

Estrategia didáctica para vincular distintos niveles de conceptualización. Estudio de un caso (Parte II)

*Grupo Enseñanza de la Química: M.C. Angelini, E. Baumgartner, D. Guerrien, L. Landau, L. Lastres, M. Roverano, M. Sileo, N. Torres, I. Vazquez**

Resumen

En la primera parte de este trabajo se presentaron en forma detallada los ejemplos con los cuales se trabajó en el aula la integración de los diferentes niveles de conceptualización en química.

En esta segunda parte se presentan las preguntas relacionadas con este enfoque que se incluyeron en la evaluación diagnóstica de fin de curso y se discuten los resultados obtenidos en ella.

Evaluación de los resultados obtenidos

Como se señaló en la introducción, a fin de determinar si la modificación didáctica utilizada mejora o no la comprensión de los temas, se incorporaron a la evaluación diagnóstica (ED) que se administra a los alumnos al finalizar el curso, algunas preguntas relacionadas con la articulación entre los diversos niveles de análisis.

La ED que se analiza en este trabajo se tomó a una muestra de 700 alumnos que habían aprobado la asignatura Química. Fue administrada aleatoriamente a alumnos de seis sedes distintas y que asistían a clase en distintos horarios (mañana, tarde o noche). La prueba fue tomada aproximadamente una semana después de que los alumnos habían rendido el último examen de la asignatura. Los estudiantes ignoraban que se les iba a tomar esta prueba.

En esta parte del trabajo se seleccionan y analizan los ítems de la evaluación vinculados con los tres niveles de conceptualización. Para facilitar la lectura se indican las respuestas correctas con una cruz.

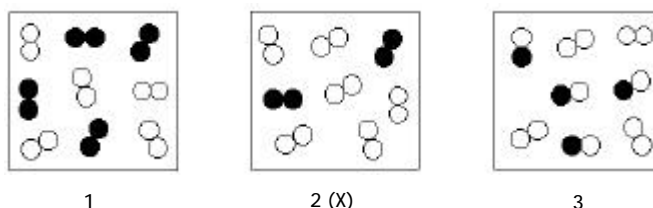
Ejercicio A. Estado gaseoso

A. Un recipiente rígido contiene 600 cm³ de oxígeno (g) (○). Se le agregan 200 cm³ de nitrógeno (g) (●●), a temperatura constante.

I. Marcar con una X la opción correcta, para cada una de las siguientes magnitudes referidas al proceso señalado:

	Aumenta	Disminuye	No cambia
a) El volumen de la mezcla de gases			X
b) La presión del sistema	X		
c) La distancia entre moléculas		X	
d) El volumen de cada molécula			X
e) La presión parcial del oxígeno			X

II. Indicar cuál de los siguientes esquemas representa al sistema final:



Análisis de los resultados

A. I(a): El 66 % de los alumnos contesta correctamente que el volumen de la mezcla no cambia. Aproximadamente un 30% de los estudiantes contesta que el volumen aumenta, ignorando la rigidez del recipiente. Estos alumnos desconocerían la característica de que los gases no tienen volumen propio o no leen con suficiente detenimiento el enunciado.

A. I(b): El 87% de los alumnos contesta correctamente que la presión total aumenta. Esto significa que han incorporado en forma adecuada el concepto de que, a volumen y temperatura constantes, un aumento del número de partículas implica un aumento del número de choques contra las paredes del recipiente y en consecuencia el incremento de la presión total.

A. I(c): El porcentaje de alumnos que contesta correctamente este ítem también es alto: 88%. Este resultado, satisfactorio, probablemente se deba a que la imagen de distancia entre las partículas a nivel submicroscópico es análoga a la imagen correspondiente al comportamiento macroscópico de las sustancias.

A. I(d): El 85% de los alumnos contesta correctamente que el volumen molecular no cambia y menos del 10% señala erróneamente que el volumen molecular disminuye. Este resultado es satisfactorio y significa que la mayoría de los alumnos tiene claro el concepto submicroscópico de que el volumen de las moléculas es constante.

A. I(e): El porcentaje de alumnos que contesta correcta-

* Ciclo Básico Común. Cátedra de Química. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Pabellón III. (1428) Buenos Aires, R. Argentina. Correo electrónico: llastres@cbc.uba.ar

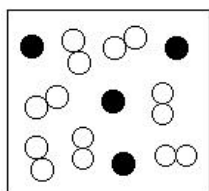
mente que la presión parcial del O_2 no cambia es 72. Alrededor de un 20% de los alumnos responde erróneamente que la presión parcial aumenta. Estos estudiantes no han incorporado el concepto de presión parcial, ya que suponen que el agregado de partículas de otra sustancia (N_2) al recipiente altera el comportamiento de las que estaban (O_2). Probablemente estos alumnos interpretan que el agregado de partículas de otra sustancia en el recipiente aumenta el número de choques de las moléculas de oxígeno contra las paredes del mismo (nivel submicroscópico).

