

El aprendizaje de la química en los nuevos "Laboratorios de ciencia para el bachillerato UNAM"

Sheila Sánchez-Lazo Pérez, Leticia Gallegos-Cázares y Fernando Flores-Camacho

RESUMEN

Este trabajo muestra las posibilidades en la mejora del aprendizaje de temas científicos —enlace químico— en el bachillerato con la aplicación de una secuencia didáctica orientada desde una perspectiva educativa basada en la multi representacionalidad, la colaboración y el empleo de las técnicas de la información y la comunicación (TIC) en un entorno como el que presentan los nuevos laboratorios de ciencias del bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Los resultados muestran que los estudiantes participantes, en un porcentaje significativo, integran diversas representaciones y, con ello, explican los modelos del enlace químico, las propiedades, estructura y composición de los materiales desde el nivel nanoscópico, a diferencia de estudiantes que cursan la asignatura de forma tradicional.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, TIC, enseñanza de la química, estrategias didácticas.

Sheila Sánchez-Lazo Pérez

sheisp@gmail.com

Mexicana. Química Farmacéutica Bióloga, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Temas de investigación: enseñanza de la Química.

Leticia Gallegos-Cázares

leticia.gallegos@ccadet.unam.mx

Mexicana. Doctora en Pedagogía. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Temas de investigación: didáctica de las ciencias, cambio conceptual.

Fernando Flores-Camacho

fernando.flores@ccadet.unam.mx

Mexicano. Doctor en Pedagogía. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Temas de investigación: transformación representacional y conceptual, didáctica de la ciencia.

A aprendizagem de química nos novos laboratórios de ciências no ensino médio UNAM

RESUMO

Este trabalho expõe as possibilidades na melhora da aprendizagem de temas científicos —ligação química— no ensino médio, com aplicação de uma sequência didática orientada a partir de uma perspectiva educativa baseada na múltipla representacionalidade, a colaboração e o emprego das técnicas da informação e a comunicação (TIC) num ambiente como o apresentado pelos novos laboratórios de ciências no ensino médio da Universidade Nacional Autónoma do México (UNAM). Os resultados indicam que os estudantes participantes, numa porcentagem significativa, integram diversas representações e, dessa forma, explicam os modelos de ligação química, as propriedades, estrutura e composição dos materiais desde nível nanoscópico, diferente de estudantes que cursam a aula da forma tradicional.

Palavras chave: ensino das ciências, TIC, ensino da química, estratégias didáticas.

Learning of chemistry in the new science laboratories of the UNAM high school

ABSTRACT

This article shows the possibility to improve the learning of scientific subjects —chemical bond—in high school by using a didactic sequence based on multiple representations, collaboration and used information and technology techniques (ICT) in environments such as the new science laboratories of the (UNAM) high school. The results show that the participating students integrate a diversity of representations and thus explain the model of chemical bonds, properties, structure and composition of the materials from the nanoscopic level as opposed to students who learn the subject in a traditional manner.

Key words: teaching of science, ICT, teaching of chemistry, didactic strategies.

Recepción: 04/12/13. **Aprobación:** 12/06/14.



Introducción

El contexto. En el sistema de bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se desarrolló, de 2009 a 2013, el proyecto "Laboratorios de Ciencia para el Bachillerato UNAM" que tiene entre sus objetivos: contar con un espacio para el desarrollo de actividades escolares que responda a los procesos cognitivos y conceptuales que requieren los alumnos; apoyar una enseñanza de la ciencia centrada en el estudiante; apoyar los programas curriculares promoviendo el aprendizaje colaborativo dentro y fuera de las instalaciones escolares; integrar el uso de las TIC como herramientas para el desarrollo de procesos experimentales en las materias de ciencias; favorecer la construcción de mejores representaciones de los fenómenos naturales en los alumnos; desarrollar actitudes y habilidades para la exploración experimental y la comprensión de los conocimientos científicos, y utilizar las TIC como herramientas para lograr los procesos de colaboración, argumentación y análisis de los alumnos (Flores y Gallegos, 2009).

Este proyecto es un esfuerzo de la UNAM para dar respuesta a la creciente y necesaria incorporación de la tecnología en la educación. La incorporación de las TIC en la educación en todos los niveles educativos es un proceso que inició hace varias décadas pero que, en el último decenio, tiene una influencia cada vez mayor en el entorno educativo.

La problemática de las TIC en la enseñanza de las ciencias. La incorporación de las TIC en la educación no está exenta de problemas; entre los más relevantes están las dificultades que tienen los profesores en la incorporación de las tecnologías digitales en el salón de clase, y el que las tecnologías determinen la pauta para los procesos educativos, en lugar de que sean los educadores quienes lo hagan. El problema es, como apunta Díaz-Barriga (2013), que la incorporación de la tecnología hace necesaria una transformación de enfoques, programas curriculares y cambiar las formas de pensar la educación desde el aula. Consideramos que esa transformación también debe incorporar una

concepción de aprendizaje que pueda dar cuenta de situaciones de aprendizaje más complejas, donde las formas de aproximarse al conocimiento se diversifican y las relaciones temporales cambian como puede ocurrir con la incorporación de las TIC.

En el caso de la enseñanza de las ciencias, el reto de una educación con el apoyo de la tecnología digital es mayor pues se requiere también de un cambio de entorno en el cual está incluido el laboratorio de ciencias, que debe dejar atrás la sola manipulación fenomenológica e incorporar las potencialidades de las tecnologías digitales. Así, la problemática no sólo se reduce al acceso a la información y la comunicación, también se requiere considerar los procesos de medición, de análisis de datos en tiempo real y el tratamiento digital de lo observado. Esto implica un diseño de los procesos didácticos mucho más complejo y, como se ha apuntado, un importante cambio en el enfoque educativo. Desde este enfoque, consideramos se deben aprovechar las potencialidades multi representacionales de las tecnologías digitales, así como sus posibilidades de compartir información y de apoyar el trabajo colaborativo para la construcción de argumentos y representaciones compartidas.

Enfoque educativo

Transformación conceptual y representacional como enfoque educativo. Un marco adecuado para incorporar las TIC en la enseñanza de las ciencias se puede fundamentar en el aprendizaje como proceso de transformación conceptual y representacional (Flores y Pozo, 2007) en el que el aprendizaje está basado en la construcción y transformación de representaciones. Para ello se debe conocer el conjunto de elementos que conforman la conceptualización que los estudiantes tienen para interpretar un fenómeno o proceso natural. Así, ante fenómenos del entorno o bien los que se presentan en las actividades en los laboratorios escolares, los alumnos construyen un marco de representaciones complejamente interrelacionados que implica la articulación entre conceptos, imágenes,

símbolos, gráficas, etcétera, con los cuales interpretan lo observado y construyen sus explicaciones. La representación, en este sentido amplio, actúa como un entramado conceptual, gráfico y simbólico que posibilita la interpretación y comprensión de los procesos y conceptos físicos, químicos o biológicos bajo situación de aprendizaje. Este cambio de enfoque descentra a los conceptos, reduce su papel único de objetos de aprendizaje y los lleva al plano de elementos funcionales (elementos del marco representacional) con los que los alumnos puedan comprender e interpretar los fenómenos naturales.

Lograr transformaciones representacionales requiere de procesos educativos donde los estudiantes estén inmersos en un ámbito rico en fenomenología, en estructuras argumentativas y en reflexiones metacognitivas (Flores y Valdez, 2007) en las que el profesor debe participar. Entre mayor sea la precisión y amplitud de las representaciones para dar cuenta de fenomenologías distintas, mejores estructuras, construcciones y aprendizajes podrán elaborar los alumnos dentro de los campos o dominios del conocimiento científico. Es aquí, precisamente, donde los procesos de enseñanza deben integrar, entre otros, el trabajo de laboratorio con el de la construcción de nociones y el apoyo de herramientas tecnológicas como elementos principales para el aprendizaje de las ciencias.

