

ENSEÑANZA FORMALISTA E HISTORIA SOCIAL DE LAS CIENCIAS

José Luis Villaveces*
Germán Cubillos**

La enseñanza formalista

El trabajo pedagógico en Química se ve con frecuencia abocado a conceptos que parecen simples formalismos desprovistos de interés. Cuando se presenta al estudiante una ciencia como un simple formalismo, es fácil para él aprender mecánicamente lo necesario para aprobar el curso, pero rara vez aprehende lo suficiente para apropiarse de la ciencia y utilizarla constructivamente en el futuro, incorporándola a su praxis diaria.

La enseñanza del manejo de los equivalentes químicos, tal y como suele ser practicada en nuestro bachillerato o en los años iniciales de nuestras carreras universitarias, constituye un ejemplo típico de este problema.

Todo colombiano que haya pasado por el bachillerato recuerda que debió trabajar con pesos equivalentes y con pesos moleculares, que tuvo que calcular concentraciones de soluciones en molaridades y en normalidades. La mayoría recuerda que eso era "punto fijo" en las evaluaciones. Pero a pesar de haber aprendido esta técnica y de haber aprobado los cursos, en un breve lapso son muy pocos los que recuerdan cómo se hacía, y menos aún saben por qué se hacía.

Es clásico el ejemplo del ácido sulfúrico, H_2SO_4 , cuyo peso molecular es 98 (Regla: "La suma del peso atómico de dos hidrógenos, un azufre y cuatro oxígenos"). Todos debimos calcular también su peso equivalente, que es 49. (Regla: "puesto que tiene

dos hidrógenos, el peso equivalente es igual al peso molecular dividido por dos"). Las reglas eran fáciles y con ellas aprendimos a saber cuándo el peso equivalente es igual al molecular, cuándo es la mitad, cuándo la tercera parte. Gracias a ellas respondimos nuestros exámenes, aprobamos el curso y poco tiempo después, sabiamente, las olvidamos.

El formalismo había reducido estos conceptos a algo fácil de aprender pero aburrido y desprovisto de interés.

Los químicos profesionales suelen recordar las reglas porque las utilizan con frecuencia. Pueden preparar exitosamente una solución 0.1 Normal de alguna substancia cuando así lo requirieren pero rara vez tienen una comprensión de los conceptos que están detrás de su técnica. Por esto no saben cuándo utilizarla y cuándo no. Se la usa cuando así lo recomienda la Asociación Oficial de Químicos Analistas de los Estados Unidos. Es decir, se consume una receta, pero no se controla la praxis de la ciencia.

El problema pedagógico está planteado. Un estudiante inquieto podría preguntar "¿Por qué calculamos equivalentes?. Teniendo el peso molecular que corresponde al peso de la molécula y que es la suma de los pesos de los átomos que la constituyen, ¿para qué dividirlo por dos?".

Suele contestarse que los pesos equivalentes tienen una utilidad práctica: "Un volumen dado de una solución 0.1 normal de cualquier ácido se neutraliza exactamente con el mismo volumen de una solución 0.1 normal

de cualquier base. Es más fácil utilizar soluciones preparadas en equivalentes que en pesos moleculares". Esta respuesta puede tranquilizar a quien debe hacer una titulación en su próxima práctica de laboratorio o a quien escogió una profesión en la cual se verá con frecuencia abocado a titular. Pero es experiencia general que este tipo de conceptos reducidos a su aspecto práctico dejan insatisfecho al estudiante, quien no los interioriza. Sólo se los apropia aquel que los usa mucho en la práctica y por eso acaba acostumbrándose a ellos. A pesar de su utilidad práctica, el equivalente seguirá siendo algo *sin sentido*.

El papel de la historia

En nuestra época, el trabajo pedagógico en ciencia involucra tanto a quienes realizan una reflexión filosófica como a quienes desarrollan una praxis científica. Nos encontramos en este simple ejemplo ante tres problemas claves de la cultura contemporánea: la filosofía de las ciencias, la metodología de las ciencias y la pedagogía de las ciencias.

