de la balanza de doble platillo, que luego fue generalizada como conservación de la masa, denominación que debe tener presente que la determinación experimental de esta conservación no se hace con una balanza, sino con el cambio de momento cuando una esfera metálica de masa conocida interactúa con otra cuya masa se quiere determinar.

Sigue, en este orden de ideas, la de la constancia de las proporciones, debida a J. L. Proust (1755 – 1826), lo que le valió una larga controversia con C. L. Berthollet (1748 – 1822), quien sostenía que la composición estaba en función de las cantidades de sustancias que se hacían reaccionar; la de las proporciones múltiples de J. Dalton, que es uno de los fundamentos cuantitativos de su modelo atómico; y, la de los volúmenes de combinación, de J. L. Gay-Lussac (1787 – 1850), ley esta, que conllevaba unas sumas anómalas, que fueron explicadas por A. Avogadro (1776 – 1856), con la formulación del principio que lleva su nombre. Son, entonces las llamadas leyes ponderales, a las que se les atribuye un origen netamente empírico, acudiendo a la propuesta de F. Bacon (1561 – 1626; 1979), no obstante se ha afirmado que esta apreciación podría ser no sostenible (Gallego Badillo, Pérez Miranda y Gallego Torres, 2009). Puntualícese, en relación con la ley de periodicidad, de D. Mendeléiev (1834 – 1907), referida a la Tabla Periódica, que no obedeció a un proceso de axiomatización (Scerri, 1997). Se destaca, por tanto que las leyes ponderales con las que se construyó la Química Estructural, no siguieron la lógica de la construcción de las de la Física”, por lo que no son expresables mediante ecuaciones diferenciales. Hay la tendencia a denominarlas “Reglas Operacionales”, con las cuales los químicos, no obstante, con ellas se han integrado, productivamente, a la comunidad científica internacional y encaminada su práctica profesional a los intereses políticos y económicos del capitalismo (Vessuri, 1992; Lockemann, 1960), que comenzó con la industria de los colorantes derivados de la anilina.

J. J. Berzelius (1779 – 1848) es el gran químico y profesor de Química de finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, quien, en 1806, para sus estudiantes de

medicina escribió el texto “Djurkemi” (Química Animal), en donde menciona por primera vez en la historia la expresión “Organisk Kemi” (Química Orgánica), sin embargo, algunos historiadores sostienen que el fundador de esta disciplina fue F. Wöhler (1800 – 1882), discípulo de Berzelius (Lockemann, 1960). En Paris, J. L. Gay-Lussac admitía estudiantes en su laboratorio, donde los hacía participar de sus propias investigaciones; a este acudió J. von Liebig, en 1823 (1803 – 1873). Si bien los inicios de la enseñanza de la Química Experimental se debe a F. Stromeyer (1776 – 1835), en 1805, siendo uno de sus alumnos destacados R. W. Bunsen (1811 – 1889), el verdadero fundador de un programa para la formación de profesionales de la Química fue Liebig, quien en 1825, obtuvo una cátedra de Química en la Universidad de Giessen, luego y al margen de esta Universidad con dos colegas, estableció un “Instituto Químico-Farmacéutico”, con un éxito moderado hasta 1835, puesto que a partir del siguiente año, el prestigio alcanzado por Liebig hizo que sus estudiantes aumentaran a 20 y terminaran finalmente por ser 33, razón por la cual la Universidad absorbió el “Instituto” (Sánchez, 2009).

Hacia finales del siglo XIX y comienzos del XX, dado el impacto que los productos de las investigaciones científicas estaban causando en la sociedad, se acuerda crear instituciones para la formación de profesores, en general, y de ciencias en particular, con el objetivo de socializarlas entre los hijos de la clase pudiente que, para ese entonces tenía acceso a la educación. En Colombia, en la década de los treinta de ese siglo XX, a semejanza de la Escuela Normal de Paris y con una influencia alemana, se crea la Escuela Normal Superior de Colombia. Esta, después de muchas vicisitudes de carácter político y cultural, será suprimida, para dar origen a la Universidad Pedagógica de Colombia trasformada después en Pedagógica y Tecnológica de Colombia y la Universidad Pedagógica Femenina, hoy Pedagógica Nacional. Después de las indispensables reformas curriculares, debidas a los sucesivos decretos, creó el programa curricular en el que se enfocó la investigación que se ha tomado como base para esta ponencia.

