

EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE FUERZAS INTERMOLECULARES E INTRAMOLECULARES MEDIANTE LA MODELIZACIÓN DIDÁCTICA

THE LEARNING OF THE CONCEPTS INTERMOLECULAR AND INTRAMOLECULAR BONDS BY THE DIDACTIC MODELLING

CHRISTIAN FERNNEY GIRALDO MACIAS ^a

Recibido 3-11-2013, aceptado 26-12-2013, versión final 30-12-2013.

Artículo Investigación

RESUMEN: La modelización está siendo usada para la enseñanza y el aprendizaje en las Ciencias Naturales en diferentes contextos y para atender a diferentes problemáticas. En este caso será utilizada para explorar y analizar la relevancia que puede tener su uso en el aprendizaje de los conceptos Fuerzas Intramoleculares e Intermoleculares, partiendo de la aplicación de una serie de actividades basadas en el Ciclo Didáctico (Jorba & Sanmartí, 1996). Los datos se discuten mediante tres aspectos principales: las ideas previas de los estudiantes, el trabajo con nuevo material (nuevos conceptos, experimentos sencillos y uso de herramientas informáticas) y los argumentos finales, mediante el uso de situaciones problema. Los resultados muestran, como los estudiantes (14 y 16 años de edad) evidencian un progreso conceptual al argumentar con mayor claridad las situaciones problema abordadas en el transcurso del trabajo y en la construcción de modelos más cercanos al campo científico.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje Significativo, ciclo del aprendizaje, fuerzas intermoleculares, y fuerzas intramoleculares.

ABSTRACT: Modeling is being used in teaching and learning Natural Sciences in different contexts and to attend several problems. In this case it will be used to explore and analyze the relevance that may have its use in learning concepts intramolecular and intermolecular bonds, based on the application of a series of activities based on the didactic cycle (Jorba & Sanmartí, 1996). The data are discussed in three main aspects: the previous ideas of the students, working with new material (new concepts, simple experiments and using technological tools) and closing arguments by the use problematical situations. The results show how students (14 to 16 years) prove a conceptual progress according to the problematical situations addressed in the course of work and in the construction of models nearest to the scientific field.

^a M. Sc. en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

*e-mail: cristianfgm@hotmail.com

KEYWORDS: Intermolecular bonds, intramolecular bonds, Learning Cycle and Meaningful Learning, and Modelling.

1. INTRODUCCION

La integración de estrategias que apunten al mejoramiento del aprendizaje en los estudiantes de las instituciones educativas y específicamente para el área de Ciencias Naturales en términos de la planeación, diseño y ejecución de actividades de enseñanza, suponen el uso de estrategias y/o metodologías para solucionar los problemas de aprendizaje de aquellos conceptos considerados de difícil comprensión, abstracción e interpretación por parte de los estudiantes.

Al respecto, los profesores muchas veces no logran que sus estudiantes construyan modelos mentales consistentes con los modelos conceptuales de la ciencia que les permitan comprender los fenómenos estudiados. Estos se limitan a aprender de memoria largas listas de fórmulas y definiciones que no comprenden, pues los fenómenos descritos no están siendo interpretados de acuerdo a los modelos mentales que deberían ser construidos, Greca & Moreira (1998).

En este aspecto, Justi (2006) establece que los modelos se construyen a partir de una mezcla de elementos tanto de la realidad modelada como de la teoría, y también de otros elementos externos a ellos. Además la construcción de modelos siempre implica simplificaciones y aproximaciones que han de ser decididas independientemente de requisitos teóricos o de condiciones de los datos.

De acuerdo con lo anterior, es importante mencionar que en la práctica docente se observan estudiantes que suelen utilizar modelos científicos simplificados, que tienen significado para el nivel de erudición del profesor, pero que no encuentran referente en la estructura cognitiva de los estudiantes. En estas circunstancias, los alumnos deben incorporar memorísticamente un modelo que no es completamente científico y que, además, les resulta escasamente significativo, Galagovsky & Adúriz-Bravo (2001).

En este sentido se han identificado en el aula de clase, dificultades en la comprensión de los conceptos fuerzas intramoleculares e intermoleculares que derivan en un mal manejo de los procesos microscópicos y macroscópicos que se presentan en temáticas complejas como los estados físicos de la materia (sólidos, líquidos y gases), la miscibilidad de una sustancia con otra y muchos otros procesos transversales a la biología como la formación de los ácidos nucleicos; además, cuando se enseña el tema “soluciones” se presentan las fuerzas intermoleculares como responsables de los fenómenos de solubilidad, con argumentaciones que especifican los diferentes tipos de dipolos. Paralelamente, numerosos estudios muestran la existencia de fallas en la comprensión de los eventos submicroscópicos que ocurren en las soluciones; es decir, errores en los conceptos involucrados en el MFI Nappa (2005); Bekerman (2007) citados por Galagovsky *et al.* (2009).

