

## CAMBIOS QUÍMICOS Y CONSERVACIÓN DE LA MASA... ¿ESTÁ TODO CLARO?

LANDAU, L. y LASTRES, L.

Cátedra de Química. Ciclo básico común. Universidad de Buenos Aires.  
Ciudad Buenos Aires, R. Argentina.

---

### SUMMARY

In this paper the authors present results obtained along three years in evaluations made to the students entering the first Chemistry course in the Buenos Aires University, referred to the law of conservation of matter and the concept of chemical change. These results, which are similar to those obtained by other investigators in different countries, show the difficulties which still remain after middle school education, that should worry educators and move them to change their way of teaching such concepts, which are essential for a proper chemical knowledge.

---

### INTRODUCCIÓN

La ley de conservación de la masa y el concepto de cambio químico son algunos de los primeros temas que se discuten en la mayoría de los cursos de química del nivel medio. Tanto los docentes como los alumnos consideran, en general, que la ley es fácilmente comprensible y que se aplica correctamente en el análisis de situaciones de la vida diaria.

De acuerdo con los planes de estudio actualmente en uso en la Argentina, estos temas son ampliamente desarrollados; son clásicas las preguntas y la discusión acerca del aparente incumplimiento de la ley de conservación de la masa en la combustión de un trozo de papel en un recipiente abierto, y en general todo parece indicar que el tema queda claramente comprendido por los estudiantes. Lo mismo sucede con el concepto de cambio químico, y ambos conceptos, supuestamente incorporados a la estructura cognitiva de alumnos y alumnas, son aplicados en la escritura de ecuaciones químicas y en los cálculos estequiométricos.

Sin embargo, surgen algunas dudas sobre la corrección de dicha suposición. Driver (1985), estudiando las ideas de los niños sobre conservación de la masa en reacciones de combustión y oxidación, encontró que sólo de la tercera parte de los alumnos consideraba que la masa no cambia. Llorens y Llopis (1985) indicaban que, para muchos de sus alumnos, en los cambios químicos la

masa no se conservaba; Andersson (1986), trabajando con alumnos de 12 a 15 años, encontró respuestas que mostraban la falta de comprensión de los siguientes conceptos subyacentes: que la materia está formada por partículas, que estas partículas están en constante movimiento y que pueden reaccionar unas con otras rompiendo y formando enlaces. Por su parte Ben-Zvi, Eylon y Silberstein (1987, 1988), en trabajos realizados con estudiantes de 10° grado, señalaban que muchos de los alumnos entrevistados mostraban fallas en su concepción del cambio químico. Lo mismo informaban Osborne, Cosgrove y Schollum (1982) en alumnos entre 7 y 17 años y, mucho más sorprendente, Bodner (1991) encontró algo similar con alumnos universitarios.

Por otra parte, nuestra experiencia con los estudiantes que realizan su primer curso de química en la Universidad de Buenos Aires señalaba la existencia de serias dificultades en la comprensión de conceptos básicos tales como el de cambio químico.

Iniciamos entonces algunos estudios que permitieran, en una primera etapa, *describir* la situación de los ingresantes en relación con estos temas, para estudiar luego, en caso de ser necesario, vías de mejora de la situación. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en dicha primera etapa, de carácter *exclusivamente descriptivo*.

**METODOLOGÍA**

Para cuantificar la situación de los ingresantes al Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires, se incluyeron, en las evaluaciones diagnósticas que se utilizan habitualmente, dos ítems relacionados con la aplicación de estos conocimientos. Debemos aclarar que al CBC ingresan directamente aquellas personas que acreditan haber finalizado estudios secundarios en cualquier modalidad (bachillerato, escuelas técnicas, escuelas de comercio, etc.) en cuyos planes de estudio la química figura con diferente profundidad y carga horaria.

Las evaluaciones diagnósticas, de tipo objetivo, contenían diferentes ítems relacionados con temas supuestamente conocidos por los ingresantes. Se administraron en el primer día de clase, al iniciar los cursos de química, por muestreo al azar cubriendo todos los horarios.