Volviendo a la formación inicial y continua de profesores de química, se estaría frente a unos seminarios que se quedarían en solo referencias a los aportes de la

filosofía general de las ciencias, sin ocuparse específicamente de la Química, en sentido estricto, estos seminarios tendrían que hacer objeto de análisis y discusión, la problemática que aquí se ha resaltado. De otra manera práctica y dentro de esa generalidad, habría que reducirlos a revisiones no específicas, como las contenidas entre otros, en el texto de J. Echeverría (1998) o como el de L. Geymonat (1998), de filosofía general, que dejan de lado el problema de la pregunta por la naturaleza epistemológica de la Química, por lo que seguiría postergada esta indispensable reflexión entre quienes se forman como profesores de ella.

### **HACIA UNA HISTORIA EPISTEMOLÓGICA DE LA QUÍMICA**

Se está entonces ante el problema admisible de cómo planear y desarrollar un seminario sobre historia y epistemología de la Química, y la convicción de que hasta ahora se están haciendo los intentos para tal cometido (Schummer, 2011). En los esfuerzos por darle a la Química el reconocimiento que debe tener como una ciencia autónoma, reconocidas investigadoras, como M. Izquierdo (2010), O. Lombardi y A. R. Pérez (2010) han aportado en esta dirección. La primera, aboga por la recuperación del átomo de los químicos, mientras que las segundas le apuestan a la necesidad de dejar sentada la autonomía de esta ciencia con respecto a la Física. En lo que toca a la construcción de la Química Estructural o Química Orgánica, los protagonistas de esta empresa científica partieron del modelo atómico de J. Dalton (1776 – 1844), que dio a conocer en su libro “*A new system of chemical philosophy*”, en 1808, específicamente en los capítulos “*Acerca de la composición de los cuerpos*” y “*Acerca de la composición química*” (Lockemann, 1960). Dalton es meteorólogo de profesión y toma su concepto de átomo del libro “*Óptica*”, de 1704, de I. Newton (1643 – 1727).

De la misma manera, de las leyes de la composición constante de J. L. Proust (1755 – 1826) y la de las proporciones múltiples de Dalton, por recomendación de J. J. Berzelius (1779 – 1848). En la medida en que las investigaciones fueron progresando, tuvieron la necesidad de modificar la concepción atómica de partida. De esta manera, se crea el concepto de valencia por C. H. Wichelhaus (1842 –

1927), en esta perspectiva, A. Kekulé (1829 – 1896), propone la tetravalencia del carbono en los compuestos olefínicos y A. Butlerov (1828 – 1886) el concepto de estructura, con el cual se zanja la discusión y se deja para la historia, los modelos de: la hipótesis dualista de Berzelius, el de los núcleos de A. Laurent (1807 – 1853) y el de los tipos y los radicales, de C. Gerhardt (1816 – 1856).

Para completar la introducción de la mirada “fiscalista”, es preciso hacer alusión a la creación de la disciplina denominada “Fisicoquímica” o “Química Física, según las libres traducciones del inglés. Se cuenta que dos científicos amigos, J. H. van't Hoff (1852 – 1911) y W. Ostwald (1853 – 1932), que no estaban de acuerdo con la hipótesis atómica, se reunieron un día y decidieron convertir las reacciones químicas en sistemas termodinámicos, con el fin de investigar las transformaciones energéticas que en ellas se sucedían. Van't Hoff, acudió al modelo cinético molecular de los gases, formulado por R. J. E. Clausius (1822 – 1888), para explicar el fenómeno de la presión osmótica, con base en los resultados ambos cambiaron de parecer (Schneer, 1975) y admitieron la hipótesis atomista. Si bien se puede afirmar que con Lavoisier, se introduce el álgebra en la matematización de los procesos químicos o por lo menos del balanceo de las ecuaciones químicas, con la introducción de la termodinámica clásica, se da el salto al empleo del cálculo infinitesimal y las ecuaciones diferenciales. Esto condujo a una disputa con los químicos orgánicos, cuya formación matemática no era de este nivel; sin embargo, la aceptación que fue logrando la fisicoquímica, obligó a introducir en los currículos, a comienzos del siglo XX, esta formación matemática (Brock, 1998). Para lograr esta admisión Van't Hoff y Ostwald, crearon la revista “*Zeitschrift für physikalische Chemie*”. No contento con esta empresa, Ostwald se da a la tarea de escribir un texto para la enseñanza, “*Allgemeine Chemie*”, que fue el texto didáctico inicial para socializar la nueva disciplina.