Con base en los anteriores párrafos, se identifica, además, que en el contexto de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, los planes de área de Ciencias Naturales no incluyen estrategias didácticas que apunten a mejorar los procesos de modelización de los conceptos en el aula de clase; es por eso que este trabajo adquiere importancia en el momento en que se convierte en una estrategia necesaria dentro del currículo para

fortalecer las competencias en Ciencias Naturales. Resulta conveniente explorar y analizar la relevancia que puede tener el uso de la modelización didáctica para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos fuerzas intermoleculares e intramoleculares en aras de aplicarla en otros conceptos de difícil comprensión en las Ciencias Naturales y poder evaluar el impacto de este trabajo.

2. MODELIZACIÓN DIDÁCTICA Y ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Izquierdo (2004) menciona una cierta crisis en la enseñanza de la química, manifestada en las opiniones desfavorables de quienes que, ya de mayores, recuerdan la química como algo incomprensible y aborrecible; en la falta de alumnos cuando la asignatura es optativa; en los recortes experimentados en los currículos (no universitarios y universitarios); en la disminución de estudiantes que escogen la química como carrera; en las connotaciones negativas sobre la química, no compensadas con la afirmación trivial ‘todo es química’ que surge de los propios químicos, pero sin convencer a los que no lo son, porque no la comprenden.

En este sentido, diseñar estrategias para la enseñanza de la química es fundamental y es importante considerar que la principal finalidad de la química es la comprensión del cambio químico y para poder entenderlo se han desarrollado varias formas de hacer (método), de pensar (sobre datos cuantitativos, con la teoría apropiada) y de hablar (lenguaje). Por otra parte, si se ha de enseñar para que los estudiantes puedan aprender va a ser necesario plantear cuidadosamente lo que se ha de enseñar, cómo hacerlo y para qué hacerlo. (Izquierdo, 2004).

Dentro del proceso de conceptualización de lo que significa la modelización, se establece que ésta puede ser puesta en marcha, como la tarea de hacer objeto de trabajo al interior del aula de clase los modelos científicos, ya que como lo menciona Sanmartí (2000) citado por Gómez *et al.* (2007), los modelos de ciencia escolar que se pretende construir con los niños y las niñas no son una simplificación de los modelos de la ciencia erudita para ponerlos a su alcance, sino una construcción nueva y compleja que depende de muchas variables como son la edad e intereses de los alumnos y sus antecedentes, las finalidades de la enseñanza, la potencialidad explicativa del modelo objeto de aprendizaje, la relevancia social de los fenómenos a explicar, las condiciones socioculturales de la comunidad donde se ubica la escuela y los recursos de que se dispone.

Al analizar lo anterior se piensa en la elaboración de una modelización didáctica que atienda las problemáticas presentadas en la introducción. En este punto, algunos de los referentes que han surgido acerca del concepto modelización fueron propuestos por Greca & Moreira (1998) en el trabajo titulado “Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización”. Los autores destacan respecto a la modelización que debe ser explícita, o sea que los alumnos deben ser enseñados de forma consciente en los procedimientos mediante los cuales se construyen los modelos mentales, que a su vez les permitan entender los modelos conceptuales enseñados.

En concordancia con lo anterior, un modelo didáctico alternativo según Mayorca & Madrid (2010), concibe la metodología didáctica como un proceso de “investigación escolar”, es decir, no espontáneo, desarrollado por parte del alumno(a) con la ayuda del profesor(a), lo que se considera como el mecanismo más adecuado para favorecer la “construcción” del conocimiento escolar propuesto; así, a partir del planteamiento de “problemas”

(de conocimiento escolar) se desarrolla una secuencia de actividades dirigida al tratamiento de los mismos, lo que, a su vez, propicia la construcción del conocimiento manejado en relación con dichos problemas.

Pensando en lo anterior, se utilizan entonces las fases del ciclo de aprendizaje con el propósito de identificar los estilos y ritmos de aprendizaje de los estudiantes. En cada fase del ciclo se articula la evaluación; facilitando hacer un seguimiento sistemático de observación, registro y resignificación de las acciones y desempeños de los estudiantes. Este ciclo contempla cuatro fases: Exploración, introducción de nuevos conocimientos, estructuración y aplicación, Jorba & Sanmartí (1994).

La fase de exploración, potencializa la identificación de los saberes previos, además de realizar una evaluación diagnóstica de los conceptos objeto de estudio. Posteriormente, en la fase de introducción de nuevos conocimientos, el estudiante empieza a reconocer los conceptos y los relaciona con sus ideas previas. En la fase de estructuración, el estudiante amplía el aprendizaje y lo relaciona con el contexto y con las situaciones problemas propuestas, llevándolo a adquirir un aprendizaje por conceptos, estableciendo de esta forma una nueva estructura cognitiva. Por último en la fase de aplicación, el estudiante confronta los conocimientos nuevos a situaciones problemas o contextos donde pueda aplicarlos y sea capaz de utilizar su propio lenguaje y representaciones teniendo un mayor poder explicativo. El docente en esta fase podrá evaluar las deficiencias y fortalezas presentes en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje.

