

DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS A LOS MODELOS CONCEPTUALES: UN ESTUDIO EN EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

María Cecilia Callone, Noemí M. Torres*

Ciclo Básico Común- UBA

E-mail: ntorres_51@hotmail.com

Resumen

Se presenta una categorización de modelos conceptuales, referidos a equilibrio ácido-base, sostenidos por los alumnos y las ventajas de su utilización para evaluar tanto la comprensión conceptual como los errores cometidos.

La categorización surge del análisis de las representaciones gráficas del nivel molecular de los ácidos fuertes y débiles, de alumnos de un primer curso universitario.

La metodología de análisis sería apta para otros casos.

Palabras clave: Representaciones externas - Modelos conceptuales - Equilibrio ácido-base - Comprensión

Introducción

De acuerdo con el ámbito en el cual se presenten las representaciones, éstas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos. El primer grupo está conformado por las representaciones cuyo ámbito está constituido en la mente de los individuos (representación mental). Al segundo grupo diferente del primero, pertenecen las representaciones que pueden encontrarse fuera del individuo y que pueden entrar en interacción con él (representación externa). Estas **representaciones externas** pueden ser comunicadas y compartidas por los sujetos, es decir son de carácter semiótico. Son sistemas de representación externa, la escritura en lenguaje natural, los símbolos y signos matemáticos, los símbolos químicos, los gráficos de diferentes tipos entre otras.

La **comprensión** de un fenómeno natural, requiere de la construcción de modelos mentales que actúen como análogos estructurales del mismo, como intermediarios a la luz de los cuales adquieran significado los conceptos científicos y las relaciones que se establecen entre ellos. **Los modelos conceptuales** son representaciones externas compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee.

El concepto de **modelo mental** de Johnson-Laird [1], es particularmente útil para entender que los alumnos puedan dar diferentes explicaciones a un mismo hecho o bien dar la misma explicación pero por motivos diferentes. Algunos autores [2] *establecen una diferencia entre "modelo mental" y "modelo explícito"*; y *definen a este último como una porción compleja del discurso erudito que es expresada complementariamente en diferentes lenguajes científicos.*

Denominaremos modelos conceptuales a todas las representaciones externas tanto formuladas por alumnos como por docentes en la medida en que muestren relaciones o vinculaciones entre conceptos, y reservaremos la terminología de modelo científico para aquellas representaciones externas construidas por los científicos.

Mientras que los modelos conceptuales son representaciones externas, los modelos mentales son representaciones internas. Desconocemos la relación que pudiera existir entre ambos tipos de representación pero pensamos que las representaciones externas pueden ser buenos indicadores de las relaciones conceptuales que operan en la mente de las personas. Por lo tanto inferimos comprensión y reconocemos errores a partir de los modelos conceptuales que nos presentan los alumnos, analizando sus representaciones externas para una situación planteada.

Representaciones externas del nivel submicroscópico de la materia son presentadas en la bibliografía obligatoria de la cátedra de química del Ciclo Básico Común; y son utilizadas eventualmente como instrumento de enseñanza según la elección de cada docente.

El objetivo de este estudio es evaluar la comprensión de los conceptos de concentración, fuerza ácida y acidez a través de las representaciones externas generadas por los alumnos.

Metodología

Se impartió el instrumento que se observa en la figura 1, a una muestra de 94 alumnos de Química, del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires, luego de la enseñanza de la teoría de Brönsted y Lowry.

Se solicitó a estos alumnos que dibujaran un esquema de lo que podrían “ver” a escala molecular en el caso de dos soluciones correspondientes a un ácido fuerte y a un ácido débil de las mismas concentraciones molares.

Nombre:

Dos frascos contienen 1dm^3 de agua. En el frasco A se coloca $0,1\text{ mol}$ de HCl (ácido fuerte) y en el B $0,1\text{ mol}$ de HF (ácido débil), sin que se produzca cambio de volumen. Usted dispone de una lupa muy potente que permite ver hasta el nivel molecular. Intente dibujar en los dos rectángulos siguientes un esquema de lo que podría ver en el frasco A y en el frasco B.

