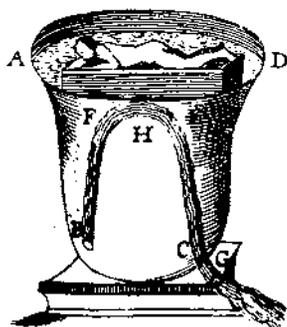


# INTERCAMBIOS, COMENTARIOS



## Y CRÍTICAS

*En esta sección intentamos recoger, por una parte, los comentarios y críticas sobre los trabajos aparecidos, así como sugerencias de cualquier tipo que puedan contribuir a una mejora de la revista.*

*En segundo lugar pretendemos que estas páginas sirvan para dar a conocer la existencia de grupos de trabajo y facilitar así los contactos e intercambios.*

*También pensamos que puede ser de interés el conocimiento de las líneas de trabajo seguidas por los distintos grupos, que pueden enviar breves resúmenes de sus actividades.*

*Por último contemplamos la posibilidad de favorecer los intercambios objeto de esta sección con la publicación de algunas entrevistas y mesas redondas.*

## DEBATES

### **MOTIVACIÓN EN LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS: UNA PERSPECTIVA PARA LA ENSEÑANZA**

*Lahore, Alberto A. Didáctica de la Química. Instituto de Profesores «Artigas». Montevideo, República Oriental del Uruguay.*

#### **Introducción**

En *La estructura de las revoluciones científicas*, T. Kuhn (1962) ya señalaba que, «puesto que la educación científica no utiliza ningún equivalente al museo de arte o a la biblioteca de libros clásicos, el resultado es una distorsión, a veces muy drástica, de la percepción que tiene el científico del pasado de su disciplina». «Los libros de texto registran los resul-

*tados estables de revoluciones pasadas (la cursiva es del original). Para cumplir con su función, no necesitan proporcionar informes auténticos sobre el modo en que dichas bases fueron reconocidas por primera vez. Existen incluso razones poderosas por las que en esos temas los libros de texto deban ser sistemáticamente engañosos.»*

J. Otero (1989), con un punto de vista similar, señala que los libros de texto suministran al alumno sólo las respuestas dadas por la ciencia, pero no las preguntas que les dieron origen.

Aunque algunos textos presentan alguna referencia histórica sobre determinados descubrimientos, sabemos por experiencia que éstas son tomadas por los estudiantes como simples anécdotas para amenizar la lectura o introducir el tema.

#### **Algunos ejemplos**

Se analizan a continuación algunos ejemplos del currículo de Química, que resultan típicos.

1. Los experimentos que condujeron a Boyle, en 1661, al descubrimiento de la ley de los gases que hoy lleva su nombre fueron realizados pocos años después del experimento de Torricelli con el mercurio (1643), y de la demostración espectacular de von Guericke con los dieciséis caballos (1654).

En los escritos de Boyle se lee su motivación.

El artículo titulado «Dos nuevos experimentos relativos a la medida de la fuerza del aire comprimido y dilatado» está comprendido en la segunda edición de

«Nuevos experimentos físico-mecánicos acerca del aire. Donde se agrega una defensa de la explicación de los experimentos, contra las objeciones de Franciscus Linus y Thomas Hobbes» (Oxford 1662).

(Linus y Hobbes no aceptaban que fuese la presión atmosférica la que sostiene la columna de mercurio en el experimento de Torricelli, y postulaban otra hipótesis).

El artículo de Boyle comienza diciendo:

«La otra cosa que habría de señalar por lo que atañe a la hipótesis de nuestro adversario es que resulta innecesaria. En efecto, puesto que no niega que el aire tenga cierto peso y resorte, sino que afirma que ello resulta muy insuficiente para llevar a cabo asuntos tan importantes como contrapesar un cilindro de mercurio de 29 pulgadas, cosa que nosotros afirmamos que hace, habremos de esforzarnos ahora por poner de manifiesto, mediante experimentos hechos expresamente al efecto, que el resorte del aire es capaz de hacer mucho más de lo que precisamos atribuirle para resolver los fenómenos del experimento de Torricelli. Tomamos pues un largo tubo de vidrio...» (Sigue la descripción de los experimentos y sus resultados).

