

USO DE MODELOS MOLECULARES TRIDIMENSIONALES PARA LA ENSEÑANZA DEL NIVEL SUBMICROSCÓPICO DE LA MATERIA EN EL CURSO FUNDAMENTOS DE QUÍMICA

Betancourt, Catalina

catabetancourt@hotmail.com

Delgado, Maryorie

maryoriedelgado2009@hotmail.com

Contreras, Yanetti

netticontreras@hotmail.com

Pujol Michelena, Rafael

rpujolmich@yahoo.com

Castro, Santiago

Santiagocastro2002@hotmail.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador

Instituto Pedagógico de Caracas, Cátedra de Química General

RESUMEN

La investigación surge como parte del proceso de investigación acción que desarrollan los miembros de la Cátedra de Química General, en busca de mejoras en la enseñanza y aprendizaje de la Química, en este sentido, se consideró trabajar el nivel submicroscópico de la materia, a través del uso de los modelos moleculares tridimensionales. Los modelos ayudan a explicar la estructura de la materia, inspiran la imaginación, estimulan el pensamiento y asiste la visualización de los fenómenos químicos. El propósito del trabajo fue implementar la estrategia de los modelos moleculares en contenidos estructurales de Química, en el curso Fundamentos de Química en la UPEL-IPC. Entre los temas trabajados, destacan: estados de agregación, enlace químico, nomenclatura y reacciones químicas. En éstos contenidos los estudiantes presentan dificultad para su comprensión, lo cual puede deberse a la complejidad conceptual y la no diferenciación de los niveles de la Química. Es así como, esta estrategia encierra un plan de acción donde el estudiante es un participante activo, que abarca desde la elaboración del modelo con materiales de bajo costo, hasta el diseño de la forma espacial y tipos de enlace de las moléculas. El estudio estuvo enmarcado en la teoría sociocrítica que busca evidenciar cambios en la realidad estudiada. En cuanto a los resultados obtenidos se observó una alta participación y motivación de los estudiantes en los contenidos donde se utilizaron los modelos moleculares, durante seis períodos académicos. Sin embargo, aún no hay evidencias de haber propiciado un aprendizaje significativo del mundo submicroscópico.

Palabras Claves: Modelos moleculares tridimensionales, nivel submicroscópico, enseñanza de la Química, Investigación Acción.

Use of Three-dimensional Molecular Models for the Teaching of the Submicroscopic Level of the Matter in the Course Fundamentals of Chemistry

ABSTRACT

This research arises as part of the process of action research carried out by the members of the chair of general Chemistry, in the search of improvements in the teaching and learning of chemistry. In this sense, it was considered to work on the submicroscopic level of the matter, through the use of tridimensional molecular models. Models help to explain the structure of matter, inspire the imagination, stimulate thought and assist the visualization of chemical phenomena. The purpose of the work was to implement the strategy of molecular models in structural chemistry contents, in the Fundamentals of Chemistry course in the UPEL-IPC. Among the issues discussed, were included: States of aggregation, chemical bonding, nomenclature and chemical reactions. In these contents students presented difficulty in comprehension which may be due to the conceptual complexity and non-differentiation of the levels of Chemistry. This is how this strategy contains an action plan where the student is an active participant, ranging from the elaboration of the model with low-cost materials, to the design of the spatial form and types of molecules links. The study was framed in the sociocritical theory which wants to make evident the changes in the studied reality. In terms of the obtained results, it was observed a high level of participation and motivation of the students in the contents where molecular models were used, during six academic periods. However, there is no evidence of having led to a significant learning in the submicroscopic world.

Key words: Three-dimensional molecular models, submicroscopic level, teaching of chemistry, action research

INTRODUCCIÓN

El proceso investigativo comenzó cuando los docentes de la Cátedra de Química General aquejada por varios problemas educativos, decidieron abordarlos, constituyendo un equipo de investigación acción (IA). Así, los integrantes de la Cátedra comenzaron a incluir la preocupación y búsqueda de soluciones a la problemática educativa detectada en su agenda de reuniones de la Cátedra, siguiendo los principios de una IA que conduce a la transformación, en este caso, de nuestra realidad educativa, a través de la reflexión del equipo.