Considerando todo el ejercicio A.I, el porcentaje de alumnos que respondieron correctamente todos los ítems de este ejercicio fue del 36%; es decir, éste es el porcentaje de alumnos que interpretaron correctamente todo el proceso gaseoso tanto a nivel submicroscópico como macroscópico.

A. II: En este ítem las respuestas están polarizadas entre la opción correcta 2 (46%) que corresponde a una mezcla gaseosa sin reacción química, y la opción 3 (44%), que representa la formación de NO a través de una reacción química entre el N_2 y el O_2 . Este resultado podría deberse a que en el enunciado no se aclara explícitamente que no se produce una reacción química entre ambos gases. En cualquier caso, un alto porcentaje de los alumnos tiene una visión adecuada del análisis a nivel submicroscópico del sistema en estudio.

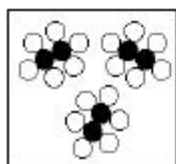
Ejercicio B. Reacción química, fórmula molecular y conservación de la masa

El siguiente dibujo representa una mezcla de X (●) y O_2 (○○) en un recipiente cerrado:

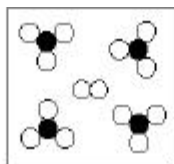


Este sistema reacciona totalmente dando XO_3 .

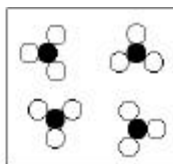
I) ¿Cuál de los siguientes esquemas representa el sistema final?



1

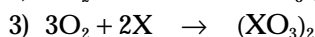
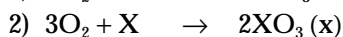
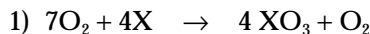


2 (x)



3

II) ¿Cuál de las siguientes ecuaciones representa el proceso?



Análisis de los resultados

B. I: El 71% de los alumnos identifica correctamente el esquema que representa el estado final del proceso. Alrededor del 25% señala la opción incorrecta 3, ignorando que hay un reactivo en exceso y por consiguiente también la ley de conservación de la masa. No obstante, estos alumnos interpretan el cambio químico como la ruptura y formación de enlaces y traducen correctamente el esquema a la fórmula molecular. Los resultados de este ítem son satisfactorios desde el punto de vista submicroscópico.

B. II: Sólo un 25% de los alumnos identifica correctamente la ecuación química correspondiente al proceso. La mayoría de los alumnos (68%) marcó la opción incorrecta (1) ($7O_2 + 4X \rightarrow 4XO_3 + O_2$) que describe los estados inicial y final del proceso tal cual se presentan en los esquemas:

Si se analiza el ejercicio en su conjunto se puede destacar lo siguiente:

- De los alumnos que contestaron correctamente el ítem B. I, únicamente el 10% indicó bien la ecuación que representa el proceso y el 88% marcó la opción 1 donde aparece erróneamente como producto el reactivo que está en exceso. Estos alumnos tienen dificultad para traducir a una ecuación química convencional, la descripción del proceso químico representado a nivel submicroscópico, por la presencia de reactivo en exceso.
- De los que contestaron correctamente el ítem B. II, alrededor del 63% había marcado el esquema incorrecto 3 en el ítem B. I.

Estos resultados indican que, a pesar de la ejercitación dada en el curso, parte de los alumnos no vincula en forma adecuada el esquema submicroscópico con su correlato en el nivel simbólico. Vale la pena señalar que en el desarrollo del curso el número de ejercicios en los que se realizan cálculos estequiométricos a partir de una ecuación química planteada, supera a los que apelan al enfoque submicroscópico.

Ejercicio C. Procesos físicos y químicos: tipo de fuerzas involucradas

En el siguiente cuadro indicar con una X, para cada uno de los procesos señalados, el tipo de fuerzas que hay que vencer o superar para que se produzca.

Proceso	Fuerzas inter-atómicas	Fuerzas inter-moleculares
a) Fundir hielo		X
b) Descomponer agua en oxígeno e hidrógeno	X	
c) Llevar agua a ebullición		X

Análisis de los resultados

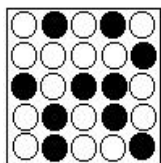
La mayoría de los alumnos (81%) contestó correctamente los ítems C (a) y C (c), que corresponden a la fusión del hielo y a la ebullición del agua respectivamente.