Frasco A
Frasco B

Figura 1 - Instrumento

Para analizar las representaciones externas de los alumnos se utilizaron siete categorías de ellas presentadas con anterioridad [3]. El criterio en el cual se había basado esta clasificación atiende a consideraciones gráficas, o sea de representaciones externas, si el registro que se utiliza es simbólico o icónico, los elementos gráficos representados, las referencias de las partículas dibujadas, la cantidad y la conformación de las partículas.

El figura 2 muestra los criterios seguidos en la agrupación de las representaciones.

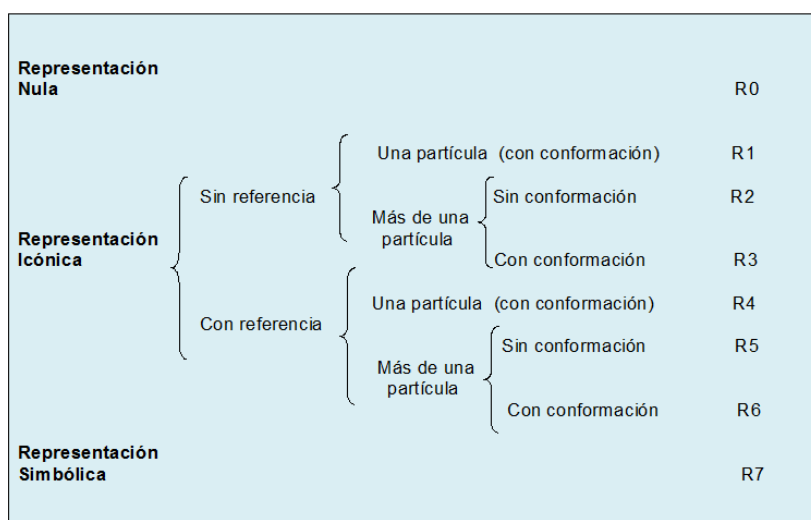


Figura 2- Categorías de Representaciones Externas

Hemos analizado los conceptos que pueden ilustrarse con las diferentes representaciones y hemos ampliado una categorización de los modelos conceptuales presentados previamente. Los diferentes tipos de representación (R0, R1,..., R7) son medios para exteriorizar parte de los modelos mentales de los alumnos. Conviene aclarar que las representaciones de los alumnos son expresiones gráficas completas o no, de estos 4 modelos. Por ejemplo, si bien la representación 3 permitiría ilustrar todos los conceptos mencionados, no todos los alumnos que optaron por esta representación incluyeron en sus dibujos elementos que permitan ilustrar los mencionados aspectos del fenómeno en su totalidad.

La tabla 1 resume las vinculaciones entre representaciones, conceptos que pueden ilustrarse y modelos conceptuales. A diferencia de la categorización previa, se incorpora en esta oportunidad, el concepto de acidez que se puede ilustrar en las representaciones correspondientes al modelo M3.

Representación	Modelo	Conceptos que se pueden ilustrar					
		Concentración	Fuerza Ácida	Acidez	Ionización del agua	Electroneutralidad de la solución	Especies Presentes
R0	M0	No	No	No	No	No	No
R2	M1	Si	No	No	No	No	No
R1, R4, R7	M2	No	Si	No	Si	No	Si
R3, R5, R6	M3	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 1 - Representaciones y Modelos

M1, M2 y M3 son modelos conceptuales en tanto que a través de las representaciones externas permiten establecer relaciones entre conceptos. **M3** es un modelo más complejo que los restantes en tanto que mediante él se pueden ilustrar todos los conceptos mencionados y sus relaciones.

Análisis de resultados

En el gráfico 1 se presenta el porcentaje de alumnos sobre el total de la muestra, según el tipo de representación usada en la respuesta dada en este instrumento.