El conocimiento en el área de las Ciencias es cada vez más especializado, integrando diversos campos multidisciplinarios, como Química, Física, Biología, entre

otros, que se diferencian en objetivos, problemas, métodos y habilidades, pero comparten la comprensión de algunos conceptos fundamentales, entre los que se encuentran los relacionados con la estructura de la materia, lo que implica el estudio de los átomos, moléculas y enlace químico, que son indispensables para entender diversos fenómenos, entre los que podrían mencionarse: reacciones químicas, respiración y fotosíntesis (Nakhleh, 1992); incluso, Pauling (1992), expresó que: “el concepto de enlace químico es el concepto más valioso de la Química...”. Sin embargo, estos y otros conceptos representan un serio problema para numerosos estudiantes, aún entre graduados de especialidades científicas, pese a que la estructura atómica es un tema central en la mayoría de los currículos de ciencias (Gabel, 1993).

Existen diversas razones para explicar la dificultad de los estudiantes en la comprensión de estos conceptos. Por ejemplo, Alvarado (2005) señala:

1. Las ideas preexistentes (a veces incompletas o incorrectas) con que ingresan los estudiantes a las carreras de Ciencias.
2. De la estructura de los átomos y del enlace químico, los estudiantes no tienen concepciones basadas en evidencia cotidiana, siendo para ellos conceptos abstractos que requieren de su habilidad de razonamiento formal, exigiendo que operen en los niveles de estudio de la Química: macroscópico, atómico-molecular o submicroscópico y simbólico, lo cual no es fácil para ellos (Martín del Pozo, 2001), por lo que, frecuentemente aprenden sus definiciones, pero no sus implicaciones.

Campanario (2002) señala, que en la enseñanza de la Química se intenta que los estudiantes comprendan y analicen las propiedades y transformaciones de la materia. No obstante, para ello tienen que enfrentarse a un gran número de leyes y conceptos abstractos, necesitan establecer conexiones entre ellas y los fenómenos estudiados, además de utilizar un lenguaje altamente simbólico y formalizado, junto a modelos analógicos que ayudan a la representación de lo no observable.

Basado en lo anterior, el uso de estrategias que tomen en cuenta esta problemática en el aula adquiere suma importancia. El uso de modelos de partículas en las clases de Química puede ser una alternativa para la enseñanza y comprensión de estos conceptos, debido a las ventajas que ofrecen. Por tal motivo, los modelos moleculares tridimensionales han sido

introducidos desde los primeros años de la enseñanza de las ciencias en numerosos currículos, por su poder explicativo, predictivo y el aspecto vivencial que supone la utilización de modelos de partículas, para explicar cuestiones de la vida cotidiana, su potencialidad para favorecer el trabajo con modelos moleculares tridimensionales, que acercan al estudiante a la actividad científica (Benarroch, 2000).

Por su parte, los libros de texto contienen un lenguaje gráfico para describir las moléculas; sin embargo, los modelos moleculares tridimensionales incrementan la comprensión a través de una asociación más vivida. Su empleo en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación tiende puentes entre la abstracción y la construcción de imágenes mentales útiles en la educación. Estos modelos no sólo representan formas o estructuras tridimensionales, sino que también especifican propiedades de las moléculas (Chamizo y Márquez, 2006).

Por todo lo anterior, la presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

1. Diseñar una estrategia didáctica que facilite la comprensión del nivel submicroscópico de la materia en contenidos estructurales de Química, utilizando los modelos moleculares tridimensionales.
2. Aplicar y evaluar la estrategia didáctica desarrollada sobre el uso de los modelos moleculares tridimensionales, para la enseñanza del nivel submicroscópico de la materia en el curso Fundamentos de Química en la UPEL – IPC.

El Contexto

Un Curso Introductorio: Fundamentos de Química

Fundamentos de Química es el curso con el que se inicia la formación de los futuros docentes de la especialidad de Química en la UPEL-IPC. Su propósito se orienta a la formación de un educando con una visión de la Química como ciencia en evolución, así como, la adquisición de conocimientos sobre conceptos, principios, leyes y teorías fundamentales que le permitan la aplicación de estos en el contexto ambiental, social y tecnológico (Betancourt, Pujol, Castro y Contreras, 2004).

En el contenido del programa se desarrollan seis (06) unidades básicas, que incluyen contenidos teóricos-prácticos, que se planifican para ser ejecutados durante dieciséis (16) semanas. Estas unidades básicas están centradas en los siguientes tópicos: Materiales Químicos, Medición, Estructura Atómica, Enlace Químico, Nomenclatura Química, Estequiometría, Disoluciones y Reacciones Químicas (Betancourt, Pujol, Castro y Contreras, 2004).

