

Eje 4: Investigación en la didáctica de las Ciencias de la Naturaleza

ESTUDIO DE LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS ENUNCIADAS POR LOS ESTUDIANTES MEDIADAS POR EL USO DE SIMULACIONES.

Gabriela F. Lerzo, Marcelo A. Alvarez y Andrés Raviolo
Universidad Nacional de Río Negro
glerzo@unrn.edu.ar; maalvarez@unrn.edu.ar; araviolo@unrn.edu.ar

Resumen

Este trabajo se centra en el análisis de las proposiciones que enuncian estudiantes de 4° año de la escuela secundaria para explicar el proceso de cristalización del cloruro de sodio en una salina.

El objetivo de la investigación es determinar de qué manera el uso de una simulación computacional incide en la construcción del patrón temático para explicar el fenómeno de cristalización que sucede en la salina del Bajo del Gualicho.

Para ello se implementó una secuencia didáctica que promovió la superación de las dificultades propias de la construcción del conocimiento químico escolar, que contribuyó a modelizar los fenómenos involucrados y aproximarse a la explicación científica de los mismos minimizando las barreras que impone el nivel de abstracción requerido para su comprensión. Se prestó especial atención no sólo al uso de nuevos términos y conceptos sino a la construcción de significados que se realizan con estos nuevos términos.

Los resultados provisionales de la investigación, muestran cambios significativos en los fragmentos del patrón temático con que los estudiantes explican el fenómeno.

Palabras clave: simulaciones computacionales, modelos científicos escolares, patrón temático

Introducción

La inclusión de los recursos TIC en las propuestas de enseñanza está íntimamente relacionada con el posicionamiento didáctico y con los propósitos educativos, y su uso activa el protagonismo de los estudiantes. Talanquer (2014) manifiesta claramente esto último cuando señala que las “TIC permiten crear ambientes educativos en los que los alumnos, de manera individual o en grupos colaborativos, pueden adoptar un papel más activo en la construcción de su propio conocimiento”. Al respecto, la investigación educativa actual en ciencias señala que con una propuesta de enseñanza adecuada, los estudiantes pueden crear modelos de

fenómenos naturales de mayor nivel de concreción y que además, si se promueve el desarrollo de habilidades de modelización, se favorece el aprendizaje significativo.

En este contexto y para este trabajo, un modelo es concebido como mediador entre la teoría y la realidad, en el sentido que resulta de la construcción de un objeto abstracto que considera sólo aspectos relevantes (a la luz de la teoría) del sistema real, permitiendo de este modo la conceptualización de un fenómeno del mundo natural con el propósito de explicarlo. Dicho modelo, por otro lado, supone propiedades de los elementos inobservables del sistema real así como postula entidades abstractas para la descripción del fenómeno (Lombardi, 2010). Además, conceptualizar un fenómeno en el 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) que comunican combinando según las formas convencionales de hablar científicamente. Lemke (1997) denomina *patrón temático* a las relaciones de significado de las palabras 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.

Entre los recursos TIC que promueven un papel más activo del estudiante en la construcción de esos modelos, puede mencionarse las simulaciones computacionales. Estas son programas que permiten poner en funcionamiento un modelo de un proceso o fenómeno (Esquembre, 2004). Wieman y otros (2008), citado en Talanquer (2014), enumeran una serie de características propias de las simulaciones de las que se pueden destacar:

- “-Representan los sistemas modelados de manera fidedigna, tratando de hacer visibles estructuras y propiedades abstractas o imperceptibles en los sistemas reales.
- Centran la atención del usuario tanto en conceptos científicos básicos como en variables y propiedades fundamentales del sistema modelado.
- Proporcionan un alto nivel de interactividad que produce respuestas inmediatas a las acciones del usuario.”

Si bien el uso de simulaciones y animaciones en el escenario pedagógico comienza a configurarse como práctica habitual, es recomendable implementarlas en el momento didáctico adecuado pues de lo contrario podrían generar una discusión inesperada, reforzar una concepción alternativa o directamente no cumplir con el propósito educativo para el que se han seleccionado como recurso. El modelo TPACK (Conocimiento Tecnológico Pedagógico Disciplinar) de Koehler y Mishra (2006) constituye un marco teórico apropiado desde donde posicionarse para analizar las potencialidades y limitaciones de las simulaciones y

animaciones, previo a su uso en una secuencia didáctica, para lograr una acertada inclusión de dichos recursos tecnológicos.

