

Test de asociación de palabras sobre el equilibrio químico: una herramienta para evaluar su aprendizaje

Word association test on the chemical equilibrium: a tool to evaluate its learning

ANDRÉS RAVIOLO¹, MARÍA MERCEDES MARTÍNEZ AZNAR²

¹ Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. Bariloche. 8400. Río Negro. Argentina. ² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid.
C/ Rector Royo Villanova, s/n. 28040. Madrid, España
mtzaznar@edu.ucm.es, raviolo@bariloche.com.ar

Resumen

Recientemente en esta *Journal* se discutió sobre el uso del coeficiente de relación de Garskof-Houston en pruebas de asociaciones de palabras (CARDELLINI, 2008). En esta oportunidad se muestra una aplicación de dicho coeficiente en el seguimiento de los aprendizajes sobre el equilibrio químico. En dos grupos de alumnos de primer año de universidad se estudiaron las relaciones que se establecían entre conceptos vinculados con el equilibrio químico, a través de un test de asociaciones de palabras. Uno de los grupos recibió para el tema una enseñanza basada en la progresión de cuatro modelos intermediarios, utilizando fundamentalmente representaciones con partículas y gráficos; el otro grupo recibió una enseñanza del tipo habitual para este nivel. En este trabajo se describe la metodología llevada a cabo y se discuten las diferencias obtenidas entre ambos grupos y su vinculación con las concepciones alternativas. El tratamiento de los resultados obtenidos permite derivar, de una forma muy gráfica, las estructuras cognitivas grupales y con ello, evaluar en profundidad la comprensión del equilibrio químico por parte de los estudiantes.

Palabras clave: equilibrio químico, aprendizaje, test de asociaciones de palabras, estructura cognitiva.

Abstract

It has recently published in this *Journal* a discussion on the use of the Garskof-Houston relatedness coefficient in word association tests (CARDELLINI, 2008). In this opportunity we show an application of this coefficient in the following of the learning on the chemical equilibrium. We studied the relations established between concepts related with the chemical equilibrium in two groups of students of first year of university, through a word association test. One of the groups followed a teaching based on the progression of four intermediary models, mainly using representations with particles and graphs; the other group received the usual teaching for this level. The methodology carried out is described in this work and the differences obtained between both groups of student, and their relation with the alternative conceptions, are discussed. The obtained results allow, in a very graphical form, the derivation of the cognitive structures and an in depth evaluation of the understanding of the chemical equilibrium by the students.

Key words: chemical equilibrium, learning, word association test, cognitive structure.

INTRODUCCIÓN

Los exámenes de asociaciones de palabras (TAP) constituyen una herramienta muy útil para investigar la estructura cognitiva individual o grupal. Ofrecen una imagen de los conceptos, y de las relaciones entre ellos, que se establecen en la mente del estudiante. Permiten penetrar, en alguna medida, en la "caja negra" de su mente y, con ello, ir más allá del plano de las conjeturas sobre el producto de la enseñanza (WHITE y GUNSTONE, 1992).

La estructura cognitiva es una construcción hipotética referida a la organización de conceptos en la memoria (SHAVELSON, 1972). Además de los exámenes de asociaciones de palabras existen otros métodos para externalizar y evaluar la estructura cognitiva, por ejemplo: los de clasificaciones libre y la elaboración de mapas conceptuales. Los TAP han sido utilizados por muchos investigadores en didáctica de las ciencias, especialmente durante la década de los ochenta, y siguen siendo utilizados en la actualidad (BAHAR, JOHNSTONE y SUTCLIFFE, 1999; CARDELLINI y BAHAR, 2000; CARDELLINI, 2008) por su utilidad y por la riqueza de la información obtenida a partir de ellos.

La suposición que subyace en esta metodología es que el orden de las respuestas recuperadas de la memoria a largo plazo refleja, al menos, una parte significativa de la estructura que se establece entre conceptos (SHAVELSON, 1972).