Al concluir la argumentación, Boyle escribe:

«Supongo que ya hemos dicho bastante para mostrar lo que se pretendía; a saber, que para resolver los fenómenos, en nada precisamos de la hipótesis de nuestro adversario, y mostrarlo aparecerá como algo de no poca importancia en nuestra actual controversia.»

A pesar de las argumentaciones de Torricelli y Pascal, durante años no hubo consenso en que se denominara barómetro al tubo con mercurio invertido en la cubeta, ya que se discutía que tal dispositivo estuviese midiendo la presión atmosférica.

El antiguo problema práctico de que no se puede elevar agua mediante bombas de succión a una altura (o desde una profundidad) mayor de unos diez metros y medio —problema estudiado también por Galileo— fue explicado por Torricelli.

Defender la explicación de Torricelli motivó los trabajos de Boyle, que culminaron con el descubrimiento de la ley sobre la elasticidad del aire.

2. Antes de 1800, Dalton no se interesaba en la química sino en la meteorología.

Fueron motivos de sus investigaciones la mezcla de gases en el aire, la disolución de gases en el agua y de vapor de agua en la atmósfera. A esta etapa corresponde,

precisamente, el descubrimiento de su ley sobre las presiones parciales de los gases.

Debido a su interés, Dalton se preguntó por ejemplo por qué la atmósfera es homogénea, teniendo en cuenta que está formada por gases de diferente densidad (Holton y Roller 1958).

Los químicos de la época concebían el aire como un compuesto químico, donde el nitrógeno y el oxígeno estaban unidos por las fuerzas de afinidad. Dalton, que pensaba que el aire era una mezcla física, debía encontrar una explicación de por qué el oxígeno no se deposita contra el suelo, quedando el nitrógeno más arriba. Dalton estaba convencido de que podría explicar los fenómenos estudiados, suponiendo que los gases estaban formados por partículas globulares de diferentes pesos, según los gases (Partington 1935).

Su primera tabla de pesos atómicos aparece, precisamente, en su trabajo «Sobre la absorción de los gases por el agua».

Dalton supuso que los gases estaban formados por partículas globulares apiladas unas contra otras sin espacios entre medio. Sostuvo que esas partículas «están constituidas por un pequeñísimo átomo central rodeado de una atmósfera de calórico». Dalton razonó que el nitrógeno y el oxígeno no se separaban en capas debido a que las partículas se empujan unas a otras por la mutua repulsión de sus atmósferas de calórico, formando así un todo homogéneo. (La teoría de que el calor era una sustancia —el calórico— era de general aceptación en esa época.)

Dalton concluyó que la forma de distinguir entre mezcla física y combinación química es determinar si los átomos de las diferentes sustancias están en una relación de números enteros o si no lo están. En el primer caso se trata de una combinación y en el segundo caso, de una mezcla, como el aire.

Los textos de química conectan al estudiante con la obra de Dalton a partir de los postulados de su teoría atómica.

No aparece su motivación, originada en los estudios prácticos de meteorología.

Incluso hay textos que expresan que la intención de Dalton fue dar una explicación de las leyes másicas de la química, etc., como si de antemano él hubiera estado interesado en esos problemas, cuando «en realidad esos problemas parecen habersele ocurrido sólo cuando descubrió la solución y no antes de que su trabajo creador estuviese casi completamente terminado» (Nash 1956).

3. En 1866 se publica el trabajo de Pasteur «Estudios sobre el vino. Sus enfermedades y las causas que las provocan. Procedimientos para conservarlo y afiarlo».

En el prólogo de este trabajo leemos su motivación:

«En julio de 1863, el Emperador quiso animarme a dirigir mis investigaciones hacia el estudio de las enfermedades de los vinos... preocupado, con razón, del perjuicio que ocasionan al comercio de vinos de Francia. Después que fui honrado con tan importante misión, no he cesado de dedicarme por entero. En diciembre de 1865 tuve el honor de ser recibido por el Emperador para exponer los resultados de mis investigaciones. Si el tiempo, juez necesario e infalible de todas las producciones de la ciencia, consagra la exactitud de mi trabajo, habré recibido la satisfacción de haber servido a mi país.»

