

Explicaciones de los estudiantes mediadas por el uso didáctico de animaciones: el caso de una reacción química

Sabrina Natalizio, Josefina Citta, Gabriela Lerzo y Andrés Raviolo

Universidad Nacional de Río Negro, Bariloche, Río Negro, Argentina.

Correo electrónico: glerzo@unrn.edu.ar

Resumen

El objetivo de la investigación es determinar de qué manera el uso de una animación computacional incide en la construcción del patrón temático, relaciones semánticas estandarizadas, de explicación de un fenómeno químico.

Este trabajo se centra en el análisis de las proposiciones que enuncian estudiantes de una asignatura de primer año, del Profesorado de Física y de Química de la Universidad Nacional de Río Negro, para explicar la reacción química entre el magnesio sólido y una disolución de ácido clorhídrico.

Para ello se implementó una secuencia didáctica con el propósito de favorecer procesos de modelización del fenómeno estudiado y aproximarse a la explicación científica del mismo minimizando las barreras que impone el nivel de abstracción requerido para su comprensión. Se prestó especial atención no solo a las relaciones de significado que se construyen sino a los conceptos sostén que permiten ampliar la estructura cognitiva.

Los resultados de este trabajo, muestran cambios significativos en los fragmentos del patrón temático con que los estudiantes explican el fenómeno abordado, incluyendo proposiciones que relacionan correctamente conceptos del nivel de representación submicroscópico.

Palabras clave: animación computacional, reacción química, niveles de representación, modelización

Introducción

El presente trabajo tiene como propósito estudiar de qué manera el uso didáctico de animaciones computacionales propicia la modelización de fenómenos, en particular la reacción química entre el ácido clorhídrico y el magnesio. Es una continuación de una investigación previa que abordó el fenómeno de cristalización del cloruro de sodio (Lerzo y otros, 2014). En esa oportunidad se evidenció la modificación de las proposiciones científicas enunciadas por los estudiantes cuando se emplean simulaciones computacionales para su modelización.

Comprender un fenómeno químico requiere poder modelizarlo. Para ello es necesario que los estudiantes desarrollen el pensamiento de modo que “les permita encontrar conexiones entre piezas de su conocimiento previo y, además, les permita resolver problemas novedosos” (Gellon y otros, 2005). Para ello deberán construir ideas científicas, lo que implica enunciar proposiciones científicas, es decir relaciones semánticas estandarizadas de la ciencia, lo que en palabras de Lemke (1997) constituye el patrón temático de la ciencia.

Para construir el patrón temático de la ciencia, en un proceso de enseñanza y aprendizaje, es necesario implementar una secuencia didáctica que, por un lado, ponga atención en el enunciado de las proposiciones con que los estudiantes explican los fenómenos del mundo natural y además, por otro lado, y en relación con el propósito de esta investigación, promueva el uso didáctico de las animaciones y simulaciones computacionales para la modelización de dichos fenómenos.

La implementación de dicha secuencia didáctica requerirá realizar actividades que evidencien el aprendizaje sustentable (Galagovsky, 2004), es decir, aquellas con las que el sujeto puede apropiarse correctamente de la información recibida como nuevo conocimiento, aumentando y enriqueciendo la estructura cognitiva previamente existente, en la que los conceptos sostén funcionan como nexos correctos. Es por ello que en esta secuencia se propone el uso didáctico de una animación computacional del Programa TIGER (“Teachers’ Instructional Graphics Edactional Resource”) elaborado por el grupo de Educación a Distancia de la Universidad de Ciencias y Matemáticas de North Carolina, que, en palabras de Raviolo (2010) “(...) son especialmente válidas en la construcción de los saberes químicos ya que pueden ayudar, especialmente, en la integración de: (a) los distintos niveles de representación o presentación de la ciencia (por ejemplo en química los niveles: macroscópico, submicroscópico, simbólico y gráfico) y (b) los aspectos teóricos y prácticos, brindando una discusión teórica y modelada de situaciones problemas y una explicación a experimentos realizados en laboratorio.”