El ítem C (b), referido a la descomposición química del agua, tuvo 68% de respuestas correctas, que puede considerarse un buen resultado. El 11% de los alumnos no contesta, y el 21% restante responde erróneamente, indicando que deben vencerse solamente fuerzas intermoleculares. Este resultado podría interpretarse suponiendo que estos alumnos tienen dificultades para identificar el proceso descrito como un cambio químico, ya que no se escribe explícitamente la ecuación química correspondiente.

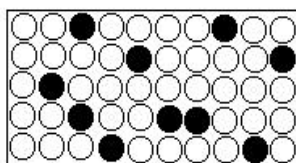
Ejercicio D. Disoluciones

Las siguientes figuras A y B representan disoluciones de distinto volumen (el área de la figura es proporcional al volumen).

○ SOLVENTE ● SOLUTO



A



B

I) Señalar cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

1. La concentración de las dos disoluciones A y B es la misma.
2. El número de moles de soluto es el mismo en A y en B. (x)
3. La disolución B es más diluida que la A. (x)
4. El número de moles de disolvente es el mismo en A y en B.

II) Para que las disoluciones A y B tengan la misma concentración es necesario:

1. agregar soluto a la B (x).
2. agregar disolvente a la B.
3. evaporar disolvente de la A.

Análisis de los resultados

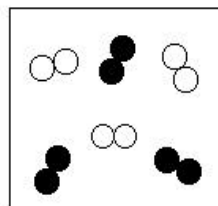
D. I: El 74% de los alumnos contesta correctamente el ítem. Esto significa que han incorporado el concepto de que la concentración de una disolución no depende de su volumen, sino de la relación entre el número de partículas de soluto y de disolvente. Las respuestas restantes se distribuyen erráticamente entre las demás opciones.

D. II: El 83% de los alumnos contesta correctamente este ítem, lo que significa que saben que para aumentar la concentración de una dada disolución se requiere incrementar el número de partículas de soluto.

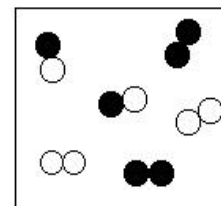
El 65% de los alumnos contesta correctamente el ejercicio en su totalidad, lo que permite concluir que los conceptos involucrados en el tema disoluciones han sido incorporados en forma satisfactoria, tanto a nivel submicroscópico como a nivel macroscópico.

Ejercicio E. Equilibrio químico

Los esquemas que siguen representan los estados inicial y final correspondientes a la reacción entre A_2 (○○) y B_2 (●●).



estado inicial



estado final

a) Escribir la ecuación correspondiente a esa reacción.

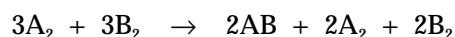
(Respuesta: $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2 AB$)

b) Calcular el valor numérico de la constante de equilibrio de la reacción indicando cómo se lo obtiene.

(Respuesta: $K_c = 1$)

Análisis de los resultados

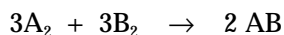
Solamente el 22% de los alumnos escribe la ecuación correctamente, el resto comete distintos tipos de errores. Cabe destacar que el error más frecuente consiste en incluir las mismas especies en ambos lados de la ecuación escribiendo:



El 50% de los alumnos comete este error, porque traducen a fórmulas los estados inicial y final del sistema tal como aparecen en los esquemas, pero tienen dificultades para abstraer de la representación submicroscópica de los estados inicial y final, el proceso químico que se produce y luego traducirlo en términos de la ecuación simbólica del equilibrio. La mayoría de estos alumnos (83%) contestaron la

opción 1 en la pregunta B. II; es decir, aquí incurren en el mismo tipo de error conceptual.

Algunos de los alumnos cometen el error de no respetar la ley de conservación de la masa, al escribir



Otro grupo comete importantes y variados errores conceptuales como, por ejemplo, la creación de sustancias inexistentes.

E (b): Sólo el 8% de los alumnos responde correctamente este ítem en el que se destaca un porcentaje elevado de alumnos que no responden (22%). Analizando las respuestas incorrectas cabe destacar que un 8% de los alumnos escribe correctamente la expresión de K_c pero no calcula bien su valor. Además, el 34% de los alumnos expresaron K_c en forma coherente con la ecuación incorrecta que escribieron en el ítem E (a).

