

LOS CONTEXTOS DE DESCUBRIMIENTO Y DE JUSTIFICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

NASE, R. M. DEL C.; SPELTNI, C.

Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda Mitre 750 Avellaneda-
mnaser@fra.utn.edu.ar, cspeltini@fra.utn.edu.ar

RESUMEN

La propuesta de este trabajo se centra en el análisis de la incidencia que los contextos de descubrimiento y de justificación adquieren en la Enseñanza de la Ciencia. Se muestra a través de dos casos paradigmáticos la función que tiene en la enseñanza de la Química la incorporación de estos contextos. Este recurso es valioso tanto para los educadores como para los estudiantes, teniendo en cuenta que algunos científicos podrían convertirse en modelos de los estudiantes en el camino del esfuerzo y el trabajo. Por ello se proponen incluir los contextos de descubrimiento y de justificación en el estudio de la ley de conservación de Antoine Lavoisier y la ley del equilibrio químico de Henry Le Chatelier, no meramente para resaltar su personalidad y rescatar factores históricos, sino como una herramienta didáctica de ayuda en la tarea docente.

Palabras clave: enseñanza, química, historia de las ciencias, contexto de descubrimiento; contexto de justificación

INTRODUCCIÓN

A menudo los estudiantes de nivel preuniversitario y universitario muestran poco interés por el pasado. Según Matthews (1991) muchos estudiantes consideran que todo evento anterior al contexto actual carece de valor. Si la historia misma perdió popularidad, podemos considerar también que la historia de la ciencia referida a la química, a pesar de su reciente profesionalización, es probable que también se encuentre cuestionada. En este sentido, numerosas apelaciones fueron hechas para la introducción de mayor contenido vinculado a los acontecimientos históricos en el currículum de Química, tal es el caso de la American Chemical Society (1991). Esta organización, centrada en la educación universitaria de la Química, recomienda que *“inicios y subsecuentes cursos en Química incorporen la historia respectiva como referencia a los actuales desarrollos en Química”*.

Comprender un concepto científico no consiste solamente en conocer el significado de su definición, es necesario también, conocer en qué contexto surge, con qué otros conceptos se relaciona y se diferencia, en qué condiciones socio históricas se formó, qué cambios sufrió. En efecto, un concepto surge como una hipótesis que trata de solucionar un problema de la teoría y por ello, su campo de validez depende no sólo del propio concepto sino también de la teoría dentro de la que se ha formado. Uno de los múltiples objetivos de la formación científica de los alumnos secundarios y universitarios es contribuir a la mejora de su comprensión de la naturaleza de las ciencias.

Desde esta posición hemos considerado necesario revisar la noción de contexto, que definimos como el conjunto particular de elementos y temáticas que intervienen en la construcción y desarrollo del conocimiento científico. Reichenbach (1938) clasificó y diferenció los siguientes contextos:

Contexto de descubrimiento: comprende la producción de hipótesis y teorías, el hallazgo y la formulación de ideas, la invención de conceptos; todo ello relacionado con las circunstancias personales, psicológicas, sociológicas, políticas, económicas y tecnológicas que pudiesen haber influido en la gestación y aparición de dichas producciones.

Contexto de justificación: trata las cuestiones de validación, o sea cómo conocer la autenticidad de una producción, así como determinar si una creencia es verdadera o falsa, si una teoría es lógicamente aceptable, si las evidencias apoyan las afirmaciones, si realmente se ha incrementado el conocimiento disponible.

A estos dos contextos Klimovsky (2001) agrega un tercero, el contexto de aplicación.

Contexto de aplicación: permite la discusión de la utilidad del conocimiento científico, su beneficio o perjuicio para la especie humana. Se trata de un conjunto de cuestiones que tienen pertinencia, inclusive, para comprender los problemas propios de los contextos previamente mencionados.