Al concluir la guerra franco-prusiana de 1870-71, Pasteur escribe a Duclaux: «Tengo la cabeza llena de proyectos. Estoy preparado para nuevas producciones. Pobre Francia, mi querida patria, que no puedo contribuir a recuperarte de tus desastres...»

Inmediatamente Pasteur inicia sus estudios sobre la cerveza, proponiéndose un mejoramiento de la calidad de la cerveza francesa, para poder así competir con Alemania en uno de sus renglones de exportación más prestigiosos.

En 1877 se publica el trabajo de Pasteur «Estudios sobre la cerveza. Sus enfermedades y las causas que las provocan. Procedimientos para mantenerla inalterable, con una nueva teoría de la fermentación».

Pasteur expresa: «Estos estudios descansan en los mismos principios que sirvieron de guía a mis estudios sobre el vino, el vinagre, el gusano de seda. Las alteraciones de la cerveza son producidas por microorganismos que encuentran allí un medio favorable para su desarrollo. Contrariamente a las ideas de otrora, la causa de las enfermedades no es interior sino exterior; por lo tanto se batirán en retirada las ideas de la generación espontánea. La etiología de las enfermedades contagiosas es posible que esté en vísperas de recibir una luz inesperada.»

4. Después de explicar el principio de Le Chatelier, algunos textos describen aplicaciones industriales del desplazamiento de los equilibrios químicos. El ejemplo más citado es la fabricación de amoníaco por el proceso Haber-Bosch.

Nuevamente, esta forma de presentación hace pensar al alumno que la ciencia se desarrolló necesariamente como «ciencia pura» —por el deseo del hombre de conocer las leyes naturales, etc.— y luego se le ha encontrado aplicación práctica.

Si se examina la obra completa de Le Chatelier, se observa que sus trabajos estuvieron siempre vinculados a la solución de problemas industriales.

Sobre los equilibrios químicos, Le Chatelier y Mouret (1891) escribieron: «En gran cantidad de casos, sobre todo en los procedimientos industriales, las reacciones no se cumplen totalmente, porque están limitadas por la presencia de cuerpos que no se pueden evacuar inmediatamente y directamente; en otros casos, se cumplen con gran lentitud. En todos estos casos, las leyes de la mecánica química encuentran una aplicación directa.»

En 1901 Le Chatelier patentó un método para obtener amoníaco mediante la combinación directa de nitrógeno e hidrógeno a 200 atm y 700 °C, utilizando hierro finamente dividido como catalizador.

Una explosión, con un muerto, suspendió los trabajos. Pero luego de conocido el éxito de Haber y Bosch, escribió Le Chatelier (1917):

«En aquellos años buscaba convencer a los químicos, rebeldes a los razonamientos de la termodinámica, de la exactitud y el interés de las leyes de la mecánica química, cuya aplicación permite resolver problemas que antes se consideraban como insolubles, precisamente como la síntesis del amoníaco a partir de sus elementos, concebida como irrealizable.»

El sentido práctico de la ciencia aparece explicitado ya desde el título, en el artículo de Le Chatelier «Sobre el rol de las preocupaciones industriales en el progreso de la ciencia pura» (1902), donde pasa revista a los trabajos de varios franceses, desde Lavoisier a Pasteur.

Acercas de Lavoisier, Le Chatelier afirma:

«Espíritu filosófico, participante del movimiento de las ideas de fines del siglo XVIII, Lavoisier se preocupó en sus trabajos de ciencia pura de dividir y subdividir todos los problemas, tratando en cada memoria un solo tema y enfocándolo desde un determinado punto de vista. Ese método hace particularmente fácil y atrayente la lectura de sus *Memorias*. Pero, por otra parte, enmascara la filiación real de las ideas.

»En sus estudios industriales —las tres cuartas partes de sus *Obras Completas*— Lavoisier abarca un conjunto de temas y

los examina en todas sus facetas, reflexionando al respecto. Es allí que se dan a conocer ideas científicas cuyo origen habría permanecido desconocido si no poseyéramos más que las memorias definitivas.»

En el artículo de Le Chatelier «Algunos problemas científicos a resolver» (1917), después de un relevamiento de diferentes problemas industriales, se lee:

«Mediante esta comunicación, mi intención es llamar la atención de los industriales sobre el modo más eficaz en que pueden utilizar la ciencia, y además inducirlos a solicitar a los científicos un concurso más activo, facilitándoles su trabajo mediante una indicación clara de los problemas a resolver.»