En cuanto a los conceptos objeto de aprendizaje, pocos textos tratan de manera independiente los conceptos fuerzas intermoleculares e intramoleculares. Por el contrario pueden aparecer inmersos en conceptos como enlace químico, soluciones y estados de la materia.

Timberlake & Timberlake (2008) hablan de fuerzas atractivas y fuerzas de dispersión, así:

- Fuerzas atractivas en compuestos: En gases, las interacciones entre partículas son mínimas, lo que permite a las moléculas del gas moverse alejándose unas de otras. En los sólidos y líquidos, hay suficientes interacciones entre partículas para mantenerlas cerca, aunque algunos sólidos tienen puntos de fusión bajos, mientras que otros tienen puntos de fusión muy altos. Tales diferencias en propiedades se explican al observar los tipos de fuerzas atractivas entre partículas.
- Fuerzas de dispersión: Los compuestos no polares forman sólidos, pero a temperaturas bajas. Cuando dentro de las moléculas no polares se forman dipolos temporales, ocurren atracciones muy débiles llamadas fuerzas de dispersión.

3. TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

De una manera sintética se dice “el aprendizaje significativo es el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal. Esa interacción con la estructura cognitiva no se produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma, que reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje”, Moreira (1997); Ausubel (1976, 2002) citado por Rodríguez (2008).

El concepto básico de la teoría de Ausubel es el aprendizaje significativo y la esencia de éste es la asimilación. Un aprendizaje se dice significativo cuando una nueva información (concepto, idea, proposición) adquiere significados para el aprendiz a través del anclaje de aspectos relevantes de la estructura cognitiva preexistente del individuo, o sea en conceptos, ideas, proposiciones ya existentes en su estructura de conocimiento (o de significados) con determinado grado de claridad, estabilidad y diferenciación. Esos aspectos relevantes de la estructura cognitiva que sirven de anclaje para la nueva información reciben el nombre de subsunsores o subsumidores. Moreira (1997).

En consecuencia para que se presente aprendizaje significativo en el estudiante se deben presentar por lo menos las siguientes condiciones (Moreira, 2000):

1. Que el material que va a ser aprendido sea relacionable (o incorporable) a la estructura cognitiva del aprendiz, de manera no arbitraria y no literal. Un material con esa característica es potencialmente significativo.
2. El material utilizado debe tener significado lógico y psicológico.
3. Que el aprendiz manifieste disposición para relacionar, de manera sustantiva y no arbitraria, el nuevo material, potencialmente significativo, con su estructura cognitiva.

4. METODOLOGÍA

Este trabajo se aborda desde la investigación cualitativa bajo la estrategia estudio de caso interpretativo. En esta metodología, el investigador debe reunir tanta información sobre el objeto de estudio como le sea posible, con la pretensión de interpretar o teorizar sobre el fenómeno, Moreira & Rosa (2009). Esta estrategia permite realizar un diseño de investigación particularmente apropiado al estudiar un caso o una situación con cierta intensidad en un periodo de tiempo corto (aunque hay casos que pueden durar más). Su importancia radica en permitir concentrarse en un caso específico o situación e identificar los distintos procesos interactivos que lo conforman, Hernández *et al.* (2007).

Así mismo, Mertens (2005), citado por Hernández *et al.* (2007), menciona que “En el muestreo cualitativo es usual comenzar con la identificación de ambientes propicios, luego de grupos y, finalmente, de individuos”. La Institución Educativa Alfonso Upegüi Orozco, ubicada en el corregimiento de San Cristóbal (Comuna 60), de la ciudad de Medellín, cuenta con los espacios adecuados para el desarrollo de las actividades planeadas (aunque una de las dificultades presentadas radicó en la ausencia de laboratorios, los cuales debieron ser “improvisados” en el aula de clase, particularmente en la ubicación de los materiales).

Para la sistematización, este trabajo utilizó un formato de registro que permitió reportar respuestas, interpretaciones, palabras claves y demás aspectos que se presentaron durante el estudio – actividades, conversaciones, discusiones y prácticas de laboratorio, (ver tabla 1.)

Tabla 1: Formato de Registro y sistematización de la información.

Fase de ejecución			
Estudiante	Pregunta	Información	Observaciones y Palabras claves
12 estudiantes identificados con la letra E. (E1, E2, E3...)	Generada en las unidades de Estudio	Obtenida de las preguntas planteadas y de las actividades ejecutadas.	De la teoría y la práctica y que guían la selección de las categorías de análisis.

Además, para el análisis del trabajo realizado por los estudiantes se utilizaron tablas comparativas y redes sistémicas, siguiendo las indicaciones de Bliss & Ogborn (1985; 1983) citado por Jorba & Sanmartí (1994). Las categorías principales se encuentran a la izquierda y las subcategorías a la derecha. Las apreciaciones suministradas en las redes sistémicas surgieron de la información recopilada y contenida en el tabla 1, posterior a la ejecución de las actividades. Todas las categorías y subcategorías que resultan al momento del análisis son clasificadas como emergentes; es decir, surgen de la misma información entregada por los estudiantes.