Para proveer a los profesores del bachillerato con un modelo que integre las expectativas educativas expuestas y el uso de toda la infraestructura tecnológica de los nuevos laboratorios del bachillerato universitario, se desarrollaron secuencias didácticas que constituyen un medio adecuado para la incorporación de las tecnologías (Díaz-Barriga, 2013). Dichas secuencias se desarrollaron con base en la estructura didáctica diseñada por Gallegos y Flores (2011) con la finalidad de que los alumnos logren un acercamiento al conocimiento científico a partir de la interacción, la exploración y la explicitación de ideas (Gallegos *et al.*, 2007) apoyándose en el uso de las TIC como una herramienta para el desarrollo de las actividades en el laboratorio escolar.

El presente trabajo muestra resultados de ese proceso de transformación representacional en los alumnos que participaron en la aplicación de una secuencia didáctica sobre el tema de enlace químico desarrollada para los nuevos laboratorios del bachillerato de la UNAM.

El objetivo principal fue lograr un cambio en la comprensión y representación de los estudiantes sobre los modelos de enlace químico y las características de la materia a partir de sus ideas iniciales, proporcionando un proceso didáctico orientado a la transformación representacional. Se seleccionó el tema del enlace químico pues, como reportan diversas investigaciones, es un tema relevante ya que los alumnos tanto de bachillerato como de licenciatura desarrollan una gran cantidad de concepciones alternativas (Hilton y Nichols, 2011; Salas-Banuet y Ramírez-Vieyra, 2010; Taber *et al.*, 2012), que lo hacen un tema difícil para estudiantes y profesores.

A continuación se describen las características de la secuencia didáctica, el proceso de aplicación y la metodología, para después describir los resultados y su análisis.

Características y estructura de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica enlace químico, fue desarrollada por profesores del bachillerato con el apoyo de los académicos responsables del proyecto de los nuevos laboratorios (Alarcón *et al.*, 2011). En la figura 1 se muestra el esquema de los principales conceptos que se abordan a lo largo de cinco secciones que la constituyen y que, de acuerdo con los planes y programas del plan de estudios tanto del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) como de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), los estudiantes deben conocer y comprender. En ella se considera el estudio del enlace químico desde tres niveles explicativos: macroscópico, nanoscópico o submicroscópico y simbólico (Talanquer, 2011). En la secuencia se organizan los diferentes niveles de representación de la estructura

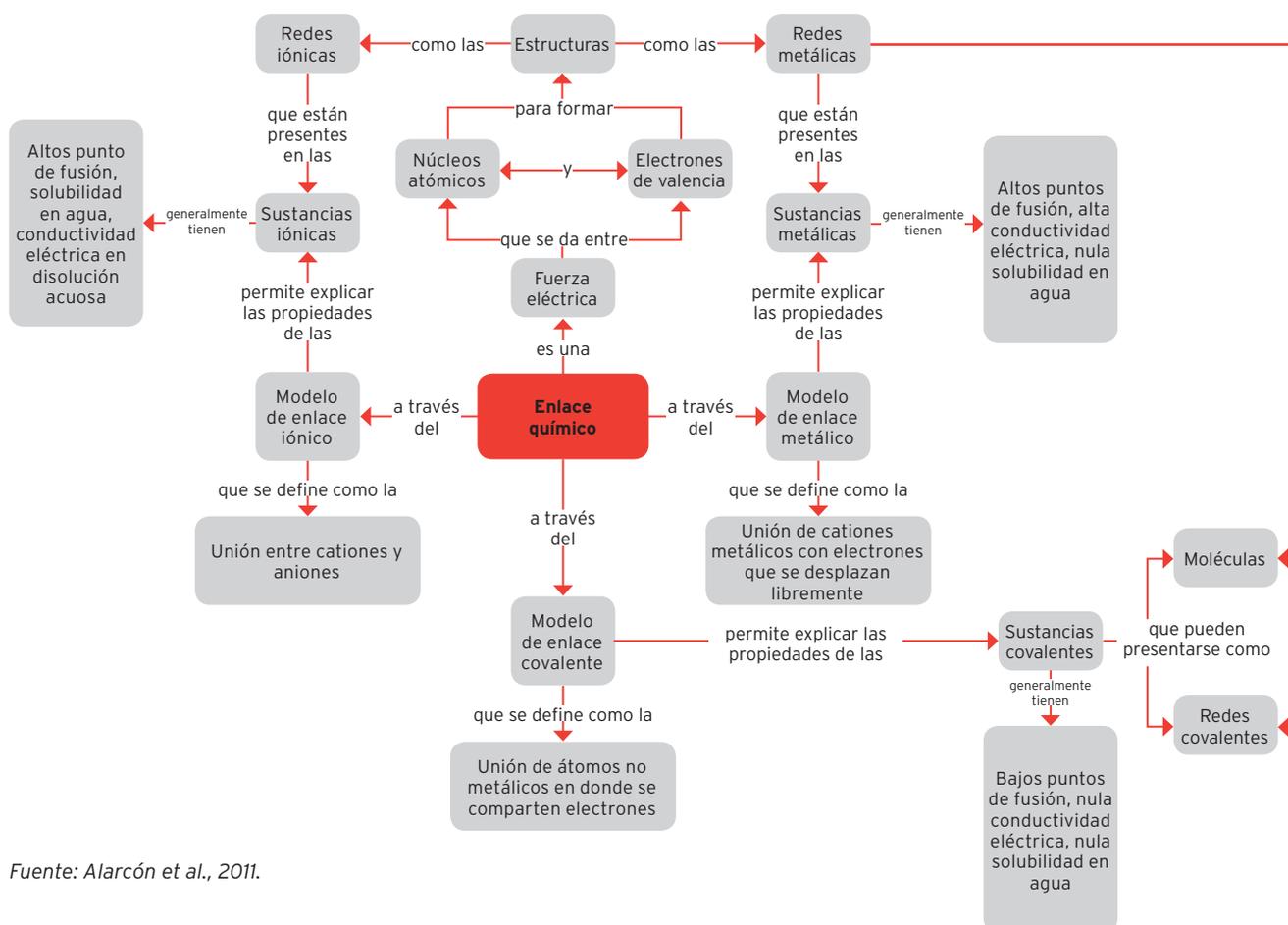


de la materia por medio de un enfoque didáctico multi representacional el cual, como han mostrado Hilton y Nichols (2011), mejora la comprensión en los estudiantes en este tema. El objetivo de la secuencia didáctica es que los estudiantes incorporen diferentes elementos explicativos que les permitan reconstruir sus concepciones previas o intuitivas sobre el enlace químico, las estructuras químicas y su relación con las propiedades de los materiales y aproximarse así, en un proceso de transformación representacional (Ainsworth, 1999; Pozo, 2003; Flores y Valdéz, 2007), a los modelos científicos.