Perkins y otros (2006) mencionan además, que estas simulaciones son herramientas versátiles que ayudan en la visualización de los fenómenos y pueden emplearse satisfactoriamente como recursos complementarios de otras actividades como las de laboratorio. Los autores sostienen que: “cuando se usan las simulaciones, los alumnos y profesores ven los mismos objetos y movimientos, lo que les permite focalizar su tiempo y su atención en desarrollar la comprensión”.

Asimismo, Burke y otros (1998) señalan que “por el principio de contigüidad, se logra un mejor aprendizaje de una animación cuando se integra la información visual y verbal (Mayer y Anderson, 1991 o 1992; Paivio, 1990)”. Esta apreciación ha sido fundamental en la selección de actividades que se llevaron a cabo para confeccionar la secuencia didáctica, ya que la misma promueve la expresión escrita de los fragmentos de patrón temático que construyen los estudiantes.

Metodología

El trabajo se realizó con una muestra de 10 estudiantes que asisten al espacio de formación Taller de Práctica Docente I (TPD I), de los Profesorados de Física y de Química de la Universidad Nacional de Río Negro. Esta asignatura anual de primer año es un espacio que actúa de eje vertebrador entre el campo disciplinar específico y el campo de formación pedagógica. En él, el futuro profesor, manteniendo el contacto con la escuela de nivel medio realiza su aprendizaje, relacionando las prácticas del campo disciplinar específico, articulando con los contenidos de las asignaturas desarrolladas en el nivel y formándose como alumno-profesor en los procedimientos de las ciencias

experimentales y su transposición didáctica. Paralelamente a este espacio de formación, los estudiantes cursan dos espacios cuatrimestrales consecutivos, Introducción a la Química y Química General, en los que desarrollan los contenidos propios del campo disciplinar.

El grupo de estudiantes que asiste al espacio es diverso, algunos tienen una carrera previa culminada, otros están realizando en paralelo materias de Ingeniería, otros han incursionado en otras carreras antes de decidir cursar la del profesorado, y para otros es su primer vínculo con la vida universitaria.

El TPD I se concibe pedagógicamente como espacio de taller que promueve la reflexión sobre el aprendizaje, al tiempo que construye los saberes didácticos en relación con dos aspectos constitutivos de la ciencia: el aspecto empírico (la experimentación) y el aspecto abstracto (las ideas inventadas) (Gellon y otros, 2005).

Es en relación con la construcción del aspecto abstracto de la ciencia es que se implementa el uso de animaciones para facilitar la modelización de los fenómenos químicos. Para este trabajo, un modelo es concebido como mediador entre la teoría y la realidad, ya que resulta de la construcción de un objeto abstracto que considera solo aspectos relevantes (a la luz de la teoría) del sistema real, permitiendo de este modo la conceptualización del fenómeno del mundo natural (en este caso la reacción química entre el magnesio y el ácido clorhídrico), con el propósito de explicarlo. Este modelo supone propiedades de los elementos inobservables del sistema real así como postula entidades abstractas para la descripción del fenómeno (Lombardi, 2010).

Es así que conceptualizar un fenómeno en este contexto educativo implica que los estudiantes adquieren un esquema de pensamiento que les permite conectar piezas de su conocimiento para explicar problemas novedosos (Gellon y otros, 2005), piezas que se combinan en una comunicación regida por las formas convencionales de hablar científicamente Lemke (1997). Este autor introduce el término *patrón temático* para nombrar a las relaciones de significado de los términos de un campo científico en particular. Puede decirse entonces que construir un modelo que explique la realidad requiere conocer el patrón temático de determinados contenidos científicos.

Para este trabajo se considera que la interfaz de la animación http://www.deciencias.net/proyectos/0cientificos/Tiger/paginas/SingleDisp_Reaction-MetalToAcid.html, modeliza la reacción entre el magnesio y un ácido fuerte (ácido clorhídrico). El patrón temático que puede inferirse de la interfaz de la animación, refiere al siguiente conjunto de fragmentos temáticos (Lemke, 1997)¹:

- El cloruro de hidrógeno disuelto en agua se disocia totalmente en iones Cl^- y H^+ . Constituye una solución de un electrolito fuerte. Los iones se mueven libremente en la solución acuosa.