Finalmente, resulta necesario pensar en la incorporación de tres aspectos básicos para el desarrollo de las actividades y para poder evidenciar la construcción de modelos por parte de los estudiantes:

En primer lugar, la identificación de teorías implícitas en los estudiantes a partir de la aplicación del instrumento de indagación de ideas previas, mediante el cual se podrán identificar los modelos conceptuales relacionados con las fuerzas intramoleculares e intermoleculares al iniciar la aplicación de los instrumentos y poder guiar su trabajo hacia la elaboración de modelos más cercanos a las ideas científicas.

En segundo lugar, se pretende que los estudiantes generen modelos cercanos a los aspectos mencionados por García & Garritz (2006), respecto a las fuerzas intramoleculares: En el enlace iónico, que la movilidad de los electrones hace a los metales buenos conductores del calor y la electricidad y que los cristales iónicos no conducen la corriente eléctrica en estado sólido, pero si lo hacen disueltos, gracias a la disociación de los iones. En el enlace covalente, que existen sustancias que al disolverse en agua no producen partículas cargadas pues están formadas por moléculas neutras donde se encuentran fuertemente ligados los átomos que los componen y por último que los metales son dúctiles y maleables porque su estructura cristalina puede deformarse.

Finalmente, algunas de las preguntas que guían el trabajo de los estudiantes y muestran la progresión del aprendizaje son: ¿Por qué se unen los átomos?, ¿Qué es la electronegatividad? ¿Qué es el enlace iónico, covalente y metálico?, ¿Cuáles son las principales fuerzas intermoleculares? Y ¿Cómo se utilizan los conceptos anteriores, para la solución de situaciones problema? En la tabla 2, se describen las actividades, problemas y objetivos que guiaron la investigación.

Tabla 2: Ruta de trabajo por fases.

Fase	Actividad	Objetivo	Problema
Indagación de ideas previas.	Cuestionario teórico - práctico.	Indagar las ideas previas de los estudiantes.	El reconocimiento de las teorías implícitas en los estudiantes o modelo inicial.
Estructuración del conocimiento.	Práctica de laboratorio.	Favorecer la estructuración del conocimiento.	El reconocimiento de teorías implícitas.
Introducción de nuevos conceptos.	Laboratorio físico y virtual, trabajo en grupo, videos y animaciones.	Favorecer la construcción o reconstrucción de nuevos aprendizajes o puntos de vista para la construcción de modelos.	La construcción de nuevos modelos cercanos al campo científico.
Aplicación.	Cuestionario abierto.	Identificar el progreso conceptual de los estudiantes con base en nuevos modelos.	La consolidación de los modelos construidos y aplicados en la solución de problemas.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados y su discusión se realizan con base en lo propuesto en la Tabla 2 y en concordancia con los objetivos, el marco teórico y la propuesta metodológica.

Fase 1. Indagación de ideas previas: Se presentaron siete preguntas, seis de tipo teórico y una práctica donde se trabajó en grupo, pero se expresaron las respuestas de forma individual. Se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 3.

Al parecer, en las respuestas dadas por lo estudiantes se aprecia un desconocimiento del concepto enlace químico y de forma general sobre las fuerzas intramoleculares presentes en la formación de un compuesto; la mayoría de los estudiantes utilizan términos que apuntan a lo macroscópico pues hacen referencia al material como tal y no a su estructura interna, además en los argumentos presentados por los estudiantes en la tabla 3, no se utilizan las fuerzas intermoleculares para explicar lo abordado en la experiencia de laboratorio, sin embargo, en la figura 1, se presenta un ejemplo de las explicaciones generadas por los estudiantes, en la cual se utiliza el concepto densidad para argumentar frente a la separación de las sustancias indagada en la pregunta 7, el gráfico es elaborado por uno de los estudiantes y se utilizan símbolos para representar las mezclas entre el alcohol, el aceite y el agua.

Modelo inicial: Los estudiantes tal y como lo mencionan Matus *et al.* (2011), se enmarcan dentro del modelo atómico-molecular el que únicamente requiere conceptualizar átomos y moléculas como partículas constituyentes de la materia. La característica particular del mismo es la descripción a nivel atómico de los sistemas moleculares; el menor nivel de información es por tanto el formado por los átomos individuales (o un pequeño grupo de átomos).