A través del desarrollo de la secuencia, los estudiantes abordan el tema realizando diversas actividades. Por ejemplo, analizar la solubilidad de algunos materiales a partir de lo cual se recuperan los

conocimientos e ideas previas para plantear posibles explicaciones, hipótesis y experimentos con los que, en la actividad posterior, expliciten sus ideas sobre la solubilidad de las sustancias en el agua. También se determinan experimentalmente algunas propiedades de las sustancias, lo que les permite clasificar, interpretar y asociar sus resultados con el tipo de átomos que las forman y la manera en cómo éstos se encuentran unidos. Utilizando diversas representaciones de los modelos de enlace químico, se promueve que los estudiantes relacionen las propiedades de las sustancias con sus estructuras químicas con el fin de que formulen una explicación más estructurada y con mayores elementos conceptuales sobre las relaciones que existen entre los modelos de enlace químico y las propiedades de los materiales (Stull *et al.*, 2012).

Figura 1. Mapa que representa el entramado conceptual que se aborda en la secuencia didáctica



Fuente: Alarcón *et al.*, 2011.

La secuencia didáctica está estructurada en cinco partes: A) Datos generales. Aquí se encuentran datos como el nivel educativo; objetivos generales y específicos; B) Introducción. Contextualiza al profesor en el problema conceptual y experimental; C) Mapa conceptual. Presenta las interrelaciones entre los diversos conceptos que se estudian en la secuencia; D) Requerimientos previos. Se describen los materiales y sustancias que se deben considerar para la realización de las actividades; E) Actividades. Cada una de las cinco actividades que forman a la secuencia se encuentran organizadas en siete fases: 1. Introducción al contexto, 2. Indagación de ideas, 3. Materiales, 4. Desarrollo, 5. Análisis de resultados, 6. Construcción de explicaciones y 7. Conclusiones.

En el diseño de las actividades de la secuencia didáctica (tabla 1) se incorporó de manera relevante a las TIC. Para ello se tomó en cuenta el uso de programas de cómputo de uso común como son: bases de datos, procesadores de texto, etcétera (actividades de la secuencia 1 y 2), videocámara para registro de las actividades experimentales (actividades 2 y 3), simuladores e interactivos (actividades 4 y 5), aplicaciones y mecanismos de comunicación y discusión con el fin de promover y apoyar los procesos didácticos colaborativos con elementos tales como *google docs*. Todo lo anterior con la finalidad de que la atención se centre en el análisis de los datos y en la construcción de representaciones de los fenómenos (Flores y Gallegos, 2009).

Tabla 1. Actividades de la secuencia didáctica

Actividad	Propósitos y acciones
Lo que el mar no se llevó	Aproximar a los estudiantes al tema de estudio partiendo del nivel fenomenológico; indagar sobre sus ideas previas, compartirlas y compararlas en equipo. Se utilizan las TIC con programas de construcción de textos grupales y se emplea documentación de Internet.
¿Cómo lo explican?	Confrontar a los estudiantes con sus concepciones sobre el tema a través de la formulación de hipótesis sobre las propiedades de los materiales. Fomentar en los estudiantes el análisis y discusión de las ideas recuperadas, sus hipótesis y observaciones generadas en la experimentación. Apoyo de las TIC para compartir observaciones (grabaciones y análisis de los experimentos) y reflexiones.
Clasificaciones más allá de lo evidente	Reorganizar y clasificar las concepciones de los estudiantes. Fomentar la argumentación y explicitación de sus ideas sobre el fenómeno observado a partir de la experimentación y la información para generar explicaciones en el nivel nanoscópico. Compartir las ideas de los equipos con el grupo.
No todo lo que brilla es oro, ni todo lo que se disuelve es iónico	Introducir a los alumnos al uso de modelos para explicar los fenómenos a través de simuladores e interactivos que les permiten desarrollar representaciones a nivel nanoscópico, generando así diversos elementos explicativos para relacionar las propiedades de los materiales con sus estructuras químicas.
Clasificaciones hacemos, enlaces químicos no sabemos	Integrar los conceptos construidos por los estudiantes y la generación de explicaciones con argumentos elaborados a partir del análisis y reflexión sobre las actividades anteriores y de los elementos conceptuales sobre los modelos del enlace químico, proporcionados en experimentos y simuladores. Concreción de las ideas y los conceptos reestructurados a lo largo de la secuencia didáctica a través del uso de un programa para la construcción de mapas conceptuales. Presentaciones grupales con el uso de TIC.



Metodología

Muestra

La población la conforman los estudiantes del bachillerato de la UNAM (ENP). La muestra está constituida por 68 estudiantes del turno matutino cuyas edades oscilan de los 13 a los 15 años, inscritos en la asignatura Química III (segundo año escolar). El grupo experimental fue de 35 alumnos y el grupo control de 33 alumnos. El grupo experimental llevó a cabo la secuencia en los nuevos laboratorios mientras que el grupo control llevó a cabo sus actividades en un laboratorio tradicional y sin conocimiento de la secuencia didáctica.

Instrumentos

Se desarrollaron dos cuestionarios. Un cuestionario A (aplicado previo a la intervención) y un cuestionario B (aplicado después de la intervención). Ambos cuestionarios están integrados por preguntas abiertas, en algunas de ellas se les pide a los estudiantes dibujar y representar a las sustancias. El cuestionario A consta de siete preguntas y el B de cinco. El objetivo de ambos instrumentos es conocer las ideas de los estudiantes antes y después de haber estudiado los modelos del enlace iónico, covalente, metálico, así como los conceptos de red iónica, moléculas, nube de electrones, electrones de valencia, iones (cationes y aniones) y red cristalina. Los cuestionarios son equivalentes en la búsqueda de información y difieren en la forma de las preguntas planteadas. Los cuestionarios fueron revisados por dos profesores expertos en la materia y por dos investigadores expertos en enseñanza de la ciencia. En el anexo se presenta una muestra de las preguntas de ambos cuestionarios.

Proceso de intervención

Para llevar a cabo el proceso de intervención, las y los profesores participantes tomaron los cursos sobre los nuevos laboratorios del bachillerato de la UNAM, en los que conocieron de la propuesta educativa y aprendieron el manejo de todos los recursos tanto

experimentales como de tecnologías digitales con los que están equipados. Posteriormente las y los profesores fueron comisionados para desarrollar un conjunto de secuencias didácticas en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), apoyados por los responsables académicos del proyecto de laboratorios. Para el presente trabajo se seleccionó una de las secuencias desarrolladas. Uno de los profesores(as) participantes en el desarrollo de las secuencias aplicó en su grupo la secuencia enlace químico. La aplicación duró cinco semanas; dos horas de clases de laboratorio regulares por semana. Para el grupo control, se contó con la participación de otro profesor que no había participado en el desarrollo de las secuencias, y que si bien conocía parcialmente el funcionamiento de los nuevos laboratorios, no tenía uno asignado e impartía su curso de manera tradicional.

Proceso de aplicación y análisis

En ambos grupos se aplicaron los dos instrumentos. El cuestionario A se aplicó una sesión antes de iniciar el tema y el cuestionario B un mes después de terminar las actividades de la secuencia y, en el caso del grupo control, también un mes después de haber concluido la revisión del tema. En ambos casos, las y los profesores responsables de impartir la asignatura de química en los grupos monitoreados aplicaron los cuestionarios, otorgándoles a los alumnos una hora para resolverlo.

Cabe mencionar que los instrumentos de evaluación difieren en la forma de hacer las preguntas con el fin de evitar que un mismo tipo de cuestionamiento afecte los resultados. Para subsanar las diferencias en las preguntas se estableció un criterio de equivalencia. Para el análisis de los resultados las preguntas se agruparon en tres ejes temáticos: 1) enlace químico y sus modelos; 2) relación entre el tipo de enlace y la estructura química y 3) correlación entre tipo de enlace, estructura química y propiedades de los materiales. En la presentación de los resultados se analizarán estos tres ejes temáticos a partir de las diversas

categorías formuladas en cada caso. En la tabla 2 se muestra el logro conceptual esperado para cada uno de los ejes.