El texto de las preguntas a las que se refiere el presente trabajo es el siguiente:

Se coloca en un frasco lleno de aire un trozo de hierro de masa conocida. Se cierra herméticamente y se deja durante varios días. Al final, el trozo de hierro presenta manchas que muestran que se ha oxidado.

A. Comparando la masa del sólido al final de la experiencia con su masa inicial, encontraremos que es:

- 1) la misma;
- 2) mayor al final;
- 3) menor al final.

B. La masa de aire al final de la experiencia, con respecto a la masa inicial, será:

- 1) la misma;
- 2) mayor al final;
- 3) menor al final.

**RESULTADOS**

Los resultados porcentuales generales, en muestras de 2.340, 953 y 959 alumnos, correspondientes a los años 1990, 1991 y 1992 respectivamente, son los que aparecen en la tabla I.

El análisis de los resultados mostrados en la tabla I indica, en primer lugar, una sorprendente similitud entre los valores porcentuales correspondientes a las tres muestras, lo cual nos indica que no se trata de una situación incidental. En los tres grupos, alrededor del 25% de los alumnos y alumnas responde que la masa del hierro disminuye al oxidarse, respuesta similar a la obtenida por Osborne (1982) y por Bodner (1991). Tan sólo la cuarta parte de cada cohorte considera que la masa del hierro con manchas de óxido es mayor que la masa inicial, mientras que más del 40% opina que la masa del sólido se mantiene constante (Driver, 1985). Sin embargo, un porcentaje algo mayor (40-45%) afirma que la masa de aire disminuye, evidenciando incoherencia entre sus afirmaciones.

Tabla I

|          | 1990<br>(2.340 al.) | 1991<br>(953 al.) | 1992<br>(959 al.) |
|----------|---------------------|-------------------|-------------------|
| A. 1     | 41                  | 41                | 46                |
| 2        | 25                  | 24                | 23                |
| 3        | 26                  | 25                | 24                |
| No cont. | 7                   | 9                 | 7                 |
| B. 1     | 32                  | 32                | 32                |
| 2        | 14                  | 11                | 14                |
| 3        | 46                  | 46                | 45                |
| No cont. | 7                   | 10                | 9                 |

Debido a los resultados, consideramos que era necesario realizar un análisis detallado de las combinaciones de respuestas dadas por cada estudiante. Este análisis se efectuó en muestras de 100 y de 230 ingresantes correspondientes a 1990 y 1992 respectivamente. Los resultados se ofrecen en la tabla II, que muestra, en porcentajes, las combinaciones halladas en las respuestas. (El primer número corresponde a la respuesta del ítem A y el segundo indica la respuesta del ítem B.)

Tabla II

| Respuestas (A-B)                       | 1990 | 1992 |
|--|------|------|
| 1-1 (no hay cambios)                   | 21   | 20   |
| 1-2)                                   | 51   | 51   |
| 1-3) (una masa cambia pero la otra no) | 21   | 18   |
| 2-1)                                   | 21   | 51   |
| 3-1)                                   | 9    | 9    |
| 2-2 (ambas aumentan)                   | 0    | 0    |
| 3-3 (ambas disminuyen)                 | 8    | 8    |
| 2-3 resp. correcta                     | 17   | 16   |
| 3-2 transposición de la correcta       | 7    | 11   |
| 0-3)                                   | 21   | 01   |
| 0-1) (falta una o ambas respuestas)    | 11   | 01   |
| 1-0)                                   | 31   | 31   |
| 0-0)                                   | 4    | 6    |
|  | 10   | 9    |

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Nuevamente sorprende la coherencia de los valores obtenidos en los dos años estudiados, que parece indicar una situación que se repite en las tres muestras.