El problema que sigue es el de la introducción de las explicaciones cuántico-mecánicas en una ciencia que ya estaba constituida. Es L. Pauling (1901 – 1994), quien estudió en Alemania con E. Schrödinger (1887 – 1961), quien crea la Química Cuántica y el concepto de hibridación, para explicar las orientaciones de los enlaces que se deducían de los espectros de rayos X de las moléculas

orgánicas (Laidler, 1995) crea la denominación de enlace sigma ( $\sigma$ ) y pi ( $\pi$ ). Se inició la aventura que llevó a los profesores de Química a enseñar una disciplina desde la mecánica cuántica, para la cual no habían sido formados, en profundidad, en sus programas académicos de pregrado, como tampoco tenían las suficientes bases matemáticas para interpretar con suficiencia los alcances de la ecuación de ondas de E. Schrödinger (1887 – 1961) e, incluso, la matricial de W. Heisenberg (1901 – 1976). Todas las consecuencias filosóficas y científicas del principio de incertidumbre y el hecho de que alrededor del protón en el átomo de hidrógeno orbita una onda de materia, suele quedar por fuera de una enseñanza que se limita a solo transmitir concepciones descontextualizadas. Por su parte, los profesores de Física en secundaria, se reducen a socializar los contenidos de la mecánica clásica.

### **EN TORNO A UNA DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA**

Como es conocido por quienes trabajan en la construcción de una didáctica conceptual y metodológicamente fundamentada (Gallego Torres y Gallego Badillo, 2006; Gallego Badillo, 2004; Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001; Adúriz Bravo, 2000), que en el caso de la Química existen problemas que es preciso entrar a trabajar de manera comunitaria. El primero, que dada la pluralidad histórica y epistemológica sería insostenible continuar con la habitual afirmación de la didáctica de las ciencias, así se connote en plural, en razón de que la pregunta ¿qué es la ciencia? entraría en el estatuto de esos interrogantes que carecen de respuestas aceptables; se puede preguntar por la Biología, la Física o la Química, en razón de que, de cada una de ellas, se puede dar cuenta con razones históricas y epistemológicamente diferentes.

El segundo, tiene que ver con el ya expuesto interrogante de que sobre la Química, su epistemología o filosofía, está en proceso de construcción, de ahí que su didáctica se hallaría en el mismo estado; en otras palabras, no sería sostenible desde una posición meramente “fiscalista” ni desde las afirmaciones generalizadas de la psicología de la cognición. La Alquimia de los artesanos es objeto de investigación histórica y los resultados son publicados en la revista

“*Ambix*”; se habla de los “alquimistas artesanos”, de los que los químicos heredaron la instrumentación y muchos procesos de laboratorio, para diferenciarlos de los alquimistas esotéricos (los templarios, los francmasones y los rosacruces, por ejemplo) y de los estafadores y malandrines que se hacían llamar alquimistas y cuyas acciones ilegales condujeron a las persecuciones contra todo aquel de quien se sospechara que era practicante del “Arte Hermético” (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2014). No se ha encontrado información sobre el pensamiento de F. Stromeyer al respecto, pero sí de J. von Liebig quien sostenía que el origen de la Química estaba en la Alquimia (Brock, 1998), la de los artesanos se aclara aquí, quienes pasaban la mayor parte de su tiempo diario trabajando en sus laboratorios, palabra esta que ellos inventaron (Fara, 2009), por lo que el programa académico creado por Liebig, adoptó esta metodología de enseñanza, cruzada, por supuesto, por el carácter investigativo que él le imprimió (Sánchez, 2009).