En este trabajo se pretende analizar las posibilidades que ofrece la Historia de la Química, en calidad de contextos de descubrimiento y de justificación, para ayudar en la comprensión de la naturaleza de las ciencias. De esta manera se presentará al conocimiento científico en su contexto, estableciéndose nexos con las posiciones filosóficas, éticas y políticas. La Historia de la Química permite asociar los conocimientos científicos con los problemas que originaron su construcción, deteniéndose en la identificación de cuáles fueron las dificultades, los obstáculos que hubo que superar y cómo evolucionaron dichos conocimientos evitando así visiones estáticas, simplistas y dogmáticas del quehacer científico.

DESARROLLO

La metodología utilizada en este análisis requiere de técnicas de obtención y estudio de la información que comprometen el estudio de fuentes bibliográficas primarias, secundarias y terciarias, en las que se privilegia el análisis de contenido.

La Historia de la Química proporciona una interesante confirmación del carácter extremadamente complejo del proceso del conocimiento ya que las leyes de la naturaleza no se revelan de modo simple e inmediato y la tarea del científico implica un continuo, ordenado y determinado esfuerzo para dilucidarla.

La indagación del contexto de descubrimiento permite demostrar que ninguna idea nueva, ninguna hipótesis surge de la nada, sino que se basa en hechos determinados. En el proceso creador de reflexión sobre los problemas aún no resueltos, el científico incorpora todo el material disponible mostrando que la ciencia no es obra básicamente de los grandes genios, ni de su talento innato, sino que tiene un carácter colectivo y es fruto del trabajo de muchos hombres y mujeres y que su solución es un resultado importante para el desarrollo de toda la sociedad (Quilez Pardo, 1995).

Para avanzar en el estudio se han analizado los contextos de descubrimiento vinculados a los avances científicos realizados por Henry Le Chatelier y de Antoine Lavoisier y a las producciones que llevan sus nombres.

Para comprender, en su real dimensión, el trabajo realizado hace más de 200 años por Lavoisier y hace más 100 años por Le Chatelier, nos preguntamos... ¿Quiénes fueron Antoine Lavoisier y Henry Le Chatelier? ¿En qué contexto realizaron los enunciados de las leyes que hoy llevan sus nombres?

Antoine Lavoisier nació en una familia acomodada que lo quiso y mimó extraordinariamente y le proporcionó una educación excelente. Desde muy joven demostró ser un buen estudiante. Desde el inicio de sus investigaciones en el área de la química se dio cuenta de la importancia que tenía la precisión de las medidas. Podemos considerar que hizo por la química lo que Galileo hizo por la física dos siglos antes y el resultado en química fue igualmente rotundo. Es en parte por esto que a Lavoisier se le acredita ser el padre de la química moderna. Lavoisier fue un ciudadano de gran espíritu público que participó en muchas comisiones y consejos creados para mejorar la calidad de vida de la gente. A fines del siglo XVIII sentó las bases de la nueva química.

Por otra parte, Henry Le Chatelier (siglo XIX), con sus numerosas publicaciones, se muestra como un estudioso, crítico de su trabajo y del de los demás científicos. De la lectura de sus textos se puede seguir detalladamente los análisis que lleva a cabo en cada una de sus investigaciones. Le Chatelier enuncia que dentro del área experimental una vez que se han realizado experiencias y son discutidas según su grado de precisión, es necesario ponerlas en obra para deducir leyes. Este es un trabajo intelectual donde cada etapa tiene su parte, a saber: el razonamiento, la lógica y el cálculo. Las leyes experimentales sirven como punto de partida para establecer nuevas leyes alejadas de la experiencia. Tanto pueden deducirse leyes con la ayuda del silogismo, por la combinación de leyes o de leyes abstractas en base a algunos principios generales, con nuevas consecuencias que son ellas mismas, nuevas leyes. Se sigue un camino inverso cuando se remonta por inducción de leyes experimentales a principios más generales, se pueden encontrar todas las consecuencias particulares que la experiencia ha podido aportar.