Para la obtención de los resultados a partir de las respuestas de los alumnos se asignó un valor por su nivel de complejidad de acuerdo con cinco niveles: 1 no responde, 2 menciona conceptos que no corresponden al problema, 3 menciona conceptos adecuados pero no se explica, 4 explica de manera parcialmente adecuada y 5 explica de manera conceptualmente adecuada (logro conceptual esperado, ver tabla 2). Los niveles constituyen una escala de Likert y fue aplicada a cada una de las preguntas de los cuestionarios.

Resultados

Las expresiones de los alumnos en los cuestionarios A y B se organizaron para cada eje temático, de acuerdo con los cinco niveles de complejidad como que se presenta a continuación.

Eje temático 1: enlace químico y sus modelos

Niveles de complejidad.

1. *No responde.* Los alumnos dejan en blanco el espacio.
2. *Menciona conceptos que no corresponden al problema.* Responden utilizando conceptos que se refieren

Tabla 2. Logro conceptual esperado por eje temático

Actividad	Propósitos y acciones
Enlace químico y sus modelos	Empleo sistemático de los conceptos: fuerza de atracción, fuerzas electrostáticas, átomos, electrones de valencia. Modelos de enlace: se espera que en cuanto al enlace iónico usen conceptos como unión entre átomos de elementos metálicos y no metálicos, fuerzas electrostáticas, iones (cationes y aniones), ceder electrones y electrones de valencia: para el enlace metálico, que incorporen explicaciones usando conceptos de fuerza, unión entre átomos de elementos metálicos, fuerzas electrostáticas o eléctricas, electrones de valencia y nube o mar de electrones; en el caso del enlace covalente, que incorporen explicaciones usando conceptos como unión entre átomos de elementos no metálicos, compartición de electrones o de pares de electrones, electrones de valencia y completéz de la última capa.
Tipos de enlace, átomos y estructura química	Relacionar tipos de enlace con estructuras específicas como redes y moléculas. Elaborar formas de representación gráfica. Se espera que en enlaces iónicos estén presentes las uniones entre los átomos y las explicaciones contengan conceptos como fuerzas electrostáticas e iones; en enlaces covalentes que describan la unión de átomos de elementos no metálicos formando moléculas o en su caso redes covalentes. También el uso de conceptos como compartición de electrones o pares de electrones. En cuanto al enlace metálico que describan los átomos de elementos metálicos y como están unidos y rodeados de una capa de electrones de valencia y que describan las redes metálicas como nube o mar de electrones.
Correlación entre el tipo de enlace, estructura química y propiedades de los materiales	Se espera que elaboren explicaciones de propiedades de las sustancias como solubilidad, punto de fusión, conducción eléctrica, etcétera, como consecuencia del tipo de unión entre los átomos de las sustancias y su estructura química.



a los modelos del enlace químico pero sin relación con lo que se pregunta, es decir sin correspondencia ni coherencia; por ejemplo, para la pregunta ¿Cuáles enlaces químicos conoces y cómo los describirías?, responden “CH₄ es el enlace del carbono con el oxígeno”.

3. *Utiliza conceptos adecuados pero sin explicación.* En las respuestas mencionan los tipos de enlace, usan términos y explicaciones de forma indiferenciada o confusa. Por ejemplo, “Los enlaces covalentes: está relacionado y tiene que ver con el número de valencia de algún elemento que comparte covalentemente a otro elemento”.
4. *Explica de manera parcialmente adecuada.* Identifican los tipos de enlaces con el nombre del modelo pero sin dar explicación. Por ejemplo, “Enlace iónico, enlace covalente, enlace metálico”.
5. *Explica de manera adecuada (logro conceptual esperado).* Reconocen los modelos de enlace químico. En sus explicaciones incluyen algunos de los siguientes términos: iónico (agregado de iones, cargas, ceden electrones), covalente (comparten electrones), metálico (conjunto de átomos metálicos, nube o mar de electrones). Por ejemplo, para la pregunta “Explica cómo te imaginas que están unidas las partículas que forman la sal, el

azúcar y los metales”, responden: “Sal: tiene un enlace iónico, es decir de metal (Na) y no metal (Cl). Azúcar: presenta un enlace covalente el cual está formado por elementos no metálicos. Metales: nube electrónica, enlace metálico”.

En la tabla 3 se muestran los porcentajes de respuesta de los alumnos después de asignar el valor del nivel correspondiente. En el grupo experimental (GE) hay un incremento en el porcentaje de estudiantes que logran explicar el tipo de enlace que une a los átomos de las sustancias y relacionarlo con un ejemplo específico. Se observa que en un inicio (cuestionario A) son pocos los alumnos (14.3%) que logran explicar los tipos de enlace químico correlacionando los modelos de enlace con la sustancia que se les indica, quedando la mayoría de las respuestas en un listado. En el cuestionario B, se observa que 25.7% de los estudiantes logran identificar los tipos de enlace y explicarlos utilizando los modelos correspondientes sin importar el contexto. En el grupo control (GC) se observa una disminución considerable de la población de estudiantes que logra describir el tipo de enlace a través de un ejemplo, de 55.6% en el cuestionario A a 9.4% en el cuestionario B. Los estudiantes del GC identifican algún tipo de enlace

Tabla 3. Porcentaje de respuestas de pretest y postest en GE y GC para el Eje 1

Nivel	Cuestionario A		Cuestionario B	
	GE	GC	GE	GC
1	5.7	0	40	62.5
2	5.7	0	17.15	21.9
3	28.6	22.2	17.15	3.1
4	45.7	22.2	0	3.1
5*	14.3	55.6	25.7	9.4

Nota: GE= Grupo experimental A; GC = Grupo control.

*Logro conceptual esperado.

cuando se trata de enunciar "la definición", un ejemplo de ello, "Iónicos: ceder o ganar electrones. Covalente: completan los niveles de energía", sin embargo, no llegan a explicar el tipo de enlace que posee una sustancia cuando se les da un ejemplo específico, esto se nota al incrementar el porcentaje de estudiantes que contestan en el cuestionario B, con explicaciones que no tienen relación con lo que se les pregunta.

Los valores promedio obtenidos de acuerdo con la escala de Likert (1 a 5) del eje 1 para los distintos grupos de alumnos son: cuestionario A: GE ($m = 3.4$, $DS = 1.0$) y GC ($m = 4.33$, $DS = 0.84$). Cuestionario B: GE ($m = 2.54$, $DS = 1.6$) y GC ($m = 1.75$, $DS = 1.2$). Estos valores muestran un descenso en el tipo de respuesta dentro de este eje, tanto del grupo experimental como del grupo control, sin embargo, este descenso es significativo para el grupo control ($t = 8.44$, $p = .000$),¹ mientras que para el grupo experimental no lo es ($t = 2.95$, $p = .007$), por lo que el grupo experimental tiene mejor desempeño. Cabe hacer notar que el valor promedio puede alcanzar un valor máximo de 5 y un mínimo de 1 de acuerdo con el nivel asignado en la escala tipo Likert.

Eje temático 2: relación entre el tipo de enlace y la estructura química

El análisis de este eje temático está integrado por las respuestas que los estudiantes dieron a cuatro preguntas de ambos cuestionarios. Para este eje se presentan por separado las ideas de los alumnos sobre sustancias metálicas, covalentes e iónicas debido a que son diferentes modelos a partir de los cuales se explican las estructuras que se forman.

Niveles de complejidad.