Aprender es un proceso de reconstrucción de la información recibida, donde el conocimiento existente da sentido a la nueva información. En el aprendizaje de la química la información es provista, fundamentalmente, por los materiales de enseñanza y por el profesor. Si la nueva información no es relacionada con el conocimiento previo, ésta se almacena en forma aislada y es más difícil su recuperación de la memoria de largo plazo o es recuperada de una forma mecánica sin tener sentido. Este conocimiento fragmentado consume más piezas de información tanto en la memoria a largo plazo como en la memoria de trabajo, pudiendo saturar esta última y haciendo menos efectivo el aprendizaje (JOHNSTONE, 1997).

En temas de química los TAP han sido utilizados por varios investigadores (ej.: JOHNSTONE y MOYNIHAN, 1984; CACHAPUZ y MASKILL, 1987) y, en particular, sobre el equilibrio químico por GUSSARSKY y GORODETSKY (1988) y CACHAPUZ y MASKILL (1989). También sobre el equilibrio químico GORODETSKY y GUSSARSKY (1986) emplearon un examen de clasificación libre y WILSON (1994) mapas conceptuales.

El objetivo de este trabajo es comparar los resultados obtenidos de la utilización de un examen de asociaciones de palabras sobre el tema equilibrio químico, en dos grupos de estudiantes universitarios, uno de los cuales recibió una enseñanza de tipo frecuente y el otro una propuesta didáctica innovadora.

METODOLOGÍA

Muestras

Se seleccionaron dos grupos de alumnos de primer año de la Universidad Nacional del Comahue, correspondientes a dos cursos completos de química general. Para garantizar puntos de partida semejantes entre ambos grupos, primero, fueron evaluados con un cuestionario inicial sobre temas químicos básicos y con el examen de razonamiento lógico TOLT (TOBIN y CAPIE, 1981).

El grupo experimental, que recibió una enseñanza no típica, estuvo constituido por 22 alumnos de la carrera de licenciatura en Biología, con un promedio de edad de 19,8 años, cuestionario inicial: 5,5 y tolt: 4,6; ambos datos promedios sobre un máximo de 10.

El grupo control estuvo constituido por 18 alumnos del ciclo básico de Ingeniería, con características similares al grupo experimental: promedio de edad 19,5 años, cuestionario inicial 5,1 y tolt 5,8. Este grupo recibió una enseñanza frecuente para este nivel universitario consistente en clases teóricas expositivas, clases de problemas y laboratorios.

El TAP fue administrado en ambos grupos al finalizar el tema y luego de que los estudiantes fueran evaluados con exámenes parciales basados en la resolución de problemas o ejercicios.

Propuesta didáctica

Durante la enseñanza del tema equilibrio químico, parte de las clases teóricas del grupo experimental fue remplazado por la resolución individual y en pequeño grupo de las guías con la propuesta didáctica.

Este material de enseñanza se ajusta al enfoque sugerido por CLEMENT (2000) sobre la construcción de modelos en la clase. Este enfoque parte de cierto diagnóstico sobre las preconcepciones y habilidades de razonamiento que los estudiantes poseen antes de la enseñanza del contenido a abordar. Entre las preconcepciones se incluyen tanto las concepciones alternativas como las útiles, compatibles con el conocimiento aceptado. En este enfoque, el proceso de aprendizaje consiste en recorrer un camino a través de uno o más modelos intermedios hasta alcanzar el modelo objetivo de la enseñanza pretendido por el educador. Este "target model" es el estado de conocimiento deseable, que se espera se alcance después de la instrucción y puede no ser tan sofisticado como el modelo científico consensuado por expertos o modelo científico.

Para centrar la atención en los aspectos conceptuales básicos, se consideraron sólo sistemas en equilibrio homogéneo en fase gaseosa. Su aprendizaje requiere la comprensión por parte de los alumnos del comportamiento de los gases y una visión microscópica de la reacción química. El orden de los modelos intermedios presentados es el siguiente:

1. Modelo cinético molecular para gases (naturaleza corpuscular de la materia).
2. Modelo de las colisiones para la reacción química.
3. Modelo del equilibrio dinámico para el equilibrio químico.
4. Modelo del equilibrio químico como un sistema que contrarresta parcialmente el efecto de una perturbación.