Si se admitiera la afirmación sobre unos inicios de la didáctica de la Química, habría que pensar en A. Cannizzaro (1826 – 1910), quien en el Congreso de Karlsruhe y ante el hecho de que no le dieron la palabra, decidió retirarse y dejar en manos de un compatriota el documento “*Sunto di un corso di filosofia chimica*”, en el que presentó una innovación, con respecto a la enseñanza de esta ciencia que venía impartándose a partir del “Principio de Avogadro” (Gallego Badillo, Gallego Torres y Pérez Miranda, 2012). No obstante, todas las informaciones apuntan a que fue E. Frankland (1825 – 1899) quien hizo de la enseñanza de la Química un problema necesario (Brock 1998).

## **SOBRE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con los instrumentos diseñados y aplicados tal y como se mencionó anteriormente y según se presenta en el anexo I, en el siguiente cuadro se resumen los resultados obtenidos en los tres diferentes momentos analizados cuando los profesores de química en formación inicial (P.Q.F.I) eran promovidos del primero al tercero, del tercero al quinto y del quinto al séptimo semestres, respectivamente (Gallego Badillo, Pérez Miranda y Franco Moreno, 2014).

Instrumentos	Promociones de P.Q.F.I		
	I a III Semestre	III a V Semestre	V a VII Semestre
Cuestionario No. 1	Las respuestas consignadas por los P.Q.F.I, frente a la química, su historia y su epistemología, son en su mayoría, inadmisibles por su carácter de ideas espontáneas y nociones.	En esta etapa, las respuestas de los P.Q.F.I muestran que estos se han iniciado en la recepción de informaciones y de concepciones transmitidas por profesores en ejercicio, desde una perspectiva positivista de la química, su historia y su epistemología.	En este momento del proceso de formación inicial, cuando ya avanzan en el ciclo de profundización, los P.Q.F.I, reafirman la idea de que se hayan en una formación inicial en donde prima un fuerte carácter positivista de la química y de su enseñanza, centrada en la transmisión y recepción de contenidos.
Cuestionario No. 2	Los P.Q.F.I, al parecer no se han iniciado en un discurso coherente y argumentado frente a la didáctica de la química.	Las afirmaciones de los estudiantes permiten inferir que se encuentran inmersos en una aproximación reduccionista a la didáctica de las ciencias de la naturaleza, así como de un poco o ningún reconocimiento de esta disciplina como una construcción autónoma.	No obstante la respuesta favorable frente a líneas de investigación en didáctica de las ciencias, prevalece un amplio desconocimiento de los diferentes campos de investigación .
Prueba tipo Likert	La puntuación de las afirmaciones permite afirmar las dos anteriores alusiones.	La puntuación de las afirmaciones permite afirmar las dos anteriores alusiones, los cuales se acentúan en las categorías: química, epistemológica, histórica y didáctica.	La puntuación reafirma las dos anteriores alusiones, al tiempo que, dado el carácter de medición actitudinal de las mismas, permite colegir que las transformaciones conceptuales son reducidas.
Prueba de composición	En los escritos elaborados por los P.Q.F.I, predomina la "colección de definiciones" y de repeticiones de lo consignado en los dos primeros cuestionarios, prevaleciendo la poca articulación entre los diferentes enunciados y la nula coherencia en la elaboración de los mismos.	Los escritos reflejan un progreso en la estructuración y articulación de ideas, lo cual sin embargo no se aleja de la colección de definiciones, algunas de estas no admisibles en la categoría de conceptos científicos en química.	En su mayoría los textos elaborados por los P.Q.F.I poseen una estructura en la cual es evidente que las concepciones elaboradas sobre la química, su historia, su epistemología y su didáctica, se hayan claramente posicionadas en la aproximación positivista.