Tabla 3: Resultados y Análisis Fase I

Pregunta	Modelo inicial
1. ¿Cómo explicas la unión entre el sodio (Na) y el Cloro (Cl) para formar el cloruro de sodio (NaCl)?	E6-E7-E9-E10-E12: El cloruro de Sodio (NaCl) se forma mediante la unión o intercambio de partículas (electrones, átomos, protones y/o neutrones) que forman el compuesto. E2-E3-E4-E5-E10-E12: La unión se presenta por características de los elementos y sus condiciones naturales. E1-E8-E11: La unión se presentó debido al estado de los elementos o a una mezcla entre ellos.
2. ¿Qué explicación puedes dar de los gráficos, en su parte inicial y final? (Enlace del Sodio (Na) y el Cloro (Cl))	E1-E2-E3-E4-E5-E6-E7-E8-E11-E12: pérdida o ganancia de electrones, protones, átomos y/o niveles de energía. E1-E2-E3-E4-E6-E9: al donar o recibir electrones y/o protones los átomos obtienen una carga que será positiva o negativa. E12 se debe a la compartición de electrones entre el sodio (Na) y el cloro (Cl).
3. ¿Por qué crees necesaria la unión entre los átomos? ¿Esta unión tiene que ser entre átomos de diferentes elementos o puede ser entre los mismos átomos de un elemento?	E1-E4-E5-E6-E8-E9-E10-E11-E12 es necesario para la formación de compuestos, lo que afirma el desconocimiento de la unión covalente y la formación de moléculas más complejas. E6-E8-E10-E12 En cuanto a la unión entre átomos posiblemente piensan que estos se pueden unir entre átomos de diferentes elementos. E7 menciona que se debe dar entre átomos del mismo elemento (“pero la carga aumenta”). E1-E3-E5-E9 argumentan que se puede dar en ambos casos. E2 dicha unión es necesaria para “saber la configuración electrónica”.
4. El cloruro de sodio (NaCl) en estado sólido, no conduce la corriente eléctrica, caso contrario cuando es mezclado con agua. Este mismo fenómeno ocurre con otros compuestos. ¿A qué se debe esto?	E1-E3-E4-E5-E7-E10-E11, La mezcla de agua y sal conducía la electricidad debido a las propiedades del agua y a su interacción con la sal. E7 atribuye esto a las propiedades físicas y químicas del agua (sin especificarlas). E4-E11 Se debe a la reacción ocurrida (sin describirla). E5 menciona que ésta no conduce la corriente eléctrica debido a su estructura fuerte e indestructible. E6-E12: “el carbono en otra fase conduce electricidad” y que “dichos compuestos en estado puro son inertes o poco conductores de electricidad”.
5. ¿Cómo explicarías los estados de agregación de la materia?	E1-E2-E3-E4-E5-E6-E7-E8-E9-E10-E12 clasifican los estados correctamente como sólido, líquido y gaseoso. E3-E7-E9 atribuyen características, sólido (“Dura”, “rígida”, “puro”, “fuerte”, “difícil de traspasar” y “no es dúctil”), líquido (“Se puede traspasar”, “adaptable al recipiente” y “soluble”) y gaseoso (“Débil”, “moléculas dispersas” y “partículas se vuelan en el aire”).
6. ¿A qué se debe el fenómeno descrito en el gráfico? (cercanía o lejanía de las moléculas en los estados de la materia)	E1-E3-E7-E8-E9, hacen referencia al concepto fuerza, algunos se refieren a fuerzas intermoleculares e intramoleculares, sin explicar y por último se menciona una “fuerza de atracción”. E1-E2-E3-E4-E6-E7-E8-E11 expresan una relación entre la fuerza y el estado en que se encuentran las moléculas, aduciendo que en el estado sólido, la fuerza es mayor y que ésta va disminuyendo al acercarse al estado gaseoso donde es menor.
7. Experiencia de laboratorio, mezclas de agua-alcohol y aceite.	La mayoría de los estudiantes (E1 al E12, excepto E7) utilizaron los conceptos mezcla (homogénea o heterogénea), densidad y separación – disolución para explicar el porqué de la separación por fases o la unión de algunos compuestos.

El anterior, puede ser un modelo cercano a lo observado en las respuestas de los estudiantes, algo que sigue perteneciendo al campo macroscópico, pues no se aprecian las relaciones entre estas partículas, las fuerzas que las unen o desunen y las propiedades que se presentan al momento de la interacción entre ellas.