Limitación de la animación: no evidencia la interacción entre los iones (Cl^- y H^+) y el agua. Las moléculas de agua no están representadas en la animación.

¹ Se señalan como limitaciones de la animación, aquellas relaciones de significado que no quedan explicitadas en la interfaz de la simulación y contribuirían a la formación del patrón temático.

- El magnesio en estado sólido, presenta un empaquetamiento ordenado de átomos de ese metal, sin movimiento aparente.

Limitación de la animación: no se observa el movimiento vibratorio adjudicado al estado sólido.

- Cuando dos iones H^+ se acercan a la barra de magnesio, se forma una molécula de H_2 y un átomo de magnesio abandona la superficie del sólido dejando un hueco e ingresa a la solución como Mg^{2+} . En todo momento se aprecia, en el volumen representado, una cantidad de iones tal que mantiene la igualdad de cargas positivas y negativas.

Limitación de la animación: no se aprecia la transferencia de electrones, ni se expresan las ecuaciones de oxidación y de reducción.

- El H_2 formado asciende por el cuadro de la interfaz hasta que finaliza su visualización y los cationes magnesio quedan en solución. La interfaz final muestra una representación macro donde se aprecian las burbujas de gas hidrógeno y la barra de magnesio consumida. También se presenta la ecuación química global del proceso.

De esta manera, para analizar los modelos que los estudiantes enuncian, se tomarán en cuenta los fragmentos temáticos escritos y se compararan las explicaciones antes y después de visualizada la animación, teniéndose en cuenta los siguientes indicadores:

- el incremento de los conceptos o ítems temáticos con los que construyen los fragmentos
- el enunciado de relaciones de significado entre conceptos.

Raviolo (2010) señala que “las visualizaciones a las que se acceden a través de simulaciones y animaciones, de fenómenos y estructuras no observables directamente, promueven la comprensión y el aprendizaje significativo de conceptos abstractos”, por ello, y para explicar la reacción entre el magnesio y ácido clorhídrico relacionando los tres niveles de representación (macro, micro y simbólico), se implementará una secuencia didáctica que emplea la animación de dicha reacción.

La secuencia que se detalla a continuación tiene como propósito educativo la reflexión metacognitiva sobre los modelos explicativos de fenómenos químicos que los mismos estudiantes construyen, poniendo especial atención en cómo se modifican a partir de la observación de una animación del fenómeno químico estudiado. La secuencia está orientada a diferenciar lo que se infiere de la observación directa del fenómeno de lo que se aprecia en la versión modelada que brinda la animación computacional, y se organiza en dos encuentros de 4 horas cada uno (horario habitual del TPD I) en el que se desarrollan las siguientes actividades:

Taller 1

Primer momento:

Los estudiantes efectúan la observación de una práctica demostrativa llevada a cabo por la docente correspondiente a la reacción del ácido clorhídrico y el magnesio, para indagar las concepciones iniciales de los estudiantes. Se les pide a los estudiantes que escriban las explicaciones del fenómeno observado.

Segundo momento:

Para profundizar en el conocimiento de la reacción presentada se les desafía a que sugieran la manera de reconocer las sustancias formadas y con qué diseño experimental lo harían. Se lleva a cabo la experimentación y se amplían las explicaciones que se recogen en una producción escrita.

Taller 2

Primer momento:

Se lleva a cabo una puesta en común sobre los resultados experimentales explicando la formación de los productos de la reacción.

Segundo momento:

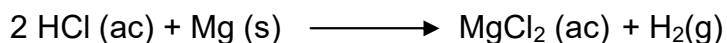
Se les presenta la animación computacional de la reacción y se les solicita que a partir de su observación meticulosa, amplíen las explicaciones anteriores.

Finalmente, en una puesta en común cada estudiante reflexiona sobre las modificaciones observadas.

Resultados y análisis

Participaron de la situación de enseñanza y aprendizaje 10 estudiantes. Como tres de ellos estuvieron ausentes en una de las dos instancias de la secuencia didáctica, sus producciones no han sido consideradas para este análisis.

