



I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales

DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA HOY

Formar sujetos competentes para un mundo en permanente transformación

Comunicaciones Orales - Grupo 13

Profesores de Ciencia y Construcción del Conocimiento Científico Escolar

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA INTERNALIZACIÓN DE CONCEPTOS QUÍMICOS ABSTRACTOS INVOLUCRADOS EN EL APRENDIZAJE DEL EJE TEMÁTICO ENLACE QUÍMICO

Lilian Hernández Montes¹ y Alexis Salas Burgos²

Universidad Católica de la Santísima Concepción,

Universidad de Concepción

RESUMEN

La propuesta desarrollada se enmarca en el enfoque sociocultural derivado de las ideas de Vigotski, donde el aprendizaje se desarrolla bajo la socialización con otros, iguales o expertos (Gómez, 2000), su implementación tuvo lugar en un curso de primer año medio de un establecimiento subvencionado de la comuna de Coronel, Bio-Bío, Chile. Se trabajó en base al eje temático enlace químico correspondiente a la unidad 2 del nivel medio 1 (NM1).

Luego del diagnóstico se evidencia que uno de los problemas centrales que enfrenta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química radica en la naturaleza abstracta de la teoría, conceptos y procesos involucrados en esta disciplina. Es por ello que surge en diálogo con los estudiantes la propuesta de innovación presentada en este documento, donde se enseña un contenido teórico abstracto utilizando tres estrategias didácticas: 1) Utilización de **visualizadores moleculares**, 2) Construcción de **maquetas de moléculas** y 3) Diseño de **historietas sobre la formación moléculas** fomentando la narrativa y

habilidades lingüísticas de los estudiantes.

Los resultados muestran una apropiación mas efectiva del contenido teórico, los estudiantes reconocen la espacialidad de las moléculas, trabajando en equipo logran demostrar la generación de nuevo conocimiento empleando recursos diferentes a los tradicionales.

PALABRAS CLAVES: Enlace químico, Visualización molecular, Trabajo en equipo, Estrategias didácticas.

ABSTRACT

The proposal developed is part of the sociocultural approach derived from the ideas of Vygotsky, where learning takes place in socializing with others, peers or experts. (Gómez, 2000), implementation took place in a first-year course funded through a permanent establishment of the commune of Coronel, BioBío, Chile. We worked on the basis of chemical bond thematic unit 2 for the average 1.

After the diagnosis is clear that one of the central problems facing the teaching and learning of chemistry lies in the abstract nature of theory, concepts and processes involved in this discipline. This is why there is a dialogue with students the innovative proposal in this document, where they teach abstract theoretical content using three teaching strategies: 1) Using molecular viewers, 2) construction of models of molecules and 3) Design comic molecules promoting the formation of narrative and language skills of students.

The results show a more effective appropriation of the theoretical content, the students developed other skills and recognize the spatiality of the molecules, working together successfully demonstrate the generation of new knowledge using resources other than traditional ones.

KEYWORDS: Chemical bonding, molecular visualization, Teamwork, Teaching Strategies.

INTRODUCCIÓN

Al situar el aprendizaje por sobre la enseñanza, particularmente en el área de las ciencias y a la luz del volumen creciente de conocimientos,

la búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje es un desafío. Estas nuevas estrategias nos permitirían reforzar el conocimiento teórico implícito detrás de una actividad integrativa de las habilidades del estudiante y de la traslación de un fenómeno abstracto a un ejemplo concreto. Se propone la utilización de tres herramientas didácticas: 1) el uso de TICs a través de visualizadores moleculares, ha sido demostrado que es de gran utilidad en este campo y con resultados satisfactorios (Rogalsky 1988), 2) la elaboración de maquetas, que incentivan el desarrollo de habilidades creativas e imaginativas en los estudiantes en las áreas de las artes, y 3) el uso de historias caricaturizadas que permiten el uso de la imaginación y la utilización de personajes fomentando la narrativa y las habilidades lingüísticas de los estudiantes.