En el curso Fundamentos de Química, de cierta forma, se dan los primeros pasos en el estudio de la Química para seguir ascendiendo peldaños en el transcurso de la carrera del futuro profesional de la docencia. Como es de suponer, la profundización de los cursos va en aumento. De allí la importancia de lograr que los estudiantes que se inician en la especialidad de Química superen, con este curso, las fallas conceptuales que puedan traer de los niveles educativos por los que previamente han pasado, y que consoliden los conceptos estructurales de la disciplina. Es decir, se hace imprescindible formar la base conceptual necesaria para la comprensión de conceptos más complejos.

De lo anterior podemos deducir, que es grande el reto de quienes trabajan con el curso Fundamentos de Química, teniendo en cuenta que, como señalan Betancourt, Pujol, Castro y Contreras (2004), la mayoría de los estudiantes que se inician en la especialidad de Química, ingresan con problemas y dificultades conceptuales que se acentúan en la medida que se avanza en los contenidos programáticos.

Los planteamientos anteriores conllevan a una reflexión sobre la búsqueda de otras alternativas y estrategias que faciliten cumplir esta labor, para que el estudiante tenga la posibilidad de construir los conceptos estructurales de la disciplina, como: enlace químico, nomenclatura, reacciones, estequiometría de las reacciones, entre otros. Estos temas, que son considerados de altísima complejidad por su nivel de abstracción, requieren la comprensión de la estructura de la materia.

El Nivel Submicroscópico en el Estudio de la Química

Johnstone (1982, 1991), propuso para las Ciencias Naturales y para la Química en particular, los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico de pensamiento. Para

este autor, el nivel macroscópico corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa; el nivel submicroscópico, hace referencia a las representaciones abstractas, modelos que tiene en su mente un experto en Química asociados a esquemas de partículas; y el tercer nivel, el simbólico, involucraría formas de expresar los conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, etc.

Para Galagovsky, Rodríguez, Stamatí y Morales (2003), un docente que explica un fenómeno químico a sus estudiantes está pensando simultáneamente en los tres niveles mentales, propuestos por Johnstone, aunque en su discurso sólo explicita información en cada uno de ellos de forma alternativa y secuencialmente.

El docente, en general, no es consciente de la demanda real que debe soportar la memoria de trabajo de los alumnos, para procesar la información que está recibiendo, ni que para ellos los dibujos y explicaciones no tienen anclaje en la percepción macroscópica del fenómeno.

Las investigaciones de otros autores reforzarían los problemas planteados por Johnstone, en el sentido que los alumnos no manejan simultáneamente los niveles indicados, al intentar explicar un fenómeno químico (Boujaude, 1991).

Lo anterior complica aún más la situación, porque el docente debe facilitar en el aula, a través de las estrategias y recursos didácticos que adopte, desarrolle y aplique en la clase, el anclaje de los tres niveles en el pensamiento del estudiante, para que éste pueda de manera simultánea pasar de un nivel al otro y explicar lo que ocurre. Esto lleva a la afirmación que estudiar Química implica un gran nivel de abstracción y, para comprender la estructura de la materia, el estudiante debe poder explicarla a nivel submicroscópico.

Metodología

El diseño de la investigación fue concebido dentro de la metodología de la investigación acción (IA), que permite la identificación de problemas y la puesta en práctica de soluciones con sus respectivas evaluaciones, en donde los docentes se reúnen en sus centros para emprender acciones conjuntas y reflexionar acerca de sus prácticas

educativas (Park, 1989). En este sentido, es una alternativa de indagación para el estudio de los problemas educativos que enfrentan las instituciones y los docentes en su aula de clase.

El proceso comenzó cuando los participantes (compañeros de la Cátedra de Química General), decidieron constituir un equipo de IA para abordar el problema educativo que los afectaba. En las primeras reuniones se exploró y discutió, hasta negociar, en un proceso de jerarquización, los problemas más relevantes, y se eligió el más prioritario. Una vez comprendido y reflexionado el problema, se estudió la posibilidad de resolverlo mediante un plan de acción, que se ejecutó y se evaluó. Podemos considerar la espiral formada por ciclos de investigación y de acción, constituidos por las fases de planificación, actuación, observación y reflexión (Murcia, 1994 y Wals, Beringer y Stapp, 1993).