Las actividades se presentan en una secuencia de dificultad creciente y su característica distintiva es que todas las cuestiones se basan en la utilización de diagramas con partículas (átomos, moléculas) y/o gráficos lineales (concentración vs. tiempo y velocidad de reacción vs. tiempo). El objetivo final apunta a que el alumno integre estos cuatro modelos en uno sobre el equilibrio químico, que le permita superar las concepciones alternativas frecuentes que aparecen en este tema y constituya una base adecuada para continuar profundizando el tema con aspectos aún más abstractos como los termodinámicos.

Este trabajo forma parte de una investigación más extensa sobre el aprendizaje y la enseñanza basada en modelos y, en particular, sobre el tema equilibrio químico. En otros trabajos se profundizará sobre los fundamentos y características de las actividades de la propuesta didáctica, que por razones de espacio, y propósito de este trabajo, exceden a esta presentación. Algunos ejemplos de esta propuesta curricular se pueden hallar en RAVIOLA (2006 y 2001).

Los resultados obtenidos con el TAP permitirán evaluar en qué medida los cuatro modelos intermediarios enseñados se integran en un modelo único para el equilibrio químico, que cumpla adecuadamente las funciones características de los modelos, es decir, que tenga una utilidad descriptiva, explicativa y predictiva.

Procedimiento

El TAP utilizado está formado por 18 palabras estímulo (stimulus words, key words) que involucran a los conceptos principales del tema. En esta selección de palabras estímulo también se tuvo en cuenta las palabras empleadas en las investigaciones anteriores citadas en la bibliografía.

Las palabras estímulo son: reacción química, ecuación química, coeficientes estequiométricos, $A + B \rightarrow C, R + Q \rightleftharpoons P$, reversible, equilibrio químico, dinámico, composición constante, constante de equilibrio, velocidades de reacción, catalizador, colisiones, principio de LE CHATELIER, concentración, presión, temperatura y $?H^{\circ}$.

Se elaboró un cuadernillo para cada uno de los estudiantes, con una introducción y consigna (ver Cuadro 1) y 18 páginas, cada una de ellas encabezada con una palabra estímulo (ver Cuadro 2). Para evitar encadenamientos entre las palabras estímulos, las 18 páginas se distribuyen en cada cuadernillo al azar. También, en cada página y para minimizar el efecto encadenamiento que puede producir la última respuesta anotada, es decir, que la última respuesta a una palabra estímulo se convierta en sí en estímulo, se repite 10 veces a lo largo de la hoja la palabra estímulo correspondiente.

Para cada palabra estímulo, el alumno tiene que escribir palabras en los lugares disponibles, que considere más cercanamente asociadas a esa palabra estímulo. Y para ello dispone de aproximadamente 40 segundos para cada palabra estímulo.

Cuadro1
Introducción del TAP utilizado

Nombre:	Curso:	Fecha:
Test de asociaciones de palabras sobre el equilibrio químico		
A continuación se presenta, para el tema equilibrio químico, una serie de palabras o conceptos, uno por página. Usted tiene que escribir las palabras o conceptos que más fuertemente asocie o relacione con éstas.		
Por ejemplo, para el tema <i>el átomo</i> , usted puede asociar a la palabra <i>estructura atómica</i> con las siguientes diez palabras:		
Estructura atómica		
Estructura atómica: átomo		
Estructura atómica: electrones		
Estructura atómica: protones		
Estructura atómica: neutrones		
Estructura atómica: núcleo		
Estructura atómica: orbitales		
Estructura atómica: números cuánticos		
Estructura atómica: niveles de energía		
Estructura atómica: configuraciones electrónicas		
Estructura atómica: principio de exclusión de Pauli		

Cuadro2
Ejemplo de página del TAP

Reacción química
Reacción química:

Análisis de resultados

Al analizar las respuestas se tiene en cuenta si dos palabras estímulo generan las mismas respuestas y en el mismo orden. Los casos extremos son: que la coincidencia sea total, lo que nos indicaría que ambos conceptos están estrechamente asociados en la mente del alumno y, en el otro extremo, que no exista ninguna coincidencia entre las respuestas, que dichos conceptos no tengan nada en común. Por ello, una medida del grado en común de las respuestas debe tener en cuenta el número de respuestas en común y el orden de las mismas. Esto es considerado por el *Coficiente de afinidad o relación* (Relatedness Coefficient) formulado por GARSKOF y HOUSTON (1963).