Las herramientas de visualización molecular encontradas en la web están difundidas y ayudan a evidenciar la espacialidad y dimensiones relativas de los átomos y las moléculas. No obstante, el grado de complejidad técnica puede ser muy alto y entorpecer el aprendizaje, por lo que la elección de la herramienta didáctica y la tutoría de un educador es fundamental para lograr una manipulación adecuada de estas herramientas. La descripción de los fenómenos químicos presentes debe ser realizada por el profesor y él debe guiar al estudiante en la observación de los fenómenos, como son los enlaces químicos y la generación de moléculas como un objeto concreto y la conceptualización del eje temático de enlace químico. Complementario a esta herramienta se pueden incorporar otros recursos de acuerdo a los intereses y aptitudes de los estudiantes tales como el diseñar moléculas con material concreto como maquetas y el desarrollo de historietas. En los casos anteriores la respuesta frente al uso de los recursos didácticos en el aula debiera ser motivadora aumentando en conocimiento científico y logrando con ello un aprendizaje significativo. La siguiente propuesta se desarrolla en un curso de primer año medio de un establecimiento particular subvencionado de la comuna de Coronel, Bio-Bio, Chile. El eje temático trabajado es la unidad de enlace químico. Durante el diagnóstico se detectó la dificultad de los estudiantes sobre la representación de átomos, moléculas y cómo estas conforman todos los compuestos que nos rodean. Es por ello que surge el desarrollo de la propuesta de innovación presentada en este documento.

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas centrales que enfrenta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química radica en la naturaleza abstracta de la teoría, conceptos y procesos involucrados en esta disciplina. Los fenómenos químicos que ocurren a nivel macroscópico tienen su origen y explicación en procesos microscópicos, cuya comprensión requiere un elevado nivel de abstracción por parte de profesores y estudiantes. Entre las dificultades que enfrentan los estudiantes para aprender química se encuentra la necesidad de comprender la naturaleza tridimensional de la estructura molecular y la importancia que ésta posee en las propiedades químicas y función biológica de moléculas y macromoléculas. Además, los estudiantes poseen niveles de abstracción diferenciales y el primer impacto puede ser traumático e incluso generar un rechazo al nuevo conocimientos en estas áreas.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo al diagnóstico se detectó la necesidad de representar visualmente las moléculas en forma 3D para favorecer la internalización del concepto Enlace Químico y espacialidad atómica. Además las actividades propuestas favorecen el trabajo en equipo.

Se observa que en la mayoría de los textos de estudio se incluyen actividades prácticas que involucran material de laboratorio de difícil acceso para las escuelas y liceos chilenos. Por otra parte, las clases expositivas no suelen ir acompañadas de herramientas tecnológicas con las que los estudiantes se encuentran altamente familiarizados. En el contexto de desarrollo tecnológico actual, los niños y jóvenes están habituados a disponer de herramientas de visualización que faciliten su percepción del mundo que los rodea, tal como ocurre en juegos de video y películas. Sin embargo, en las actividades que realizan durante el proceso de aprendizaje de las ciencias, el uso de la tecnología parece ser un elemento secundario. es por ello que se pensó que la herramienta de visualización motivaría a muchos estudiantes para trabajar con ella. Y aquellos con destrezas manuales quisieron elaborar maquetas de moléculas, lo mismo sucedió con aquellos que elaboraron historietas, quienes presentan habilidades lingüísticas. Si bien el establecimiento no cuenta con un laboratorio de computación equipado, los alumnos trajeron sus propios computadores y fue una buena iniciativa por que les permitió trabajar también en sus casas

OBJETIVO GENERAL

Reconocer la espacialidad de las interacciones atómicas y moleculares y los enlaces presentes en ellas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar cómo se enlazan los átomos para la generación de moléculas utilizando tres estrategias didácticas basadas en el aprendizaje cooperativo.
- Representar diferentes moléculas utilizando programa computacional

o material concreto.