1. *No responde.*
2. *Menciona conceptos que no corresponden al problema.*

En este nivel se tomaron en cuenta aquellas

respuestas en las que tanto en los dibujos como en las explicaciones los alumnos utilizan conceptos correspondientes al nivel nanoscópico, pero no los relacionan con el modelo de enlace químico correspondiente o bien que se quedan en el nivel macroscópico. Por ejemplo, ante la pregunta "Describe las principales características e identifica las semejanzas y diferencias de los siguientes materiales", responden: "Características del LiF: material más duro cristalino. Semejanzas: material duro". La figura 2 es un ejemplo de las respuestas de los estudiantes a la pregunta "De las siguientes sustancias (sal, azúcar y metales) elabora un dibujo y explica como te imaginas que están unidas las partículas que las forman".

3. *Utiliza conceptos adecuados pero sin explicación.* Los estudiantes identifican y explican de manera congruente la estructura y composición de las sustancias que le corresponde a cada una de ellas pero no identifican el tipo de enlace ni lo representan de ninguna forma (ver figura 3). Por ejemplo, ante la pregunta "Describe las principales características, semejanzas y diferencias de los siguientes materiales (SiO_2 , C, LiF, Au)", responden: "Características: alto punto de fusión, estructura de red metálica, conduce la electricidad; Semejanzas: altos puntos de fusión; Diferencias: estructura cristalina".
4. *Explica de manera parcialmente adecuada.* Los estudiantes identifican y representan a nivel nanoscópico de manera congruente el tipo de enlace, la estructura y composición de las sustancias que le corresponde a cada una de ellas, pero no dan explicaciones (ver figura 4). Por ejemplo, ante la pregunta "Describe las principales características, semejanzas y diferencias de los siguientes materiales (SiO_2 , C, LiF, Au)", responden: "Características: unión metálica, es

¹ Prueba *T student*, para muestras relacionadas, nivel de confiabilidad 95%.



duro, brilla; Semejanzas: diamantes son duros, brillan; Diferencias: tiene enlace metálico, no soluble en agua”.

- 5. Explica de manera adecuada (logro conceptual esperado). Los estudiantes identifican, dibujan y explican de manera congruente el tipo de enlace, la estructura y composición de las sustancias. Se tomó en cuenta la representación de las

partículas en el nivel nanoscópico. Por ejemplo, “Características: enlace iónico soluble en agua, punto de fusión alto; Semejanzas: su punto de fusión es alto al igual que el oro, cristalino igual que el diamante; Diferencias: es el único soluble en agua, composición M+NM”. La figura 5 es un ejemplo de las respuestas concentradas en esta categoría.

Figura 2. La explicación y dibujo de las uniones entre los átomos no corresponden con el tipo de enlace (respuesta dada en el cuestionario B, GC)

Table with 3 columns: Sal, Azúcar, Metales. Each column contains a drawing and an explanation. The drawings show particles for salt, sugar, and metals. The explanations describe the particles as 'muy pequeñas y unidas', 'pequeñas y medio unidas', and 'más grandes y unidas' respectively.

Figura 3. Ejemplo de explicación que corresponde al tipo de enlace pero el dibujo no representa la estructura (respuesta dada en el cuestionario A, GE)

Table with 2 columns: Un anillo de oro (Au) and Explicación. The drawing shows a gold ring with a magnifying glass over a cluster of atoms. The explanation states: 'los átomos de oro están enlazados entre sí covalentemente y los enlaces estructurales'.

Figura 4. Ejemplos de dibujos que corresponden al tipo de enlace pero no la explicación (respuesta dada en el cuestionario B, GE)

Table with 3 columns: Sal, Azúcar, Metales. Each column contains a drawing and an explanation. The drawings show a crystal lattice for salt, a molecular structure for sugar, and a metallic lattice for metals. The explanations describe the structures as 'una red covalente', 'ordenada y tetraédrica', and 'una red metálica'.

Figura 5. Dibujos y explicaciones sobre las uniones entre los átomos que forman la sal, el azúcar y los metales (respuesta dada en el cuestionario B, GE)

Table with 3 columns: Sal, Azúcar, Metales. Each column contains a drawing and an explanation. The drawings show an ionic lattice for salt, a covalent molecule for sugar, and a metallic lattice for metals. The explanations describe the bonds as 'enlace iónico', 'enlace covalente', and 'enlace metálico'.

A continuación se describen los resultados por tipo de enlace.

a) *Sustancias metálicas*: en tabla 4, se aprecia que en el cuestionario A la mitad de los estudiantes de GE no contestan. En el caso de GC, el 74.9% de ellos menciona ejemplos de sustancias que forman redes metálicas pero no existe correspondencia entre el tipo de enlace y sus explicaciones. En ambos grupos, la mayoría de las explicaciones se refieren al nivel macroscópico, asimismo, se observa que dibujan a las sustancias desde el nivel nanoscópico pero representando el estado de agregación en el que se encuentran y no a partir de su estructura química. Después de atender a la secuencia didáctica, en el GE se observa un incremento de 2.9 a 38.6% (cuestionario B) en el porcentaje de estudiantes que son capaces de identificar el tipo de estructura, modifican sus representaciones al dibujar y explicar de manera clara y congruente a partir de la composición, estructura o modelo del enlace metálico (figura 5, sección metales). En general, existe un incremento significativo en el número de estudiantes del GE que identifican la estructura (figura 4, sección metales) o que explican el tipo de enlace de las sustancias metálicas (figura 5), comparado con GC, donde se observa un cambio poco significativo ya que no logran explicar de manera clara los conceptos, no hacen referencia a la composición, estructura o al modelo del enlace metálico. Sus explicaciones se quedan en el nivel macroscópico (figura 2). El 28% de los alumnos del GC logra identificar el tipo de estructura pero no hay correspondencia con las explicaciones y el 65.6% de los estudiantes plantean ideas o explicaciones que no se relacionan con lo que se les está preguntando.

b) *Sustancias covalentes*: para las sustancias con enlaces covalentes (ver tabla 4) se puede observar para el cuestionario A que los estudiantes de ambos grupos no representan adecuadamente las moléculas formadas por dos átomos de oxígeno, las explicaciones se centran en el estado de agregación. De

igual manera, la mayoría de los estudiantes del GE y del GC se encuentran en el nivel 2 y no responden qué tipo de sustancias están formadas por moléculas. En el caso del GC el 22.3% menciona ejemplos de sustancias que forman moléculas pero no indican el tipo de enlace. Se observa que el avance en el GE es mayor que en el GC. El 31.5% de la población del GE, identifica, clasifica, explica y representa a partir de ejemplos específicos (azúcar) que está formado por moléculas cuyos enlaces son de tipo covalente (figura 5) y pueden mencionar ejemplos a partir de la estructura química de las sustancias. Los estudiantes del GC que logran hacerlo son sólo el 7.8%. La mayoría de ellos siguen representando a las sustancias covalentes en el nivel macroscópico (figura 2).

c) *Sustancias iónicas*: los datos obtenidos para las sustancias iónicas como el fluoruro de potasio y el cloruro de sodio (sal) también se reportan en la tabla 4. En ellos podemos observar que, antes de desarrollar el tema, la mayoría de los estudiantes de ambos grupos, no identifican, representan ni explican el enlace iónico (redes iónicas), lo hacen con conceptos mezclados o centrados en el estado de agregación. En el GE la mayoría de los estudiantes (61.4%) no contesta y en el GC la mayoría de las respuestas se concentran en el nivel 2 (66.6%). Después de la intervención se observa un cambio en las representaciones del GE: el 27.2% de estudiantes identifica que dichas sustancias están formadas por redes iónicas y explican utilizando el modelo del enlace iónico (figura 5). El 30.1% de ellos logra identificar la estructura o el enlace que se forma y lo explica a través de este modelo, a diferencia del GC, donde el porcentaje de estudiantes que modifican sus respuestas es muy bajo (3.1%). Se observa también que los alumnos del GC siguen representando a los objetos (salero o granos de sal, ver figura 2) y no a la estructura o enlaces que forman a las sustancias, no hay una representación a nivel nanoscópico.