Este coeficiente es una medida del solapamiento o superposición de idénticas palabras dadas como respuestas a dos palabras estímulo. Sus valores están comprendidos en un rango de 0 a 1: el valor 1 corresponde a una relación perfecta y el valor 0 a dos palabras totalmente no relacionadas. Por ejemplo: dos conceptos tienen en común cuatro palabras, de modo tal que la palabra en el orden 6 para el primer concepto estímulo está en el orden 2 del segundo concepto estímulo, la de orden 5 está en el orden 1, la de orden 4 en el orden 6 y la de orden 3 en el orden 5. Entonces:

$$A = (6,5,4,3) \quad A = (6.5.4.3.2.1)$$

$$B = (2,1,6,5) \quad B = (6.5.4.3.2.1)$$

$$CR = \frac{(6,5,4,3) \cdot (2,1,6,5)}{(6.5.4.3.2.1) \cdot (6.5.4.3.2.1) - 1}$$

$$= \frac{(6.2)+(5.1)+(4.6)+(3.5)}{(6.6)+(5.5)+(4.4)+(3.3)+(2.2)+(1.1)-1} = 0,622$$

Este coeficiente fue utilizado, por ejemplo, en el trabajo de GUSSARSKY y GORODETSKY (1988). Más información para ayudar a comprender la metodología y el procesamiento de los datos se puede hallar en BAHAR, JOHNSTONE y SUTCLIFFE (1999) y CARDELLINI (2008).

Para cada sujeto se construye una matriz de 18 por 18, en cuyas intersecciones se colocan los coeficientes calculados como relación entre esos dos conceptos. Luego se halla la matriz del grupo con los coeficientes de relación promedio. A continuación, en el Cuadro 3, se muestra la matriz con los coeficientes promedios para el grupo de control. Los conceptos estímulos están numerados del 1 al 18 en el orden citado en el apartado anterior.

RESULTADOS

Para presentar los resultados en una forma gráfica, que permita fácilmente visualizar las diferencias en las estructuras cognitivas de los grupos, se utilizan diagramas como los que se presentan a continuación (Figuras 1 y 2). En ellos se han seleccionado de la matriz de cada grupo los coeficientes de relación promedio mayores, en rangos descendientes, utilizando líneas de distinto grosor para indicar la fuerza relativa de la asociación. El último punto de corte corresponde al máximo valor para el cual todos los conceptos clave aparecen relacionados entre sí, es decir, aparecen unidos en una única red.

Una de las principales diferencias que se destacan entre ambos grupos, lo constituye la diferencia en el punto de corte inferior, donde aparecen todos los conceptos relacionados. Para el grupo experimental, aparecen todos los conceptos interrelacionados para el punto de corte de 0,26; mientras que para el grupo control aparecen en 0,18.

Los estudiantes que llevaron adelante la propuesta didáctica presentan relacionados más cercanamente los conceptos de “equilibrio químico”, “R + QP” y “dinámico”, en cambio el otro grupo de estudiantes los conceptos “velocidad de reacción” y “catalizador”. En general se aprecia una mayor interrelación entre los conceptos en el grupo experimental que en el de control. Por ejemplo, en el grupo control para un punto de corte de 0,30 se observan relaciones aisladas entre conceptos, sin una conexión global. En cambio, para un punto de corte incluso superior, de 0,35 en el grupo experimental, todos los conceptos que aparecen están relacionados entre sí.

Con respecto al grado en que relacionan el concepto “equilibrio químico” a otros conceptos, se aprecia que para un punto de corte de 0,18 el concepto equilibrio químico aparece relacionado con otros 13 conceptos en el grupo experimental y con 8 conceptos en el grupo de control.

Por otro lado, si se tiene en cuenta el total de relaciones que establecen entre los conceptos para los distintos puntos de corte, se aprecian diferencias notables (Tabla 1).