En este trabajo se presenta la implementación de una secuencia didáctica cuyo objetivo es determinar de qué manera el uso de simulaciones y animaciones incide en la construcción del patrón temático para modelizar el fenómeno de cristalización que sucede en la salina del Bajo del Gualicho.

Metodología

A partir de una secuencia didáctica de cuatro encuentros con uso de simulaciones y animaciones, se analizan cuanti y cualitativamente las respuestas de los estudiantes a una consigna que demanda la explicación de los fenómenos involucrados en la cristalización del cloruro de sodio en la Salina del Bajo del Gualicho. Los estudiantes asisten al espacio curricular de Química del cuarto año del Ciclo Superior Modalizado del Bachillerato con orientación en Pedagogía de la ciudad de San Carlos de Bariloche, en el CEM N° 99 de esa ciudad. Es un hecho a mencionar que todos los estudiantes cuentan con la netbook del programa Conectar Igualdad, lo que permitió el desarrollo de las actividades previstas en la secuencia didáctica.

Para analizar las explicaciones que los estudiantes elaboran, se empleó un dispositivo que requirió la comunicación escrita de las proposiciones científicas que construyen.

-La secuencia didáctica

La secuencia propone la interpretación de una leyenda tehuelche sobre la desaparición de una niña en la zona de la salina del Gualicho, descrita por los relatos como una tragedia donde la niña se petrifica y desaparece.

El enfoque en el que se sustenta la selección de los contenidos a abordar es el de la *intervención en la realidad*, objetivo de los métodos globalizados en los que se fundamenta la secuencia (Zabala Vidiella, 2007). Es así que la forma de intervención pedagógica refiere: por un lado, a la concepción sociológica de saber como conocimiento construido socialmente en marcos metodológicos y como una forma de relacionarse con el mundo (Charlot, 2006), y por otro, al método de proyectos toda vez que “saber hacer” y “saber resolver” devienen en un producto comunicable, en información disponible para otro.

La secuencia didáctica se estructuró en cuatro encuentros en los que se realizaron actividades que promueven la investigación escolar e incluyó animaciones computacionales sobre la disolución del cloruro de sodio en agua y la conducción de la corriente eléctrica en las

Trabajo presentado en el I Congreso Regional de Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza. Tandil, 21-22 de agosto, 2014.

soluciones acuosas de dicha sal (del *Animation Center* de la décima edición del texto universitario Chemistry, escrito Raymond Chang), y la simulación de la disolución del cloruro de sodio en agua y el efecto de la evaporación del solvente de la solución a temperatura constante (del proyecto PhET, <https://phet.colorado.edu/es/simulation/sugar-and-salt-solutions>).

En esta simulación los estudiantes pueden ir modificando los parámetros del sistema a la vez que visualizan esquemas y diagramas que enriquecen las ideas en construcción. Una captura de pantalla de dicha simulación se observa en la figura 1.



Figura 1: Interfaz de la simulación computacional, Disolución de sal y azúcar

En cada encuentro se les solicitó a los estudiantes que registraran individualmente y por escrito las proposiciones con las que podrían explicar los fenómenos involucrados. El producto final del trabajo muestra la evolución de las expresiones escritas con las que los estudiantes modelizan dichos fenómenos.

-Instrumentos, insumos, análisis

En esta experiencia el “insumo” básico para el análisis fueron las producciones escritas de los estudiantes en las distintas etapas de la secuencia didáctica. En dichas producciones se encuentran las explicaciones que los estudiantes dan a los fenómenos estudiados. Para su análisis, un posible marco teórico que resulta fructífero es el desarrollado por Lemke (1997) como una característica del *hablar ciencias*, el *patrón temático*. Con esta expresión se quiere significar no solamente el uso de nuevos términos y conceptos sino la construcción de una nueva semántica. Dicha semántica hace referencia a la construcción de significados que se realizan con estos nuevos términos. En palabras de Martín-Díaz (2013):

“Para aprender ciencia los alumnos deben, en primer lugar, memorizar términos nuevos; después comprender el concepto que encierran esos nombres; en tercer lugar, elaborar el patrón temático entre varios conceptos, es decir, formar frases con sentido; y finalmente, extrapolarlo y utilizarlo en contextos diferentes”

Los patrones temáticos de la ciencia se encuentran estandarizados, constituyen un fragmento del currículo y pueden hallarse tanto en el diálogo en el aula, en un libro de texto, en un video o en una simulación computacional, diferenciándose solamente en la forma particular en que

cada uno de estos plantea el significado. Durante la implementación de la secuencia didáctica, los estudiantes elaboran un patrón de significados no solo a partir del diálogo con el profesor sino también, y en gran medida, por interacción con la simulación computacional y la visualización de las animaciones. La interfaz de la simulación muestra elementos que pueden representar términos que expresan significados esenciales y con los que se establecen relaciones semánticas diversas. Así, cuando dichas relaciones son científicamente aceptables, los profesores suelen decir que los estudiantes entienden los conceptos. Según Lemke (1997), esos conceptos son *ítems temáticos* y las relaciones semánticas que se establecen entre ellos, son solo fragmentos de patrones temáticos que podrían emplearse como indicadores del papel de la simulación computacional en la construcción del patrón temático.