Tabla 4. Porcentaje de respuesta de estudiantes de GE y GC sobre la unión de sustancias metálicas, covalentes y iónicas

Nivel	Sustancias metálicas				Sustancias covalentes				Sustancias iónicas			
	CA		CB		CA		CB		CA		CB	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC
1	51.4	2.8	1.4	4.7	27.2	0	5.7	4.7	61.4	2.7	2.8	4.7
2	31.4	74.9	25.7	65.6	47.2	52.7	34.3	62.5	30	66.6	35.6	65.6
3	1.4	0	5.7	1.5	7.1	22.3	17.1	12.5	1.4	8.4	4.3	1.6
4	12.9	19.5	28.6	28.2	5.7	19.4	11.4	12.5	2.9	22.3	30.1	25
5*	2.9	2.8	38.6	0	12.8	5.6	31.5	7.8	4.3	0	27.2	3.1

Nota: CA= cuestionario A; CB = cuestionario B; GC = grupo control; GE = grupo experimental

*Logro conceptual esperado.

Los valores promedio de la escala de Likert en el eje 2 para los distintos grupos de alumnos son: Cuestionario A; GE ($m = 2.26$, $SD = 0.44$) y GC ($m = 2.67$, $DS = 0.48$). Cuestionario B; GE ($m = 3.57$, $DS = 1.0$) y GC ($m = 2.75$, $DS = 0.76$). Estos valores muestran un aumento tanto de GE como de GC, sin embargo, no es significativo para el grupo control ($t = -0.524$, $p = .607$), mientras que el cambio sí lo es para el grupo experimental ($t = -8.639$, $p = .000$), de acuerdo con los porcentajes descritos.

Eje temático 3: correlación entre tipo de enlace, estructura química y propiedades de los materiales

Se construyeron tres categorías para cada una de las sustancias, en las que se pidió identificar el tipo de enlace químico que une a sus átomos y cómo se describen sus propiedades y estructura química.

Niveles de complejidad.

1. No responde.
2. Menciona conceptos que no corresponden al problema.

Los estudiantes mezclan y confunden conceptos de los diferentes modelos de enlace, estructura,

propiedades y composición de la materia. Por ejemplo, ante la pregunta ¿Cuáles de estas sustancias son solubles en agua A) Pb, B)KBr, C) S8?, responden: “Sustancia B, porque presenta una estructura cristalina haciendo más difícil su disolución, su estructura metal + no metal le impide una interacción con el agua”.

3. Menciona conceptos adecuados pero no se explica. Los estudiantes identifican el tipo de enlace que corresponde a la sustancia pero las explicaciones se limitan a las propiedades nanoscópicas de los materiales. Ejemplo, a la demanda “Describe algunas características físicas y químicas que conozcas de la sal, el azúcar y los metales”, responden: “Sal: disolución acuosa, conduce electricidad, compuesta por Cl y Na, edo. (estado) sólido, enlaces iónicos”; “Azúcar: edo. sólido, compuesto por glucosa y fructosa, punto de fusión alto”.
4. Explica de manera parcialmente adecuada. Para este nivel solo identifican pero no dan explicaciones por lo que sus respuestas se tomaron en cuenta de acuerdo con el nivel “no responde”.
5. Explica de manera adecuada (logro conceptual esperado). Las explicaciones reflejan manejo de

los conceptos a nivel nanoscópico, utilizan los distintos modelos de enlace, presentan consistencia en el manejo de conceptos como átomos (composición), moléculas, redes metálicas, redes iónicas (estructura), y su relación con las propiedades (nivel macroscópico) de los materiales. Por ejemplo, cuando se pregunta ¿Cuáles de estas sustancias son solubles en agua A) Pb, B) KBr, C) S₈?, responden: “El Plomo elemental, por su estructura, ya que por su unión metálica, la nube de electrones forman fuerzas electrostáticas, éstas no permiten la separación. Además el S₈ como tiene sus uniones a través de los electrones de valencia, el agua no puede actuar en él”.

En la tabla 5 se observa que antes de estudiar el tema 77.2% del GE no responden y 15% de ellos identifican incorrectamente el tipo de enlace y su relación con la estructura y las propiedades de los materiales. En el caso del GC, 56.9% identifica inadecuadamente el tipo de enlace, 20.9% no responden. Después de haberse aplicado la secuencia, 23.6% del GE logra explicar la relación entre el tipo de enlace que une a los átomos de las sustancias con sus propiedades y estructura química (nivel nanoscópico). Por su parte,

sólo 4.7% de alumnos del GC, logra hacerlo. En ambos grupos la mayoría de los estudiantes, 46.4% del GE y 43.7% del GC, se limitan a relacionar el tipo de enlace con las propiedades a nivel macroscópico, tales como: “Sal: disolvente en agua, brillante, conduce electricidad en disolución acuosa, cristalina; Azúcar: disolvente en agua, cristalina; Metales: conductores de energía, no solubles en agua, partículas muy unidas, color grisáceo”.

Los valores promedio de la escala de Likert en el eje 3 son: Cuestionario A: GE ($m = 1.69$, $DS = 0.82$) y GC ($m = 2.89$, $DS = 0.53$). Cuestionario B: GE ($m = 4$, $DS = 0.64$) y GC ($m = 3.53$, $DS = 0.67$). A diferencia de los casos anteriores, el grupo control también muestra una diferencia significativa ($t = -3.708$, $p = .002$) pero el grupo experimental tiene un mejor valor estadístico ($t = -17.2$, $p = .000$).

Con objeto de determinar cuáles son los ejes temáticos que tuvieron los cambios más significativos como resultado del proceso de aplicación de la secuencia didáctica, se llevó a cabo un análisis de componentes principales que permite determinar por medio de los factores de cada componente, aquellos que describen, para cada eje temático, cuáles de ellos son más relevantes de los datos obtenidos. En la tabla 6 se muestra la matriz de componentes

Tabla 5. Porcentaje de respuesta de estudiantes de GE y GC de sustancias iónicas

Nivel	Cuestionario A		Cuestionario B	
	GE	GC	GE	GC
1	77.2	20.9	11.4	8.6
2	15.0	56.9	18.6	43.0
3	5.7	19.4	46.4	43.7
4	0.0	0.0	0.0	0.0
5*	2.1	2.8	23.6	4.7

Nota: GE= Grupo experimental A; GC = Grupo control.

*Logro conceptual esperado.



rotados para el cuestionario A y el cuestionario B de cada uno de los ejes temáticos en los grupos experimental y control. En la matriz se observa que en el componente principal 1 (GEEje1Pos, GEEje2Pos, GEEje3Pos) el mayor peso se encuentra en los ejes 2 y 3 del grupo experimental, lo que indica que los principales factores de cambio en las concepciones de los alumnos del pretest al postest se encuentran en la comprensión de los modelos de enlace y la relación de éstos con las propiedades de los materiales. El segundo componente principal nos indica que los resultados de mayor peso son entre el grupo experimental y el control para el pretest en el eje temático 3, lo que concuerda con lo descrito previamente. El componente principal 3 da cuenta de que el eje 1,

tanto en postest como en pretest, presenta menor cambio en las ideas de los alumnos. El componente 4 indica, por su parte, que en el grupo control el mayor peso se encuentra también en los ejes 2 y 3, e indicada, de manera correspondiente, los ejes donde los alumnos de ese grupo tienen mayor dificultad.