En las siete producciones escritas, antes del uso de la animación, las explicaciones se limitan a la descripción del fenómeno y la escritura de la ecuación química. Se leen expresiones del tipo: “se pone en un erlenmeyer una solución de ácido clorhídrico y se agrega un trozo de magnesio, se coloca un tubo de desprendimiento y se recoge en un tubo de ensayo el gas que se obtiene por desplazamiento de agua (o se lo hace burbujear en solución jabonosa de modo que quede atrapado en las pompas de jabón). Luego se realiza el reconocimiento del gas mediante su combustión” o “la cinta de magnesio reaccionó con el HCl y se formó un gas que resultó ser hidrógeno”. Asimismo, se destaca que la mayoría de los estudiantes (cinco) escribe la ecuación química que se aprecia en la pantalla al finalizar la animación:



En ninguna de las producciones de los estudiantes de la primera etapa, se avanza sobre algún otro aspecto de la modelización, es decir, solo se describe lo observado experimentalmente (nivel macroscópico) y se escribe la ecuación química perfectamente ajustada (nivel simbólico). No aparece la descripción del fenómeno en el nivel submicroscópico ni se menciona el modelo teórico que explica la transformación: transferencia de electrones.

En el análisis comparativo de las producciones de ambas etapas se aprecia que de los 7 trabajos analizados 5 (71%) presenta una evolución positiva de las proposiciones científicas con las que los estudiantes explican la reacción química. En estas pueden observarse fragmentos temáticos que incrementan el número de ítems temáticos y enuncian novedosas relaciones de significado. Al analizar dichas explicaciones puede apreciarse que:

- **La interacción con la animación habilita la aparición del nivel submicroscópico en la explicación.**

Los estudiantes han transitado por un espacio de formación en Química (Introducción a la Química) y se encuentran cursando actualmente Química General. Esto supone la construcción de los saberes químicos correspondientes para comprender este fenómeno (reacción química entre magnesio sólido y la solución de ácido clorhídrico), sin embargo, antes de interactuar con la animación, las explicaciones no incluyen el nivel submicroscópico. Se encuentran expresiones del tipo “Se coloca HCl en un erlenmeyer y un trozo de cinta de magnesio. La reacción desprende un gas que se reconoce como hidrógeno” (Natalia, S.) “el magnesio se desintegra y se desprende un gas” (Gabriela C.), entre otros.

Al respecto, Burke y otros (1997) señalan que la manipulación de la animación “permite hacer conexiones entre los tres niveles de representación de la química”. Es así que en los fragmentos temáticos que enuncian los estudiantes aparecen expresiones del tipo: “cuando colisionan los cationes hidrógenos (H^+) disueltos en solución acuosa, de a par por cada átomo de magnesio... (Natalia S.)” o “chocan 2 iones H^+ con el Mg metálico” (Gabriela C.), en los que puede observarse la idea de choque que es aportada por la contemplación de la animación y enriquece la modelización de la reacción química.

- **La interacción con la animación conecta conceptos sostenidos que no se observan en la animación**

Al observar la interfaz, puede apreciarse que la misma instala la idea de choque efectivo y la presencia de iones en solución, tal como se muestra a continuación en la Figura 1:

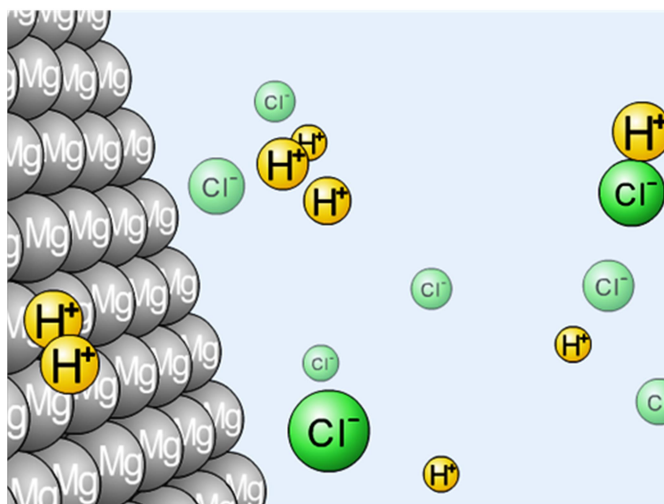


Figura 1: captura de pantalla que muestra el impacto de dos iones H^+ sobre la superficie del magnesio. Las moléculas de agua no están representadas en la animación.