Tabla 1
Total de relaciones conceptuales para distintos puntos de corte

Punto de corte	Grupo experimental	Grupo control
0,45	2	1
0,40	5	1
0,35	10	2
0,30	19	6
0,26	29	12
0,20	60	23
0,18	69	29

Cuadro 3
Matriz de coeficientes de relación promedios para grupo de control (N = 18)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	0,29	0,18	0,30	0,24	0,24	0,10	0,13	0,12	0,11	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11	0,05	0,07	0,18	
2		0,33	0,29	0,22	0,17	0,19	0,09	0,10	0,09	0,09	0,05	0,03	0,11	0,07	0,03	0,03	0,15	
3			0,16	0,10	0,20	0,14	0,11	0,16	0,12	0,09	0,02	0,06	0,05	0,12	0,06	0,02	0,12	
4				0,15	0,08	0,08	0,06	0,09	0,12	0,07	0,15	0,05	0,03	0,06	0,02	0,01	0,13	
5					0,36	0,27	0,16	0,21	0,10	0,08	0,06	0,03	0,10	0,07	0,07	0,08	0,07	
6						0,26	0,18	0,11	0,12	0,07	0,07	0,04	0,22	0,12	0,09	0,08	0,12	
7							0,33	0,31	0,24	0,17	0,17	0,13	0,26	0,21	0,07	0,15	0,09	
8								0,15	0,11	0,14	0,07	0,06	0,08	0,11	0,03	0,02	0,05	
9									0,17	0,16	0,07	0,02	0,11	0,11	0,15	0,09	0,02	
10										0,12	0,04	0,09	0,13	0,27	0,08	0,09	0,04	
11											0,46	0,18	0,08	0,07	0,06	0,11	0,04	
12												0,09	0,06	0,00	0,02	0,00	0,04	
13													0,17	0,06	0,20	0,15	0,05	
14														0,17	0,24	0,19	0,07	
15															0,17	0,09	0,09	
16																0,23	0,03	
17																		0,07

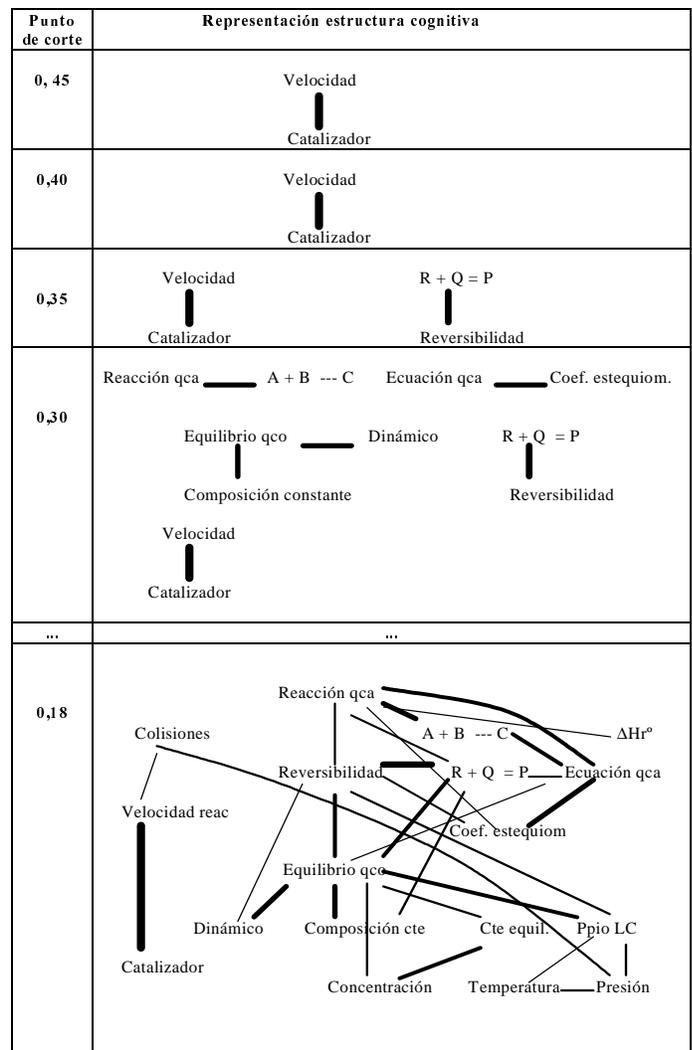


Figura 1. Estructura cognitiva de 18 alumnos (grupo control) para distintos puntos de corte de coeficientes de relación promedio.