Tomando como base los procedimientos a seguir en una IA planteados por Carr y Kemmis (1988) y Maciel (2003), a continuación se presenta de manera resumida los que se aplicaron en esta investigación: (a) identificación del área problemática de la práctica docente, (b) organización del equipo de trabajo, (c) exploración de la situación inicial o diagnóstico, (d) enunciado y jerarquización de los problemas, (e) identificación de factores a modificar y planteamiento de hipótesis – acción, (f) planificación de las estrategias, (g) aplicación de estrategias y valoración de su impacto mediante la aplicación de observación e instrumentos de investigación y (h) planteamiento de reflexiones y evaluación del ciclo.

El Gráfico 1 señala el modelo de IA que nos muestra los principales momentos o etapas que se siguieron en esta investigación.

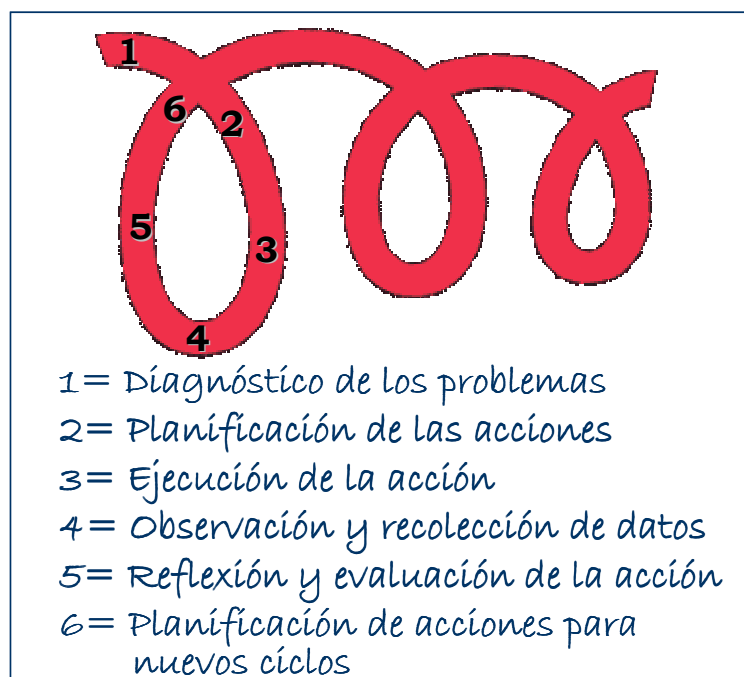


Gráfico 1. Modelo de Investigación Acción. Adaptación del modelo de Latorre (2003).

Todas estas etapas permitieron identificar los obstáculos, tanto subjetivos como objetivos, a las propuestas de cambio planteadas por el equipo. Para así, establecer un plan de acción flexible, modesto y realista, tomando en cuenta riesgos y obstáculos. Su puesta en práctica no fue una acción lineal y mecánica.

Desde el inicio del equipo se logró establecer el compromiso y la responsabilidad de trabajo entre sus miembros, generando expectativas en el grupo, empezando a reunirse de manera formal y frecuente, con la finalidad de analizar y reflexionar sobre los problemas de enseñanza y aprendizaje de la química, observados a lo largo de su experiencia docente. A partir de aquí se originan los ciclos de acción que conforman la espiral desarrollada.

En tal sentido, los docentes establecieron una serie de problemas, considerando o resaltando aquellos que según sus juicios afectaban de manera más directa e inmediata el aprendizaje de los estudiantes en los cursos Fundamentos de Química y Química General, que son las materias obligatorias que administra la Cátedra.

En cuanto a la problemática de la comprensión del nivel submicroscópico de la materia, en las reuniones del equipo, se había compartido y discutido cómo cada docente

venía abordando esta problemática en clase, y los logros obtenidos. De aquí surgió la necesidad de buscar una estrategia común, tomando como base las experiencias previas de los docentes, para así realizar su implementación, evaluarla y mejorarla. En este caso, se tomó el uso de los modelos moleculares como la solución más efectiva. En la medida en que cada una de las profesoras compartió con el resto del grupo cómo desarrollaba la estrategia en clase, fue mejorando la aplicación de los modelos moleculares.

En cuanto al uso que se dió a los modelos, se planteó que no sólo será un recurso de aprendizaje en el curso Fundamentos de Química, sino que les quedará a los estudiantes como un recurso de enseñanza, cuando estén dando sus clases. Además, se elaboró un sencillo manual de diseño para mejorar las instrucciones sobre cómo diseñar los modelos, titulado: “Jugando con las moléculas: Usamos nuestros modelos”. Referente a cómo evaluar a los alumnos, se tomaron en cuenta dos aspectos: el diseño de los modelos, y el trabajo en el aula.