Resultados y análisis

Considerando que las simulaciones y animaciones brindarían información sobre los procesos estudiados, se hizo hincapié en los fragmentos del patrón temático que los estudiantes enuncian cuando explican la cristalización. Cabe señalar que en la indagación de ideas previas al uso de la simulación, expresiones como “el agua se evapora y entonces la sal se cristaliza”, son fragmentos comunes de las explicaciones de la mayoría de los estudiantes. De modo que el propósito de este trabajo es apreciar de qué manera se enriquecen las explicaciones que enuncian los estudiantes cuando se emplean animaciones y simulaciones durante el aprendizaje.

De esta manera, para analizar las proposiciones que enuncian los estudiantes se compararon las explicaciones realizadas en cada encuentro teniéndose en cuenta los siguientes indicadores:

- el incremento de los conceptos con los que construyen los fragmentos del patrón temático.
- el enunciado de relaciones de significado

De los 17 trabajos analizados, el 76% presenta una evolución en la construcción del patrón temático. En estos pueden observarse:

a) Fragmentos que incrementan el número de ítems temáticos y enuncian novedosas relaciones de significado. En estos casos, los estudiantes han construido el patrón temático y enuncian explicaciones en contextos novedosos diferentes de los que visualizan la interfaz de la simulación y las animaciones.

En el trabajo de Lucía, por ejemplo, puede apreciarse la evolución de sus explicaciones a lo largo de los cuatro encuentros:

“...Cuando las partículas de agua y sal están juntas, y se evaporan, quedan solo las de sal sólida, cristalizándose.”	“... Al dejar de estar separados de las moléculas de agua, los cationes y los aniones se atraen y vuelven a juntarse, ...”	“... Cuando las moléculas de agua se evaporan, los cationes sodio y aniones cloruro se vuelven a unir, ...”	“... Cuando el agua se evapora, los aniones de cloruro se atraen por su carga eléctrica a los cationes de sodio.”
---	--	---	---

Al emplear la simulación del proyecto PhET, los estudiantes tienen posibilidad de visualizar los efectos de la disminución del volumen de solvente de la solución por evaporación, a medida que aprecian el aumento de concentración en una gráfica tipo histograma y el aumento de la interacción entre los iones presentes en la solución. En el caso de Lucía, sus explicaciones profundizan la relación de significado en relación con la interacción de los iones (menciona: los aniones de cloruro se atraen por su carga eléctrica a los cationes de sodio).

b) Fragmentos que incrementan el número de conceptos o ítems temáticos y enuncian relaciones de significado que se visualizan en las simulaciones y animaciones.

Al analizar las explicaciones de Karen, puede observarse que si bien incrementa el número de ítems temáticos para explicar la cristalización, no establece relaciones de significados novedosas. La estudiante escribe:

Primer encuentro: “las partículas se van uniendo”

Segundo encuentro: “los iones de cloruro y de sodio empiezan a acercarse”

Tercer encuentro: “los iones de NaCl vuelven a atraerse”

Cuarto encuentro: “los iones de NaCl vuelven a juntarse”

En relación con las expresiones anteriores, se podría decir que indican una relación semántica que se repite sin evolucionar. Karen ha podido hacer evolucionar su explicación en relación con los ítems temáticos (partículas/iones de cloruro y de sodio) pero no ha construido una nueva relación de significado que explique la cristalización (se van uniendo/empiezan a acercarse/vuelven a atraerse/vuelven a juntarse).

Lemke (1997) utiliza la expresión *palabra fija* para referirse a aquellas palabras que los estudiantes simplemente repiten sin construir significados esenciales. En este caso, podría decirse que “iones” es una palabra fija para Karen. Ella la reproduce una vez que la ha observado asociada a elementos de la interfaz de las simulaciones y en las animaciones, pero

no ha construido significados acerca del ión como partícula cargada eléctricamente y menos aún, sobre la interacción entre iones de cargas eléctricas opuestas. Esto permitiría interpretar la no evolución de las expresiones, y asimismo, suponer que no ha construido nuevas relaciones de significado.