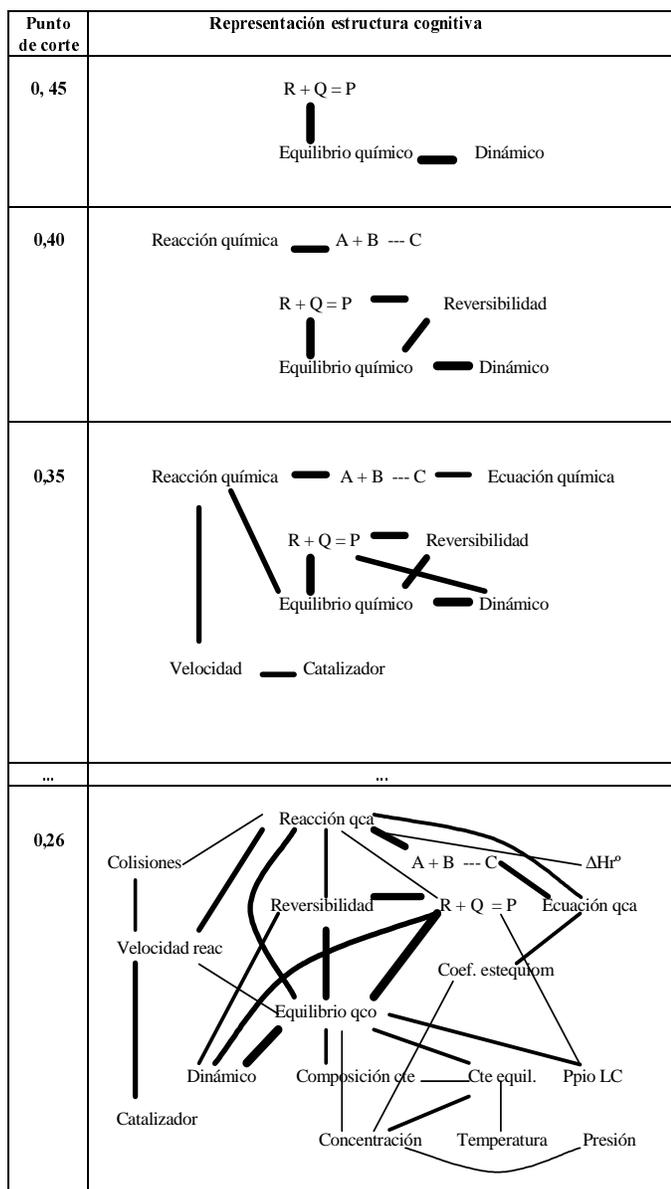


Figura 2. Estructura cognitiva de 22 alumnos (grupo experimental) para distintos puntos de corte de coeficientes de relación promedio.

En el grupo experimental el concepto “reacción química” se relaciona fuertemente con el de “equilibrio químico” y con el de “velocidad”, estas relaciones relevantes no se presentan en el grupo de control. El concepto de “colisiones” se relaciona con “reacción química” y fuertemente con “velocidades de reacción” en el grupo experimental, en cambio, para el grupo de control se relaciona débilmente con “velocidad” y con “presión”. La importancia del concepto “colisiones” es resaltada en el trabajo sobre cinética química elemental de CACHAPUZ y MASKIL (1987) donde observaron que actuaba como un concepto clave, en la estructura cognitiva de los estudiantes, por ser el nexo que mantenía juntas a redes de relaciones conceptuales aisladas en una única estructura total.

En el grupo experimental la mayoría vincula fuertemente al equilibrio químico con sus características (dinámico, composición constante, reversibilidad, constante de equilibrio, LE CHATELIER). También relacionan en un mayor grado la constante de equilibrio con la temperatura, cuestión sobre la cual los alumnos suelen presentar dificultades.

Si se comparan en ambos grupos los valores obtenidos para 24 relaciones consideradas de interés (Tabla 2), se observan diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras en el test t de student para muestras apareadas ($t = 4,0$; g.l. = 23; $p < 0,01$).