Los estudios de Le Chatelier sobre el calor específico de los gases a temperaturas elevadas o los estudios sobre composición y reacciones de los silicatos no fueron trabajos de «ciencia pura», sino parte de sus investigaciones sobre minas, hornos industriales, fabricación de cementos.

Su obra correspondió precisamente a la época en que la ciencia se integró definitivamente al proceso productivo.

«Consagré toda mi carrera a la ciencia industrial escribió Le Chatelier— no por el hecho de una voluntad reflexiva, sino por el impulso de circunstancias exteriores.»

El impulso de esas circunstancias exteriores, también reconocido por científicos como Lavoisier o Pasteur, lo consideramos de importancia fundamental en la enseñanza de las ciencias.

### Propuestas para la enseñanza de las Ciencias

Con toda razón, actualmente en la enseñanza se pone énfasis en las aplicaciones prácticas de la ciencia. En nuestra opinión también debería enfatizarse su génesis.

Sobre las ideas atomistas de los primeros filósofos jónicos como Leucipo y Demócrito, citados casi siempre en los textos, no podemos utilizar como argumento descalificador de esas ideas el hecho de que fueran especulaciones filosóficas sin evidencia experimental. Incluso hay textos que sentencian: «Pero no hicieron experimentos...»

El ideal del conocimiento en los primeros filósofos griegos de la naturaleza «era de carácter teórico en el sentido

platónico del término, es decir, como contemplación» (Gusdorf 1966). Para ellos «la ciencia era una empresa puramente intelectual, sin ningún objetivo tecnológico en vista» (Toulmin y Goodfield 1961, la cursiva es del original).

La ciencia moderna, a partir del siglo XVI, correspondió al desarrollo de una mentalidad muy diferente; correspondió a un mundo de viajes y descubrimientos geográficos, florecimiento de la economía, crecimiento de las ciudades, aparición de una burguesía de comerciantes y pequeños industriales. Esta nueva mentalidad permitió apreciar que un conocimiento de la naturaleza con base experimental abriría nuevos caminos para poner en práctica el ingenio humano, caminos que, en la sociedad clásica griega o en la sociedad feudal, estaban cerrados.

En Inglaterra, a principios del siglo XVII, universidades como Oxford y Cambridge eran centros para la instrucción del clero y la nobleza.

La creciente actividad científica de la época convergió en el Gresham College, institución de enseñanza fundada por testamento de T. Gresham, que fue comerciante, agente financiero de la Corona y fundador de la Bolsa de Londres.

En 1662 se fundó la Royal Society de Londres. En palabras de Hooke —que fue profesor de geometría del Gresham College, y además miembro fundador y secretario de la Royal Society—, los objetivos de esta sociedad serían: «mejorar el conocimiento de los objetos naturales, las artes útiles, la manufactura, las prácticas mecánicas, las máquinas y los inventos, por medio de la experimentación».

Desde esta perspectiva, los trabajos de Boyle, Lavoisier, Dalton, Pasteur, Le Chatelier, y tantos otros, toman una significación diferente a la que sugieren muchos textos mediante la sola mención de sus leyes, teorías o principios.

Consideramos que el análisis de esta temática cumple en principio un objetivo formativo para el docente.

En la clase, cumple también un objetivo formativo para el alumno. Pero, además, puede cumplir objetivos didácticos.

Un ejemplo de nuestra experiencia:

Si se explica en clase el experimento de Torricelli sin ninguna relación con el contexto práctico es común que algún alumno planteé la pregunta: «Pero, ¿Torricelli sabía de antemano qué largo debía tener el tubo? ¿O probó varios...? Porque si hubiera elegido uno de medio metro, no habría podido medir la presión atmosférica...»

En cambio, si al iniciar el tema se plantea el problema práctico de las bombas manuales para agua, luego, dada la explicación del fenómeno por parte de Torricelli, teniendo como dato la densidad del mercurio, los alumnos podrán comprender cómo Torricelli calculó qué altura del más denso de los líquidos podía ser sostenida por la presión atmosférica a nivel del mar.

Esta forma de enseñanza exige un proceso de elaboración por parte del profesor, que reconocemos que es difícil por varias razones.