Todas las operaciones del razonamiento son delicadas y muchas veces los errores falsean las conclusiones más o menos alejadas, que son obtenidas indirectamente de la experiencia.

Es interesante incorporar el contexto de justificación en el presente análisis. La Química como ciencia, pretende ser ciencia de un objeto, de un objeto real, cuya existencia es independiente de la mirada que lo transformará en un objeto de conocimiento. Algunos conceptos son el *resultado de explicaciones verbales o escritas de otras personas*. Varían las explicaciones, nuestro concepto no es idéntico al concepto de otra persona. Por eso es que cualquier concepto que se adquiera está vinculado a otros conceptos, previamente aprendidos. Estos también difieren de persona a persona y es así que vemos que es imposible que dos personas puedan tener exactamente el mismo concepto para una palabra dada. Es necesario dar definiciones exactas a todos los conceptos importantes que se usan en investigaciones o en enunciados que deberán ser transmitidos. El propósito de tener un concepto es el de poder pensar y trabajar con él dentro de nuestra mente. Este propósito asume que el concepto sirve para pensar, siendo éste un nuevo punto de vista considerando que la propiedad más importante de un concepto es su utilidad. Cuando afirmamos que un concepto es verdadero queremos decir que dicho concepto corresponde a una parte de nuestro universo. Los epistemólogos están de acuerdo en aceptar que las teorías y los conceptos sufren cambios históricos que pueden ser, a veces, graduales (Toulmin, 1972) y otras veces más radicales. En este último caso se considera que un cambio paradigmático implica, incluso, la imposibilidad de comparar el concepto nuevo con el viejo. Esta noción es rescatada por T. Kuhn (1988) cuando desarrolla su idea de inconmensurabilidad de los paradigmas. Por estas razones consideramos que es necesario revisar la acepción de algunos términos.

Una Ley es una regla invariable y constante de las cosas y de los fenómenos de la naturaleza, es una regla general y permanente dictada por hombres estudiosos y competentes. Las leyes son creaciones que trascienden los hechos. Las leyes no salen solo de la observación, hay también términos teóricos involucrados. Podemos decir que la Ley del Equilibrio Químico tal como la llamara Henry Le Chatelier es una ley científica, una ley general lo mismo que ley de la conservación de la masa o Ley de Lavoisier.

Klimovsky (1995) define conocimiento científico a aquel que se proporciona mediante Enunciados. Existen diversos tipos de enunciados científicos, según las pretensiones que tiene quien los formula, acerca de los alcances de su información. Ésta puede ser singular o general y puede referirse a la base empírica adoptada o bien ir más allá de lo observable. Un enunciado empírico básico se caracteriza por dos condiciones. La primera es que, además del vocabulario lógico, todos los términos que se emplean sean empíricos, sin importar que provengan del lenguaje ordinario, del lenguaje científico presupuesto o sean términos específicos de la teoría que se está analizando. La segunda condición es que sean singulares o muestrales, con lo que se quiere decir que se habla de una sola entidad o de un conjunto finito y accesible de ellas. Esto último es lo que los estadísticos suelen enunciar como muestra, es decir, una colección de entidades cuyo número es lo suficientemente pequeño como para que la observación pueda acceder a cada uno de ellos.

Las Leyes Científicas tienen que ser expresadas mediante enunciados generales, no singulares, generalizaciones que abarcan una cantidad de casos que van más allá de las muestras y por supuesto mucho más allá de la singularidad de cada caso por separado. Desde esta visión entendemos a la Ley del Equilibrio Químico como una ley general basada en los años de experiencia en la industria del Ingeniero en Minas Henry Le Chatelier. Asimismo consideramos la ley de la conservación de la masa enunciada por Antoine Lavoisier como ley científica surgida de las numerosas y variadas experiencias llevadas a cabo durante el siglo XVIII. Lavoisier pudo, también, medir la energía térmica que se desprendía en diferentes procesos, comparando la vida en ese aspecto con la combustión.