Escenario y Participantes

La presente investigación se enmarcó dentro del contexto de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Departamento de Biología y Química, en la Cátedra de Química General. Esta Cátedra administra los cursos obligatorios: Fundamentos de Química y Química General, que se facilitan en el primer y segundo semestre, respectivamente. No obstante, la investigación se centró en el desarrollo de la estrategia para los contenidos del curso Fundamentos de Química. Los participantes constituyen las personas que formaron parte del proceso de investigación. En este caso el grupo estuvo conformado por los estudiantes que cursaron esta asignatura desde el período 2010-I al 2011-II, que sumaron un total de 216 participantes.

Diagnóstico de Necesidades

Desde finales de los años noventa, como producto de investigaciones realizadas en el propio IPC, la Cátedra de Química General posee evidencias de buena parte de las

dificultades que poseen los estudiantes en la concepción y manejo de modelos científicos y, en particular, de aquellos modelos relacionados con el mundo de los átomos y las moléculas.

Entre otros hallazgos, destaca el hecho que estudiantes de la especialidad de Química, de semestres avanzados tenían dificultades para explicar qué son los modelos científicos y cómo funcionan, además de no haber internalizado que estas herramientas permiten explicar y predecir fenómenos (Pujol, 1998, 2000). Adicionalmente, muchos de estos estudiantes, al ser entrevistados, dieron muestra de grandes debilidades en torno a sus concepciones de los distintos modelos atómicos, así como, en la diferenciación entre las propiedades de los átomos y las moléculas y las propiedades correspondientes a los materiales a nivel macroscópico (Pujol, 1998).

En una investigación más reciente, Ruíz (2007) encontró, que estudiantes del curso Fundamentos de Química del IPC no tenían "...noción de cómo se unen los átomos para formar las moléculas de los compuestos...", a tal punto que apenas uno de los 39 participantes en el estudio pudo representar moléculas con modelos bidimensionales de esferas y palillos, aún después de estudiar en clase el tema de balanceo de ecuaciones químicas. Es más, ellos son capaces en su mayoría de balancear las ecuaciones, pero de manera mecánica, pues por lo aquí expuesto no son capaces de relacionar este procedimiento con el nivel submicroscópico.

Una de las causas de lo antes señalado queda en evidencia al observar las clases y entrevistar a los docentes de estos cursos, dada la poca y, en algunos casos, inexistente ilustración y ejercitación con modelos de esferas y palillos cuando se balancean ecuaciones químicas, a pesar de que estos mismos docentes reconocen la necesidad de utilizar como recurso didáctico dichos modelos (Ruíz, 2007). El diagnóstico o detección de necesidades se completó con las conclusiones de sucesivas reuniones entre los profesores integrantes de la Cátedra, que tuvieron la finalidad de reflexionar acerca de los problemas de enseñanza y aprendizaje de los temas correspondientes a los cursos que administran, entre los cuales destacan la comprensión de la estructura e interacciones de la materia, es decir: el estudio de los fenómenos químicos a nivel de partículas. Al analizar las posibles causas de esta

problemática, con base en la experiencia vivida en aula por cada docente, ellos señalan, entre otras, lo abstracto y complejo de este contenido.

Diseño de la Estrategia Didáctica “Jugando con las Moléculas”

Tomando como base la problemática detectada, el equipo de docentes de la Cátedra de Química General se trazó como meta el diseño de una estrategia que considera que los modelos moleculares tridimensionales son una herramienta vital para el estudio de la Química, como lo es una calculadora para las matemáticas. Podemos decir que tales modelos presentan al estudiante de una forma concreta un concepto que por naturaleza es abstracto. Así, el propósito de la estrategia didáctica “Jugando con las Moléculas” es proporcionar ejemplos de la configuración espacial de algunas moléculas y la interacción con otras, de manera que, el estudiante pueda construir diversos modelos de moléculas y estudiar las diferentes formas en que se pueden enlazar los átomos unos con otros. Esta actividad complementa las explicaciones que aparecen en los libros de texto, dado que estos aunque contienen un lenguaje gráfico para describir las moléculas, los enlaces y las reacciones a nivel de partículas, no tienen la posibilidad de asociar de una manera más vivida la estructura y forma espacial de las moléculas, cosa que sí se logra con los modelos analógicos tridimensionales.