En los últimos tres decenios, este espacio de reflexión se ha visto alterado por la llegada de un cuarto grupo de pensadores, preocupados por la historia de la ciencia, para quienes los problemas epistemológicos, metodológicos y pedagógicos pueden ser mejor trabajados si se los entrelaza íntimamente con un estudio histórico.

* Químico. Profesor Asociado, Departamento de Química. Universidad Nacional. Bogotá.

** Químico. Profesor Asistente. Departamento de Química, Universidad Nacional. Bogotá.

Si entendemos el conocimiento como un *proceso* a través del cual el hombre aprehende el mundo, su constitución y funcionamiento, entonces, tanto la reflexión sobre este proceso como su pedagogía, requieren de la dimensión, temporal y dinámica que les da la historia. El estudio de los contenidos de saber codificados en forma de leyes, teorías, modelos y técnicas; cristalizados en forma atemporal; plasmados en los materiales bibliográficos o en los museos; sólo alcanza a cubrir el aspecto informativo. De él pueden salir apenas elementos desarticulados y pasajeros en la mente del estudiante de ciencias quien podrá ver la coherencia lógica de una teoría, podrá hacer una reconstrucción racional de su historia y tal vez localizar un experimento crucial para su verificación. Pero no tendrá los contextos de descubrimiento, no verá qué crisis internas o externas a la ciencia espolearon, ni la aparición de las nuevas teorías, métodos y conceptos. No comprenderá qué condiciones sociales, políticas o económicas favorecieron un programa de investigación.

El nivel puramente informativo o epistemológico clásico podrá ser trascendido al incorporar la perspectiva histórica. Desde ella, el estudiante podrá ver a la ciencia no como algo ya hecho, dado, revelado, sino como algo que se está construyendo en el proceso creador del hombre. Podrá ver las interpretaciones de la ciencia y sobre la ciencia como algo maleable y cambiante que depende de condiciones internas y externas, que no es un objeto que se compra, se vende o se transmi-

te. Podrá ver que su papel no tiene porque ser el de un consumidor pasivo de algo ya construido por los genios que en el pasado habitaron el hemisferio norte, sino que pueden ser el de un sujeto activo capaz de vincularse al proceso de construcción de la ciencia, en el cual han participado y participan seres humanos como él.

La historia en la enseñanza

La forma más fácil de incorporar la perspectiva histórica es plantear las preguntas pertinentes: ¿Quién, cuando y por qué introdujo la noción de equivalente?

Colocado el estudiante en los comienzos del Siglo XIX puede verse que la teoría atómica de Dalton asignaba pesos atómicos siempre que se conocieran las fórmulas moleculares, o bien, permitía conocer las fórmulas moleculares sólo si se conocían los pesos atómicos. Círculo vicioso muy difícil de romper. Dalton sabía que 8 gramos de oxígeno se combinan con uno de hidrógeno. Tomando el peso del hidrógeno como la unidad, el peso atómico del oxígeno sería 8 si la fórmula del agua fuera HO, pero sería 16 si la fórmula fuera H₂O, o 24 si la fórmula molecular fuera H₃O. En este contexto, asignar el peso atómico 16 al oxígeno o el peso molecular 18 al agua, como hacemos en la actualidad, no tiene más sentido que asignarles 8 y 9 respectivamente. El peso molecular del agua no tiene sentido. Lo que sí tiene sentido es que por cada gramo de H hay ocho de O. Eso se puede verificar experimentalmente cuantas veces se desee. En una combinación