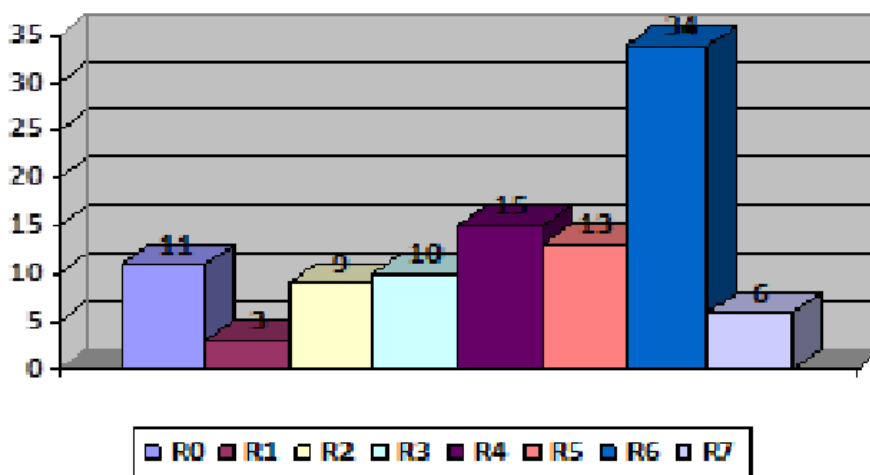


Gráfico 1- Distribución de alumnos según las representaciones externas

En el gráfico 2 se presenta el porcentaje de alumnos sobre el total de la muestra, según el tipo de modelo conceptual asignado según la representación usada.

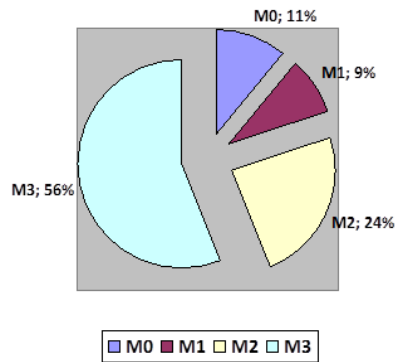


Gráfico 2- Distribución de alumnos según los modelos conceptuales

Conceptos correctamente ilustrados

Se presentan a continuación, los porcentajes de los alumnos cuyas representaciones ilustran correctamente los conceptos analizados. Los porcentajes fueron calculados tomando tres bases diferentes. Estas bases son: el total de alumnos de cada modelo, tabla 2, el total de alumnos de los modelos en los que se puede representar el concepto, tabla 3, y el total de la muestra, tabla 4. La letra "X" se ha puesto para indicar los casos correspondientes a conceptos que no pueden ser representados por un dado modelo.

Conceptos correctamente ilustrados o representados						
Modelos	Porcentaje sobre cada modelo					
	Concentración	Fuerza Ácida	Acidez	Ionización del agua	Electroneutralidad de la solución	Especies presentes
M1 (8 alumnos)	25%	X	X	X	X	X
M2 (23 alumnos)	X	35%	X	30%	X	17%
M3 (53 alumnos)	32%	56%	36%	19%	53%	15%

Tabla 2 - Porcentaje sobre cada modelo

Conceptos correctamente ilustrados o representados					
Concentración	Fuerza Ácida	Acidez	Ionización del agua	Electroneutralidad de la solución	Especies presentes
31%	50%	36%	22%	53%	16%

Tabla 3 - Porcentaje sobre el total de los modelos en los que se puede representar

Conceptos correctamente ilustrados o representados					
Concentración	Fuerza Ácida	Acidez	Ionización del agua	Electroneutralidad de la solución	Especies presentes
20%	40%	20%	18%	30%	13%

Tabla 4 - Porcentajes sobre el total de la muestra

La **concentración** se considera correctamente representada en todos aquellos casos en que el número de partículas iniciales sea igual en ambos recipientes, pues se trata de dos soluciones de igual concentración molar.

El concepto de **fuerza ácida** que refiere a la diferencia entre un ácido fuerte y uno débil, fue el mejor representado de todos los conceptos, el **40%** sobre el total de la muestra.

La **acidez**, concentración de ion hidronio en una solución, se consideró correctamente representada en todos aquellos casos en los que se dibujó mayor cantidad de iones hidronio en el frasco del ácido fuerte que en el del débil.

La **ionización del agua** que se pone de manifiesto con la representación adicional de los iones hidróxido, solo lo manifiesta un 18%.

La **electroneutralidad** de la solución se pone en evidencia con la representación de igual cantidad de cargas positivas que negativas.