**Tabla No.1.** Resumen de los resultados obtenidos para cada promoción mediante los diferentes instrumentos empleados.

Los resultados y los análisis correspondientes para cada una de las promociones revisadas, hacen posible considerar que las transformaciones ue evidencian los

resultados no son globales, como habría de esperarse, sino parciales en lo relacionado con algunos conceptos químicos, como con los que tienen que ver con la didáctica de las ciencias en general, y de la química en particular. Llama la atención que en algunas respuestas y opciones iniciales (primer, tercer y quinto semestres de 2011) y finales (tercer, quinto y séptimo semestres de 2012) los profesores de química en formación inicial puntúen para al final no responder. Las razones de esto no puede ser explicitadas, aun cuando una hipótesis que cabría contrastar sería la de una transformación que los hace entrar en duda. Otras respuestas u opciones referidas a las leyes ponderales, la ley de periodicidad y la relación enseñanza-aprendizaje, por ejemplo, dadas por algunos, siembran la inquietud sobre la versión de química que se hace objeto de enseñanza en el programa. Así, el problema de la transformación de las concepciones de los profesores en formación inicial del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, no puede enfrentarse desde una mirada simplista ya que se trata de un proceso que solamente puede ser interpretado desde una teoría de complejidad que haga hincapié en que este aprendizaje es una característica humana, en el que interactúan diferentes factores, como intereses, actitudes, proyectos de vida y el entorno cultural tanto externo como interno del ambiente universitario.

## **A MANERA DE CONCLUSIONES**

Admitida la pluralidad histórica (Estany, 2005) y pluralidad de las ciencias, en la que la Física ya no es el modelo de lo que es y debe ser una construcción conceptual y metodológica para ser considerada como científica, diseñar y realizar un seminario sobre historia y epistemología, aun siguiendo el esquema “fiscalista”, podría centrarse en el examen de las propuestas de K. Popper, T. S. Kuhn e I. Lakatos, que por este hecho estaría dedicado al conocimiento de las elaboraciones de estos importantes filósofos de la ciencias del siglo XX. Aun así, tan interesante y necesario como se quiera, no lo sería para el caso de uno que se ocupara de la construcción histórica de la Química. En consecuencia, habría que organizar uno, para la formación inicial de profesores de Química, que se centrara

en el análisis y discusión actual de la necesidad urgente de construir una epistemología o filosofía que sea propia de esta ciencia, a sabiendas de que está por elaborarse; un seminario verdaderamente creativo que podría estimular a algunos de los profesores de química en formación inicial participantes, a dedicarse a esta empresa intelectual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. (2000). Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*, 9(17), 49 – 52.

Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. (Tesis Doctoral)*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

Assis, A. K. T. (1998). Newton e suas obras: o Principia e o Óptica. En: *Liguagens, leituras em ensino da ciencias*. Almeida, M. J. P. M. y Da Silva H. C. (Org.), pp, 37 – 52. São Paulo: Unicamp.

Bachelard, G. (1976). *El materialismo racional*. Buenos Aires: Paidós.

Bacon, F. (1979). *Novum organum*. México, Porrúa.

Bensaude-Vincent, B. y Stengers, I. (1997). *Historia de la química*. Madrid: Addison-Wesley.

Bowler, P. J. y Morus, I. (2007). *Panorama general de la ciencia moderna*. Barcelona: Crítica.

Brock, W. H. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza.

Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*; S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 291 – 303. México: UNAM.

Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal

Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 291 – 303. México: UNAM.

Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 291 – 303. México: UNAM.

Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

Gallego Badillo, R., Gallego Torres, A. P. y Pérez Miranda, R. (2012). El Congreso de Karlsruhe. Los inicios de una comunidad científica. *Educación Química*, Vol. 23, No. Extra. 2, 280 – 289.

Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2014). Una aproximación a un análisis histórico y social general de la alquimia. *Educación Química*, 25(2), 104 – 112.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R. y Franco Moreno, R. A. (2014). *Transformación de las concepciones en la formación inicial de profesores de Química. Memoria de investigación*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R. y Gallego Torres A. P. (2009). Una aproximación histórico-epistemológica a las leyes fundamentales de la química. *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia*, Vol. 8, No. 1, Art. 19, 359 – 375.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Gallego Torres, A. P. y Torres de Gallego, L. N. (2006). El objeto de saber de los químicos. Formulación, modificación y abandono del modelo icónico inicial. *Investigações em Ensino de Ciências*, Vol. 11, No. 3, 365 – 381.