En las explicaciones de otros estudiantes pueden observarse expresiones del mismo tenor, como por ejemplo dice Agustín: “vuelven a su estado original/vuelven a formar de nuevo el cloruro de sodio”.

Sin embargo, estos mismos estudiantes, que no enuncian nuevas relaciones de significado para modelizar la cristalización, reproducen en sus explicaciones las relaciones semánticas que observaron en las animaciones de la disolución (en la figura 2 se muestra una captura de pantalla de la animación).

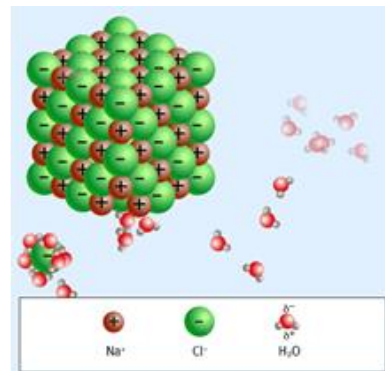


Figura 2: Animación disolución de un compuesto iónico

En este sentido, Karen enuncia en su explicación: “Las moléculas de agua interactúan con los iones del NaCl. El polo positivo de la molécula de agua se atraen a los aniones cloruro, y el polo negativo se atrae a los cationes sodio. Al atraerse, los iones del NaCl se van separando.” Podría suponerse que la estudiante ha construido un fragmento de patrón temático y conoce las relaciones de significado entre iones y cargas eléctricas, pero la actividad con la que se convocó a trabajar a los estudiantes, requirió la explicación de la cristalización del cloruro de sodio, un fenómeno diferente a la disolución. En ese contexto, la estudiante no ha podido avanzar en su explicación (dice: se van uniendo/empiezan a acercarse/vuelven a atraerse/vuelven a juntarse) por lo que podría decirse que lo que ha construido no es un fragmento de patrón temático pues no se evidencian relaciones de significado entre los conceptos que puedan emplearse en contextos diferentes a la disolución, como lo es la cristalización.

En relación con el 24% restante de los trabajos se observa que, pese a que se incrementa el número de términos que emplean en los enunciados, no se aprecian las relaciones de significado del patrón temático, ni siquiera las que se podrían enunciar al visualizar las simulaciones y animaciones. Son comunes expresiones como: “están dispersos entre espacios que tiene el agua”, “están en movimiento”, “disminuye el espacio entre las partículas”, “las moléculas comienzan a tener menos espacio para moverse y se comienzan a chocar”, “cuando

el agua se va evaporando los iones se van empezando a quedar sin espacio para moverse”, entre otras. Aquí resulta importante destacar que en la interfaz de la simulación, se visualizan ambos niveles de concreción del fenómeno estudiado (nivel macroscópico: nivel de líquido en el recipiente, nivel submicroscópico: iones cloruro y sodio como bolitas de diferente color y tamaño), pudiendo reforzar la construcción de relaciones semánticas que no conducen a establecer las relaciones de significado. En estos casos también se evidencia que los conceptos o ítems temáticos no son sino palabras a las que los estudiantes no han atribuido significados y las proposiciones que enuncian como explicaciones, se reproducen como las llamadas *palabras fijas* de Lemke.

En el trabajo de Ignacio puede verse:

Primer encuentro: “esa sal líquida a medida del tiempo se va secando”

Segundo encuentro: “Al atraer las partículas de cloruro de sodio las partículas se mueven con gran facilidad y al evaporarse tienen menos espacios y se convierten en cristales”

Tercer encuentro: “y si ese líquido lo logramos evaporar, lentamente, microscópicamente podríamos ver como quedan muchas moléculas de cloruro de sodio y muy pocas de agua. Si logramos evaporar toda el agua veríamos como quedan los cristales sólidos.”

Cuarto encuentro: “Al introducir el cloruro de sodio en el agua. Una parte positiva de la molécula de agua se atrae con los iones negativos del cloruro de sodio. La parte negativa de los iones son de cloruro. La parte positiva de las moléculas son de hidrógeno. Las moléculas negativas del agua (oxígeno) y los iones positivos del cloruro de sodio, también se atraen. Y si logramos evaporar el agua de la mezcla veríamos cómo solo quedan los iones positivos y negativos y se juntan para formar un sólido que serían: cristales.”