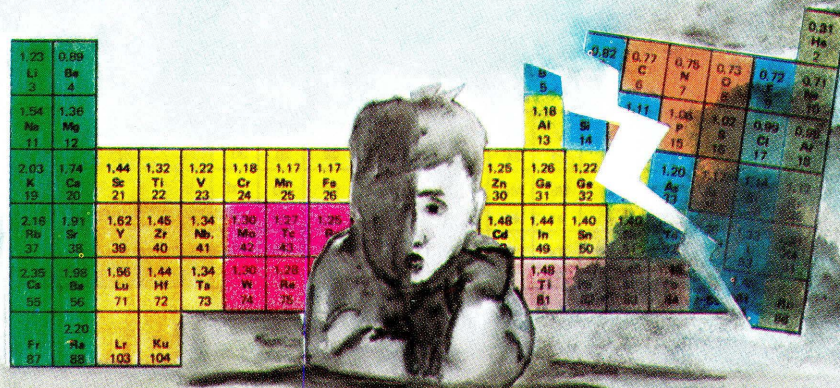
química, ocho gramos de oxígeno son equivalentes a uno de hidrógeno.

La perspectiva histórica ha invertido el problema. Lo que tiene sentido en el siglo XX, no lo tenía en el XIX y viceversa. El estudiante inquieto de nuestro párrafo anterior puede preguntar cómo cambiaron tanto las cosas y tratar, él mismo, de resolver la dificultad de hallar pesos atómicos absolutos, de encontrar medidas independientes del peso molecular, o de hallar fórmulas químicas por métodos no gravimétricos, para romper el círculo vicioso.

La discusión entre peso atómico, peso molecular y peso equivalente ha cambiado de forma. Ya no hay concepto-cosa absoluto con un sentido físico absoluto. Lo que hay es un proceso histórico de construcción de conceptos, dentro del cual la importancia relativa de las ideas en construcción va cambiando. Lo que es real en una época lo es menos en otra.

Esta discusión corre el riesgo de ser vista desde un siglo XX absoluto. El estudiante puede pensar que él "sabe" que sí hay átomos y cuál es su peso. El problema habría sido sólo una imperfección durante la construcción de ese objeto que hoy ya está construido y que es la química. Hubo afortunadamente quien descubrió el error o levantó la imperfección y las cosas se arreglaron para llegar a la verdad", al objeto-ciencia ya terminado. En ese caso puede preguntársele por qué la noción de equivalente ha sobrevivido lo suficiente como para llegar a

Pasa a la pág. 30



ENSEÑANZA...

Viene de la pág. 9

nuestros días; por qué si es una imperfección ya superada, se la sigue enseñando y preguntando como punto fijo en los exámenes.

Los grandes defensores de los equivalentes fueron Gerhardt, Dumas, y otros químicos de mediados del Siglo XIX. Para ellos la pregunta sobre cuál podría ser el peso real de una molécula era una pregunta metafísica. Los átomos eran sólo una ficción conveniente para generalizar muchas observaciones experimentales, pero no eran accesibles directamente a la experiencia. Ellos eran positivistas. Discípulos

y contemporáneos de Comte. Pragmáticos como la burguesía cuyo poder ayudaron a consolidar. El equivalente era el tipo de concepto práctico y empírico que les placía. Los pesos de las moléculas tenían para ellos el mismo interés que el sexo de los ángeles.

La ciencia de hoy sigue siendo, en buena medida, empírica y positivista. Los textos de ciencia de nuestros colegios y universidades están llenos de afirmaciones: "todo conocimiento comienza con la observación", "sólo la experiencia es fuente de verdad", "deben descartarse las hipótesis superfluas", "la explicación más simple de un fenómeno es la mejor", etc. etc.

El estudiante puede ver que el problema, junto con su interpretación, siguen vivos hoy. Que si él ha aprendido buena ciencia del siglo XX y es un buen empirista, debe rechazar los pesos moleculares y guardar los equivalentes, o profundizar mucho más en los métodos empíricos para determinar aquellos. Si es un buen racionalista hará lo contrario. Es posible que vea que no hay "una solución ya dada" y que entienda que él puede vincularse al proceso de construirlas. En todo caso, si ha participado en esta discusión y ha adelantado este estudio es mucho más difícil que a los pocos meses haya olvidado lo que son estos conceptos. □

EL PORQUE...