El desarrollo de la estrategia tiene como propósito el diseño de modelos de moléculas, empleando materiales de bajo costo, con el fin de estudiar el comportamiento de los átomos y las moléculas en un nivel atómico molecular, que abarca los contenidos de enlace químico y reacciones químicas. Entre los materiales que pueden utilizar los estudiantes para la elaboración de los modelos de moléculas están: palillos de madera, plástico o alambre, esferas de anime, arcilla o plástico (de varios tamaños), pintura de colores (verde, negro, azul, rojo, rosado, blanco, púrpura, amarillo, entre otros), pega, tijeras, tirro, cartulina, marcadores y una caja de cartón o cualquier otro material que sirva para guardar los modelos de moléculas. Los modelos moleculares deben contener como mínimo las esferas que permitan representar los átomos que forman las moléculas de los siguientes compuestos químicos: Agua, peróxido de hidrógeno, dióxido de carbono, amoníaco,

dióxido de azufre, tetróxido de dinitrógeno, tetracloruro de carbono, bromuro de hidrógeno, entre otros.

Además, deben tomar en cuenta el tamaño de los átomos y de los iones, con los valores de los radios atómicos y los radios iónicos correspondientes, para diferenciar en el tamaño del diámetro de las esferas que representan a cada átomo, sin pensar en que será una diferencia a escala, pero al menos intentan aproximarse a ella. Así, por ejemplo, la esfera que represente el átomo de hidrógeno será la más pequeña de todas. Aunque pueden representar estructuras iónicas como un cristal de cloruro de sodio, en la medida de lo posible se trabaja con compuestos moleculares. En el Gráfico 2 se muestran los colores y diferencias de tamaños para las esferas de algunos átomos.

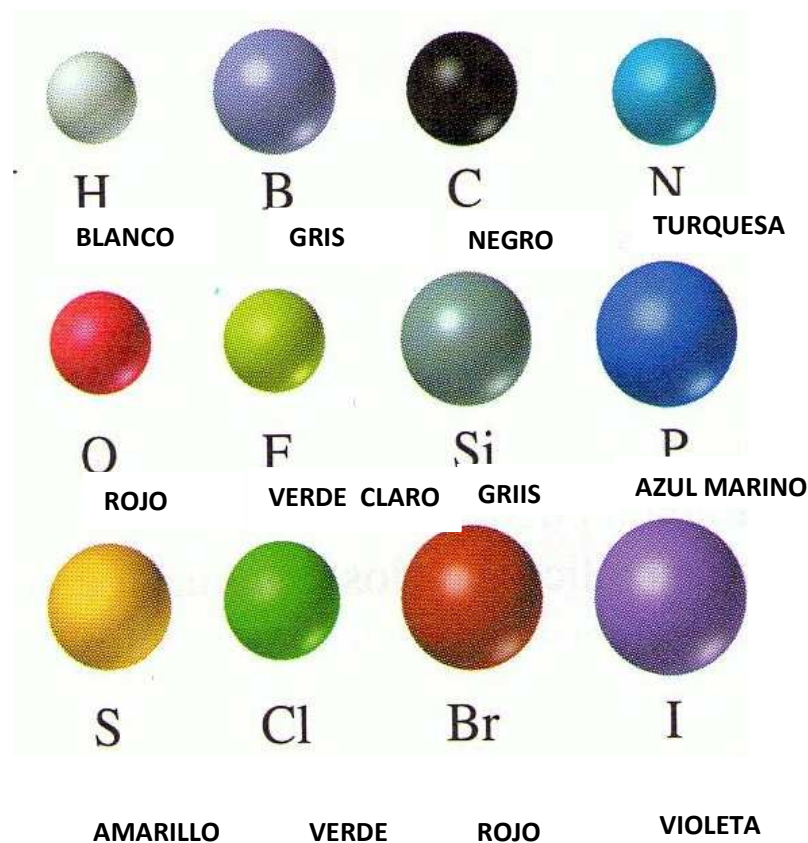


Gráfico 2. Tamaño y colores sugeridos de las esferas para la representación de algunos elementos químicos. Tomado de: Petrucci, R.; Hardwood, W. y Herring, G. (2003). *Química General*. (8va.ed.). Madrid: Prentice Hall.

Cabe señalar que los colores de las esferas pueden variar según la referencia bibliográfica consultada, ya que existen varias clasificaciones de colores.

Para la realización de la actividad, cada estudiante debe traer su propuesta de modelos moleculares, que contendrá esferas de diversos tamaños que representen los átomos necesarios para poder armar las diferentes moléculas. Haciendo uso de los conocimientos aprendidos en el desarrollo de los contenidos sobre nomenclatura, enlace químico y reacciones químicas, elaboran en equipo las moléculas indicadas por el docente. Seguidamente, se discuten los resultados obtenidos en la actividad.