Las **especies presentes** considera la representación de todas las especies presentes en las soluciones aunque en el recuento no se consideró necesaria la presencia de agua, debido a que la mayoría de las representaciones utilizadas tanto en los libros como en algunas clases muestran esta simplificación, la de omitir al agua.

Relación entre la concentración, fuerza ácida y acidez

El modelo M3 es el único que permite dar cuenta de los conceptos de concentración, fuerza ácida y acidez en forma simultánea. Este modelo, más complejo que los demás, permite evaluar el tipo de vinculación entre estos tres conceptos. Si para la misma concentración molar, la acidez resulta mayor en el caso del ácido fuerte entonces la relación entre estos conceptos es correcta.

En la tabla 5 se presenta el porcentaje de alumnos del modelo M3 que ilustran correctamente los conceptos de concentración molar de las soluciones, fuerza ácida, acidez y la relación entre estos tres conceptos y los porcentajes sobre el total de la muestra.

Porcentaje sobre el total del modelo M3 (53 alumnos)			
Concentración	Fuerza ácida	Acidez	Relación concentración, fuerza ácida y acidez
32%	56%	36%	19%
Porcentaje sobre el total de la muestra (94 alumnos)			
20%	40%	20%	11%

Tabla 5- Relación correcta entre concentración, fuerza ácida y acidez

El **11%** de la muestra presenta en su representación la relación adecuada entre los tres conceptos, es decir, consideran a la acidez dependiente de dos variables independientes entre sí: la concentración y la fuerza ácida.

Análisis de errores

Un análisis detallado de las representaciones revela que el 9% de la muestra, aun habiendo ilustrado correctamente los conceptos de acidez y de fuerza ácida, representó a la solución del ácido fuerte con menor concentración molar que a la del ácido débil. El “desconocimiento” de la consigna, en la que explícitamente indica que se disuelve la misma cantidad de ácido en un mismo volumen, da cuenta de una relación errónea y arraigada que opera negativamente en la construcción del concepto de acidez. Entre los errores encontrados mediante este análisis podemos

señalar la concepción alternativa, “...en los ácidos fuertes la concentración de ion hidronio es mayor que en los ácidos débiles...”, hallada también en otros estudios [4]

Conclusiones

Hemos encontrado que:

- Diferentes representaciones externas, en cuanto a sus elementos gráficos, pueden ser ilustraciones de un mismo modelo conceptual.
- Entre los modelos conceptuales presentados, algunos de ellos son más limitados que otros en cuanto a los conceptos que permiten ilustrar.
- El modelo más complejo es el denominado M3 que permite ilustrar todos los conceptos vinculados a las soluciones acuosas ácidas.
- El modelo M3 fue presentado por más de la mitad de la muestra.
- A partir del análisis de los resultados del modelo M3, el 11% de la muestra establece la vinculación correcta entre los conceptos de acidez, fuerza ácida y concentración molar.

Por lo expuesto podemos afirmar:

- Hemos desarrollado un método para procesar las muy diversas representaciones externas de los alumnos del nivel molecular de las soluciones ácidas.
- La categorización realizada de modelos conceptuales provee una metodología apta para evaluar tanto la comprensión como los errores de los alumnos.
- La categorización en modelos conceptuales podría servir para analizar el nivel submicroscópico de otros sistemas materiales como pueden ser las soluciones de solutos moleculares o iónicos.

Queda en evidencia la eficacia de este método para evaluar el objetivo planteado en este trabajo. La pertinencia de una enseñanza basada en la utilización de este tipo de representaciones externas fue evaluada y se encuentra en vías de publicación.

Bibliografía

[1] P.N. Johson-Laird, *Mental Models and Thought*. En: Cambridge, *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge University Press, **2005**.

[2] L. Galagovsky, M. Di Giácomo, V. Castelo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2009**, 8(1), 1-22.

[3] C. Callone, L. Landau, N. Torres, E. Baumgartner. *Revista Chilena de Educación Científica*, **2008**, 7(2), 43- 52.

[4] C. Callone, N. Torres. *Educación Química*, **2013**, 24(3), 288- 297.