Viene de la pág. 7

formas exclusivistas de hacer la historia, que están en boga en la literatura internacional: las biografías intelectuales (cuando no hagiografías) de científicos e ingenieros; estudios factuales y descripciones estadísticas de instituciones, legislaciones, frecuencias de publicaciones, etc.

Hay que aclarar, sin embargo, que todas estas historias aportan, en mayor o menor grado y de acuerdo a las circunstancias, elementos importantes para una investigación de carácter más orgánico. Es más, algunas de ellas pueden ser la materia prima para una historia social. Pero a condición que funcionen como subproyectos de un proyecto integrador que les fije el tipo de contribución que deben dar al análisis global.

De lo dicho hasta ahora empieza a perfilarse la orientación positiva de una historia social de las ciencias relativa a países con evoluciones científicas particulares. Lo que se esperaría de una investigación histórica en tales contextos, es que ilustre la manera compleja en la que los intereses que corrientemente se agrupan bajo la denominación de "lo social", han ambientado y condicionado la actividad científico-técnica.

Descubrir la influencia de lo social en el desarrollo científico, sería mostrar cómo, eventualmente, factores extracientíficos, incidieron sobre una investigación en un momento dado, por ejemplo en la escogencia por un

individuo de problemas y métodos científicos, para orientarla en una dirección y no en otra posible. O sea, poner de manifiesto la intensidad de esta determinación o condicionante social lo cual se revelaría en la obtención de un tipo de resultados considerados como probables en relación con el estado de la línea de investigación, pero que en virtud de tal influencia aparecen en la historia como resultados necesarios

Esta tarea comporta desde luego dificultades más finas en comparación con cualquier otra investigación histórica sectorial de las antes mencionadas.

Especialmente en las ciencias llamadas "exactas" o, en términos foucaultianos, que ya han superado un cierto umbral de epistemologización, la presencia de lo social no es detectable tan directamente como en las ciencias sociales o las aplicaciones a la naturaleza. Pero ésto no puede interpretarse de ninguna manera como que la actividad desarrollada en las tales ciencias no fuera social.

En estas ciencias muchas veces hay que desentrañar la presencia de lo social en las concepciones del trabajo científico, en las políticas de las instituciones, en los sistemas educativos, en los procesos de profesionalización, etc. Naturalmente, hay momentos en los que esta presencia se evidencia directamente, en particular en aquellas coyunturas sociales en las que toda la actividad cultural se ve afectada en su

progreso o involución. Pero aún en estos casos los efectos sustanciales se reconocen en la perspectiva histórica.

Otro género de limitaciones o dificultades del trabajo histórico parte del individuo investigador. Siendo la historia social de una ciencia de naturaleza contextual, su comprensión implica un esfuerzo de interdisciplinariedad. En el caso de las matemáticas y tanto más de las matemáticas en un país periférico, su historia es en buena medida la historia social de la física, la astronomía y las ciencias y técnicas asociadas.

Sumado a lo anterior está el hecho antes mencionado que la historia social debe retomar e inscribir en su propia lógica aquellos trabajos en donde la actividad científica ha sido conceptualizada e interpretada con criterios sociológicos, histórico-generales, económicos o políticos.

En fin, otra dificultad del sujeto-investigador es que él se enfrenta a la ejecución de su proyecto con un arsenal de concepciones teóricas y prácticas sobre la actividad científica. Este es un hecho objetivo y nada se puede hacer en su contra. Pero lo que se escaparía es que esta "cultura del investigador" ejerza una función de "horizonte referencial". Que el historiador sea "escéptico" en sus concepciones se expresen en el análisis histórico, en lo posible, tal y como han intervenido (o se estima que intervinieron) en cada situación concreta. □