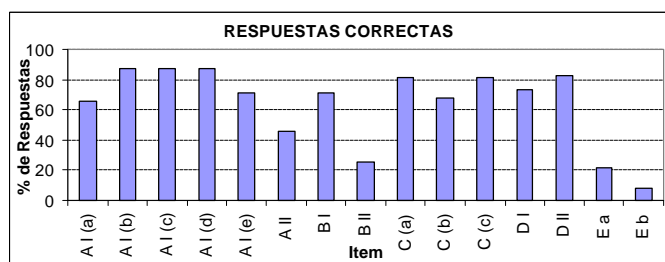
Los resultados del tema equilibrio químico son desalentadores, dado que los estudiantes tienen muchas dificultades para plantear la ecuación química a partir del esquema submicroscópico. Por otra parte, partiendo de la ecuación química, muchos alumnos plantean bien la expresión de la K_c , que es la aplicación de un mecanismo sin necesidad de reflexión.

Reconocemos la dificultad de los alumnos para incorporar el tema de equilibrio químico ya que, por su carácter integrador, se desarrolla en la última parte del curso. La finalización de las clases impide retomar el tema en un planteo espiralado, tal como se hace con otros contenidos del curso.

La gráfica 1 representa la distribución de las respuestas correctas analizadas en los párrafos precedentes.

Conclusiones

- Se obtienen mejores resultados en el análisis de cambios físicos (gases, soluciones). Se puede suponer con cierto grado de certeza que estos sistemas ofrecen menos dificultades para su interpretación al utilizar los diferentes niveles de análisis, ya que la representación se corresponde muy cercanamente con la situación macroscópica.



Gráfica 1.

- Se observan claras dificultades para abstraer, de la representación de los estados inicial y final en un sistema que experimenta un cambio químico, la ecuación que lo simboliza. Esta dificultad ya fue señalada, por ejemplo, por Nakhleh (1992), quien indica que las investigaciones muestran que muchos estudiantes mantienen una concepción estática, no cinética, del modelo de partículas. Tal como señala Gabel (1999) es necesario también tener en cuenta la posible dificultad de los estudiantes para el manejo de modelos y analogías en el proceso de aprendizaje. Es necesario recordar que, para interpretar adecuadamente las representaciones en el nivel submicroscópico, el alumno debe ser capaz de asociar las partículas con un modelo o una analogía y por otra parte debe relacionar este modelo con símbolos químicos.
- Los disímiles resultados en diferentes temas señalan que es necesario profundizar la articulación entre los tres niveles de análisis en los distintos sistemas estudiados en el curso. De cualquier forma, la estrategia didáctica utilizada puede considerarse válida, en especial si se pone mayor énfasis en su utilización en los temas relacionados con cambios químicos. ■

Referencias

- Angelini M., Baumgartner E., Guerrien D., Landau L., Lastres L., Roverano M., Sileo M., Torres N., Vazquez I., Bajos rendimientos académicos, ¿una percepción equivocada?, *Ed. en la Quím.*, **5** [2] 11-17, 1999.
- Cátedra de Química del CBC. *Guía de Problemas*. CCC Educando, Buenos Aires, 1998 (ISBN 950-807-021-8).
- Gabel, D. J. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *J. Chem. Educ.*, **70** [3] 193-194, 1993.
- Gabel, D. J., Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future, *J. Chem. Educ.*, **76** [4] 548-554, 1999.
- Gendell J. The solution is not the problem, *J. Chem. Educ.*, **64** [6] 523-524, 1987.
- Johnstone A. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *J. Comp. Ass. Learning*, **7**, 75-83, 1991.
- Landau L., Angelini M., Baumgartner E., Guerrien D., Lastres L., Roverano M., Sileo M., Torres N., Vazquez I., "Buscando un abordaje conceptual más efectivo", 1^{er} Encuentro Latinoamericano de Educación Química. VI Encuentro Chileno de Educación Química. Arica, Chile, 1998.
- Lastres L., Landau L., Sileo M., Baumgartner E., Pouchan I., Torres N., Vazquez I., "Evaluaciones diagnósticas en un curso masivo de Química". V Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Murcia, España, 1997.
- Lastres L., Angelini M., Landau L., Sileo M., Torres N., Utilización de demostraciones experimentales como un recurso didáctico. Primera parte, *Educ. Quím.*, **9** [2] 73-79, 1998; Segunda parte, *Educ. Quím.*, **9** [4] 227-231, 1998.
- Nakhleh, M. Why some students don't learn Chemistry: chemical misconceptions, *J. Chem. Educ.*, **69** [3] 191-196, 1992.
- Nakhleh M., Mitchell R., Concept learning versus problem solving: There is a difference, *J. Chem. Educ.*, **70** [3] 190-192, 1993.
- Nurrenbern S., Pickering M., Concept learning versus problem solving: Is There a Difference?, *J. Chem. Educ.*, **64** [6] 508-510, 1987.