Gallego Torres, A. P. y Gallego Badillo, R. (2006). *Acerca de la didáctica de las ciencias de la naturaleza. Una disciplina conceptual y metodológicamente fundamentada*. Bogotá: Magisterio.

Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto de modelo para la didáctica de las

- ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, No. 3, Art. 4.
- Geymonat, L. (1998). *Historia de la filosofía y de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Hoffmann, R. (1997). *Lo mismo y no lo mismo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Izquierdo, M. (2010). La transformación del átomo químico en una partícula física ¿Se puede realizar el proceso inverso? En: *Historia y filosofía de la química*; Chamizo, J. A. (Coord); p. p. 169 – 194. México: Siglo XXI.
- Jenkins, K. (2006). *¿Por qué la historia?* México: Fondo de Cultura Económica.
- Kragh, H. (2007). *Introducción a la historia de la ciencia*. Madrid: Crítica.
- Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, Vol. II, No. 4, 5 – 13.
- Lombardi, O. y Pérez, A. R. (2010). En defensa de la autonomía de química frente a la física. Discusión de un problema filosófico. En: *Historia y filosofía de la química*; Chamizo, J. A. (Coord); p. p.195 – 209: México: Siglo XXI.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Sánchez, J. M. (2009). *El jardín de Newton. La ciencia a través de la historia*. Barcelona: Crítica.
- Scerri, E. R. (1997). Has the periodic table successfully axiomatized. *Erkenntnis*, 47, 229 – 343.

Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.

Schummer, J. (2011). La filosofía de la química. De la infancia hacia la madurez. En *Filosofía de la Química*; Baird, D. Scerri, E, y Mcintyre, L, (Org).p, p. 36 – 70. México: Fondo de Cultura Económica.

Stengers, I. (1989). La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la química del siglo XVIII. En: *Historia de las ciencias*, M. Serres (ed.), pp. 317 – 361. Madrid: Cátedra.

Vessuri, H. M. C. (1992). Perspectivas recientes en el estudio social de las ciencias. *Fin de Siglo*, No. 3, 40 - 52.

## ANEXOS:

### CUESTIONARIO No. 1

Seguidamente encontrará un listado de conceptos. Se solicita que, según sus propias elaboraciones, redacte de cada uno de ellos lo que considere más adecuado como explicación del mismo. Si bien en la hoja de respuesta se solicita su nombre y semestre que cursa, para efectos de tabulación y análisis de resultados, su identidad permanecerá en estricta reserva.

**Por favor no escriba en este documento.**

1. Ciencia. 2. Química. 3. Átomo. 4. Molécula. 5. Mecánica Cuántica. 6. Enlace químico. 7. Físicoquímica. 8. Química del carbono. 9. Tabla Periódica. 10. Gases ideales. 11. Ley de periodicidad. 12. Profesor de Química. 13. Leyes ponderales. 14. Química Inorgánica. 15. Comunidad científica. 16. Historia de la Química. 17. Didáctica de la Química.

### CUESTIONARIO NO. 2

Seguidamente encontrará un listado de campos de investigación en didáctica de las ciencias. Se solicita que presente de cada uno de ellos las elaboraciones que al respecto ha realizado. Si bien en la hoja de respuesta se solicita el nombre y semestre que cursa, para efectos de tabulación y análisis de resultados, su identidad permanecerá en estricta reserva.

1. Concepciones históricas, epistemológicas, didácticas y pedagógicas de los profesores de ciencias.
2. Las ideas previas de los estudiantes.
3. Las relaciones enseñanza – aprendizaje.
4. Las relaciones historia, epistemología y didáctica de las ciencias.
5. La confiabilidad en los textos de enseñanza.
6. El aprendizaje como repetición memorística, como significativo, como cambio conceptual, cambio conceptual y metodológico, como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, como cambio conceptual, metodológico, actitudinal, y axiológico.
7. Educación en Química, lo educativo de esta disciplina académica y la educabilidad que se persigue con su conversión en ciencia escolar.

#### PRUEBA DE COMPOSICIÓN

Si bien en la hoja de respuesta se solicita su nombre y semestre que cursa, para efectos de tabulación y análisis de resultados, su identidad permanecerá en estricta reserva.