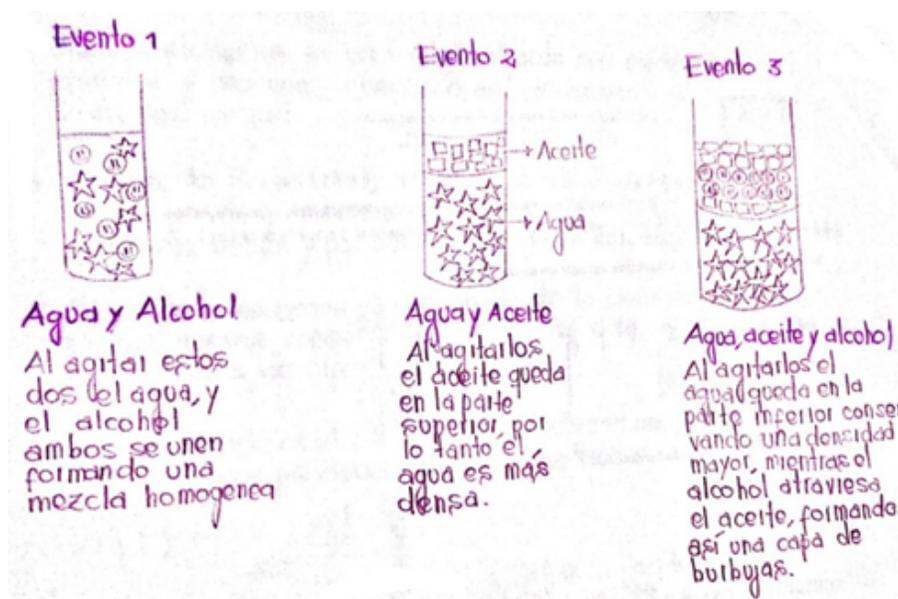


Figura 1: Representación gráfica de las mezclas entre el agua, el alcohol y el aceite.

Fase II. Estructuración del conocimiento: Se desarrolló una experiencia de laboratorio, los estudiantes manipularon un circuito eléctrico sencillo y utilizaron agua y sal para generar electricidad en una bombilla. Los resultados obtenidos se presentan haciendo uso de algunas de las expresiones utilizadas por los estudiantes y registradas en sus instrumentos de trabajo.

Al plantear la pregunta: ¿Qué pasará con los elementos Sodio (Na) y Cloro (Cl) presentes en el cloruro de sodio (NaCl), al ser diluidos en agua?

E2 menciona: “El Na pues el sodio, tiene un solo electrón de valencia en su último nivel y el cloruro tiene 7 electrones de valencia en el último nivel, se unen para poder formar los 8, entonces el sodio queda positivo porque pierde un electrón, el cloruro queda negativo porque gana otro electrón, cuando se unen se convierte en el compuesto sal, cuando se meten al agua, cuando se unen con el agua, el agua los separa, formando iones ya, ya, ya?”.

E2 Y E6: “Las partículas se pueden separar en el agua formando iones, es la interacción con el agua lo que hace que se pueda dar la conductividad eléctrica”.

E4: “La sal sola no prende, la sal es un conductor de electricidad pero en contacto con el agua – reacciona, hay una mezcla heterogénea en la cual se aprecia sal en el fondo del recipiente”.

E5 “Cuando se disuelve prende más”.

E7 “Que reacciona con las partículas del Na”.

E11: “Agua y la sal no están bien disueltas, no logra prenderse el bombillo, al disolver provoca más energía conducida y se logra prender la bombilla, la sal se mezcla con el agua y da una reacción y queda como conductora eléctrica”.

En las respuestas de los estudiantes, se presentan argumentos desde el plano macroscópico y no se evidenciaron explicaciones desde las fuerzas intra o intermoleculares. Se apreció un interés por comprender porque en el estado sólido la sal no conduce la electricidad y al disolverse con el agua la bombilla se encendía. La mayoría de los estudiantes mencionan que el agua es la responsable de la conductividad eléctrica, ignorando la presencia del metal al interior del cable o la estructura cristalina del cloruro de sodio (NaCl). El modelo inicial persiste, pero se logran generar interrogantes frente a lo que ocurre en el proceso. Es importante destacar que los estudiantes tienen fortaleza en el trabajo con la tabla periódica (identificación y clasificación de elementos en la tabla, configuración electrónica. Afirmación realizada debido al trabajo previo con los estudiantes en temáticas relacionadas con la Tabla Periódica).

Fase III Introducción de Conceptos: Cada una de las actividades diseñadas y aplicadas en esta fase (laboratorios, videos, simulaciones computacionales y talleres) apuntaron a generar en los estudiantes discusiones y debates, en torno a los conceptos enseñados, esto debido a que las nuevas ideas parecieran ir en algunas ocasiones en contra de las iniciales, lo que generó en ellos, inquietud por saber cómo podían usar la nueva información para explicar fenómenos que observaban cotidianamente: los estados de agregación de la materia, la conductividad eléctrica, la disolución de sustancias, entre otros, y que favorezcan la construcción de nuevos aprendizajes para la asimilación de modelos más cercanos al campo científico.

Fase IV – Fase de Aplicación: Comprobar lo propuesto en los objetivos e identificar el progreso conceptual de los estudiantes con base en nuevos modelos, fue el propósito principal de esta fase en la cual se utilizó un cuestionario abierto y los resultados de la pregunta 1 se presentan en la figura 2.

Respecto a la pregunta 2 a: ¿Puede formarse un enlace iónico entre átomos de un mismo elemento químico? ¿Por qué?, los estudiantes mencionaron que:

E1 – E12: no se forma, debido a que habría un enlace covalente (E1), el enlace iónico se da entre un metal y un no metal. (E2, E4, E5, E6, E7, E8, E12), deben ser elementos diferentes (E9), deben ser más de dos elementos. (E10), busca compartir (E11) y en el enlace iónico se ceden o reciben electrones de valencia (E3). E3 y E6 realizan ejemplos: KF, H₂ y O₂ para evidenciar la compartición de electrones y finalmente E4 habla de una unión electrostática en el enlace iónico.