La figura 6 muestra el gráfico de componentes en espacio rotado de los primeros dos componentes principales en el que se puede observar la relación entre variables y componentes de modo que las variables GEEje1Pos, GEEje2Pos, GEEje3Pos tienen el mayor valor en el componente 1 y componente 2, mostrando que estas variables constituyen un referente significativo para la interpretación del cambio principal en las ideas de los estudiantes.

Tabla 6. Matriz de componentes rotados para cuestionario A (pre) y cuestionario B (pos) por ejes entre GC y GE

Matriz de componentes rotados^a				
	1	2	3	4
GEEje1Pos	,904	-,116	,128	,053
GCEje2Pre	,773	-,364	,320	-,073
GEEje2Pos	,750	,466	-,008	,323
GEEje3Pos	,581	,532	-,240	-,005
GEEje3Pre	-,019	,823	,237	-,095
GCEje3Pre	,062	-,643	-,079	,016
GCEje1Pre	,121	-,233	,716	,294
GCEje1Pos	-,179	-,316	-,703	,282
GEEje2Pre	,019	,372	,598	,026
GEEje1Pre	,046	-,205	-,447	-,716
GCEje2Pos	,277	-,311	-,362	,654
GCEje3Pos	-,027	,040	-,005	-,634

Nota: Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.^a La rotación ha convergido en 10 interacciones. Se subrayan las correlaciones de mayor valor.

Figura 6. Gráfica de componentes en espacio rotado para los tres ejes de los grupos GE y GC

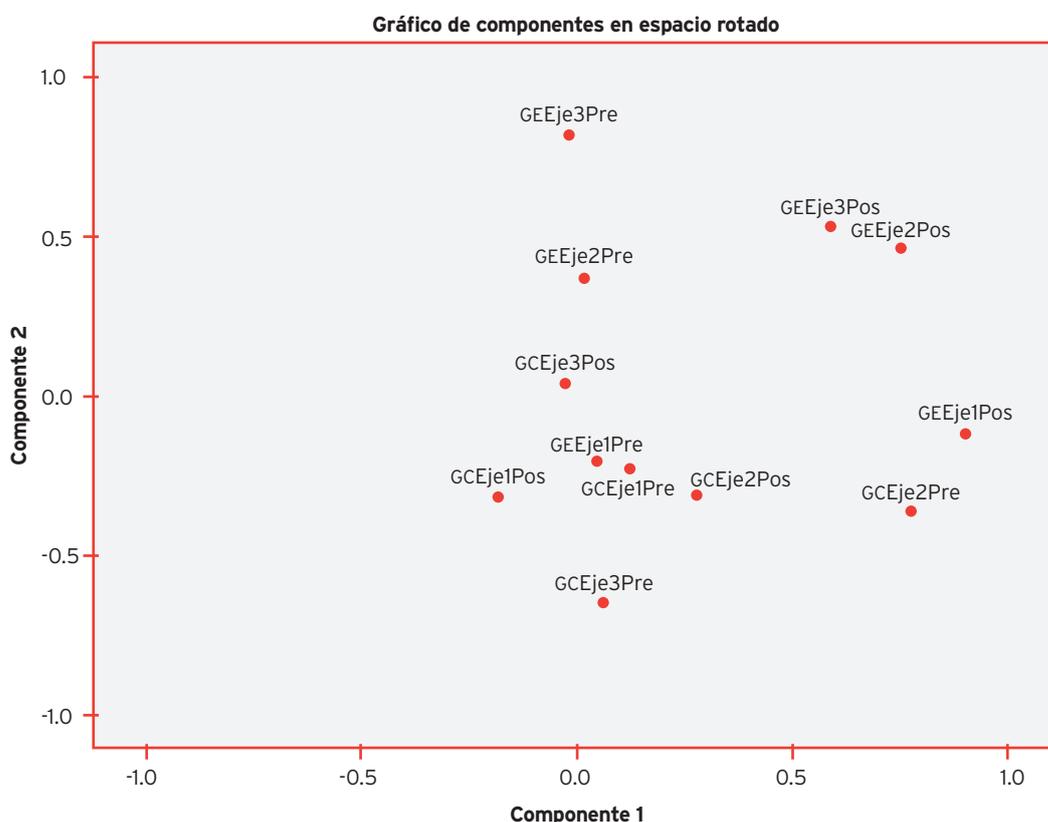


Tabla 7. Síntesis de las respuestas de los alumnos del GE después de la intervención

Tabla	Observaciones
Enlace químico y sus modelos	Las explicaciones de los estudiantes del GE son más elaboradas que las de los alumnos del GC. En ellas exponen ideas y conceptos como electrones de valencia, electrones compartidos, cargas (electrostáticas), nube o mar de electrones. Relacionan e identifican mejor los tipos de elementos que tienen las sustancias.
Relación entre el tipo de enlace y la estructura química	Los alumnos del GE explican los modelos de enlace y las estructuras que se forman utilizando representaciones que se aproximan a las de la ciencia escolar, sus explicaciones son más elaboradas y utilizan términos como red iónica, covalente y metálica.
Correlación entre tipo de enlace, estructura química y propiedades de los materiales	En mayor número los estudiantes del GE explican las propiedades de las sustancias a partir de su estructura química y de los modelos del enlace.



Estos resultados son complementarios con los obtenidos con los valores promedios y sus diferencias significativas encontradas, mostrando que los principales avances en los estudiantes del GE se encuentran en la comprensión y representación de los modelos de enlace químico.

Conclusiones

Como se puede apreciar, los resultados del grupo experimental son más alentadores que los obtenidos en el grupo control. Inferimos que son atribuibles a que la estructura de la secuencia didáctica tomó en cuenta para su construcción que el aprendizaje de los conocimientos científicos requiere de la transformación de representaciones previas y de un apoyo de representaciones externas (multi representacional) estructuradas. Esta estructuración se llevó a cabo a partir de tres niveles de representación conceptual: macroscópico, nanoscópico y simbólico.

Este desarrollo didáctico, de acuerdo con el enfoque educativo que le da sustento, permitió una adecuada incorporación de los recursos digitales, en particular los que presentan formas de representación gráfica en tiempo real en actividades experimentales, el uso de simuladores y diversas formas digitales de registro de datos y de las actividades mismas (videos), así como, el empleo de procesos de comunicación en paralelo con el desarrollo de las actividades.