Si se avanza en la contemplación de la animación, puede observarse la imagen que se presenta en la Figura 2, en la que se evidencia la formación de los productos de la reacción:

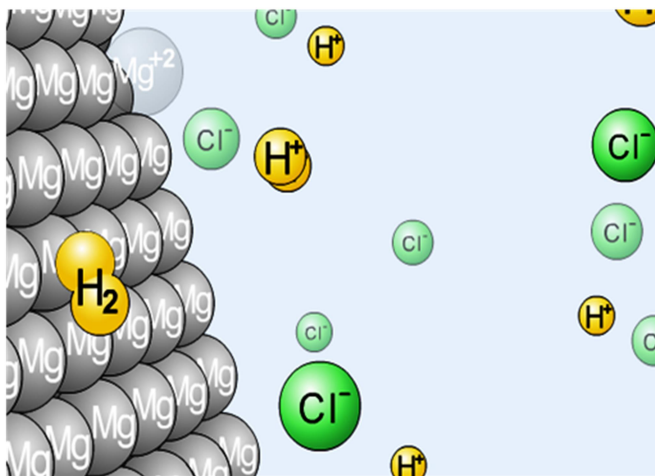


Figura 2: captura de pantalla que muestra la formación de moléculas de hidrógeno (H_2) y de cationes magnesio (Mg^{2+}).

Puede destacarse que la animación no muestra, ni menciona mediante símbolos, la transferencia de electrones que ocurre cuando se forma hidrógeno molecular (H_2) y el catión magnesio (Mg^{2+}). Sin embargo, al analizar las proposiciones que enuncian los estudiantes, luego de la interacción con la animación, se aprecia que en el 85% de las producciones se menciona la **transferencia de electrones** (concepto sostén): “el hidrógeno al ser mas electronegativo que el magnesio, atrae los electrones del Magnesio separando esa molécula del Magnesio dejando un ion Mg^{2+} y los electrones que atrajo el hidrógeno pasan a formar parte de la molécula neutra H_2 ” o “Se puede explicar la formación de hidrógeno (H_2) a partir de una reacción óxido-reducción en donde dos electrones del Mg pasan a formar parte de la molécula de hidrógeno H_2 ”. Es decir, los estudiantes han construido en el espacio de formación disciplinar (Introducción a la Química y Química General) los saberes relacionados con las reacciones de óxido-reducción pero estos no aparecen en la explicación de la reacción química sino hasta que observan la animación, a pesar de que su interfaz no los muestra. En este sentido, empleando la idea de aprendizaje sustentable (Galagovsky, 2004) puede suponerse que la animación ha promovido que la información disponible se estructure como nuevo conocimiento, aumentando y enriqueciendo la estructura cognitiva previamente existente, conectando los conceptos sostén y permitiendo la construcción de fragmentos temáticos (o proposiciones que muestran las relaciones semánticas estandarizadas de la ciencia).

Del análisis del 29% restante de los trabajos, pueden apreciarse que:

- **La interacción con la animación solo incrementa el número de ítems temáticos de las explicaciones de los estudiantes**

En este caso, se observa que solo se incrementa el número de ítems temáticos sin establecen nuevas relaciones de significado. Esto puede apreciarse en el trabajo de Sergio R.

Explicación antes del uso de la animación	Explicación luego del uso de la animación
“La cinta de magnesio reaccionó con el HCl y se formó un gas”	“El ácido clorhídrico se observa separado en iones , que interactúan con el Mg”

El estudiante ha tomado de la interfaz algunos de los elementos que se presentan, (iones H^+ y Cl^-) y su interacción, sin ampliar las relaciones de significado de sus proposiciones. Solo reemplaza el término **reacciona** por **interactúa**.