Solamente el 17% de los alumnos (en el mejor de los casos) responde correctamente a las dos preguntas; entre un 7 y un 11%, aunque traspone las dos respuestas, muestra al menos coherencia en cuanto a la conservación de la masa total del sistema: considera que aumenta la masa de aire y disminuye la del hierro.

El 21% de la muestra considera que no hay cambio, ni en la masa del hierro ni en la del aire. ¿Se trata solamente de una falta total de concepto del cambio químico producido o además muestra una aplicación a ultranza de la ley de conservación de la masa? Se nos ocurre que el argumento de estos alumnos podría ser: «Como la masa total no cambia, no puede cambiar ni la masa del hierro ni la del aire.» Bodner (1991) cita algunas explicaciones de graduados similares a ésta. Quizás estos resultados podrían considerarse un ejemplo de interacción entre un nuevo conocimiento y las concepciones previas de las alumnas y alumnos (Gilbert, Osborne y Fershan, 1982).

El mayor porcentaje de alumnos (37%) propone una combinación de respuestas incoherente desde el punto de vista de la conservación de la masa total del sistema: una masa cambia pero la otra no. En particular, el 21% indica que la masa del hierro se mantiene constante (¿será porque sigue siendo un sólido?), pero la masa de aire disminuye. Aparentemente, tienen idea de que la oxidación del Fe consume parte del aire pero no relacionan esa idea con el concepto de cambio químico como reacomodo de átomos: se consume parte del aire, que simplemente desaparece. Quizás estas respuestas sean una expresión de la idea: «Como no se ve, no lo tomo en cuenta, es "nada"». O, como enuncian Pozo, Sanz, Gómez Crespo y Limón (1991): «Lo que no se percibe, no se concibe.»

Esta posibilidad de desaparición de parte de la masa del sistema se muestra también en el 8% que opina que tanto la masa del hierro como la del aire disminuyen, respuestas que podrían atribuirse a un razonamiento del tipo: «Tanto el hierro como el oxígeno son reactivos y se consumen al producir la reacción.» Como señalan Pozo, Sanz, Gómez Crespo y Limón (1991), se fijan más en el estado final de la transformación que en su estado inicial. Curiosamente, ninguna respuesta responde a la idea de que se pueda crear materia, ya que la posibilidad de que ambas masas aumenten no es considerada por ningún alumno. Finalmente, un 10% de la muestra deja sin contestar una o ambas preguntas. Oñorbe y Sánchez (1992) señalan que en reacciones como la combustión, donde la transformación sufrida por la materia es grande, se admite con mayor facilidad su desaparición. En su estudio, el 60% de los alumnos a punto de concluir el Ciclo de Orientación Universitaria orientado a ciencias (similar en nuestro CBC) no razona correctamente sobre la conservación de la masa en una reacción química perfectamente conocida.

¿A qué conclusiones nos lleva este análisis? En primer lugar, nuestros resultados confirman lo indicado por diversos estudios: un cambio químico continuamente observable a nuestro alrededor no es claramente interpretado por los estudiantes. Nos preguntamos si se trata

de una falla en el caso particular de la oxidación del hierro o si, tal como proponen los diferentes investigadores, lo que desconocen los alumnos es la idea general de cambio químico. Y, por otra parte, resulta evidente que la conservación de la masa tampoco es claramente comprendida por un alto porcentaje de la población estudiantil. Su paso por las clases de química en la escuela secundaria aparentemente no ha logrado poner en claro conceptos básicos, ya que no pueden aplicarlos en situaciones sencillas como la que analizamos. Por el contrario, se nota la presencia de concepciones alternativas en un alto porcentaje de los alumnos. Bodner, en el trabajo ya citado, señala que muchas respuestas se pueden explicar aceptando que los estudiantes frecuentemente poseen *conocimiento sin comprensión*. En otras palabras, confirma que las concepciones alternativas son tan resistentes a la enseñanza que una fracción significativa de la población las retienen aun después de gran cantidad de horas de clase y laboratorio. Dados los resultados que obtenemos en nuestro estudio, estamos de acuerdo con Oñorbe y Sánchez (1992), que opinan que «se hace necesario un replanteamiento de la enseñanza de estos fundamentos, ya que sólo a partir de una verdadera comprensión de los mismos podrá accederse a otros conceptos químicos. Es de destacar también que la base de la resolución de un gran número de problemas en química es la aplicación explícita o implícita de la ley de conservación de la masa».