- Elaborar historietas evidenciando lo dinámico de las moléculas.
- Desarrollar el aprendizaje cooperativo mediante el trabajo en equipo.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Una de las estrategias didácticas más empleadas por los profesores en aula para ilustrar conceptos asociados a la estructura molecular es el uso de herramientas de visualización y analogías gráficas simplificadas. Dentro de las herramientas de visualización más empleadas se encuentran los modelos moleculares de plástico o madera, en los que los átomos son representados por esferas rígidas unidas por conectores sólidos que representan enlaces covalentes. El uso de estos modelos se ha masificado en Norteamérica y Europa, sin embargo, en nuestro país su uso es limitado, debido al costo que involucra disponer de este material en los establecimientos públicos o particular subvencionado chilenos.

Actualmente existe una amplia gama de software que permiten visualizar estructuras moleculares y sistemas biológicos con alto grado de realismo. Estos programas poseen interfaces gráficas amigables, que facilitan el manejo de información sofisticada, haciéndola accesible a profesores y estudiantes, requiriendo mínima capacitación y entrenamiento. Por otra parte, las herramientas multimedia disponibles en la actualidad admiten el uso integrado de texto, sonido, animación e interactividad, por lo que constituyen el complemento perfecto para implementar herramientas de visualización molecular que permitan mejorar la enseñanza-aprendizaje de la química y la biología. Por último, el avance tecnológico de los últimos años, tanto en el precio, como en el desempeño de computadores personales, permite que el acceso a Internet y el uso de software de modelamiento y visualización molecular sean factibles en todo tipo de establecimiento educacional.

Los niños y jóvenes de hoy en día están habituados a la utilización de herramientas tecnológicas que faciliten su percepción del mundo que los rodea (juegos de video, películas), sin embargo, la forma de enseñanza utilizada se centra en clases expositivas que no suelen ir acompañadas con el uso de tecnología con las que los estudiantes se

encuentran altamente familiarizados, considerándose el uso de la tecnología un elemento secundario. La utilización de herramientas tecnológicas, proporcionan al profesor y al alumno un mayor dominio del tema, permite lograr que el alumno se involucre en la clase aportando ideas propias, que enriquecerán el tema expuesto, otorgando una cultura del aprendizaje, una forma de relacionarse con el conocimiento, que está esencialmente mediada por los sistemas de representación en que esos conocimientos se conserva y transmite, en suma, por las tecnologías de conocimiento dominantes en una sociedad (Pozo, 2000).

ESTADO DEL ARTE

En Latinoamérica, y particularmente en Chile, no existe evidencia respecto del uso de herramientas de visualización molecular en la enseñanza de las ciencias. Uno de los problemas que obstaculiza la incorporación de estas herramientas tecnológicas al currículo de estudiantes de educación básica y media, es la formación de profesores, la cual no incluye capacitación en el uso de estas nuevas tecnologías. Para crear herramientas de visualización efectivas no sólo es necesario estar familiarizado con las tecnologías requeridas, sino también es preciso contar con competencias científicas y pedagógicas que aseguren la calidad del producto que se entrega al estudiante, tanto en contenido, como en forma. (José y Williamson, 2005).

El uso de los modelos estructurales no solo ha impactado en la investigación científica sino también en la enseñanza de la química y biología, incluso en 1811 Dalton ya los utilizaba en sus cátedras. Hace varias décadas, los únicos modelos para el aprendizaje de las estructuras de las moléculas biológicas consistían en descripciones e ilustraciones en libros. Posteriormente, a principio de 1930, se utilizaron modelos comerciales denominados de "space filling" de Stuart en versión de plástico y de madera para representar estructuras moleculares, estos modelos son esferas rígidas unidas por conectores sólidos que representan enlaces covalentes. Un método más versátil para estudiar estructuras atómicas y moleculares tanto químicas como biológicas en tercera dimensión, es por medio de software de visualización científica molecular, implementado desde los años 70 por grupos de investigadores (Karplus, 2006). Estos son programas con interfaces gráficas capaces de proyectar estructuras tridimensionales

que facilitan enormemente la interacción humano- computadora. El uso de esta tecnología por los docentes en el salón de clase es cada día más común, principalmente en los cursos de química (Jones y Monley, 1986; Jones y Miller, 2001). El objetivo de la visualización científica es mostrar a los usuarios de manera eficiente, clara y comprensible los datos obtenidos de fenómenos o experimentos científicos, principalmente por medio de imágenes o grafos a través de una interfaz gráfica de alto desempeño. Como ya se mencionó el uso de estas herramientas de manera informal aumenta entre los estudiantes, y el carácter dinámico que se imprime a los conceptos y al desarrollo global de la clase aumenta su eficacia y atractivo, este aspecto es resumido por Lowe (2003).