Durante el desarrollo de la actividad, dependiendo del concepto a trabajar, el docente proporciona la información sobre los compuestos, donde el estudiante debe discutir en equipo acerca de las estructuras de Lewis más adecuadas para luego representar con los modelos, la molécula y el tipo de enlace formado. Si el tema es reacciones químicas, el docente describe la ecuación química y los alumnos la representan y balancean en el nivel simbólico y submicroscópico. Para esto, se suministra una lámina de papel bond por equipo donde plasman toda la información, incluyendo los modelos elaborados, tal y como se muestra más adelante en las fotos del Gráfico 3. Posteriormente, cada grupo presenta y justifica su propuesta representada en el papel bond, mientras el docente enfatiza las diferencias entre los modelos construidos y, mediante preguntas, genera una discusión donde participan todos los estudiantes para llegar a un acuerdo en común.

Implementación y Evaluación de la Estrategia

En la fase de aplicación de la estrategia se solicitó a los estudiantes la previa elaboración de los modelos moleculares. Para ello, se les entregó un material escrito con la explicación de la actividad, el cual contiene los aspectos señalados en la descripción de la estrategia en la sección anterior. Posteriormente, se hizo revisión formativa de los modelos antes de usarlos en la clase.

Los modelos se utilizaron en los temas de enlace químico, nomenclatura química y reacciones químicas, siendo ésta la misma secuencia que corresponde a la organización presentada en el cronograma del curso Fundamentos de Química. Con anterioridad, se les

informa a los alumnos en cuáles sesiones de clase se emplearán los modelos por ellos elaborados, y se desarrolla la dinámica de la clase tal y como se describió en la fase de diseño de la estrategia.

Se atendieron en total 216 estudiantes a lo largo de los cuatro períodos académicos aquí reportados, distribuidos tal y como lo indica el Cuadro 1.

Período Académico	Número de estudiantes
2010-I	47
2010-II	64
2011-I	75
2011-II	30

Cuadro 1. Períodos académicos y números de estudiantes de Fundamentos de Química que participaron en la implementación de la estrategia didáctica, usando los modelos moleculares.

Parte de los resultados obtenidos durante la implementación de la estrategia en el aula se pueden observar de manera ilustrativa en el Gráfico 3, donde se puede evidenciar la participación y motivación de los estudiantes, además del trabajo en equipo que permite compartir los conocimientos y las dificultades conceptuales entre pares. Se observa como muchos de los modelos elaborados fueron fiel reflejo de su dedicación y creatividad. La discusión que se realiza al final permite comparar los resultados del trabajo grupal, confrontando y justificando con argumentos conceptuales los modelos propuestos por parte de los estudiantes.

Esta actividad proporciona ejemplos de la configuración espacial de algunas moléculas y su interacción con otras, de forma que los alumnos puedan construir diversos modelos de moléculas y estudiar las formas en que se pueden enlazar los átomos unos con otros.



Gráfico 3. Implementación de la estrategia sobre el uso de los modelos moleculares para la enseñanza del nivel submicroscópico de la materia.

Referente a la evaluación que realizaron los estudiantes de la estrategia del uso de los modelos moleculares tridimensionales, se les envió un cuestionario vía email a una muestra de ellos, y éstas son algunas de sus respuestas.

En cuanto a su diseño y desarrollo en clase, un estudiante señaló:

“La aplicación de los modelos moleculares me pareció bastante visual... debido a su contenido y sobre el subnivel en que ocurren, así que el diseño es muy práctico. En cuanto al mundo submicroscópico, en el cual suceden cosas que no pueden verse,... su desarrollo fue muy didáctico... Es una forma novedosa, amena y divertida de aprender”.

Con respecto al aprendizaje logrado, dos estudiantes argumentaron:

“Me permitió saber cómo los átomos se unen entre sí para formar enlaces, realizar muchas estructuras y, sobre todo, relacionar porque el aprendizaje no se hace repetitivo,

es decir, no me aprendo algún tipo de dato de memoria, sino que lo relaciono con las propiedades en la tabla periódica, como radio atómico y electronegatividad”.

“La comprensión del mundo submicroscópico contribuye con la imaginación, es decir, le podemos dar forma a algo que en realidad nunca hemos visto. También permite visualizar el proceso de "reacomodo" que sufre la materia al ser transformada químicamente. Es visualizar la forma en que se rompen y se forman nuevos enlaces”.