Al respecto, consideramos muy interesante la propuesta de Gabel (1993), quien señala que hay varias explicaciones para resultados del tipo de los nuestros. La más simple es que la enseñanza de la química enfatiza el nivel simbólico y la resolución de problemas a expensas de los otros dos niveles señalados por Johnstone (1992): el nivel macroscópico o fenomenológico y el nivel de partículas. Otra explicación es que, aun cuando se enseña a los tres niveles, se hacen insuficientes conexiones entre los mismos y la información permanece en diferentes compartimientos en la memoria a largo plazo de los alumnos y alumnas. Una tercera explicación es que aunque la química es enseñada a los tres niveles y las conexiones entre éstos enfatizada, si los fenómenos considerados no se relacionan con la vida diaria del estudiante, los conocimientos adquiridos quedan archivados en la zona «escuela», separados de los que corresponden a su experiencia cotidiana y, como consecuencia, no son fácilmente rescatables.

Si éste fuera el caso, estamos de acuerdo con Gabel al afirmar que, posiblemente, la enseñanza sería más efectiva si se enfatizara el trabajo en los tres niveles apuntando a la descripción de fenómenos de la vida diaria, conocidos por los alumnos y alumnas.

Independientemente de cuál sea la mejor explicación de nuestros resultados, la descripción que obtenemos a partir de éstos confirma la de otros investigadores. En consecuencia, los docentes de química debemos tener en cuenta que algo está perfectamente claro: queda un largo camino por recorrer para que nuestros alumnos y alumnas lleguen a adquirir una buena comprensión de los conceptos químicos fundamentales. Tal afirmación pue-

de ser útil a dos grupos de docentes: por una parte, a los que actúan en la enseñanza media de nuestro país, donde actualmente se discuten profundas modificaciones curriculares, tanto metodológicas como relacionadas con aspectos conceptuales; por otra parte, a nuestro propio equipo de trabajo en el curso de química del CBC. En ambos casos, nos señala la necesidad de introducir todas las modificaciones necesarias para facilitar la construcción de las bases conceptuales del cambio químico.

### NOTA

Parte de este trabajo fue presentado en el XXI Congreso Latinoamericano de Química, realizado en Panamá del 31 de julio al 5 de agosto de 1994.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, B. (1986). *Science Education*, 70, pp. 549-563.
- BEN-ZVI, R., EYLON, B. y SILBERSTEIN, J. (1987). *Education in Chemistry*, 24, pp. 117-220.
- BEN-ZVI, R., EYLON, B. y SILBERSTEIN, J. (1988). *Education in Chemistry*, 25, p. 89.
- BODNER, G. (1991). *Journal of Chemical Education*, 68, pp. 385-388.
- DRIVER, R. (1985). Beyond Appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations, en Driver, Guesne y Tiberghien. *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. y FENSHAM, P.J. (1982). *Science Education*, 66, pp. 623-633.
- JOHNSTONE (1990). Resultados no publicados, citados por Gabel.
- LLORENS, J.A. y LLOPIS, R. (1985). Primer Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, p. 75.
- OÑORBE, A. y SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J.M. (1992). La masa no se crea ni se destruye. ¿Estáis seguros? *Enseñanza de las Ciencias*, 10, pp. 165-171.
- OSBORNE, R., COSGROVE, M. y SCHOLLUM, B. (1982). *Chemistry in New Zealand*, octubre, p. 104.
- POZO, J.A., SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M.A. y LIMÓN, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 83-94.

[Artículo recibido en febrero de 1995 y aceptado en octubre de 1995.]