La aceptación de los enunciados científicos por la comunidad científica implica que previamente han sido sometidos con éxito a determinadas pruebas o verificaciones. La Ciencia goza hoy en día de una alta valoración. Aparentemente existe la creencia generalizada de que

hay algo especial en la ciencia y en los métodos que utiliza (Chalmers, 2005). A Lavoisier se le debe la iniciativa de elaborar una nueva nomenclatura a la química. Los alquimistas y químicos anteriores a Lavoisier no tenían reglas fijas para nombrar las distintas sustancias y desde luego utilizaban nombres oscuros y caprichosos. Como resultado de esta confusión, ningún químico estaba seguro de lo que le comunicaba a otro, por no utilizar iguales denominaciones.

Cuando a alguna afirmación, razonamiento o investigación se le da el calificativo de “científico”, se pretende dar a entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad y esto es precisamente lo que pretendemos rescatar del llamado Principio de Le Chatelier, de la Ley de la conservación de la masa y del contexto histórico en el que fueron enunciadas. La idea de que el rasgo específico del conocimiento científico es que se deriva de los hechos de la experiencia puede sostenerse sólo en una forma muy cuidadosamente matizada (Chalmers, 2005).

Cuando se afirma que la ciencia es especial porque se basa en los hechos, se supone que los hechos son afirmaciones acerca del mundo que pueden ser verificadas directamente por un uso cuidadoso y desprejuiciado de los sentidos.

La motivación principal para la formulación de teorías científicas es la capacidad de éstas de explicar aquellos sucesos que intrigan a los científicos y que desearían comprender (Popper, 1973). La explicación científica es aquella por medio de la cual se intenta, ante un enunciado verdadero, dar las razones que llevaron a que se produzca el hecho descrito por dicho enunciado. Ello se hará utilizando leyes y datos, pero si se quiere explicar el hecho descrito por el enunciado, el hecho tiene que haber ocurrido: el enunciado debe ser verdadero.

Acerca de la explicación científica resulta que la capacidad de contar con hombres de la comunidad científica o del ámbito cultural capaces de proporcionar explicaciones y entendimiento de los sucesos, está estrechamente vinculada con la creación y utilización de teorías. Si no se poseen teorías y leyes, el científico es un ciego con respecto a la variedad de los fenómenos que lo rodean y aún el pragmático, amante de la práctica, no sería más que un hombre que elige al azar cadenas de acontecimientos para predecir, que algo sucederá pero sin tener razones que avalen su expectativa más allá de sus deseos y prejuicios.

Según Popper (1993), la bondad de una teoría se vincula con el grado de aceptabilidad que la comunidad científica le ha dispensado, después de intentos de refutación, de muchas experiencias de contrastación, de una gran cantidad de resultados corroborativos y ninguno refutativo.

Perspectiva Didáctica

Hoy, el sistema educativo debe soportar el peso de las expectativas, los fantasmas, las exigencias de toda una sociedad para la que la educación es la última reserva de sueños a la que desearíamos poder exigirle todo (AAAs, 1997). El sistema educativo, los programas que confeccionamos, los temas enseñados; están colmados de voluntad humana, podríamos moldearlos según la forma de nuestros deseos y serían una proyección en la materia inerte de una institución. Tenemos en nuestras manos un sistema didáctico formado por un docente, los alumnos y un saber químico, se establece entonces una relación ternaria. Esta es la base del esquema por el cual la didáctica de la Química (como de otras ciencias fácticas) pueden emprender por tanto la tarea de pensar su objeto y enmarcarlo en el tenor histórico en que fue estudiado. La evolución reciente de la modernidad implica que cada vez más la ciencia y particularmente la tecnología afectan la vida cotidiana. Esta influencia es observable en la creciente demanda de conocimiento científico y tecnológico para tomar decisiones comunes. En los programas escolares y universitarios se está comenzando a estudiar muy tímidamente la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad y casi nunca se discute la naturaleza de la tecnología como es el caso del diseño tecnológico, su imprevisibilidad y su relación con los