Finalmente, en la pregunta 3a, en la cual se solicita a los estudiantes, explicar el porqué de la existencia de océanos de agua líquida a temperatura ambiente, once estudiantes (E2 al E12) mencionan que se debe a la presencia de puentes de Hidrógeno en el agua, argumentando que esta unión permite conservar la estructura del agua. Algunos estudiantes (E9-E12) mencionan que esta unión se da entre el Hidrógeno (H) y el oxígeno (O), pero también se puede presentar con el Flúor (F) y el Nitrógeno (N).

Presentación del modelo final: En la información presentada anteriormente, se pueden apreciar en las argumentaciones de los estudiantes, la construcción de un modelo más elaborado que los identificados

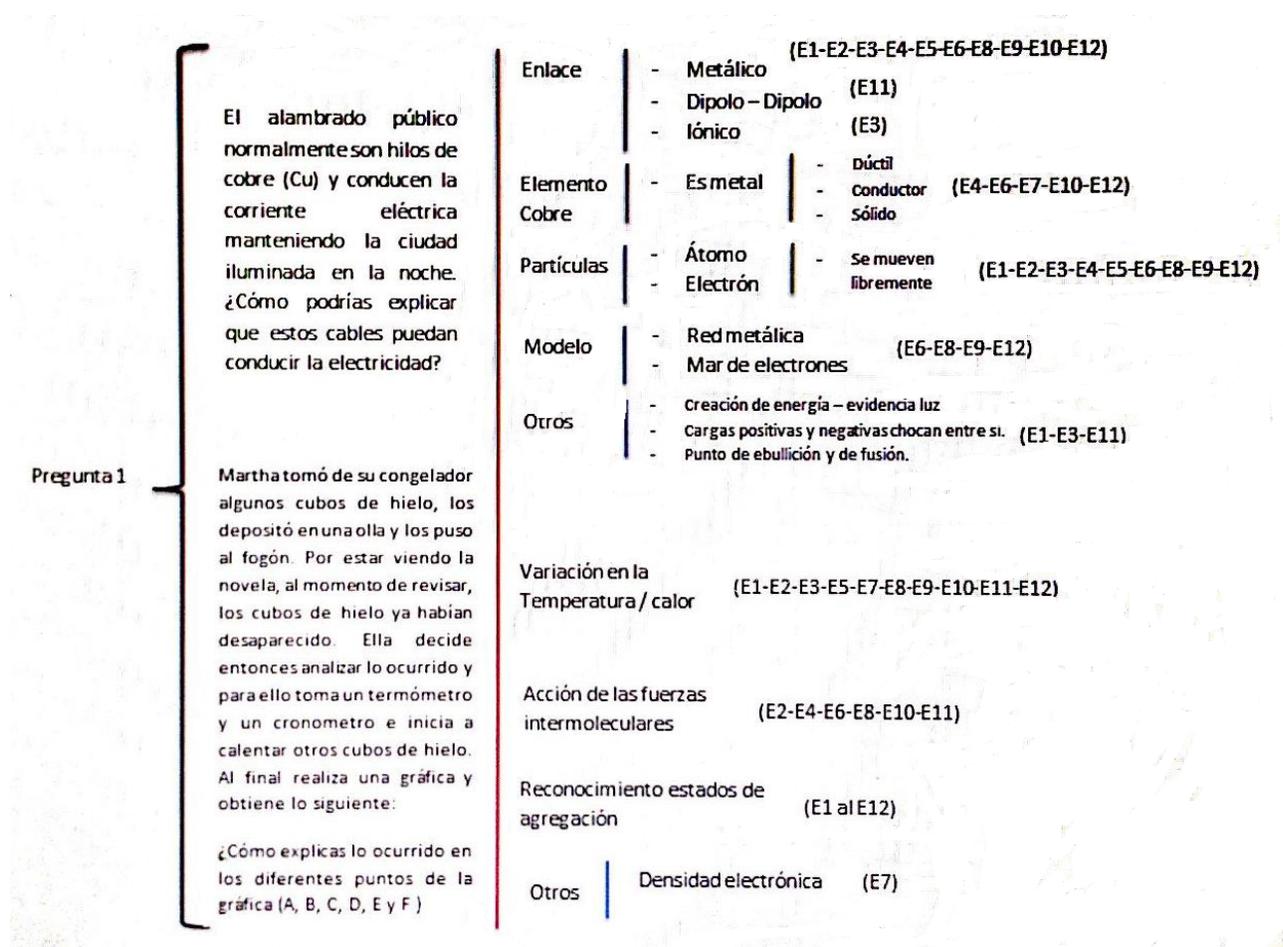


Figura 2: Red sistémica. Cuestionario de Aplicación, pregunta 1.

inicialmente. De acuerdo con Matus *et al.* (2011), esta nueva concepción en los estudiantes los inscribe dentro del modelo de Rutherford-Bohr-Sommerfeld, ya que requieren la consideración de la constitución interna del átomo. Si bien cada uno tiene sus particularidades, todos los estudiantes contemplan que el átomo está formado por un núcleo con partículas positivas y electrones que se ubican en órbitas externas al núcleo. Esto se puede apreciar con mayor claridad en la red sistémica (Figura 2) en las múltiples categorías emergentes. Finalmente, los estudiantes logran acercarse a lo propuesto en la metodología, respecto a la conceptualización propuesta por García & Garritz (2006) en lo referente a las fuerzas intramoleculares, al interactuar con las situaciones problema presentadas.