Tabla 2

Comparación de coeficientes de relación promedio en 24 relaciones de interés

Relación entre conceptos	Control	Experimental
reacción química - ecuación química	0,30	0,34
reacción química - ΔH_r°	0,18	0,26
reacción química - reversible	0,24	0,30
reacción química - velocidad	0,17	0,36
reacción química - colisiones	0,14	0,28
reacción química - equilibrio	0,10	0,35
equilibrio - reversible	0,26	0,40
equilibrio - dinámico	0,33	0,46
equilibrio - composición constante	0,31	0,31
equilibrio - constante de equilibrio	0,24	0,33
equilibrio - LE CHATELIER	0,26	0,33
equilibrio - $R + Q = P$	0,27	0,49
equilibrio - velocidad	0,17	0,26
equilibrio - coeficiente estequiométrico	0,14	0,14
velocidad - colisiones	0,18	0,31
velocidad - dinámico	0,14	0,20
velocidad - catalizador	0,46	0,36
catalizador - reversible	0,07	0,18
catalizador - $A + B \rightarrow C$	0,15	0,11
coef. estequiom. - composición constante	0,16	0,08
coef. estequiom. - constante de equilibrio	0,12	0,17
coeficiente estequiométrico - reversibilidad	0,21	0,15
Le Chatelier - ΔH_r°	0,07	0,13
constante de equilibrio - temperatura	0,09	0,27

Un análisis en detalle de las relaciones mostradas en la tabla anterior permite destacar algunos resultados interesantes. Sólo en cuatro de las 24 relaciones de interés, el grupo de control obtuvo mayor valor que el grupo experimental. De estas cuatro relaciones, a tres se las puede vincular directamente con concepciones alternativas:

1. *catalizador - $A + B \rightarrow C$* : la concepción alternativa que el agregado de un catalizador a un sistema en equilibrio químico sólo favorece la velocidad de la reacción directa.
2. *coeficientes estequiométricos - composición constante*: la concepción estequiométrica de la composición de un sistema en equilibrio “las cantidades presentes en el equilibrio de cada una de las especies es igual o múltiplo de los respectivos coeficientes estequiométricos”.
3. *coeficientes estequiométricos - reversibilidad*: la concepción pendular del equilibrio, o la concepción que es necesaria para la acumulación de cierta cantidad de producto para comenzar la reacción inversa.

La concepción catalizador - reacción directa fue también encontrada en los trabajos de GORODETSKY y GUSSARSKY (1986) y GUSSARSKY y GORODETSKY (1988) donde complementan un cuestionario de asociaciones de palabras con otros instrumentos de elección múltiple para indagar concepciones alternativas.

Una revisión detallada de los estudios sobre las concepciones alternativas que sostienen alumnos de distintos niveles educativos acerca del equilibrio químico puede encontrarse en RAVIOLO y MARTÍNEZ AZNAR (2003).

La cuarta relación (velocidad - catalizador) fue la relación más fuerte establecida por el grupo de control, relación directa que se desprende de la definición misma de catalizador y no constituye la relación conceptual más relevante en el tema equilibrio químico.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que estos grupos de alumnos han aprendido el tema equilibrio químico de diferentes maneras. Los que recibieron una enseñanza tradicional, si bien generaron muchas ideas en torno a las palabras estímulos, estas ideas no parecen conformarse en una red global que las relacione. Por el contrario, aparece su conocimiento fragmentado en islotes de conceptos. Seguramente, las relaciones que surgieron y el grado en que lo hacen, no se corresponde con las asociaciones que el profesor esperaba que se establecieran durante el curso.

Esto confirma la idea que la información que se brinda a los estudiantes no es asimilada textualmente en su mente, dado que los sujetos construyen su propio conocimiento a partir de la información que se les brinda y a la luz de sus conocimientos y habilidades previas.

Los modelos presentados en la propuesta didáctica aportan imágenes que le facilitan al estudiante la construcción de sus propios modelos mentales sobre el sistema en estudio (RAVIOLO, 2006). Estas representaciones mentales cumplen las funciones de los modelos, dado que les permiten describir, explicar y predecir. Los conceptos se expresan en proposiciones (relaciones verbales entre ellos) cuya veracidad es evaluada desde los propios modelos mentales del sujeto.