El avance en la claridad conceptual de los estudiantes muestra la potencialidad del uso de las tecnologías digitales cuando son orientadas por una propuesta educativa que tiene sustento en los

procesos de transformación conceptual. En especial, aprovechar las posibilidades que ofrecen para desarrollar representaciones múltiples, procesos de colaboración y argumentación en el tiempo en el que se llevan a cabo las actividades. Desde luego que este estudio es una primera aproximación y muestra la necesidad de llevar a cabo otras acciones, que van desde una mejor preparación de los profesores en el uso y posibilidades de las tecnologías digitales, hasta una mejor comprensión de los procesos de aprendizaje involucrados, con la finalidad de desarrollar mejores secuencias didácticas que orienten los procesos de transformación conceptual y representacional. También es importante hacer notar que se requiere de investigaciones que precisen cuáles de los aspectos educativos que orientan una propuesta como la que se ha descrito, tienen mayor impacto en el aprendizaje. Consideramos, sin embargo, que los logros alcanzados en el presente trabajo y que ocurrieron en un espacio escolar que ofrece nuevas posibilidades para el aprendizaje en entornos enriquecidos, son una muestra de lo que se puede lograr con una estrecha relación entre procesos educativos y las TIC en el aula.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades: Natalia Alarcón Vázquez, Alfredo C. Herrera Hernández, Margarita O. Castelán Sánchez y Rosa María Martínez H., quienes apoyaron en la realización de este trabajo. ■

Referencias

- Ainsworth, Shaaron (1999), "The functions of multiple representations", en *Computers & Education*, vol. 33, Elsevier, pp. 131-152.
- Alarcón, Natalia, Margarita Castelán, Alfredo Herrera, Sheila Sánchez Lazo y Leticia Gallegos (2011), "Secuencia Enlace Químico", en L. Gallegos y F. Flores (eds.), *Secuencias didácticas de química para los laboratorios de ciencias del bachillerato*, México, UNAM, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, pp. 25-77.
- Díaz-Barriga, Ángel (2013), "TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica", en *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, vol. IV, núm. 10, México, UNAM-Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación/ Universia, pp. 3-21.
- Flores, Fernando y Leticia Gallegos (2009), *Una propuesta didáctica para el trabajo en el laboratorio de los bachilleratos universitarios (Laboratorios de Ciencias para el bachillerato, UNAM)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, <http://www.laboratoriosdeciencias.unam.mx/sites/default/files/fundamentos%20LaboratorioF.pdf> [Consulta: sep.2013].
- Flores, Fernando y Juan Ignacio Pozo (2007), "Introducción: el cambio conceptual y representacional desde la epistemología, la psicología y la educación", en J. I. Pozo y F. Flores (eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, Madrid, Antonio Machado Libros, pp. 7-18.
- Flores, Fernando y Ricardo Valdez (2007), "Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales", en J. I. Pozo y F. Flores (eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, Madrid, Antonio Machado Libros, pp. 21-35.
- Gallegos, Leticia y Fernando Flores (2011), "Introducción", en L. Gallegos y F. Flores (eds.), *Secuencias didácticas de química para los laboratorios de ciencias del bachillerato*, México, UNAM-Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, pp. 11-24.
- Gallegos, Leticia, Alejandra García y Elena Calderón (2007), "Estrategias de enseñanza y cambio conceptual", en J. I. Pozo y F. Flores (eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, Madrid, Antonio Machado Libros, pp. 239-252.
- Hilton, Annette y Kim Nichols (2011), "Representational classroom practices contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding", en *International Journal of Science Education*, vol. 33, núm. 16, Londres, Routledge Taylor & Francis group, pp. 2 215-2 246.
- Pozo, Juan Ignacio (2003), *Adquisición de conocimiento*, Madrid, Morata.
- Salas-Banuet, Guillermo y José Ramírez-Vieyra (2010), "Iónico, covalente y metálico", en *Revista Educación Química*, vol. 21, núm. 2, México, UNAM-Facultad de Química, pp. 118-125.
- Stull, Andrew, Mary Hegarty, Bonnie Dixon y Mike Stieff (2012), "Representational translation with concrete models in organic chemistry", en *Revista Cognition and Instruction*, vol. 30, núm. 4, Londres, Routledge Taylor & Francis group, pp. 404-434.
- Taber, Keith, Georgios Tsaparlis y Canan Nakiboglu (2012), "Student conceptions of ionic bonding: Patterns of thinking across three European contexts", en *International Journal of Science Education*, vol. 34, núm. 18, Londres, Routledge Taylor & Francis group, pp. 2 843-2 873.
- Talanquer, Vicente (2011), "Macro, Submicro, and Symbolic: the many faces of the chemistry triplet", en *International Journal of Science Education*, vol. 33, núm. 2, Londres, Routledge Taylor & Francis group, pp. 179-195.



Anexo

Preguntas de los instrumentos de evaluación (cuestionarios A y B) que se aplicaron en ambos grupos.

Cuestionario A

3. Dibuja en cada recuadro cómo consideras que están enlazados los átomos que forman a las sustancias y explica lo que representan tus dibujos.

Un anillo de oro (Au)

Un globo lleno de oxígeno (O₂)

Un cristal de fluoruro de potasio (KF)

Explicación: _____

Explicación: _____

Explicación: _____

4. A continuación se describen las propiedades físicas de tres compuestos A, B y C. Determina, en función de esas propiedades, el enlace químico que tiene cada compuesto. Justifica ampliamente tu respuesta.

Propiedad física	Compuesto A	Compuesto B	Compuesto C
Aspecto	Sólido cristalino	Sólido plateado	Sólido amarillo
Punto de fusión (°C)	713.85	960	380
Solubilidad en agua	Muy soluble en agua	Insoluble en agua	Insoluble en agua
Conductividad eléctrica	No conduce la electricidad en estado sólido, pero sí conduce en disolución acuosa	Alta conductividad eléctrica en estado sólido	No conduce la electricidad en estado sólido

Compuesto A: _____

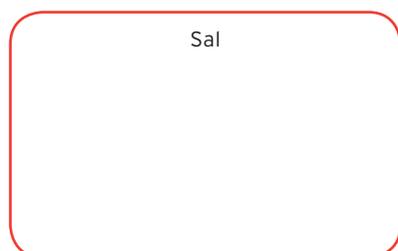
Compuesto B: _____

Compuesto C: _____

Cuestionario B

2. De las sustancias anteriores, elabora un dibujo y explica cómo te imaginas que están unidas las partículas que las forman.

Sal



Azúcar



Metales



Explicación: _____

Explicación: _____

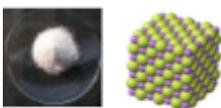
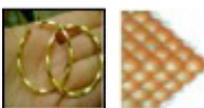
Explicación: _____

5. Describe las principales características e identifica las semejanzas y diferencias de los materiales de la siguiente lista

- Cuarzo (SiO_2)
- Carbono (C, diamante)
- Fluoruro de litio (LiF)
- Oro (Au)

Completa la siguiente tabla y:

- Describe las principales características de cada material
- Identifica las semejanzas y diferencias entre ellos

	*Cuarzo (SiO_2) 	*Carbono (C, diamante) 	*Fluoruro de litio (LiF) 	*Oro (Au) 
Características				
Semejanzas				
Diferencias				

* Imágenes tomadas de la red: <http://jmol.sourceforge.net/screenshots/index.es.html>, <http://esoterismo.innatia.com/c-gemoterapia/a-cuarzo-gemoterapia.html>, <http://www.oro-diamantes.net/diamantes-color-champan-azul-o-amarillo-para-los-anillos-de-compromiso/>, <http://www.fq.uh.cu/dpto/qi/images/stories/pog/pag/qinor1/pags/tema2.htm>, http://es.wikipedia.org/wiki/Fluoruro_de_litio, <http://fyq4eso.blogspot.mx/2009/10/miercoles-3009.html>

Cómo citar este artículo:

Sánchez-Lazo Pérez, Sheila, Leticia Gallegos-Cázares, y Fernando Flores-Camacho, (2014), "El aprendizaje de la química en los nuevos 'Laboratorios de ciencia para el bachillerato UNAM'", en *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, México, UNAM-IISUE/Universia, vol. VI, núm. 17, pp. 38-57, <https://ries.universia.net/article/view/1089/aprendizaje-conceptos-quimicos-proceso-ensenanza-experimental-ciencias-tic-caso-laboratorios-ciencias-bachillerato-unam> [consulta: fecha de última consulta]..