6. CONCLUSIONES

Tal y como lo mencionan García y Garritz (2006) el tema del enlace químico se ve rodeado de conceptos diversos que deberían ser plenamente comprendidos para entenderlo, entre los que se pueden mencionar: átomo, molécula, compuesto, carga y fuerza eléctrica, atracción, repulsión, entre otros. La representación que el estudiante tenga de cada uno de estos conceptos (que se deben estudiar previamente al tema del

enlace) puede resultar determinante para la forma en la que se aprende este nuevo concepto.

Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados de esta investigación permiten observar evidencias de un aprendizaje significativo respecto a los conceptos fuerzas intermoleculares e intramoleculares, después de atender los preconceptos y generar material que los condujera a la construcción de modelos más elaborados y con argumentaciones más cercanas al plano científico. Esto se concluye al comparar los resultados de las ideas previas con las finales; en las cuales se evidencia que los estudiantes han alcanzado un progreso conceptual al argumentar con mayor claridad las situaciones problema propuestas; sin embargo, se requiere de más tiempo para profundizar en el análisis y para implementar esta estrategia en grupos próximos para analizar el impacto de este trabajo.

El progreso conceptual de los estudiantes, indica que el material utilizado fue potencialmente significativo para el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este material presentó elementos ya descritos, que permitieron al estudiante no solo quedarse con una impresión teórica de los conceptos abordados, sino realizar experiencias sencillas de laboratorio. También, a partir del trabajo realizado, se reformularon los contenidos en las mallas curriculares del grado décimo, en la asignatura de química de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, en sus contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Además, a nivel de trabajo individual y grupal la respuesta fue positiva, ya que se realizaron todas las actividades programadas, esto indica que el factor motivacional fue importante en el trabajo con los estudiantes.

Finalmente, el reconocimiento de la Tabla periódica y las habilidades adquiridas respecto a conceptos como la configuración electrónica y las estructuras de Lewis, permitieron a los estudiantes trabajar con mayor agilidad en las actividades que se ejecutaron y que estaban relacionadas con las fuerzas intra e intermoleculares.

Referencias

- Castelblanco, Y.; Sánchez, M. & Peña, O. (2004), Químico@ 1. Editorial Norma. 99–101.
- Galagovsky, L.; Di Giacomo, M. & Castelo, V. (2009), Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1–24.
- Galagovsky, L. & Adúriz-Bravo, A. (2001), Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231–242.
- García, A. & Garriz A. (2006), Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111–124.
- Gómez, G.; Alma, A.; Sanmartí, N. & Pujol, R. (2007), Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325–340.
- Greca, I. & Moreira, M. (1998, Agosto), Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (2), 107–120, (Consultada en junio de 2012). Disponible en: <http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/15-2/artpdf/a1.pdf>.

- Hernandez, S.; Fernández, C. & Baptista, P. (2007), Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana, 4^a edición, México.
- Izquierdo, M. (2004), Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115–136 (Consultada en mayo de 2012). Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aaqa/v92n4-6/v92n4-6a13.pdf>.
- Jorba, J. & Sanmartí, N. (1994), Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Ministerio de Educación y Cultura. Barcelona.
- Jorba, J. & Sanmartí, N. (1996), El desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en la enseñanza de las ciencias. Mimeo.
- Justi, Rosária. (2006), La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173–184.
- Mayorga, M. & Madrid, D. (2010), Modelos didácticos y estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Tendencias pedagógicas*, 1(15). (Consultada en mayo de 2012). Disponible en: http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2010_15_04.pdf
- Matus, L., Benarroch, A. & Nappa, A. (2011), La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 178–201.
- Moreira, M. (2000), Aprendizaje significativo: Teoría y práctica, cap. 1. El aprendizaje significativo según la teoría original de David Ausubel, España: Visor, 9–36.
- Moreira, M. Greca, I. & Rodríguez, M. (1996), Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. (Consultado en junio de 2012). Disponible en: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf>
- Moreira, M. & Rosa, P. (2009), Subsidios Metodológicos para el profesor investigador en Enseñanza de las Ciencias. Métodos cualitativos y cuantitativos. Porto Alegre p.14 (consultado en junio de 2012). Disponible en <http://www.if.ufrgs.br/moreira/Subsidios12.pdf>
- Rodríguez, M. (2008), La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva. Editorial octaedro.
- Timberlake, K. & Timberlake, W. (2008), Química Segunda Edición. Editorial Pearson, Prentice Hall. 308–309.