En el ámbito norteamericano y europeo existen reportes que dan cuenta de la utilidad de los modelos moleculares 3D en la comprensión de fenómenos vinculados con las ciencias químicas y biológicas (José y Williamson, 2005; Sanger, 2005). Las experiencias reportadas abarcan temáticas tales como: uso de simulación molecular para representación de moléculas orgánicas, creación de sitios web interactivos para la visualización de nanomateriales (Muzyka, 2009) visualización de interacciones intermoleculares en sistemas de interés biológico (Sanger, 2005) y simulación de reacciones químicas (Barrows y Eberlein, 2004; Barrows y Eberlein, 2005; Muzyka, 2009). Por otra parte, este tipo de experiencias se han realizado tanto a nivel primario como secundario y universitario (Halpine, 2004; Amey y col., 2008), lo que pone de manifiesto la diversidad de conceptos y funcionalidades que es posible explorar con el uso de los software de visualización y simulación molecular. En un proyecto de investigación cooperativa financiado por la Fundación de la Ciencia Nacional de los Estados Unidos, sobre la visualización molecular en la enseñanza de la química, se encontró que de todos los modelos moleculares considerados, incluyendo los modelos físicos, las herramientas de visualización computacional mostraron una retención del conocimiento significativamente mayor que la de los grupos controles (Shusterman y Shusterman, 1997; Jones, 2001).

RESULTADOS

Caracterización del grupo de estudio. El grupo esta formado por 13 alumnos y alumnas de primero de enseñanza media de un

establecimiento particular subvencionado de la comuna de Coronel, región del Bio-Bío, Chile. Estos estudiantes llevan 6 meses de clases donde comienzan a incorporar conocimientos y conceptos abstractos principalmente en las asignaturas de ciencias, y en especial de química, donde estudian los modelos mecano cuántico de la materia. Los estudiantes poseen una buena predisposición hacia la asignatura, donde el 61% de ellos les gusta mucho la química, un 31% es indiferente y sólo un 8% no les gusta. Con respecto a su perspectiva del aprendizaje un 69% manifiesta que a veces es complicado el aprendizaje de la química, mientras un 31% lo encuentra fácil y ningún estudiante lo encuentra complicado. Finalmente, al preguntarles cómo se imaginan a los átomos, estos coinciden en la concepción de formas circulares o esferas de energías, que son muy pequeños, poseen un núcleo con electrones (figura 1).

¿Cómo te imaginas los átomos?

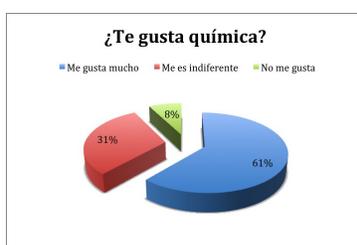


Figura 1. Preconcepciones del grupo de estudio con respecto a la química y a los átomos.

Elaboración de moléculas con visualizadores moleculares en el eje temático enlace químico. Un grupo de estudiantes utilizó el