Se le solicita que con el siguiente listado de conceptos, elaborar una composición que los integre, desde la lógica de la relación entre ellos, que estime más adecuada:

1. Ciencia. 2. Química. 3. Átomo. 4. Molécula. 5. Mecánica Cuántica. 6. Enlace químico. 7. Físicoquímica. 8. Química del carbono. 9. Tabla Periódica. 10. Gases ideales. 11. Ley de periodicidad. 12. Profesor de Química. 13. Leyes ponderales. 14. Química Inorgánica. 15. Comunidad científica. 16. Historia de la Química. 17. Didáctica de la Química.

#### PRUEBA TIPO LIKERT

Si bien en la hoja de respuesta se solicita su nombre y semestre que cursa, para efectos de tabulación y análisis de resultados, su identidad permanecerá en estricta reserva.

A continuación se presentan unas afirmaciones. Lea cuidadosamente cada una de ellas. De conformidad con su criterio, selecciona una de las siguientes opciones y escribe el número de la opción seleccionada para cada afirmación en la hoja de respuestas, así:

- 1. Totalmente de Acuerdo. 2. De Acuerdo. 3. No sé qué decir.  
4. En Desacuerdo. 5. Totalmente en desacuerdo.**

#### AFIRMACIONES

1. La Química es una ciencia como la Física.
2. Los químicos se ocupan de analizar y de sintetizar nuevas moléculas.
3. La energía libre de Gibbs define el equilibrio químico.
4. Los descubrimientos químicos fueron hechos por individuos geniales.

5. Para enseñar química basta con conocerla.
6. La fisicoquímica es el fundamento de dicha disciplina.
7. La ecuación de estado para el comportamiento ideal de los gases, se obtiene integrando entre límites la siguiente expresión matemática:
  - i.  $dV = (\partial V/\partial P)dP + (\partial V/\partial T)dT$ , a n constante.
8. Kekulé propuso la estructura anular para el benceno.
9. La temperatura mide la cantidad de calor que contiene un sistema.
10. Para enseñar química es indispensable conocer su didáctica.
11. Emil Fischer y Julius Tafel sintetizaron por primera vez los azúcares naturales.
12. Los gases se comportan idealmente cuando la presión aplicada tiende a cero.
13. Los bioquímicos se ocupan de investigar las reacciones que ocurren en las células.
14. En el modelo de Bohr para el átomo de hidrógeno, los electrones saltan de un nivel de energía inferior a otro superior, al adsorber cierta cantidad de energía.
15. La transposición didáctica es un campo de investigación de la didáctica de las ciencias.
16. La Alquimia, la teoría del flogisto, la de la oxidación y la estructural son etapas históricas de la construcción de la Química.
17. Para concebir la Tabla Periódica fue indispensable la ley de periodicidad.
18. Los didactas de la química investigan las relaciones enseñanza - aprendizaje.
19. Las denominadas leyes ponderales pueden expresarse en términos de ecuaciones diferenciales.
20. La química es una acumulación lineal de descubrimientos.
21. Los químicos orgánicos estudian los compuestos derivados del carbono.
22. La cinética química permite postular los mecanismos a través de los cuales transcurre cada reacción.
23. Las investigaciones histórico-epistemológicas acerca de la química son base para fundamentar su enseñanza.
24. Los modelos del orbital molecular y del enlace de valencia, explican energéticamente cómo se unen los átomos para formar moléculas.
25. La formación de profesores de química, ha de estar orientada a la elaboración de modelos acerca del aprendizaje de esta disciplina académica.
26. El modelo del enlace covalente de coordinación, explica la formación de los compuestos inorgánicos complejos.
27. La química ha sido construida por colectivos de especialistas.
28. Se es profesor de química en la medida en que los formadores de formadores se ocupan de que se aprendan los procedimientos químicos clasificados.
29. Las leyes ponderales son solo reglas operacionales para trabajar en el laboratorio.
30. En Química Analítica se aprende a aplicar técnicas estandarizadas de análisis.
- 31.** Para enseñar Química hay que confiar en los contenidos de los textos de enseñanza.