Y la estrategia la evalúan con muchas fortalezas, tal y como se observa en la siguiente cita:

“Fue muy explicativa y, sobre todo muy práctica. Siento que es una manera muy sencilla de aprender con cosas que permitan observar o simular lo que ocurre... Es una forma de estimular los canales sensoriales, ya que estimula lo visual y lo kinestésico. Además, promueve la integración grupal y la participación”.

CONCLUSIONES

- La propuesta didáctica desarrollada aporta elementos para que el docente facilite los contenidos estructurales de la Química, permitiendo la diferenciación del nivel submicroscópico de la materia, en los temas de: estados de agregación, enlace químico, nomenclatura y reacciones químicas.
- El ambiente creado en el aula de clases durante el uso de los modelos moleculares favoreció el aprendizaje.
- Los estudiantes manifestaron su motivación y participación activa hacia el cambio de estrategia para la enseñanza del nivel submicroscópico de la materia.
- La utilización de los modelos moleculares ha causado gran impacto en la motivación, creatividad y participación de los estudiantes. Sin embargo, aún no hay evidencias de haber propiciado un aprendizaje significativo del mundo submicroscópico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, C. (2005). La Estructura Atómica y el Enlace Químico desde un Punto de Vista Disciplinario. *Enseñanza de la Ciencias*. número extra. VII congreso. 2-5.
- Benarroch, A. (2000). **El Desarrollo Cognoscitivo de los Estudiantes en el Área de La Naturaleza Corpuscular de la Materia**. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 235-246.
- Betancourt, C., Pujol, R., Castro, S. y Contreras, Y. (2004). **Programa de Fundamentos de Química**. Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas: Subdirección de Docencia, Unidad de Currículo.
- Boujaude, S. (1991). **A study of the nature of students' understandings about the concept of burning**. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 869 – 704.
- Campanario, J. (2002). **La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas**. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 397-410.
- Carr, W. y Kemmis, S. (1988). **Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado**. Barcelona: Martínez Roca.
- Chamizo, J. y Márquez, J. (2006). Modelación molecular. **Estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el lenguaje de la química**. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1241-1257.
- Gabel, D. (1993). **Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding**. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193 – 194.
- Galagovsky, L.; Rodríguez, M.; Stamatí, N. y Morales, L. (2003). **Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales**. *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas (Revista en línea)*, 1, 107 – 121.
- Johnstone, A. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379.
- Johnstone, A. (1991). **Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem**. *Computer Assisted Learning*. 7, 75 – 83.
- Latorre, A. (2003). **La investigación acción. Conocer y cambiar la práctica educativa**. Barcelona, España: Editorial Grao.
- Maciel, C. (2003). **La Investigación Acción como estrategia de aprendizaje en la formación del profesorado**. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33, 91-109.

- Martín Del Pozo, R. (2001). **Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter.** *International Journal of Science Education*, 23(4), 353 – 271.
- Murcia, N. (1994). **Investigar para cambiar.** Colombia: Magisterio.
- Nakhleh, M. (1992). **Why some students don't learn Chemistry.** *Journal of Chemical Education*. 6(3), 191 -195.
- Park, P. (1989). **Qué es la Investigación Participativa.** (M. Salazar, trad). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pauling, L. (1992). **The nature of the chemical bond.** *Journal of Chemical Education*, 69(6), 519 – 521.
- Petrucci, R; Hardwood, W. y Herring, G. (2003). **Química General.** (8va.ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Pujol, R. (1998). **Concepciones sobre los modelos científicos, átomos y moléculas de estudiantes de cursos superiores (8° - 10° semestre) en la mención Química del Instituto Pedagógico de Caracas.** Trabajo de ascenso no publicado, Universidad Pedagógica Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas.
- Pujol, R. (2000). **Concepciones sobre modelos científicos de estudiantes de cursos superiores (8°- 10°semestre) en la mención Química del Instituto Pedagógico de Caracas.** *Revista de Investigación*, 47, 49 – 71.
- Ruiz, R. (2007). **Caracterización del proceso de enseñanza y aprendizaje para el tema reacciones químicas en el curso Fundamentos de Química del Instituto Pedagógico de Caracas.** Trabajo de Grado no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas
- Wals, A., Beringer y A. Stapp, W. (1993). **Education in Action. A community Problem-Solving Program for school.** *The Journal of Environmental Education*. 24(3), 13-19.