visualizador molecular pymol (<http://www.pymol.org>), este es un visualizador molecular creado en Estados Unidos, que puede ser utilizado gratis por los estudiantes, fue seleccionado por su fácil uso, compatibilidad con los sistemas operativos más utilizados, su alto componente científico representado exhaustivamente las propiedades de los átomos y del enlace químico. Los estudiantes instalaron el programa en 20 minutos, incluyendo la descarga desde internet, y comenzaron a utilizarlo en la actividad guiada por el profesor. La actividad consistió en visualizar moléculas como el agua, glucosas, ácidos nucleicos y proteínas, observar las propiedades de los distintos átomos y las características de los enlaces atómicos, esta actividad fue guiada por un tutorial diseñado por el profesor que además introdujo herramientas para construir nuevas moléculas y medir algunos parámetros geométricos a nivel de átomos. La actividad fue realizada con mucho entusiasmo, el uso del visualizador fue descrito como fácil por un 46% de los estudiantes, mientras un 54% lo encontró moderado y ningún estudiante lo encontró complicado. La actividad fue realizada en 3 sesiones de 70 minutos cada una, donde un 69% de los estudiantes finalizó la actividad, un 23% logró hasta un 9/10 de la actividad, un 8% logró $\frac{3}{4}$ de la actividad, todos los estudiantes realizaron al menos un tercio de la actividad planificada (figura 2). Los estudiantes evaluaron la actividad con un promedio de 6,5 en escala de 1 a 7.

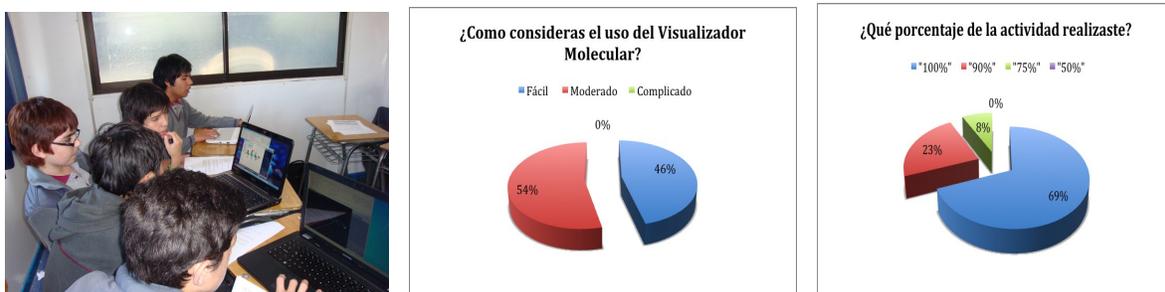


Figura 2. Uso de visualizadores moleculares para la adopción de los conceptos expuestos en el eje temático enlace químico.

Uso de otras estrategias didácticas en el eje temático enlace químico. Debido a las aptitudes e intereses diferenciales de los estudiantes se utilizaron dos estrategias didácticas adicionales que incluyen la elaboración de maquetas con material concreto y la elaboración de una historieta con personajes relacionados al eje

temático enlace químico. La primera de estas actividades esta relacionada a estudiantes con habilidades en artes manuales y visuales, dónde se estimula su creatividad para la producción de maquetas con plumavit, tempera, palitos y pegamento; durante el desarrollo de la actividad los estudiantes fueron capaces de terminar 5 maquetas de moléculas básicas hasta moléculas complejas como ADN y proteínas. La segunda actividad esta relacionada a la incorporación de herramientas de dibujo y narrativa incluidas en la historieta, la creación de personajes y de una historieta aumenta el interés de los alumnos dinamiza el contenido y permite la inserción de los conceptos del eje temático de enlace químico, los estudiantes finalizaron una historieta en equipo (figura 3).



Figura3. Desarrollo de maquetas e historieta con el eje temático de enlace químico NM1.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El eje temático de enlace químico involucra el aprendizaje de la

simbología de Lewis, el enlace iónico, enlace covalente simple, doble y triple, enlace apolar y polar. La visualización directa de estos conceptos es imperceptible a los sentidos humanos y sólo es posible inferirlos a través de modelos abstractos, cuya construcción mental puede ser muy fácil o particularmente complicada para algunos estudiantes desencadenando un cierto grado de frustración en estos últimos. La ciencia química en especial el modelo mecano cuántico es muy abstracto y la inclusión de modelos pone en perspectiva de nuestros sentidos los fenómenos evidenciados a nivel atómico. La innovación pedagógica de la inclusión de estrategias didácticas para construir estos modelos con tres herramientas: visualizadores moleculares, construcción de maquetas e historietas. La inclusión de estas estrategias fue ampliamente aceptada por los estudiantes, los estudiantes incorporaron los conceptos del eje temático, esto quedó evidenciado por la presentación final de sus trabajos, aquí los estudiantes presentaron sus trabajos, y expusieron sobre los conceptos químicos involucrados. Los alumnos lograron:

- Los alumnos y alumnas reconocen la existencia de enlaces químicos para la conformación de moléculas.
- Los alumnos y alumnas representan distintas moléculas utilizando programa de visualización molecular o trabajando con material concreto.
- Los alumnos y alumnas elaboran historietas donde dan a conocer la tridimensionalidad de las moléculas.
- Los alumnos y alumnas trabajan cooperativamente en actividades propuestas.