Se observa que se suma al discurso los ítems temáticos: ion, molécula, interacción, entre otros, pero no se organizan estableciendo relaciones de significado. Esto podría evidenciar que luego de haber interactuado con el simulador, algunos estudiantes se “inspiran” en los modelos que allí se expresan para responder la consigna pero desconocen el patrón temático y los enunciados con que explican los fenómenos presentan relaciones semánticas no estandarizadas.

Discusión y conclusiones

En este trabajo se analizaron las producciones escritas de los estudiantes donde explican el fenómeno de cristalización del cloruro de sodio, fruto de una secuencia didáctica que propone la interpretación de una leyenda tehuelche. En dicha secuencia se promovió el uso de

simulaciones y animaciones computacionales como recurso que activa el papel del estudiante en la construcción de los modelos con los que explican los fenómenos involucrados.

Un primer resultado es que casi la totalidad de los estudiantes han intentado producir, por primera vez en un espacio de formación en química, explicaciones científicas escolares provisionarias. Esto podría atribuirse a la motivación provocada por el diseño cuidadoso de la secuencia didáctica y el uso de las simulaciones y animaciones para construir fragmentos del patrón temático.

Otra cuestión a destacar es que la elección del patrón temático como categoría de análisis de las producciones escritas de los estudiantes resultó de utilidad para estudiar la construcción de conocimiento científico escolar en relación con el uso de simulaciones y animaciones.

En cuanto a la interacción con la simulación, la visualización de la evaporación del agua en la interfaz (fragmento del patrón temático) ha sido decisiva para explicar el fenómeno de cristalización de la sal. Podría interpretarse que el hecho de visualizarlo, reforzó las ideas iniciales de los estudiantes. Podría suponerse que la simulación se ha constituido en el aprendizaje de los estudiantes, como el libro de texto o la palabra del profesor, es decir tiene valor de "verdad". De alguna manera, esto habría incidido en el hecho de que ningún estudiante avanzara en enunciar explicaciones que enriquecieran los fragmentos del patrón temático en relación con el aumento de la concentración de la solución salina y la cristalización por exceso de soluto. Es decir, la interacción de los estudiantes con la simulación sin intervención del docente, no cuestiona los modelos provisionarios. Para ello habría sido necesario interpelarlos y propiciar el enunciado de nuevas expresiones.

En relación con la implementación de la simulación, se puede decir que en algunos casos proponen relaciones semánticas que el docente no visualiza a priori, porque quedan ocultas por el patrón temático desde el cual las analiza. Sin embargo, pueden ser visualizadas por los estudiantes que están construyendo esas relaciones de significado. Por ejemplo, algunos estudiantes expresan que es el agua la que *le da el espacio* para moverse a los iones. La simulación refuerza la relación entre lo que visualmente se percibe como la disminución del espacio y la imposibilidad de movimiento de los iones por falta del mismo. Como esas relaciones semánticas son difíciles de anticipar, las explicaciones de los estudiantes constituyen un insumo interesante para explicitarlas. De esta manera, con insumos como el empleado en esta investigación, el profesor puede enriquecer su conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar (TPACK), elaborando secuencias de mayor pertinencia didáctica.

Referencias bibliográficas

- Charlot, B. (2006): *La relación con el saber. Elementos para una teoría*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Coll, C. (2009): Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. En Carneiro, Roberto, Juan Carlos Toscano y Tamara Díaz (coords.): *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. Madrid: OEI.
- Esquembre, F. (2004): *Creación de simulaciones interactivas en Java: aplicación a la enseñanza de la Física*. Madrid: Pearson.
- Gellon, G., Rosenvaser Feher E., Furman M., Glombek D. (2005): *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Koehler, M., Mishra P. (2005) What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge, en *J. Educational Computing Research* 32, 131-152.
- Lemke, J. (1997): *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Buenos Aires: Paidós.
- Lombardi, O. (2011): Los modelos como mediadores entre teoría y realidad, en *Didáctica de las Ciencias naturales*, Coord. Lydia Galagovsky. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Martín-Díaz, M. J. (2013): Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10(3), 291-306.
- Talanquer, V. (2014): Simulaciones computacionales para explorar y construir modelos, en *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* 76, 8-12.
- Utges, G., Fernández P. y Jardon A. (2003): Simulaciones en la enseñanza de la Física. Nuevas prácticas, nuevos contenidos, en *Memorias Decimotercera Reunión Nacional de Educación en Física*, Río Cuarto.
- Zabala Vidiella, A. (2007): *La práctica educativa. Cómo enseñar*. España: Ed. Grao.