Una de ellas es que la mayoría de los libros sobre Historia de la Ciencia, Historia de la Química, etc. se ha escrito de acuerdo con lo que Gusdorf llamó «la leyenda dorada de la historia de las ciencias», es decir, como «una marcha triunfal del hombre en la adquisición de la verdad», ilusión que —según Gusdorf— «no es más que una proyección retrospectiva de las esperanzas intelectualistas de la Aufklärung».

«Mientras que las actividades humanas están ligadas a los tiempos, las ciencias exactas serían el fruto de una inmaculada concepción de la razón.»

«La ilusión más peligrosa al emprender una Historia de las Ciencias es encararla desde el punto de vista de la verdad, en lugar de encararla desde el punto de vista de la mentalidad.

»La historiografía científica no tiene por tarea principal establecer el carné de identidad de las verdades adquiridas. Debe describir fundamentalmente la progresión de la conciencia epistemológica, ligada al movimiento general de la cultura.»

De acuerdo con Gusdorf, consideramos que, en la enseñanza, el profesor debe apoyarse en una historia de la ciencia que no sea una cronología de la adquisición de las verdades, sino una perspectiva de la mentalidad de cada época, ligada a la cultura.

**Referencias bibliográficas**

Boyle, R., 1985. *Robert Boyle. Selección, introducción y notas de Carlos Solís.* (Alianza Editorial; Madrid).

Gusdorf, G., 1966. *De l'Histoire des Sciences a l' Histoire de la Pensée.* (Payot: París).

Holton, G. y Roller, D., 1958. *The evolution of modern physical sciences.* (Addison Wesley: Nueva York).

Kuhn, T., 1962. *La estructura de las revoluciones científicas.* (Fondo de Cultura Económica: México, 1971).

Le Chatelier, H., 1891. Les équilibres chimiques, *Revue Générale des Sciences*, 2, pp. 97-102, 138-144

Le Chatelier, H., 1901. Du rôle des préoccupations industrielles dans le progrès de la science pure, *Revue Générale des Sciences*, 12, pp. 1099-1108

Le Chatelier, H., 1917 a. Quelques problèmes scientifiques à résoudre. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 164, pp. 205-210.

Le Chatelier, H., 1917 b. La synthèse de l'ammoniaque. *Comptes rendus*, 164, pp. 588-590.

Le Chatelier, H., 1926. *Ciencia e Industria.* (Espasa-Calpe: Buenos Aires, 1947).

Nash, L., 1956. The origin of Dalton's Chemical Atomic Theory, *Isis*, XLVII, pp. 101-116.

Otero, J., 1989. La producción y la comprensión de la ciencia, *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 223-227.

Pasteur, L., 1924. *Obras Completas.* (Masson: París).

Partington, J., 1935. *Historia de la Química.* (Espasa-Calpe: Buenos Aires).

Toulmin, S. y Goodfield, J., 1961. *La trama de los cielos.* (Eudeba: Buenos Aires).

**GRUPOS DE TRABAJO**

**SIUZ. SEMINARIO INTERDISCIPLINAR**

Este curso 1993-94 se cumplen nueve años de la constitución de este grupo de trabajo en Zaragoza.

**Manifiesto original**

Un grupo de profesores de la Universidad de Zaragoza y otros profesionales nos hemos constituido en un provisional Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza y queremos hacer lle-

gar a los universitarios y a la opinión pública en general lo siguiente.

Pensamos que los estudios interdisciplinares, por una parte, y las cuestiones de epistemología, historia y sociología de las ciencias (entendidas éstas en su sentido más amplio), por otra parte, no están suficientemente desarrolladas en la Universidad de Zaragoza, a pesar de su gran actualidad y de la gran demanda de los mismos.

Todos nosotros compartimos la preocupación por ello y el deseo de que la

situación mejore, y queremos aportar nuestro esfuerzo conjunto en esa dirección.

Hacemos un llamamiento general a aquellas personas que compartan estas inquietudes para que podamos establecer una base más amplia de colaboración en el futuro.

Como punto de arranque de nuestro Seminario proponemos tres tareas concretas a realizar ya este curso 84-85 a título experimental, aun considerándonos no especialistas en materias interdisciplina-