El carácter didáctico de estas actividades, el alto componente científico involucrado, el desarrollo de actividades creativas impacta positivamente en las clases y en el aprendizaje de conceptos abstractos por los estudiantes. Adecua los contenidos a las destrezas y aptitudes de cada estudiante y mejora sus capacidades frente a nuevo conocimiento, en especial de carácter abstracto. Nosotros hemos evidenciado que la inclusión de estas nuevas estrategias didácticas genera un efecto positivo, ya demostrado en otros sistemas educativos. No obstante es necesario cuantificar el impacto de estas estrategias y sistematizar su inclusión dentro de un marco formal de estudio, al respecto se esta

trabajando y esperamos pronto tener novedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Amey, J. R.; Fletcher, M. D.; Fletcher, R. V.; Jones, A.; Roberts, E. W. & Roberts, I. O. (2008). Meet the Molecules in Chocolate: Informal Opportunities for Building Thematic Molecular Models with Children *Journal of Chemical Education* 85, 1361.
- Barrows, S. E. & Eberlein, T. H. (2004). Cis and Trans Isomerization in Cyclic Alkenes: A Topic for Discovery Using the Results of Molecular Modeling *Journal of Chemical Education* 81, 1529-1556.
- Barrows, S. E. & Eberlein, T. H. (2005). Understanding Rotation about a C=C Double Bond *Journal of Chemical Education* 82, 1329-1346.
- Gómez, I. (2000). Bases teóricas de una propuesta didáctica para favorecer la comunicación en el aula. Habla y escribir para aprender. *Síntesis*. 3, 19-28.
- Halpine, S. M. (2004). Introducing Molecular Visualization to Primary Schools in California: The STArt! teaching Science Through Art Program *Journal of Chemical Education* 81, 1431-1460.
- Jones, M. B. (2001). Molecular Modeling in the Undergraduate Chemistry Curriculum *Journal of Chemical Education* 78, 867-891.
- Jones, M. B. & Miller, C. R. (2001). Chemistry in the Real World *Journal of Chemical Education* 78, 484-498.
- Jones, M. B. & Monley, R. (1986). College chemistry for kids *Journal of Chemical Education* 63, 698-703.
- José, T. J. & Williamson, V. M. (2005). Molecular Visualization in Science Education: An Evaluation of the NSF-Sponsored Workshop *Journal of Chemical Education* 82, 937-945.
- Karplus, M. (2006). Spinach on the ceiling: a theoretical chemist's return to biology. *Annu Rev Biophys Biomol Struct* 35, 1-47.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics *Learning and Instruction* 13, 157-176.
- Muzyka, J. L. (2009). Visualization Tools for Organic Chemistry *Journal of Chemical Education* 86, 254-270.
- Pozo, J. I. (2000). Nuevas formas de pensar la enseñanza y el

aprendizaje OECD, PISA , 39.

Rogalsky, J. (1988). Didactique de l'informatique et acquisition de la programmation Recherches en Didactique des Mathématiques 3, 407-426.

Sanger, M. J. (2005). Evaluating Students' Conceptual Understanding of Balanced Equations and Stoichiometric Ratios Using a Particulate Drawing Journal of Chemical Education 82, 131-143.

Shusterman, A. J. & Shusterman, G. P. (1997). Teaching Chemistry with Electron Density Models Journal of Chemical Education 74, 771-797.

Lilian Hernández Montes¹ y Alexis Salas Burgos²

¹Facultad de Educación, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción-CHILE.

²Departamento de Farmacología, Universidad de Concepción, Concepción-CHILE.