Sobre el aprendizaje de estos cuatro modelos intermediarios se aprecia que los estudiantes relacionan el concepto de reacción química y de velocidad de reacción con el concepto de equilibrio químico y éste con sus características y evolución. Esto permite afirmar que han integrado, en una buena medida, los modelos presentados en forma progresiva e inclusiva. En donde el modelo particulado de las colisiones juega un rol importante.

Sin embargo, el cuarto modelo, referido a la evolución del equilibrio perturbado, no se presenta fuertemente asociado a los demás conceptos. En ambos grupos se relaciona con el concepto de equilibrio y reacción reversible, pero no se asocia fuertemente a presión, temperatura y concentración. Esto puede deberse a que, a diferencia de los otros tres modelos, este modelo no está vinculado directamente a imágenes, sino más bien a una proposición (la definición de la regla) que es aprendida de una forma mecánica por su uso reiterativo.

En el análisis de los resultados se encontró, para el grupo control, asociaciones entre conceptos que traslucen el sostenimiento de tres concepciones alternativas frecuentes.

Desde el punto de vista de la teoría de AUSUBEL, la enseñanza que promovió un aprendizaje más pasivo del estudiante generó fundamentalmente aprendizajes memorísticos, en cambio la otra fomentó un aprendizaje más significativo. Esto pone en relieve la necesidad de presentar a los alumnos actividades que fomenten la integración de la nueva información con el conocimiento anterior. Donde el principio expuesto por JOHNSTONE (1997) adquiere relevancia: "lo que uno sabe y comprende controla lo que uno aprende".

Por último, se puede afirmar que los tests de asociaciones de palabras son una poderosa técnica para indagar, en la mente de los sujetos, el tipo y número de conceptos y las relaciones que se establecen entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H. & SUTCLIFFE, R. G., Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association test. *Journal of Biological Education*, **33** (3), 134-141, 1999.

CACHAPUZ, A. & MASKILL, R., Detecting changes with learning in the organization of knowledge: use of word association tests to follow the learning of collision theory. *International Journal of Science Education*, **9** (4), 491-504, 1987.

CACHAPUZ, A. & MASKILL, R., Using word association in formative classroom tests: following the learning of Le Chatelier's principle. *International Journal of Science Education*, **11** (2), 235-246, 1989.

CARDELLINI, L., A note on the calculation of the Garskof-Houston relatedness coefficient. *Revista de Educación en Ciencias*, **9** (1), 48-51, 2008.

CARDELLINI, L. & BAHAR, M., Monitoring the learning of chemistry through Word association tests. *Australian Chemistry Resource Book*, **19**, 59-69, 2000.

CLEMENT, J., Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, **22** (9), 1041-1053, 2000.

GARSKOF, B. E. & HOUSTON, J. P., Measurement of verbal relatedness: an idiographic approach. *Psychological Review*, **70**, 277-288, 1963.

GORODETSKY, M. & GUSSARSKY, E., Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European Journal of Science Education*, **8** (4), 427-441, 1986.

GUSSARSKY, E. & GORODETSKY, M., On the chemical equilibrium concept: constrained word associations and conception. *Journal of Research in Science Teaching*, **25** (5), 319-333, 1988.

JOHNSTONE, A. H., Chemistry teaching - science or alchemy? *Journal of Chemical Education*, **74** (3), 262-268, 1997.

JOHNSTONE, A. H. & MOYNIAN, T. F., The relationship between performances in word association test and achievement in chemistry. *European Journal of Science Education*, **7** (1), 57-66, 1985.

RAVIOLO, A., Assessing students' understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, **78** (5), 629-631, 2001.

RAVIOLO, A., Las imágenes en el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, **17** (nº extraordinario), 300-307, 2006.

RAVIOLO, A. & MARTÍNEZ AZNAR, M., Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, **14** (3), 60-66, 2003.

SHAVELSON, R. J., Some aspects of the relations between content structure and cognitive structure in physics instructions. *Journal of Educational Psychology*, **63**, 225-234, 1972.

TOBIN, K. & CAPIE, W., The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, **41**, 413-423, 1981.

WHITE, R. & GUNSTONE, R., *Probing understanding*, The Falmer Press, London, 1992.

WILSON, J., Network representations of knowledge about chemical equilibrium: variations with achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **31** (10), 1133-1147, 1994.

Received: 27-05-2009 / Approved 08-05-2010