riesgos naturales o sociales que le acompañan (Galarza, 2008). La falta del conocimiento tecnológico “útil” para que los estudiantes y futuros ciudadanos comprendan y transformen la realidad que les rodea, es parte de una problemática mayor debida al bajo nivel de alfabetización científica y tecnológica.

Los textos de Lavoisier (en 1789 publicó un libro de texto llamado Tratado elemental de Química, en el que reunió su nueva doctrina y que representa el primer texto moderno de química) y Le Chatelier (1884 y 1888) impactaron a la comunidad de educadores en tecnología de la época, dedicada entonces a las artes industriales o estudios vocacionales. Estos textos se constituyeron en catalizadores para cambiar la dirección de dicha profesión hacia una educación tecnológica más relevante para la sociedad moderna.

El traslado del conocimiento científico al conocimiento ya sea escolar o universitario, esto es, la incorporación de saberes científicos a los sistemas educativos, ha sido estudiado por varios teóricos de la educación (Dewey, 1902; Schwab, 1973; Chevallard, 1991).

El traslado ocurre casi de manera espontánea dejando el movimiento de conocimientos científicos hacia nichos escolares a la merced de escritores de libros de texto o a expensas de las ideologías dominantes que no necesariamente trasladan conocimiento relevante para la sociedad. Cabe destacar que la mayoría de los textos no incluyen referencias históricas al desarrollar distintos temas de química. Según Speltini *et al.* (2006) la implementación de actividades que contemplen los contextos de descubrimiento y de justificación amplía la lógica disciplinar de la enseñanza de la asignatura al integrar las perspectivas histórica, epistemológica, didáctica y tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

AAAS (1997). *Ciencia: conocimiento para todos*. México: Harla.

CHALMERS A. (2005) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo veintiuno de Argentina Editores. Tercera edición.

CHEVALLARD, Y. (1991) *La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado*, Aique grupo Editor, (segunda edición)

DEWEY, J. (1902/1990). *The child and the curriculum*. Chicago: The University of Chicago Press.

GALARZA O. D. (2008) *El aporte de la historia de la Química a la formación científica del estudiante universitario*. Univ. Nacional de Catamarca. Trabajo presentado en el XXXVII Congreso Argentino de Química (Tucumán, 2008).

KLIMOVSKY G. (1995). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. (Segunda edición). Buenos Aires. A-Z editora

KUHN, T.S. (1988). *“La estructura de las Revoluciones Científicas”*. Fondo de Cultura Económica. Argentina.

MATTHEWS M. (1991). *History, philosophy and science teaching (Selected Readings)*. OISE Press, Teachers College Press. Toronto y New Cork 244pág

POPPER, K . (1993) *La lógica de la investigación científica*. Madrid. Ed. Tecnos.

QUILEZ-PARDO J., SOLAS PORTOLEZ J. J. (1995) *Evolución histórica del Principio de Le Chatelier*. Cad.Cat.Ens.Fís. v. 12, n. 2: p. 123-133

REICHENBACH H. (1938) *Experience and Prediction*. The University of Chicago Press, 411 páginas.

SCHWAB, J.(1973).*The practical 3: translation into curriculum*. *School Review*, 81, pp.501-522.

SPELTINI C.- CORNEJO J.- IGLESIAS A. (2006) *La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de Trabajos Prácticos contextualizados (TPC)*. Revista Ciência & Educação. Universidade Estadual Paulista, v12, nº 1, p.1-12.

TOULMIN, S. (1972).*Human understanding: The collective use and evolutions of concepts*. Princeton: Princeton University Press.