En este caso puede comprenderse que los elementos que muestra la interfaz funcionan a modo de palabras fijas (Lemke, 1997) y no son sino palabras a las que los estudiantes no han atribuidos significados y las proposiciones que enuncian como explicaciones solo se reproducen sin ampliarse. Asimismo, podría suponerse que el estudiante no ha logrado realizar un aprendizaje sustentable sino aislado (Galagovsky, 2004) en el que no ha logrado vincular a conocimientos previos la información externa que recibió. Eso ha provocado que para guardar el conocimiento ha empleado estrategias de memorización que lo han guardado como conocimiento memorístico y aislado, situación que se evidenciaría en la falta de evolución de la explicación de este fenómeno químico.

- **La interacción con la animación revela limitaciones en la concepción de modelo**

Según Lombardi el modelo es concebido como mediador entre la teoría y la realidad porque resulta de la construcción de un objeto abstracto que considera solo aspectos relevantes (a la luz de la teoría) del sistema real. En el trabajo de Soledad I. es significativo que cuando se le solicita la explicación del fenómeno antes de la observación de la animación, solo escribe la ecuación química, y luego escribe: “Podemos **ver** que el magnesio **es** un catión y el cloro anión, por lo tanto estos iones se juntan. El hidrógeno **choca** contra el magnesio, lo que genera que un átomo de hidrógeno **se junte** con otro hidrógeno formando hidrógeno gaseoso H_2 ”.

Pareciera que la estudiante confunde modelo con realidad, cuando dice “podemos ver que el magnesio **es** un catión”. Aquí podría interpretarse que la relación de significado entre los conceptos magnesio y catión es de tipo ontológica. Luego, las relaciones de causalidad que enuncia evidenciarían relaciones semánticas no coherentes con el patrón temático de la ciencia: “Podemos **ver** que el magnesio **es** un catión y el cloro anión, por lo tanto estos iones se juntan”.

Esto podría atribuírsele a que la estudiante no ha construido relaciones de significado entre los conceptos sostén, que le permitan relacionar los dos niveles de comprensión de los fenómenos químicos (macro-submicro) impidiendo que

modelice la realidad vinculándolos. En palabras de Gellon y otros (2005), la estudiante no ha podido “adquirir un esquema de pensamiento que le permita conectar piezas de su conocimiento para explicar problemas novedosos (...) según las formas convencionales de hablar científicamente.”

Discusión y conclusiones

En este trabajo se analizaron las producciones escritas de los estudiantes con las que explican la reacción química entre el magnesio sólido y la solución de ácido clorhídrico, elaboradas en contexto de una secuencia didáctica que promovió el uso de una animación computacional como recurso que activa el papel del estudiante en la elaboración de modelos, en la construcción de las ideas abstractas de la ciencia.

Al analizar las producciones de los estudiantes puede ratificarse que la elección del patrón temático como categoría de análisis (Lerzo y otros, 2014) resulta de utilidad para estudiar la construcción de conocimiento científico en relación con el uso de simulaciones y animaciones.

En cuanto a la interacción con la animación, la visualización ha sido decisiva para ampliar los modelos de representación del fenómeno estudiado incorporando en ellos el nivel submicroscópico ausente en las expresiones iniciales. Además podría suponerse que la animación ha activado conceptos que no se encontraban conectados en la estructura cognitiva de los estudiantes, guardados con mecanismos de aprendizaje memorísticos y de modo aislado, y que la contemplación de la interfaz de la simulación ha permitido nuevas conexiones y resignificaciones de saberes propios del aprendizaje sustentable.

Bibliografía

- Burke, K., Greenbowe, T. y Windschitl, M. (1998). Developing and using conceptual computer animations for chemistry instruction, *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1658-1661.
- Galagovsky, Lydia R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349–364.
- Gellon, G., Rosenvaser Feher E., Furman M., Golombek D. (2005). *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Buenos Aires: Paidós.
- Lerzo, G., Alvarez, M. y Raviolo, A. (2014). *Estudio de las explicaciones científicas enunciadas por los estudiantes mediadas por el uso de simulaciones*. Congreso Regional de Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza, Tandil.

- Lombardi, O. (2011). *Los modelos como mediadores entre teoría y realidad*. En *Didáctica de las Ciencias Naturales*, Lydia Galagovsky (Coord.). Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Perkins, K. y otros. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44, 18-23.
- Raviolo, A. (2010). Simulaciones en la enseñanza de la química. Conferencia: *VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química*. Santa Fe.